

**Análisis y Propuesta de una Estructura Óptima de Tasas
Aeronáuticas**

Informe Final

30 de junio, 2005

GL & C Consultores Ltda.

**Autores: Andrés Gómez-Lobo
Aldo González**

Análisis y Propuesta de una Estructura Óptima de Tasas Aeronáuticas

Resumen Ejecutivo

Las tasas y derechos aeronáuticos son los precios que pagan los usuarios del sistema aeronáutico nacional por los diversos servicios que presta el sector. En este trabajo se analiza el nivel y estructura de estas tasas y derechos vigentes en Chile y se presenta una propuesta de tarificación de estos servicios con referencia a los principios económicos aplicable a la tarificación de monopolios naturales.

Descripción del sector

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) es el organismo encargado de proveer los servicios aeronáuticos en el país. Este organismo se financia con los ingresos provenientes de las tasas y derechos aeronáuticos. El presupuesto de la DGAC en el año 2005 asciende a \$84.524 millones (cerca de US\$148 millones). Sin embargo, los recursos efectivos destinados a esta industria son superiores a esta última cifra ya que la Dirección de Aeropuertos del Ministerio de Obras públicas invierte anualmente alrededor de US\$15 millones en el sector, principalmente en la mantención de pistas de aterrizaje y rodaje. Estas inversiones son financiadas a través del presupuesto general de la nación y no por las tasas o derechos aeronáuticos.

Los derechos o tasas más importantes son el Derecho de Embarque, que paga cada pasajero cada vez que utiliza un aeródromo, la Tasa de Aterrizaje, que paga cada aeronave por aterrizar en un aeródromo, y la Tasa por Servicios en Ruta, que es lo que paga una aeronave por los servicios de tránsito por el espacio aéreo chileno. En su conjunto, los ingresos generados por estos tres cargos representaron el 83,5% de los ingresos totales de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) en el año 2004.

El resto de los ingresos de la DGAC son generados por derechos por venta de combustible y por concesiones en los aeródromos, servicio de ILS (Instrumental Landing System),

estacionamiento e iluminación, derechos sobre la carga y otros cobros menores. Por la importancia relativa que tienen en el financiamiento del sector, este trabajo se centra principalmente en el Derecho de Embarque, y las Tasas de Aterrizaje y Servicios en Ruta.

Situación actual

Antes de presentar y aplicar la propuesta de tarificación para el sector, es importante examinar la estructura actual de las tasas y derechos. Especial interés reviste la identificación de posibles subsidios cruzados entre servicios o aeropuertos generados por la estructura tarifaria actual.

En una industria multi-producto, como la de los servicios aeronáuticos, la definición de un subsidio cruzado no es trivial. Para determinar si un servicio o aeródromo en particular recibe un subsidio cruzado o no, se deben comparar los ingresos incrementales con los costos incrementales de cada servicio o aeropuerto. Particular atención debe prestarse al hecho de que para una red de transporte como el aeronáutico, los ingresos y costos incrementales de un aeropuerto incluyen no sólo los ingresos y costos directos generados en ese aeropuerto, sino que también deben contabilizarse los ingresos y costos generados en el resto de la red por los pasajeros que utilizan el aeropuerto en cuestión.

Utilizando datos del año 2004 además de algunos supuestos, en este trabajo se estimaron los subsidios cruzados entre servicios y aeródromos de la red aeronáutica del país. Como resumen se puede afirmar que las tarifas aeronáuticas actuales generan al menos cuatro tipos de subsidios cruzados. Primero, los aeródromos de segunda y tercera categoría reciben un subsidio del resto de la red (aeródromos de primera categoría). Segundo, algunos aeropuertos de primera categoría como La Serena, Isla de Pascua y Punta Arenas, también reciben un subsidio cruzado. Tercero, la aviación general y comercial menor también está siendo subsidiada por ingresos del resto del sistema. Cuarto, el tráfico doméstico recibe un subsidio cruzado del tráfico internacional. Más adelante se discuten las implicancias de estos resultados para la tarificación óptima de los servicios aeronáuticos.

Antes de proseguir es importante señalar que existe evidencia de que las Tasas de Embarque son superiores que los costos directos que genera cada tipo de pasajero por el uso del aeropuerto, mientras que las Tasas de Aterrizaje son inferiores a los costos asociados a este servicio. Esto podría interpretarse como que existe un subsidio cruzado desde los servicios aeroportuarios hacia los servicios de aterrizaje. Sin embargo, esto no es así. El valor relativo entre las Tasas de Embarque y las Tasas de Aterrizaje no tiene mucha relevancia económica. Esto por cuanto estos servicios son complementos perfectos, en el sentido de que cada pasajero que utiliza un aeropuerto también utiliza un aterrizaje y un despegue. Por lo tanto, los costos relevantes son los costos conjuntos de ambos servicios. Para la asignación de recursos no importa realmente si estos costos conjuntos son financiados directamente mediante la Tasa de Embarque o indirectamente a través de la Tasa de Aterrizaje del vuelo en que va el pasajero, o una combinación entre ambos cargos.

Sin perjuicio de lo anterior, como criterio general la tasa de aterrizaje debe cubrir al menos el costo incremental o marginal de este servicio para cada tipo de avión. Esto por cuanto existen vuelos sin pasajeros (carga) y, además, los diferentes tipos de aviones imponen costos distintos en el sistema, lo cual debe reflejarse en los precios. Sin embargo, el balance entre el ingreso agregado generado por estas tasas y los ingresos generados por los derechos de embarque es un asunto de importancia secundaria en la tarificación óptima de los servicios aeronáuticos.

Propuesta metodológica

Para calcular las tarifas aeronáuticas óptimas se propone seguir un procedimiento similar al que se utiliza para tarifcar los servicios públicos en Chile, como el eléctrico, sanitario y de telecomunicaciones.

Este procedimiento parte calculando los Costos Incrementales de Desarrollo (CID) para los tres principales servicios aeronáuticos (tasa de embarque, tasas de aterrizaje y tasa de servicios en ruta). En ausencia de un plan de desarrollo, se debe calcular el Costo Marginal de Largo Plazo (CMLP) para estos servicios. En caso de existir congestión de la infraestructura, estos costos deben estimarse para los horarios o períodos punta y fuera de

punta. Los costos de expandir la infraestructura sólo se consideran para la estimación del CID o CMLP del período punta. A su vez, de ser relevante, deben incluirse en los costos cualquier externalidad que genere la industria, como podría ser la contaminación acústica o atmosférica generada por las aeronaves.

Para la tasa de aterrizaje, el CID o CMLP debe diferenciarse por tipo de avión, ya que los distintos aviones imponen un costo diferente al sistema, tanto por distintos requerimientos de infraestructura (largo y espesor de pista) como por diferentes requerimientos de seguridad y rescate (SEI).

Para el derecho de embarque, el CID o CMLP estará relacionado con los requerimientos de infraestructura aeroportuaria de cada tipo de pasajero. Este costo difiere entre pasajeros internacionales y domésticos, ya que los primeros requieren un mayor espacio de infraestructura que los segundos (para albergar los controles de policía internacional, para dar sólo un ejemplo).

Para los servicios en ruta, se debe calcular un costo marginal por operación ya que los costos relacionados con este servicio no difieren sustancialmente entre distintos tipos de aviones.

El resto de los servicios aeronáuticos son menos importantes en términos cuantitativos y una tarificación a costo medio podría ser suficiente. En otras palabras, a menos que se identifique una razón de peso para realizar un cálculo más sofisticado, las tasas por estos servicios deberían fijarse de tal forma que los ingresos proyectados para esos servicios financien los costos asociados a los mismos. Esto implica, entre otras cosas, aumentar la Tasa Anual Operacional que paga la aviación general y comercial menor, ya que en la actualidad los ingresos generados por esta tasa no alcanza a financiar los costos incrementales que genera en el sistema la aviación general y comercial menor.

Una vez estimados los CID o CMLP para los tres servicios principales (derecho de embarque, tasa de aterrizaje y tasa por servicios en ruta) se debe hacer un ajuste por

autofinanciamiento para que los ingresos cubran los costos (netos de los ingresos generador por todos los otros servicios aeronáuticos) del sistema. Este ajuste debe realizarse siguiendo la regla de Ramsey antes expuesta. Este ajuste es inversamente proporcional a la elasticidad de demanda.

El ajuste por autofinanciamiento implica diferenciar la tasa de aterrizaje y de servicios en ruta por el Peso Máximo de Despegue, como ocurre en la actualidad. Sin embargo, sólo un análisis cuantitativo podrá determinar si los niveles actuales para estos cobros son óptimos o no.

Para el derecho de embarque una mayor diferenciación por destino o clase del pasajero que la que existe actualmente sería óptima. Esto se podría introducirse de varias formas. Primero se podría ampliar el límite de distancia de los vuelos bajo el cual se paga un derecho de embarque menor. Actualmente este límite es de 270 kilómetros en vuelos domésticos y 500 en vuelos internacionales. Segundo, se podría diferenciar la tasa de embarque según la clase del pasajero (primera, ejecutiva y económica). Por último, una propuesta más radical sería hacer el derecho de embarque un cobro proporcional al valor del pasaje.

Otro asunto muy importante que requiere ser determinado por la autoridad es si la restricción de autofinanciamiento se impone a nivel de cada aeropuerto, un subconjunto de aeropuerto o del sistema global. Existen argumentos a favor y en contra de cada opción. Desde la perspectiva de la eficiencia estática, siempre imponer una restricción global será más eficiente que imponer varias restricciones en niveles más desagregados de la industria. Sin embargo, desde una perspectiva dinámica, una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto podría ser un instrumento que ayude a evitar una sobre inversión en calidad e infraestructura en los aeropuertos regionales. En la medida de que exista un sistema efectivo de análisis social de proyectos, que permita filtrar proyectos socialmente no rentables, entonces la necesidad de utilizar este instrumento complementario es menor.

Las consecuencias de definir una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto o para la industria como un todo se pueden ver claramente con el caso del aeropuerto de La Serena.

Debido a su cercanía a Santiago, este destino enfrenta competencia de los modos de transporte terrestre, como los buses o automóviles privados. Por lo mismo, es probable que la elasticidad de demanda final de los pasajeros entre La Serena y Santiago sea más alta (en valor absoluto) que para otros destinos del país. Además, el valor de un pasaje entre Santiago y La Serena es menor que para destinos más distantes. Ambos factores inciden en que las tarifas aeronáuticas óptimas para el tráfico desde o hacia La Serena deberían ser menores que las del resto de los destinos. Esta consideración implica que podría ser óptimo reducir los cobros relacionados con el tráfico desde y hacia La Serena en relación a sus valores actual.

Sin perjuicio de lo anterior, el aeropuerto de La Serena recibe hoy un subsidio cruzado del resto de la red. Si se impone una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto, los ingresos generados por este aeropuerto deben aumentar. Esto implica subir los cobros actuales relacionados con el tráfico desde y hacia La Serena.

La decisión de qué restricción de autofinanciamiento adoptar depende en gran medida de la presión que pueda existir a sobre invertir en aeropuertos regionales. Si el sistema de evaluación social de inversiones del país es un buen filtro para evitar expansiones socialmente no rentable de la infraestructura aeroportuaria, entonces sería menos necesario imponer adicionalmente una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto.

Aplicación de la metodología a la tasa de embarque

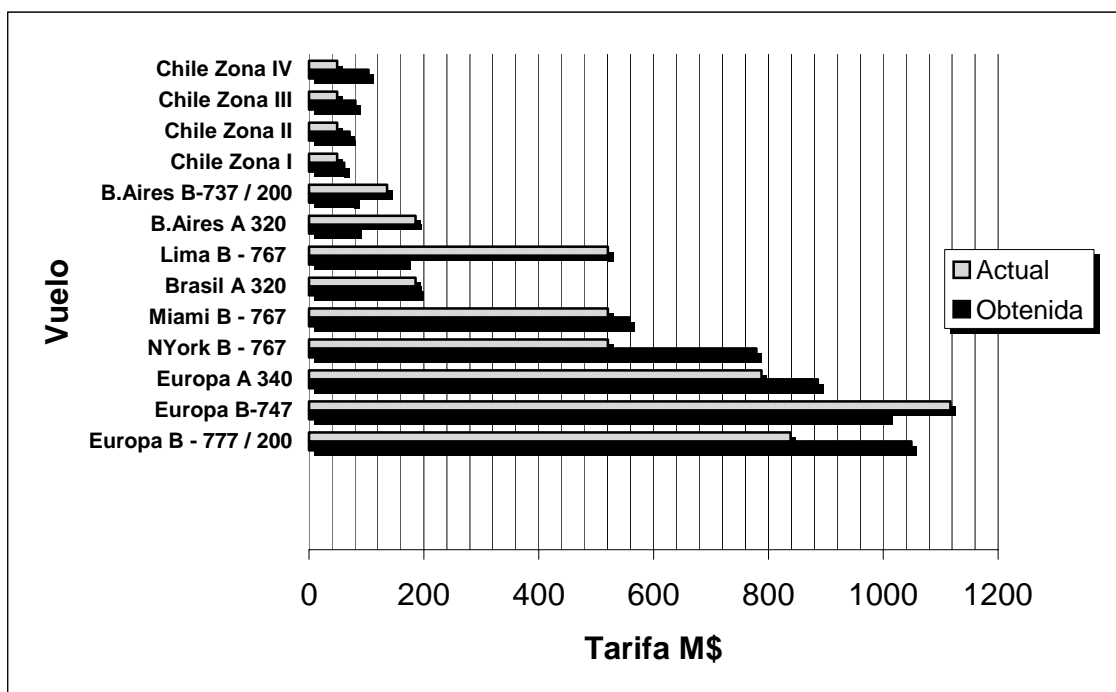
La metodología propuesta fue aplicada para calcular las tasas de aterrizaje óptimas en el aeropuerto Arturo Merino Benítez. La falta de información —dentro de un plazo razonable consistente con el horizonte de este proyecto— impidió aplicar la metodología a los derechos de embarque y las tasas por servicios en ruta.

Las conclusiones del ejercicio aplicado a la tasas de aterrizajes fueron las siguientes. Primero, el Peso Máximo de Despegue (PMD) de los distintos tipos de avión no tiene una relación estrecha con los requerimientos de largo de pista o su espesor. Por lo tanto, la

actual diferenciación de la tasa de aterrizaje según el PMD de cada tipo de avión no se justificaría por razones de costos. Sin embargo, el ajuste de Ramsey está relacionado con el PMD de cada aeronave, por lo que las tarifas óptimas sí están relacionadas con el PMD por este factor. Por lo tanto, la diferenciación de esta tarifa según el PMD de cada avión se puede justificar por la mayor capacidad de pago que tienen los vuelos en aviones más grandes.

Los resultados cuantitativos muestran que la estructura actual de la tasa de aterrizaje no está muy alejada de la estructura óptima, aún cuando es posible realizar algunos ajustes puntuales. En promedio, las tasas para vuelos domésticos son menores a las óptimas, siendo las tasas para vuelos internacionales superiores a las óptimas.

Comparación entre Tasas de aterrizaje actuales y obtenidas

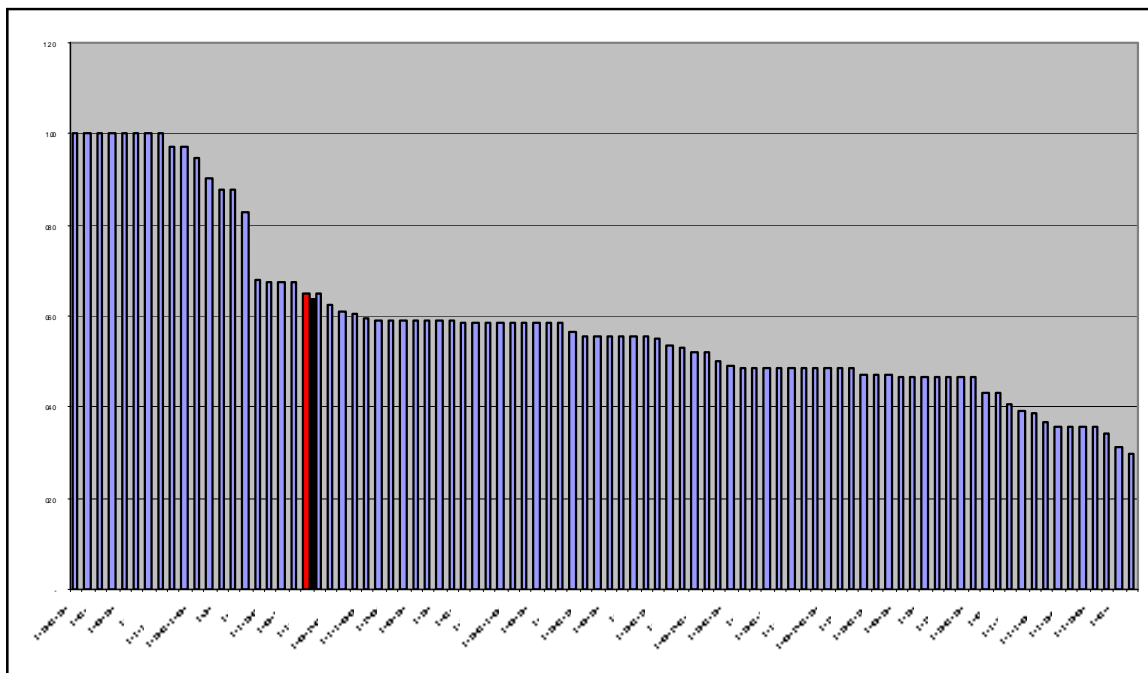


Nivel general de las tarifas aeronáuticas

Para evaluar el nivel —en contraposición con la estructura— general de las tarifas aeronáuticas en Chile, se realizó un ejercicio de Análisis de la Envoltura con un base de datos de 88 aeropuertos en el mundo. Esta metodología permite evaluar la eficiencia relativa entre unidades productivas tomando en cuenta que las diferencias en la escala de producción de cada unidad. Como productos se consideraron los pasajeros y operaciones que utilizaron cada aeropuerto y como insumos la tasa de embarque internacional y la tasa de aterrizaje para dos tipos de aviones.

Debido a las diferencias que pueden existir en cuanto al nivel de calidad y seguridad de los diferentes aeropuertos de la región, para los fines del presente ejercicio sólo se incluyeron en la base de datos aquellos aeropuertos de países desarrollados, Brasil, Argentina, además de Arturo Merino Benítez. Los resultados muestran que el aeropuerto Arturo Merino Benítez sale clasificado 20 entre los 88 aeropuertos en cuanto a su eficiencia. Aunque los resultados deben interpretarse con cautela, se puede concluir que no existe evidencia de que las tasas aeronáuticas en Chile sean excesivamente altas en relación a las tasas de otros países. Sólo el 21% de los aeropuertos de países desarrollados (más Brasil y Argentina) considerados en este ejercicio tienen tarifas más bajas para una misma escala de operación que el aeropuerto de Santiago.

Comparación de AMB respecto a aeropuertos de países desarrollados más Brasil y Argentina



Sin perjuicio de lo anterior, también se debe señalar que Chile no es líder mundial en esta materia y se debería tener cuidado de que la posición relativa del país no disminuya como resultado de aumentos futuros en las tarifas aeronáuticas. También se podría considerar el uso de una metodología de empresa modelo —como la que se utiliza para tarificar los servicios de utilidad pública en Chile— para calcular las tarifas aeronáuticas en Chile. Esta recomendación, sin embargo, tiene el inconveniente de que —a diferencia de los servicios de utilidad pública— no existe una ley ni reglamentos que norme el uso de esta metodología en la industria aeronáutica. Además, se debe tener cuidado de que en esta industria el tema de la seguridad es vital, por lo que el uso de una empresa modelo en la tarificación de los servicios aeronáuticos debe permitir mantener los actuales niveles de calidad y seguridad de la industria.

Diseño de un sistema de inversiones para el sector

El establecimiento de planes de inversión de largo plazo de las agencias involucradas en el sector (DGAC, MOP) es un complemento fundamental de un sistema tarifario bien

diseñado. Esto permitiría tener tarifas que sustenten el sector en el largo plazo, dando las señales correctas a los operadores del sector y evitando tener que aplicar alzas inesperadas para cubrir gastos no anticipados. Si bien los sistemas de concesiones cumplen este propósito, éstos sólo cubren una fracción de los gastos en infraestructura del sector.

Paralelamente, los planes de inversión deben ser lo suficientemente flexibles para incorporar los cambios propios del sector como las fluctuaciones en la demanda y los adelantos tecnológicos de la aeronavegación. En tal sentido, la información que puedan proporcionar los actores usuarios del sistema, como las líneas aéreas, resulta fundamental. Sin embargo se debe tener precaución de que no exista uso estratégico de la información que éstos entreguen. La tarificación a costo medio por aeropuerto puede ser útil a tal objetivo.

El uso de las tarifas aeronáuticas para financiar actividades no aeronáuticas

Desde el punto de vista económico, no es recomendable el aumentar las tarifas aeronáuticas para financiar actividades externas del sector, más aún si tales actividades que se desean promover, como es el caso del turismo hacia Chile, utilizan los aeropuertos como insumo. Las objeciones tienen dos bases. Primero, las tarifas aeronáuticas se encuentran por sobre el costo marginal del servicio, dadas las fuertes economías de escala del sector, por lo que cualquier tasa adicional implicaría pérdidas sociales de primer orden. Segundo, al subir las tasas, los precios de los pasajes aéreos se incrementarían, produciendo una disminución en la demanda, lo cual va en sentido contrario al efecto deseado que es atraer más viajeros. Este efecto es aún más pronunciado en el caso de los vuelos turísticos que son los que presentan una mayor sensibilidad al precio.

INDICE

1. Introducción	1
2. Situación actual del sector	3
3. Relación entre derecho de embarque y tasa de aterrizaje	7
4. Subsidios cruzados en el sector	12
4.1 Definición de subsidios cruzados	12
4.2 Un ejemplo del concepto de subsidio cruzado aplicado a la industria aeronáutica	14
4.3 Medición empírica de los subsidios cruzados en Chile	19
5. Base metodológica para calcular las tasas y derechos	24
5.1 Señal de precios y eficiencia asignativa	26
5.2 Ajuste por Autofinanciamiento	35
5.3 Resumen de la propuesta metodológica	35
6. Ilustración de la metodología: tasas de aterrizaje	52
6.1 Dimensionamiento de la Infraestructura	53
6.2 Variables determinantes del dimensionamiento	58
6.3 Estimación costo del infraestructura en Aeropuerto AMB	61
7. Benchmarking	78
7.1 Comparación simple entre las tarifas aeronáuticas	79
7.2 Comparación utilizando el análisis de la envolvente	80
7.3 Resumen	85
8. Sistema de inversiones en el sector aeronáutico	86
8.1 Criterios para un sistema de inversiones	87
8.2 Lineamientos para generar un sistema de inversiones	92
9. Financiamiento de actividades extra-aeronáuticas	94
10. Conclusiones	100
Referencias	109
Anexo 1: Modelo de decisión de inversiones regionales	112
Anexo 2: Resultados DEA con 88 aeropuertos de países desarrollados más Brasil y Argentina	118

1. Introducción

Las tasas y derechos aeronáuticos son los precios que pagan los usuarios del sistema aeronáutico nacional por los diversos servicios que presta el sector.¹ En cuanto a la recaudación generada, los derechos o tasas más importantes son el Derecho de Embarque, que paga cada pasajero cada vez que utiliza un aeródromo, la Tasa de Aterrizaje, que paga cada aeronave por aterrizar en un aeródromo, y la Tasa por Servicios en Ruta, que es lo que paga una aeronave por los servicios de tránsito por el espacio aéreo chileno (Cuadro 1). En su conjunto, los ingresos generados por estos tres cargos equivalen al 83,5% de los ingresos totales del sector.² El resto de los ingresos son generados por derechos por venta de combustible y por concesiones en los aeródromos, servicio de ILS (Instrumental Landing System), estacionamiento e iluminación, derechos sobre la carga y otros cobros menores.

En Chile los servicios aeronáuticos son provistos por un organismo público y con carácter monopólico, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). Por lo tanto, los derechos, tasas y tarifas que se cobren por dichos servicios deben ser fijados con referencia a los principios económicos de la tarificación de servicios públicos o monopolios naturales.³

La fijación de tarifas de un servicio público debe conjugar una serie de objetivos, no siempre consistentes entre sí. Primero, se debe proveer una señal de precios adecuada para el uso racional de los recursos involucrados, incluyendo un ajuste para evitar la congestión en el uso de la infraestructura. Segundo, cuando se ha tomado la decisión de política de no financiar los servicios con fondos del presupuesto general de la nación, como ocurre actualmente en el sector aeronáutico, las tarifas deben garantizar que la industria pueda autofinanciarse. Este es el objetivo de ‘autofinanciamiento’ de la tarificación, y que generalmente implica una divergencia en las tarifas con respecto a las que garantizan una asignación eficiente de los recursos. Por último, la tarificación también debiera considerar

¹ Las tasas y derechos actuales están contenidos en el reglamento de Tasas y Derechos Aeronáuticos, DAR 50, cuya última enmienda data del 26 de enero del 2004.

² Esta cifra no incluye las transferencias del gobierno al sector a través de la Dirección e Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Telecomunicaciones.

³ Un monopolio natural es una industria donde por existir fuertes economías de escala es socialmente conveniente que sólo exista una empresa ofreciendo el servicio en una área particular. Ejemplos incluyen el sector sanitario, la distribución eléctrica y, en menor medida, la telefonía fija.

la 'eficiencia productiva' con que se proveen los servicios. Idealmente, el nivel general de precios del servicio regulado debe ser el mínimo compatible con un nivel determinado de calidad y seguridad.

En este trabajo se presenta una propuesta de tarificación de los servicios aeronáuticos con referencia a los objetivos antes señalados. Por la importancia relativa que tienen en el financiamiento del sector, este trabajo se centra principalmente en el Derecho de Embarque, y las Tasas de Aterrizaje y Servicios en Ruta.

El presente documento está estructurado de la siguiente forma. Primero se presenta una revisión de la situación actual del sector, incluyendo los derechos y tasas, así como el nivel global de gastos e inversión anual de la industria. Segundo, se presenta un argumento económico que indica que la diferenciación entre el derecho de embarque y la tasa de aterrizaje tiene una importancia de segundo orden. En otras palabras, salvo algunas sutilezas que se indicarán en su momento, el valor relativo entre el derecho de embarque y la tasa de aterrizaje no es de gran importancia económica. Tercero, se presenta un análisis de los subsidios cruzados que existen en la actualidad entre aeropuertos y entre la aviación comercial y la general. Cuarto, se presenta una propuesta metodológica para calcular las tarifas de los servicios aeronáuticos. Quinto, se hace una ilustración de la metodología propuesta para el caso de la tasa de aterrizaje y se compara la estructura resultante con la existente en la actualidad para este servicio. Luego, se presenta el ejercicio de eficiencia comparativa para evaluar el nivel actual de las tarifas de los servicios aeronáuticos en Chile. Finalmente, se discute la posibilidad de financiar actividades no aeronáuticas mediante la recaudación que se obtiene en el sector. El trabajo termina con un resumen de las principales conclusiones.

2. Situación actual del sector

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) se financia principalmente con los derechos y tasas que cobra por los servicios. De éstos, los tres más importantes son los Derechos de Embarque, las Tasas de Aterrizaje y la Tasa por Servicios en Ruta. El Cuadro 1 muestra los ingresos de la DGAC en el 2004 por tipo de cobro.

Cuadro 1: Ingresos de la Dirección General de Aeronáutica Civil, 2004

Cobro	Ingreso (millones de pesos)	Porcentaje del total	Porcentaje acumulado
Derecho de embarque	37.459	61,5%	61,5%
Tasa de aterrizaje	9.988	16,4%	77,9%
Tasa servicios en ruta	3.429	5,6%	83,5%
Derecho venta combustible	2.488	4,1%	87,6%
Derecho concesiones	1.992	3,3%	90,9%
Tasa por ILS	1.638	2,7%	93,6%
Iluminación	1.130	1,9%	95,4%
Estacionamiento	803	1,3%	96,7%
Derecho por carga	634	1,0%	97,8%
Otros	1.359	2,2%	100,0%
Total	60.920		

Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil.

Cuadro 2: Derechos de Embarque vigentes en Chile, mayo 2005

Tipo de aeródromo	Vuelos Domésticos	Vuelos Internacionales
Primera categoría	\$4.419	US\$26.00
Segunda categoría	\$3.366	
Tercera categoría	exentos	

Nota: Los pasajeros en vuelos domésticos de distancia igual o menor a 270 kilómetros pagan una tasa única de \$1.741. Los pasajeros en vuelos internacionales de distancia igual o menor a 500 kilómetros pagan el equivalente en dólares de la tasa de embarque nacional de un aeródromo de primera categoría (\$4.419). En vuelos domésticos de ida y vuelta se pagan dos tasas de embarque, una para cada aeródromo utilizado. En los vuelos de ida y vuelta internacionales se paga la tasa de embarque internacional al salir del país y la tasa de embarque del aeropuerto extranjero al volver.

La Tasa de Embarque está diferenciada según si el pasajero viaja en un vuelo doméstico o internacional y, además, en los vuelos domésticos por la categoría del aeropuerto (Cuadro 2). También hay una tasa distinta según la distancia del vuelo, tanto para vuelos internacionales como domésticos. Sin embargo, hoy en día esta última característica es irrelevante ya que prácticamente no hay vuelos cuya distancia sea menor al límite

establecido, por lo que en la práctica no hay diferenciación de la Tasa de Embarque en esta dimensión.

La tasa de aterrizaje está diferenciada según si el vuelo es nacional o internacional, según el peso máximo de despegue de la aeronave (PMD) y la categoría de aeropuerto para los vuelos domésticos (Cuadro 3). La tasa de aterrizaje comprende los servicios de control de tránsito aéreo para al aproximación, aterrizaje y despegue, estacionamiento por dos horas y el servicio de primeros auxilios e incendios.

Cuadro 3: Tasas de aterrizaje vigentes en Chile, mayo 2005

Peso aeronave	Vuelos nacionales			Vuelos internacionales
	Tipo de aeródromo			
	Primera categoría	Segunda categoría	Tercera categoría	
Hasta 49 ton	\$344 / ton	\$249 / ton	\$151	US\$ 2,76 / ton
Más de 49 ton y hasta 89 ton	\$887 / ton	\$634 / ton	No aplica	US\$ 4,12 / ton
Más de 89 toneladas				US\$ 4,69 / ton
Cargo mínimo	\$1.699	\$1.699	\$1.699	US\$ 15,71

Cuadro 4: Tasas por servicios en ruta vigentes en Chile, mayo 2005

Peso aeronave	Vuelos domésticos	Vuelos internacionales
Hasta 10 ton	\$2.76 / km	US\$ 0,062 / km
Sobre 10 ton y hasta 49 ton	\$15.10 / km	US\$ 0,094 / km
Sobre 49 ton	\$15.10 / km	US\$ 0,114 / km
Cargo mínimo hasta 10 ton	\$970	US\$ 16,85
Cargo mínimo sobre 10 ton y hasta 49 ton	\$5.142	US\$ 45,50
Cargo mínimo sobre 10 ton	\$5.142	US\$ 91,35

Nota: Para los vuelos internacionales que no hacen escala en el país se aplican las tasas de la última columna pero incrementadas en un 100%.

Finalmente, las tasas por servicios en ruta están diferenciadas según la distancia recorrida del vuelo en el espacio aéreo nacional y también según si el vuelo es doméstico o internacional (Cuadro 4). Para los vuelos que sobrepasan el espacio aéreo Chileno pero que no hacen escala en el país, la tasa es el doble de los valores presentados en la última

columna del Cuadro 4. El servicio en ruta incluye las comunicaciones, radioayuda, tránsito aéreo, aeródromo de alternativa, servicio de alerta y meteorología.

Los ingresos y gastos proyectados para la DGAC entre el año 2005 y el 2010 se presentan en el Cuadro 5. Los ingresos totales de la DGAC en el año 2005 ascienden a US\$ 148 millones.⁴ Sin embargo, esta cifra incluye el préstamo para financiar la inversión en la segunda pista del aeropuerto Arturo Merino Benítez. A partir del 2006 los ingresos proyectados bajan a US\$122 millones.

Cuadro 5: Proyección de ingresos y gastos DGAC, 2005-2010

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ingresos Operacionales	67.388	68.735	71.751	74.424	77.815	81.367
Derechos de embarque	42.101	43.296	45.572	47.616	50.147	52.825
Concesiones	1.935	1.868	1.846	1.868	1.905	1.943
Tasas aeronauticas	18.747	19.057	19.799	20.419	21.225	22.068
Combustible	2.506	2.426	2.405	2.366	2.346	2.327
Otros Ingresos	834	827	843	854	870	888
Canon Concesiones	1.265	1.261	1.286	1.301	1.322	1.316
Ingresos No Operacionales	17.136	828	857	887	918	950
TOTAL INGRESOS	84.524	69.563	72.608	75.311	78.733	82.317
Gastos en Personal	32.689	32.993	33.488	33.990	34.500	35.017
Gastos en Operación	18.229	16.230	15.966	16.206	16.449	16.696
Pagos Concesionarios 1º Programa	8.500	9.418	10.260	8.945	8.531	7.706
Pagos Concesionarios 2º Programa	15.713	3.620	5.663	9.523	10.900	11.956
Pago dólar turismo	0	1.023	1.060	1.097	1.134	1.175
Inversión Financiera	3.712					
Total Gastos	78.843	63.284	66.437	69.761	71.514	72.550
Inversion DGAC	5.682	6.278	6.171	5.550	7.219	9.767
TOTAL GASTOS	84.524	69.563	72.608	75.311	78.733	82.317

Fuente: DGAC

Cuadro 6: Proyección de pagos concesionarios primer programa de inversión

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ap. Arturo Merino Benítez - Santiago	2.363	2.633	2.859	3.104	3.371	3.660
Ap. Diego Aracena - Iquique	752	836	906	61	-	-
Ad. El Loa - Calama	474	530	669	728	792	431
Ap. Cerro Moreno - Antofagasta	841	939	1.018	1.102	1.192	1.013
Ad. La Florida - La Serena	335	345	373	453	490	529
Ad. Carriel Sur - Concepción	1.350	1.519	1.643	1.775	1.918	2.073
Ap. El Tepual - Puerto Montt	1.321	1.470	1.593	465	-	-
Ap. Carlos Ibañez del Campo - Punta Arenas	1.065	1.146	1.200	1.257	768	-
Total Primer Programa	8.500	9.418	10.260	8.945	8.531	7.706

Fuente: DGAC

⁴ Se asume un tipo de cambio de \$570 por US\$.

Se puede observar que la DGAC proyecta un aumento en los ingresos por derechos de embarque y tasas aeronáuticas en relación al año 2004. Entre los gastos de la DGAC, el gasto en personal es el ítem de mayor importancia seguido por los gastos operacionales.

La DGAC es la institución responsable de pagar a los concesionarios de infraestructura aeroportuaria concesionada, incluyendo el pago de ingresos mínimos garantizados relacionados con estos contratos. El pago a los concesionarios de infraestructura de contratos ya firmados (1° programa de concesiones) es el tercer ítem de importancia en el presupuesto de la DGAC. Se proyecta un aumento importante en el pago a los concesionarios con motivo del 2° programa de concesiones, el cual incluye la inversión en la segunda pista del aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago. Los Cuadro 6 y 7 presentan una desagregación de los pagos a los distintos concesionarios más la inversión en la segunda pista del aeropuerto de Santiago.

Cuadro 7: Proyección de pagos concesionarios segundo programa de inversión y 2° pista AMB

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ad. Atacama - Copiapó	1.397	2.894	2.998	3.107	3.222	4.107
Ad. Chacalluta - Arica	624	726	765	804	846	891
Ad. Manquhue	-	-	-	3.711	3.832	3.958
Total Segundo Programa	2.021	3.620	3.763	7.623	7.900	8.956
Segunda Pista AMB	13.692		1.900	1.900	3.000	3.000
Total	15.713	3.620	5.663	9.523	10.900	11.956

Fuente: DGAC

Es importante señalar que hay US\$15 de gastos anuales en la industria que realiza la Dirección de Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Telecomunicaciones. Estos fondos son utilizados principalmente para la mantención de las pistas de los aeródromos y aeropuertos. Aunque estos recursos son actualmente financiados del presupuesto general de la nación, estos gastos de mantención deberían estar reflejados en las tarifas aeronáuticas ya que constituyen recursos directamente atribuibles a los servicios que se otorgan en este sector. En la actualidad esto no ocurre ya que las tasas y derechos aeronáuticos sólo financian el presupuesto de la DGAC sin generar ingresos adicionales para cubrir los aportes que hace la Dirección de Aeropuertos del MOP al sector.

3. Relación entre derecho de embarque y tasa de aterrizaje

Antes de proseguir es importante clarificar un asunto relativo al balance entre el derecho de embarque y la tasa de aterrizaje. En general, la distinción entre estos dos cobros es irrelevante, siendo, desde una perspectiva económica, igualmente eficiente recuperar los costos conjuntos de ambos servicios (aterrizaje e infraestructura y servicios aeroportuarios) utilizando una o la otra tarifa, o una combinación entre ambas. En este sentido, la comparación entre los costos y la tarifa de estos servicios por separado no tiene mucha relevancia.

Para demostrar este punto se desarrolla un modelo muy simple. Supongamos que el precio de un pasaje es P y el Derecho de Embarque es DE . El costo total del viaje (CV) que percibe un pasajero es:

$$CV = P + DE .$$

Por otro lado, la línea aérea enfrenta un costo C_0 por vuelo más la Tasa de Aterrizaje (TA). Asumiendo que los precios en esta industria están determinados por la condición de equilibrio competitivo del precio igual al costo medio y que cada avión lleva una cantidad fija de pasajeros igual a k , el precio será:

$$P = \frac{(C_0 + TA)}{k} . \quad (1)$$

Reemplazando esta última condición en el costo del viaje percibido por el pasajero se tiene que:

$$CV = \frac{C_0}{k} + \left(DE + \frac{TA}{k} \right) . \quad (2)$$

Por lo tanto, para una recaudación global fija, el costo de viaje es el mismo para diferentes combinaciones de DE y TA . Un pasajero debería estar indiferente entre distintas

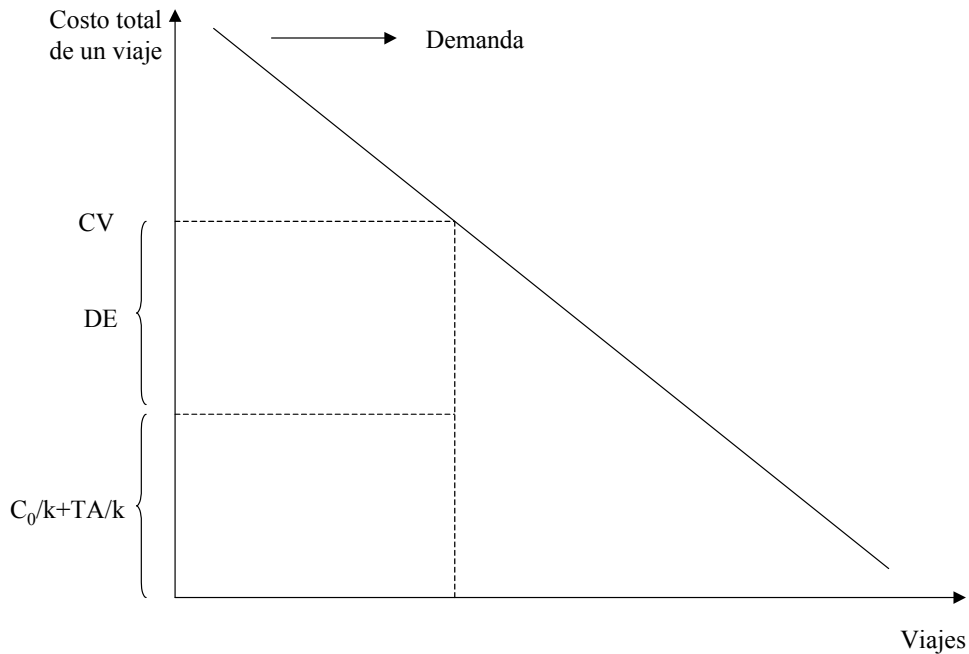
combinaciones del derecho de embarque y la tasa de aterrizaje que mantengan el costo total del viaje inalterado.

Si se supone que los costos por pasajero por el uso de la infraestructura y servicios aeroportuarios es CI y el costo generado por el aterrizaje de un avión es CA , entonces la recaudación total por pasajero que tienen que generar DE y TA es:

$$DE + TA/k = CI + CA/k. \quad (3)$$

Pero la condición anterior no implica que $DE = CI$ y $TA = CA$. Cualquier combinación de DE y TA que genere la misma recaudación total por pasajero es igualmente eficiente desde el punto de vista de la asignación de recursos.⁵

Figura 1: Equivalencia entre Tasa de Embarque y Tasa de Aterrizaje



La Figura 1 ilustra el resultado anterior. En la figura se muestra la demanda por viajes, que depende del costo total de un viaje. A su vez, el costo total será una combinación entre el

⁵ Este es un resultado más general. Cuando la función de producción es de proporciones fijas (también llamada de complementos perfectos o función de producción Leontieff), que en este caso se da si se supone que se requiere un aterrizaje por cada k pasajeros, entonces el único costo relevante es la suma de los costos de cada servicio individual.

costo del vuelo (prorrateado por pasajero), la Tasa de Aterrizaje (prorrateada por pasajero) y el Derecho de Embarque. El pasajero estaría indiferente ante un aumento del Derecho de Embarque y disminución de la Tasa de Aterrizaje, manteniendo el costo total del viaje constante. Por otro lado, para una tecnología de proporciones fijas, el costo relevante para la asignación de recursos es la suma de los costos individuales. Si la recaudación total cubre la suma de los costos de cada servicio, entonces la tarificación es eficiente.

El análisis anterior indicaría que no importa como se distribuye el peso relativo de la recaudación entre el derecho de embarque y la tasa de aterrizaje. Sin perjuicio de lo anterior, hay una serie de complicaciones adicionales que se deben tomar en cuenta. Por ejemplo, puede que existan aviones que impongan costos disímiles a la infraestructura. En este caso el tarificar separadamente el aterrizaje del derecho de embarque puede ser conveniente por razones más bien prácticas.

En el caso que existan distintos tipos de aeronaves cada una demandando niveles desiguales de servicio (por ejemplo el largo de pista requerido) la forma como se distribuyen los costos del sistema en las tarifas tiene relevancia.

Supongamos que existen dos tipos de aeronaves, las cuales imponen un costo adicional CA_1 y CA_2 a un aeropuerto,⁶ siendo sus capacidades k_1 y k_2 respectivamente. El costo generado por los pasajeros es homogéneo e igual a CI . Por consiguiente, tenemos que el costo equivalente generado por cada pasajero sería una función del tipo de aeronave e igual a:

$$CI + \frac{CA_i}{k_i} \quad \text{para } i = 1, 2$$

Salvo en el caso en que los costos por aterrizaje sean exactamente proporcionales a la capacidad de las aeronaves, el costo por pasajero va a diferir entre aviones. Por tal razón es útil hacer una separación entre derecho de embarque y tasa de aterrizaje de tal modo de que —aplicando un criterio de tarifa igual a costo marginal— se pueda diferenciar el costo total

⁶ Este costo adicional disímil se puede explicar por el hecho que los aviones requieren distintos largos de pista según el diseño y el tamaño de los mismos.

por pasajero dependiendo del tipo de avión en que viaje. Esta solución permite dar a las líneas aéreas los incentivos correctos al seleccionar su flota. Sin embargo, esto no implica que el nivel general de las tasa de aterrizaje en comparación al derecho de embarque sea importante. De hecho, para un nivel de DE fijo, cualquier nivel de tasas de aterrizaje que cumpla con la siguiente condición:

$$\frac{TA_1}{TA_2} = \left[\frac{CI - DE + \frac{CA_1}{k_1}}{CI - DE + \frac{CA_2}{k_2}} \right] \cdot \frac{k_1}{k_2}$$

es igualmente eficientes desde el punto de vista de la asignación de recursos. Por lo tanto, el valor relativo de las tasas de aterrizaje para distintos tipos de aviones es importante, no tanto su nivel promedio en relación a la tasa de embarque.

Por otro lado, en el análisis se supuso que k , la utilización de cada avión, es constante, lo cual no es totalmente realista. Si se aumenta la tasa de aterrizaje, las aerolíneas pueden tener el incentivo de aumentar la capacidad utilizada de cada avión.

También se debe considerar que los vuelos de carga sólo pagan tasa de aterrizaje por lo cual en este caso sí importa dar la señal adecuada del uso de los recursos involucrados en este servicio particular. Sin embargo, estos vuelos son un porcentaje menor de las operaciones realizadas en los aeródromos nacionales. Además, mucha carga se envía en vuelos regulares de pasajeros.

Por último, puede que los clientes no se comporten como predice el modelo anterior. Según ejecutivos de la industria, el ‘impulso’ del cliente es distinto cuando toma la decisión de comprar un pasaje que cuando efectivamente lo paga (incluyendo los derechos de embarque). Las aerolíneas prefieren publicitar pasajes más baratos y que el cliente pague el derecho de embarque después de haber tomado la decisión —inducido por esta

publicidad— de viajar. Por lo tanto, estas compañías prefieren un derecho de embarque más alto en relación a la Tasa de Aterrizaje.

Por los motivos anteriores, se recomiendan los siguientes criterios para establecer el valor relativo de las tasas de aterrizaje. Debido a los vuelos de carga, la tasa de aterrizaje debe cubrir al menos el costo incremental o marginal de ese servicio para cada tipo de avión. Además, la estructura debe ser tal que de la señala adecuada de costos entre los distintos tipos de aviones. Sin embargo, el balance entre el nivel de estas tasas y el derecho de embarque es un asunto de importancia secundaria en la tarificación óptima de los servicios aeronáuticos y es perfectamente razonable mantener el valor relativo de estos cobros en su nivel actual, siempre y cuando las tasas de aterrizaje actuales cubran al menos los costos incrementales o marginales de este servicio.

4. Subsidios cruzados en el sector

Existe la presunción de que la estructura actual de las tasas aeronáuticas produce una serie de subsidios cruzados, principalmente entre el aeropuerto AMB de Santiago y los aeródromos regionales, y entre la aviación comercial y la aviación general. Existen argumentos económicos para justificar una política de autofinanciamiento por aeródromo, como se discutirá más adelante. En este contexto, podría ser recomendable eliminar los subsidios cruzados existentes o al menos cuantificar su magnitud. Por lo tanto, conocer la real magnitud de los posibles subsidios cruzados entre aeropuertos y servicios es importante para orientar el diseño de las tarifas del sector.

4.1 Definición de subsidios cruzados

Es importante definir lo que constituye un subsidio cruzado en esta industria. Una simple comparación entre los costos y los ingresos de cada aeródromo no sería la forma correcta de identificar y medir estos subsidios. Los aeródromos están relacionados entre sí y en conjunto forman una *red* de transporte aéreo. La definición de subsidio cruzado en una industria de red, como la aeronáutica, donde hay una serie de costos del sistema no atribuibles a un aeropuerto en particular, es más compleja de lo que comúnmente se reconoce.

La definición rigurosa de un subsidio cruzado en una industria de servicio público la provee Faulhaber (1975). Para entender esta definición es necesario introducir el concepto de sub-aditividad en la función de costos. Una función de costos se dice sub-aditiva si los costos de producción de un vector de productos son menores cuando este vector es producido por una empresa que cuando se reparte entre varias empresas. Formalmente, una función de producción se dice sub-aditiva si para un vector q de producción:

$$C(q^1) + C(q^2) \geq C(q^1 + q^2) = C(q) \quad (4)$$

donde q^1 y q^2 son una partición del vector q . Sub-aditividad generaliza el concepto de economía de escala y de ámbito.⁷ Sub-aditividad se puede dar, por ejemplo, si hay costos conjuntos de producir distintos bienes en una empresa multi-producto (gastos de dirección y gerencia, por ejemplo). Si dos empresas producen una partición del vector original, entonces en el agregado es más caro ya que cada una tiene que incurrir separadamente en estos costos fijos.

En este contexto, se dice que los precios de un subconjunto de servicios o vector de productos q^1 no es fuente de un subsidio cruzado si:

$$R(q^1) \leq C(q^1) \quad (5)$$

donde $R(q^1)$ es el ingreso que genera la venta del servicio o vector q^1 . Lo que dice esta condición es que si los precios del servicio son tales que los ingresos generados no superan los costos de producir q^1 en forma aislada ('stand-alone cost') entonces estos precios no son una fuente de subsidios cruzados.

Si suponemos que la empresa en el agregado se autofinancia, entonces la condición anterior se puede expresar de otra manera. Si expresamos la restricción de autofinanciamiento como:

$$R(q^1) + R(q^2) = C(q^1 + q^2) = C(q) \quad (6)$$

entonces, la expresión previa se puede escribir como:

$$R(q^2) \geq C(q) - C(q^1). \quad (7)$$

⁷ Si el vector q tiene un solo elemento (uni-producto) entonces una partición significa que dos empresas producen separadamente una cantidad cuya suma es igual a q . Si se da la condición de sub-aditividad entonces hay economías de escala. Si q tiene varios elementos (multi-producto) entonces una partición puede ser que una empresa produzca un subconjunto de los productos y otra produce el complemento. Si hay sub-aditividad en este contexto entonces hay economías de ámbito.

Lo que dice esta última condición es que los ingresos de la venta de q^2 tienen que ser superiores a los costos *incrementales* de producir q^2 , una vez que ya se esté produciendo q^1 . Esta forma de expresar la ausencia de subsidios cruzados indica que si se están produciendo otros bienes (para los cuales ya se está incurriendo en los costos conjuntos como Gerencia, etc.) entonces los precios de los productos o servicio en cuestión deben ser tales que superen los costos adicionales de asociados a estos productos. Estos precios, si bien no financiarían q^2 en forma aislada, más que financian los costos adicionales de q^2 una vez que ya se está produciendo q^1 .

Si los precios de una empresa o industria cumplen las condiciones anteriores para cualquier partición del vector q , entonces se dice que la estructura de precios no genera subsidios cruzados. Se debe notar que pueden existir muchos precios que cumplen con esta condición, por lo cual generalmente habrá cierta flexibilidad para cambiar precios relativos entre distintos bienes o servicios sin que esto implique necesariamente la generación de subsidios cruzados.

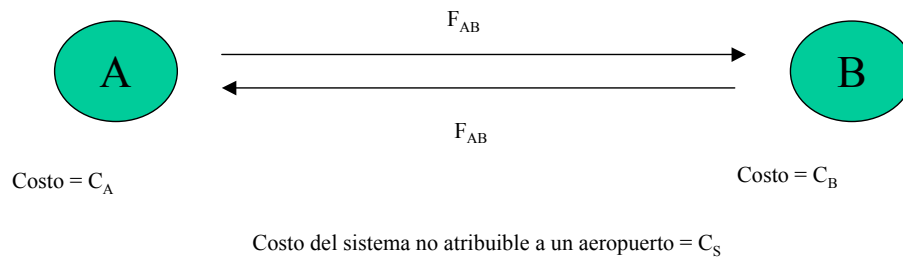
La condición que indica la ausencia de subsidios cruzados está íntimamente relacionada con la sustentabilidad de los precios. Si los precios cumplen esta condición quiere decir que no existe posibilidad de ‘descrime’ por parte de un entrante. Por ejemplo, si los precios para un subconjunto de bienes o servicios, q^* , no cumplieran con la condición (5) entonces existe la posibilidad de que un entrante provea estos bienes y servicios a un precio menor. Los costos del entrante son $C(q^*)$ pero como los precios que cobra la empresa establecida son mayores que este costo, existe la posibilidad de entrar cobrando precios menores, con lo cual los precios originales no son sustentables en el tiempo.

4.2 Un ejemplo del concepto de subsidio cruzado aplicado a la industria aeronáutica

Un ejemplo servirá para ilustrar los conceptos anteriores y explicar la estimación empírica de los subsidios cruzados para la industria aeronáutica en Chile que se presenta más abajo.

Supongamos que en un país existen sólo dos aeropuertos A y B (Figura 2). El flujo de pasajeros que van de A a B se denomina D_{AB} , y se supone que existe un flujo equivalente en el sentido contrario. O sea, cada pasajero hace un viaje de ida y vuelta (lo cual es bastante realista). Supongamos que los costos del aeropuerto A y B (para el nivel de flujo de pasajeros en cada aeropuerto, $2F_{AB}$) son C_A y C_B . Además existe un costo adicional para el sistema como un todo relacionado con el control aéreo y otros gastos, que denominamos como C_S . Supongamos por simplicidad que la única tarifa aeronáutica es el Derecho de Embarque que se paga en el aeropuerto de origen de un viaje, DE_A y DE_B .⁸

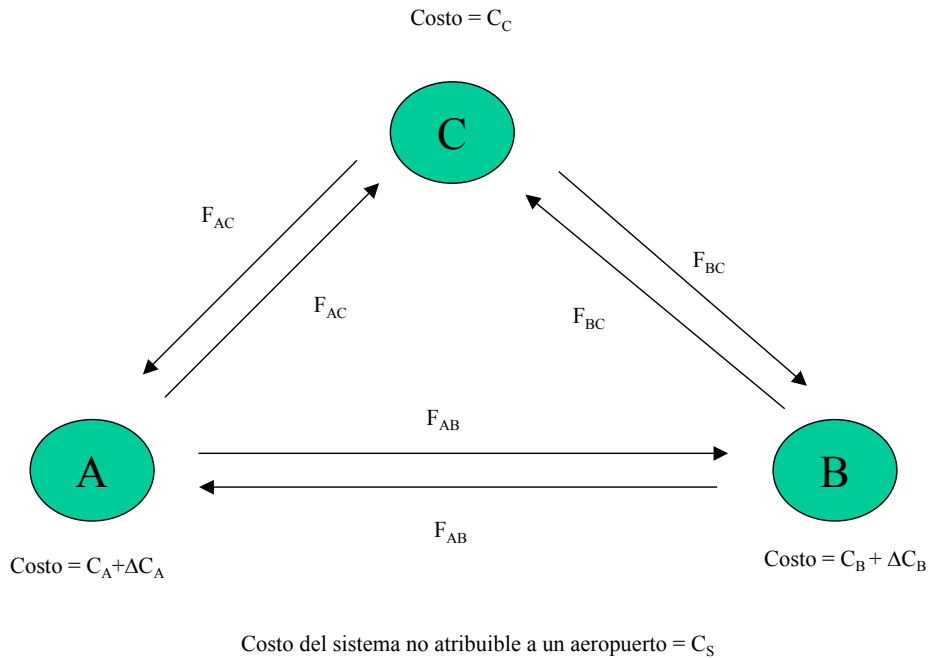
Figura 2: Una red simple de dos aeropuertos



En este ejemplo, como cada pasajero utiliza los dos aeropuertos en cada tramo de su viaje, da lo mismo si los costos del sistema se recuperan con el derecho de embarque en A o en B , o una combinación entre ambas tarifas. Cada pasajero pagará $(DE_A + DE_B)$ en el viaje completo y mientras la suma de estos pagos financien el costo por pasajero $((C_A + C_B + C_S)/F_{AB})$ da lo mismo si se cobra todo en A o en B . En este ejemplo no tiene sentido el concepto de subsidio cruzado. Ninguno de los dos aeropuertos puede proveer un servicio por sí solo. Sólo la existencia de la *red* de los dos aeropuertos permite generar un servicio económico relevante y por lo tanto no importa en cual de ellos se genere el ingreso para financiar la red. En este ejemplo, la unidad económicamente relevante es el conjunto A más B y se paga la tarifa $(DE_A + DE_B)$ por el servicio que provee esta red.

⁸ Cómo quedó demostrado en la sección anterior, el asumir que no existe tasa de aterrizaje no implica ninguna pérdida de generalidad en este ejemplo.

Figura 3: Una red con tres aeropuertos



Si se agrega un tercer aeropuerto, C , se puede comenzar a hablar de un posible subsidio cruzado. Supongamos que al construir este nuevo aeropuerto se genera un flujo de ida y vuelta adicional de pasajeros entre A y C y entre B y C (ver Figura 3), los cuales denominamos por F_{AC} y F_{BC} . Supongamos que el costo del aeropuerto C , para los flujos de pasajeros que llegan y salen de ese aeropuerto, son C_C . Además, los flujos adicionales F_{AC} generan un costo adicional en el aeropuerto A de ΔC_A y los flujos adicionales F_{BC} generan un costo adicional en el aeropuerto B de ΔC_B . Finalmente, DE_C es la tasa de embarque fijada en el aeropuerto C .

¿Es correcto comparar los ingresos del aeropuerto C ($DE_C * (F_{AC} + F_{BC})$) con los costos C_C para evaluar si el aeropuerto C está recibiendo un subsidio del resto del sistema? La respuesta es negativa. La introducción del aeropuerto C genera costos adicionales en el resto del sistema ($\Delta C_A + \Delta C_B$) pero además genera ingresos adicionales en los otros aeropuertos. Cuando los pasajeros que viajan de A a C se embarquen en A , pagarán un derecho de embarque que es atribuible al aeropuerto C (ya que si C no existiera no se

generarían esos ingresos). Lo mismo ocurre en el aeropuerto *B*. Por lo tanto, un subsidio cruzado a favor de *C* sólo existe cuando:⁹

$$\begin{aligned}
 & \text{Ingresos incrementales generados por aeropuerto C} \\
 & \quad (\text{Ingresos generados directamente en aeropuerto C} \\
 & + \text{ingresos generados indirectamente en aeropuerto A} \\
 & + \text{ingresos generados indirectamente en aeropuerto B}) \\
 & \qquad < \\
 & \text{Costos incrementales generados por aeropuerto C} \\
 & \quad (\text{Costos generados directamente en aeropuerto C} \\
 & + \text{costos generados indirectamente en aeropuerto A} \\
 & + \text{costos generados indirectamente en aeropuerto B})
 \end{aligned}$$

En otras palabras sólo hay un subsidio cruzado a favor de *C* si:

$$DE_C * (F_{AC} + F_{BC}) + DE_A * F_{AC} + DE_B * F_{BC} < C_C + \Delta C_A + \Delta C_B. \quad (8)$$

Si se da la condición contraria, de que:

$$DE_C * (F_{AC} + F_{BC}) + DE_A * F_{AC} + DE_B * F_{BC} > C_C + \Delta C_A + \Delta C_B \quad (9)$$

Esto no significa necesariamente que *C* esté subsidiando a los otros aeropuertos. Si

$$\begin{aligned}
 & C_C + \Delta C_A + \Delta C_B + C_S \\
 & \qquad > \\
 & DE_C * (F_{AC} + F_{BC}) + DE_A * F_{AC} + DE_B * F_{BC} \\
 & \qquad > \\
 & C_C + \Delta C_A + \Delta C_B
 \end{aligned}$$

⁹ La siguiente condición equivale a las condición (7) de la sección anterior pero con el signo invertido.

entonces C está contribuyendo a pagar los costos conjuntos del sistema C_S , lo cual permite bajar las tarifas en los otros aeropuertos. Pero el aeropuerto C no está generando un subsidio cruzado ya que a las tarifas existentes no solventa por sí solo todos los costos asociados a C más los costos del sistema C_S . Sólo si

$$DE_C*(F_{AC} + F_{BC}) + DE_A * F_{AC} + DE_B*F_{BC} > C_C + \Delta C_A + \Delta C_B + C_S \quad (10)$$

se podría afirmar que el aeropuerto C está subsidiando al resto de la red, ya que en este caso, los ingresos de C alcanzan a financiar todos sus costos directos e indirectos, todos los costos del sistema no atribuibles directamente a un aeropuerto y, además, sobra un remanente. Si se asume que existe un equilibrio global de la red (los ingresos de todos los aeropuertos cubren el costo total del sistema) la condición (10) implica que A y B estarían recibiendo un subsidio de C . Para demostrar esto, se utiliza la condición de autofinanciamiento del sistema:

$$DE_C*(F_{AC}+F_{BC}) + DE_A *(F_{AC}+F_{AB}) + DE_B*(F_{BC}+F_{AB}) = C_C + C_S + C_A+\Delta C_A + C_B+\Delta C_B.$$

Esta condición y la ecuación (3) implican que

$$DE_A *F_{AB} + DE_B*F_{AB} < C_A+ C_B.$$

O sea, que los ingresos que se generan en la ruta AB no alcanzan a cubrir los costos incrementales de esta ruta. Por lo tanto, existe una simetría entre la condición (8) y la (10). Si un aeropuerto está recibiendo un subsidio cruzado según la condición (8), el resto de la red tiene que estar generando ingresos superiores a sus costos directos más los costos del sistema. A su vez, si ningún aeropuerto cumple con la condición (8) entonces no existe ningún subsidio cruzado entre aeropuertos en el sistema.¹⁰

¹⁰ En realidad, no basta con examinar la condición (8) aeropuerto por aeropuerto ya que puede que cada aeropuerto cumpla con la condición pero un conjunto de varios aeropuertos no la cumpla. Esto puede suceder si hay costos conjuntos atribuibles a un subconjunto de aeropuertos, como podría ser mantener personal y equipos por 'zonas' del país que sirven un conjunto de aeropuertos. En lo que sigue se ignora esta posibilidad y se evalúa la condición (8) para cada aeropuerto por separado.

4.3 Medición empírica de los subsidios cruzados en Chile

En esta sección se estiman los subsidios cruzados entre aeropuertos según la definición conceptual descrita anteriormente. En particular, se evalúa la condición (8) para cada aeropuerto para el cual se dispone de información, comparando los ingresos incrementales con los costos incrementales que genera cada aeropuerto en el sistema. Esto equivale a preguntarse la siguiente pregunta: ¿Aumentarían los excedentes (diferencia entre ingresos totales y costos totales) en el resto del sistema si se eliminara de la red un aeropuerto en particular? Si la respuesta es positiva (o sea el aeropuerto cumple la condición (8)) entonces se puede afirmar que ese aeropuerto está recibiendo un subsidio cruzado del resto del sistema.

Para estimar los ingresos y costos incrementales se utilizó la matriz de flujos de pasajeros de las aerolíneas comerciales del país en el año 2004. Se consideraron todos los ingresos de cada aeropuerto, más los ingresos indirectos que generan los pasajeros que llegan al pagar un derecho de embarque en el aeropuerto de origen (salvo los pasajeros que arriban del extranjero) y los ingresos adicionales que generan los pasajeros que salen por concepto de pago de tasa de aterrizaje de su vuelo en el aeropuerto destino (salvo los que viajan al extranjero). En este último caso, se supuso que el avión promedio pesa 61,1 toneladas.¹¹ Adicionalmente, se supuso una ocupación media de 74.8 pasajeros por vuelo.

La información de costos proviene de la DGAC e incluye los costos directos de remuneración, depreciación y operación atribuibles a cada aeropuerto. Es posible que la depreciación contable no esté reflejando el verdadero valor de reposición de los activos de cada aeropuerto. Sin embargo, esa fue la información disponible para este estudio.

Se asumió que los costos adicionales que generan los flujos de pasajeros desde y hacia un aeropuerto regional en particular en el resto de los aeropuertos y en el sistema en general son insignificantes. Este supuesto sesga los resultados a favor de no encontrar subsidios

¹¹ Este parámetro se estimó en base a la información de las operaciones en el aeropuerto AMB en el año 2004, donde el 100% de las operaciones domésticas fue en aviones de más de 50 toneladas. Se tomó un promedio ponderado del PMD de las operaciones en ese aeropuerto para el 2004.

cruzados. Por lo tanto, si con estos supuestos encontramos que un aeropuerto recibe un subsidio cruzado (cumple condición (8)), tenemos seguridad de que también existirá ese subsidio bajo supuestos más realistas de costos.¹²

Cuadro 8: Subsidios cruzados por aeropuerto

Aeropuerto	Costos directos	Ingresos directos	Ingresos indirectos	Ingresos totales	Déficit/superavit	Categoría	%de costos
Antofagasta	2,781,157,682	2,026,891,707	1,137,743,341	3,164,635,048	383,477,366	1	
Arica	1,373,246,470	846,374,102	580,481,166	1,426,855,268	53,608,798	1	
Calama	577,039,212	689,623,172	635,653,790	1,325,276,962	748,237,750	1	
Concepción	1,860,151,855	1,306,990,510	1,017,340,574	2,324,331,084	464,179,229	1	
Iquique	2,610,651,874	1,940,804,304	1,098,424,311	3,039,228,615	428,576,741	1	
Isla de Pascua	1,244,452,784	540,554,711	125,481,660	666,036,371	- 578,416,413	1	-46.5%
La Serena	1,035,373,661	484,566,029	365,029,231	849,595,260	- 185,778,401	1	-17.9%
Puerto Montt	3,080,993,579	2,104,717,405	1,305,046,722	3,409,764,127	328,770,548	1	
Punta Arenas	2,684,069,333	1,242,153,875	849,230,803	2,091,384,678	- 592,684,655	1	-22.1%
Santiago	7,265,269,954	46,628,213,417	6,010,255,040	52,638,468,457	45,373,198,503	1	
Temuco	1,089,011,251	828,412,782	574,220,425	1,402,633,208	313,621,957	1	
Balmaceda	1,299,169,002	526,133,159	452,435,953	978,569,112	- 320,599,890	2	-24.7%
Osorno	454,649,378	194,457,060	200,293,157	394,750,217	- 59,899,161	2	-13.2%
Valdivia	480,490,770	180,701,525	176,907,556	357,609,081	- 122,881,689	2	-25.6%
Antartica	483,233,584	146,405	2,863,138	3,009,543	- 480,224,041	3	-99.4%
Chillan	131,720,071	10,319,682	2,854,515	13,174,197	- 118,545,874	3	-90.0%
Copiapó	409,201,264	249,830,741	223,055,508	472,886,249	63,684,985	3	
El Salvador	33,315,309	-	44,317,231	44,317,231	11,001,922	3	
Los Angeles	158,629,244	18,487,863	1,005,960	19,493,823	- 139,135,421	3	-87.7%
Porvenir	122,026,418	1,210,168	25,649,128	26,859,296	- 95,167,122	3	-78.0%
Pucon	17,383,651	718,822	11,027,839	11,746,661	- 5,636,990	3	-32.4%
Puerto Natales	138,781,510	1,541,790	6,355,014	7,896,804	- 130,884,706	3	-94.3%
Puerto Williams	180,119,739	5,264,913	25,775,994	31,040,907	- 149,078,832	3	-82.8%

Fuente: La información de costos e ingresos por aeropuerto provienen de la DGAC; la matriz de pasajeros de la JAC. Los resultados son cálculos propios.

Los resultados se presentan en el Cuadro 8. La segunda columna presenta los costos directos de cada aeropuerto según la información contable de la DGAC y que en este trabajo se toman como los costos incrementales de cada aeropuerto. La tercera columna muestra los ingresos directos generados en cada aeropuerto según la información de la DGAC. La cuarta columna presenta los ingresos indirectos que genera el flujo de cada aeropuerto en el resto del sistema, según los supuestos presentados más arriba. La quinta columna es la suma de los ingresos directos e indirectos y es el valor que se usa como el ingreso incremental de cada aeropuerto. La sexta columna son los ingresos incrementales menos los costos incrementales de cada aeropuerto. Una cifra negativa indica que ese aeropuerto está recibiendo un subsidio cruzado del resto del sistema. En la octava columna se presenta —para aquellos aeropuertos que reciben un subsidio cruzado— el porcentaje que representa este subsidio sobre los costos directos. Finalmente, en la séptima columna se registra la categoría del aeropuerto.

¹² Este posible sesgo se ve contrarrestado en parte por que tampoco se están considerando otras fuentes de ingresos indirectos que generan esos pasajeros en la red (por servicios en ruta, concesiones, etc.)

El Cuadro 8 muestra varios resultados interesantes. Primero, muchos aeropuertos de categoría 1 tienen costos directos superiores a sus ingresos directos. Sin embargo, al considerar los ingresos indirectos que generan los pasajeros que utilizan ese aeropuerto en el resto de la red, se nota que los ingresos totales cubren sus costos directos (incrementales). Segundo, relacionado con lo anterior, la mayoría de los aeropuertos de categoría 1 no reciben un subsidio cruzado. La excepción son los aeropuertos de La Serena, Punta Arenas e Isla de Pascua. Tercero, el flujo de subsidios más importante pareciera ser desde los aeropuertos de categoría 1 hacia los de categoría 2 y 3. Entre estos últimos sólo El Salvador y Copiapó no reciben un subsidio según nuestras estimaciones.¹³

Otro resultado interesante es comparar todos los costos e ingresos generados por la red doméstica con excepción de Santiago. Este último aeropuerto podría en teoría existir aisladamente atendiendo sólo el flujo internacional. Si la red doméstica genera ingresos, incluyendo los que se generan en Santiago como resultado del flujo de pasajeros y vuelos domésticos, mayores que los costos directos de toda esta red, entonces se puede afirmar que no hay subsidios cruzados entre los servicios internacionales y los nacionales. Los ingresos y costos de la red doméstica sin Santiago se presentan en el Cuadro 9. Se puede observar que los ingresos totales son insuficientes para financiar los costos directos. Lo que indica este resultado es que las tarifas aeronáuticas para pasajeros y vuelos internacionales están subsidiando las tarifas domésticas.¹⁴

Cuadro 9: Subsidios cruzados entre servicio internacional y doméstico

Aeropuerto	Costos directos	Ingresos directos	Ingresos indirectos	Ingresos totales	Déficit/superavit	Categoría	%de costos
Red doméstica sin Santiago	22,244,867,641	13,199,900,725	6,330,356,441	19,530,257,165	- 2,714,610,476		-12.2%

Fuente: La información de costos e ingresos por aeropuerto provienen de la DGAC; la matriz de pasajeros de la JAC. Los resultados son cálculos propios.

¹³ Se debe tener cuidado al interpretar los resultados para estos dos últimos aeropuertos: El peso del avión promedio que se supuso puede no ser el adecuado para El Salvador. Por otro lado, las cifras del aeropuerto de Copiapó no corresponden al recién inaugurado aeropuerto de Atacama.

¹⁴ Esto no considera que muchos viajes hacia y desde el extranjero incluyen también un viaje doméstico por lo que parte de los ingresos de las tasas internacionales se podrían atribuir al sector doméstico. Pero por otro lado también es cierto que se han ignorado los costos adicionales en control aéreo y otros gastos que genera el tráfico doméstico.

Por último, también es relevante analizar el posible subsidio entre la aviación comercial por un lado y la aviación general o comercial menor.¹⁵ La aviación general, al igual los aviones comerciales menores, pagan una Tasa Operacional Anual (TOA) fija independientemente del número de vuelos o aterrizajes realizados. Esta tasa cubre los servicios de aterrizaje y estacionamiento y de ayuda y protección al vuelo.

No fue posible establecer los ingresos exactos por este concepto en el año 2004, ya que en la información disponible están contabilizados dentro de la partida de ‘otros ingresos’ de tasas aeronáuticas. Sin embargo, si se supone que todos los ‘otros ingresos’ de tasas son atribuibles a la TOA, entonces la cifra de ingresos a nivel nacional ascendería a \$622 millones en el año 2004 por este concepto.

No resulta fácil establecer cual es el costo incremental en la red de servir a los usuarios que pagan la Tasa Operacional. Como mínimo, estos usuarios generan un costo incremental equivalente al costo de aquellos aeródromos menores que no reciben tráfico de aeronaves grandes y que son utilizados exclusivamente por la aviación general o comercial menor. Dentro de este grupo se pueden incluir al menos los aeropuertos o aeródromos de Chañaral, Vallenar, Cerrillos, Santo Domingo, Viña del Mar, Rodelillo, Isla Robinsón Crusoe, Quintero, Tobaraba, Curico, Pupelde, Chaiten, Futalefú, Alto Palena, Segundo Corral, Chile Chico, Cochrane, y Puerto Aysen. Los costos directamente atribuibles a estos aeródromos ascendió a \$1.692.108.371 en el año 2004. Por lo tanto, claramente existe un subsidio cruzado a favor de la aviación general y comercial menor.

Como resumen se puede afirmar que las tarifas aeronáuticas actuales generan al menos cuatro tipos de subsidios cruzados. Primero, los aeropuertos de segunda o tercera categoría reciben un subsidio del resto de la red. Segundo, algunos aeropuertos de primera categoría como La Serena, Isla de Pascua y Punta Arenas, también reciben un subsidio cruzado. Tercero, la aviación general y comercial menor también está siendo subsidiada por el resto del sistema. Cuarto, los resultados muestran que lo más probable es que el tráfico

¹⁵ Por aviación general o comercial menor nos referimos al transporte realizado por aviones de matrícula chilena cuyo peso máximo de despegue no sea mayor a 5,7 toneladas.

internacional esté financiando los tres subsidios cruzados anteriores ya que la red doméstica como un todo genera ingresos menores que los costos incrementales de operar esta red.

5. Base metodológica para calcular las tasas y derechos

En esta sección se presentan las bases metodológicas de la propuesta de tarifas aeronáuticas. Como se mencionó en la introducción, la fijación de tarifas de un servicio público, como los aeronáuticos, debe conjugar una serie de objetivos, no siempre consistentes entre sí. Primero, se debe proveer una señal de precios adecuada para el uso racional de los recursos involucrados, incluyendo un ajuste para evitar la congestión en el uso de la infraestructura. Este primer objetivo, denominado de ‘eficiencia asignativa’, también implica que al tarifificar se deben considerar los posibles impactos (negativos o positivos) que puedan generar las actividades de la industria sobre terceros. Un ejemplo clásico de estas llamadas ‘externalidades’ es el ruido generado por los aviones en su etapa de aterrizaje o despegue. Las tarifas que se fijan con criterios estrictamente de eficiencia asignativa, considerando posibles escenarios de congestión y externalidades, se denominan ‘tarifas eficientes’ o de ‘primero mejor’ (*first-best*).¹⁶

Segundo, cuando se ha tomado la decisión de política de no financiar los servicios con fondos del presupuesto general de la nación, como es el caso de los servicios aeronáuticos en Chile, las tarifas deben garantizar que la industria pueda autofinanciarse. Este es el objetivo de ‘autofinanciamiento’ de la tarifificación, y que generalmente implica una divergencia en las tarifas con respecto a las de ‘primero mejor’. Aquellas tarifas que logran el autofinanciamiento de la industria pero sacrificando lo menos posible el objetivo de eficiencia se denominan tarifas de ‘segundo mejor’ o, siguiendo la analogía con la tarifificación de servicios públicos en Chile, ‘tarifas definitivas’. Más adelante se discute en detalle los ajustes que se deben realizar a las tarifas eficientes para lograr el óptimo de ‘segundo mejor’.

Además de los objetivos de tarifificación antes señalados, existen otros principios que generalmente se mencionan en la literatura aplicada, incluyendo la inteligibilidad, la equidad y la no-discriminación de las tarifas. En cuanto a la inteligibilidad, en este informe

¹⁶ El término ‘tarifas eficientes’ se utiliza en este informe en forma análoga a como se entiende este término en la legislación sanitaria, eléctrica y de telecomunicaciones en Chile. El término ‘primero mejor’ es el utilizado en la literatura académica.

se considera que este es un tema de importancia menor ya que los usuarios de servicios aeronáuticos son generalmente las empresas de aviación comercial, que por su tamaño y sofisticación, tienen la capacidad de comprender esquemas complejos de tarificación. Las posibles excepciones a esta regla serían los servicios pagados directamente por los pasajeros (tasa de embarque) o las tarifas de los servicios aeronáuticos para la aviación general.

La equidad y no-discriminación de las tarifas son principios más difíciles de precisar. Estos principios se refieren a que cada usuario debe pagar por los servicios en proporción a los costos que su demanda genera en el sistema y que las tarifas que enfrentan dos usuarios con iguales características deberían ser iguales. La dificultad con estos principios radica en establecer cuándo dos usuarios son iguales o imponen el mismo costo en el sistema.

Ante una restricción de autofinanciamiento, la teoría económica indica que la discriminación de precios puede ser óptima, en el sentido de lograr el objetivo de autofinanciamiento al menor costo social posible. Por ejemplo, podría ser perfectamente eficiente desde un punto de vista económico cobrar una tasa de aterrizaje más alta a un avión en un vuelo de larga distancia que a uno idéntico (mismo tipo de avión) pero en un vuelo de corta distancia. Esta discriminación no se justificaría en que el primer vuelo impone mayores costos al sistema aeronáutico, sino por la distinta ‘capacidad de pago’ de cada vuelo ya que la tasa de aterrizaje constituye un porcentaje menor del costo total de un vuelo de larga distancia que uno de corta distancia.¹⁷ La diferenciación de la tasa de embarque entre vuelos nacionales e internacionales, vigente hoy en Chile, es una instancia de discriminación.

Por otro lado, siempre es posible compatibilizar el principio de no-discriminación con los otros objetivos de la tarificación definiendo distintas clases de usuarios (por ejemplo, según la distancia del vuelo) y cobrar una tasa distinta a cada grupo pero sin discriminar dentro de cada clase.

¹⁷ Ver Morrison (1982). Esta idea se discute en mayor detalle más abajo en este informe.

Por las razones expuestas, en este estudio se relegan los principios de equidad y no-discriminación a segundo plano, aunque al final se toman en cuenta al momento de discutir la aplicación concreta de las tarifas propuestas. Tampoco se consideran en este estudio los principios establecidos por ciertos organismos internacionales, principalmente la OACI, relacionados con la tarificación de los servicios aeronáuticos. El objetivo principal del presente estudio es determinar estas tarifas exclusivamente con referencia a principios económicos, para posteriormente comparar los resultados con la estructura actual de estos cobros. Naturalmente, si en el futuro se decidiese modificar el nivel y/o estructura de cobros de los servicios aeronáuticos en Chile, se deben tomar en cuenta los principios y recomendaciones de la OACI, además de cualquier acuerdo internacional que Chile haya suscrito en este ámbito.

5.1 Señal de precios y eficiencia asignativa

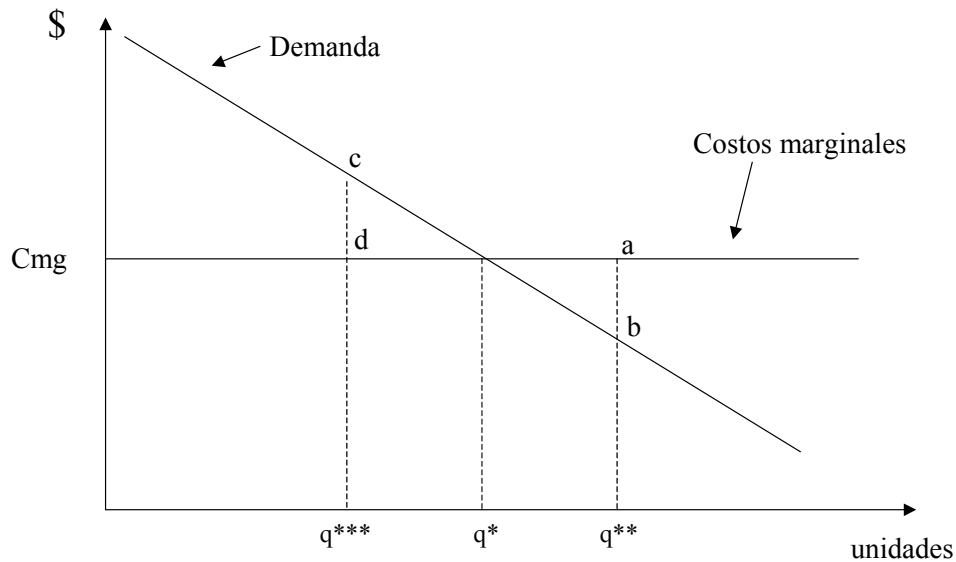
La eficiencia asignativa se logra cuando las unidades consumidas de un bien o servicio son valoradas por los usuarios más que los bienes y servicios que la sociedad necesariamente deja de consumir para poder proveer las unidades del bien en cuestión. La provisión de servicios aeronáuticos requiere una serie de insumos, como mano de obra, equipos, infraestructura y energía. Estos insumos podrían haber sido utilizados para generar otros bienes y servicios en la economía. Por lo tanto, su uso en el sector aeronáutico genera un 'costo de oportunidad'. En teoría, e ignorando complicaciones impositivas y otras distorsiones, el precio de mercado de estos insumos debería reflejar aproximadamente este costo de oportunidad.

En la Figura 4, C_{mg} representa el costo adicional (costo marginal) de producir cada unidad de un bien o servicio. La figura también muestra la demanda por el bien o servicio, la curva DD . Esta demanda representa el precio que los usuarios estarían dispuestos a pagar por cada unidad o uso del servicio.

La eficiencia asignativa se logra cuando el nivel de consumo o uso del servicio es q^* . Partiendo de este punto, producir (consumir) más unidades genera un costo alternativo

(pérdida de otros bienes y servicios en la economía) igual a la distancia $q^{**}a$, mayor a la valoración (disposición a pagar) de las unidades adicionales del servicio en cuestión, $q^{**}b$. Producir menos que q^* tampoco resulta eficiente, puesto que expandiendo la producción del servicio se puede satisfacer una demanda adicional que es valoradas más ($q^{***}c$) que el costo alternativo de proveerla ($q^{***}d$).

Figura 4



Una forma de lograr la asignación eficiente de recursos en forma descentralizada es mediante la fijación de un precio que refleje el costo alternativo del bien o servicio. Por ejemplo, si el precio del servicio ilustrado en la Figura 4 se fija en $P = Cmg$, los usuarios demandarán una cantidad q^* de este servicio. Esta es la lógica tras la tarificación a costo marginal. Si los bienes y servicios se tarifican a costo marginal, quien demande estos bienes y servicios los valora más que su precio (costo alternativo de proveerlos) y no demandará más si su valoración por estos bienes o servicios es menor al costo de proveerlos.

Tal vez un ejemplo sirva para ilustrar la idea. Supongamos que una aerolínea que opera en el país está evaluando la compra, o el uso de nuevos aviones. Supongamos, además, que existen diferentes modelos de aviones disponibles para su elección, y que éstos difieren en cuanto al largo de la pista de aterrizaje que requieren. Existe un avión que requeriría una

ampliación del aeropuerto de Santiago, y este proyecto lo debe financiar la DGAC. Entonces, lo eficiente desde el punto de vista económico es que la tasa de aterrizaje se diferencie de acuerdo al largo de la pista requerida por cada tipo de avión. Además, la tasa de aterrizaje para los aviones que eventualmente provocarían la ampliación de la pista debería ser tal que, estos aviones por sí solos, financien los costos del proyecto de ampliación. De esta manera, la empresa evaluará su decisión de compra o uso de aviones tomando en cuenta los costos que esta decisión impone para ella como para el resto de la sociedad. Si opta por el avión que requiere la ampliación de la pista, es porque los beneficios de este tipo de avión para la empresa, en relación a los otros aviones disponibles, más que compensan los costos de alargar la pista (que están implícitos en la tasa de aterrizaje que se le cobrará a este tipo de avión). De esta forma, al tarificar el aterrizaje de acuerdo al costo que genera cada tipo de avión, sólo se realizaría la ampliación cuando los beneficios sociales de este proyecto superan sus costos, lográndose así un buen uso de los recursos de la sociedad.

En la práctica hay dos complicaciones en la tarificación a costo marginal: indivisibilidades en los proyectos de inversión y las variaciones diarias, semanales o estacionales en la demanda.

5.1.1. Costos marginales cuando las inversiones son indivisibles

En el corto plazo, y asumiendo que hay capacidad ociosa en las instalaciones, el costo de producir una unidad adicional de un servicio aeronáutico es en general bajo, requiriendo solo insumos adicionales de energía y tal vez personal. Por ejemplo, los costos de otorgar los servicios en ruta para un avión adicional, asumiendo que las instalaciones existentes y el personal contratado no están siendo utilizados a plena capacidad, son cercanos a cero. Lo mismo ocurre con un aterrizaje o despegue en un aeropuerto que no está congestionado.

Sin embargo, en el mediano y largo plazo, a medida que sigue creciendo la demanda por estos servicios, será necesario invertir en equipos e infraestructura, y contratar personal adicional. En general, no es posible o eficiente incrementar la infraestructura y equipos marginalmente para adecuarse a la demanda a medida que ésta crece. Por el contrario, la

mayor parte de las inversiones requeridas en la industria aeronáutica tienen fuertes indivisibilidades, en el sentido que es mejor diseñar obras grandes que puedan proveer óptimamente los servicios de la demanda proyectada para el mediano plazo que ir ampliando marginalmente la infraestructura.

El hecho de que existen indivisibilidades en las inversiones en infraestructura y equipos implica que en los servicios aeronáuticos existirá capacidad ociosa por algún tiempo después de realizadas las inversiones. Si se tarificaran los servicios a costo marginal de corto plazo habrían fuertes fluctuaciones en las tarifas, siendo éstas muy bajas durante los períodos donde existe capacidad ociosa, y muy altas cuando se llega al uso pleno de la capacidad instalada, momento en el cual se requiere limitar la demanda hasta que entren en operación las nuevas inversiones.¹⁸

Aparte de los posibles inconvenientes de tener tarifas que varían bruscamente en el tiempo, en ciertos contextos, y por razones administrativas o legales, las tarifas, una vez que han sido fijadas, se mantienen inalteradas por un período relativamente largo de tiempo. Este es el caso de la mayoría de los servicios públicos y pareciera aplicarse también a los servicios aeronáuticos en Chile.

Por el motivo anterior, para sectores como el aeronáutico es preferible tomar un promedio de los costos marginales hacia el futuro, o lo que podríamos denominar el costo marginal promedio de largo plazo. Este costo marginal da una señal del gasto adicional de recursos en operación e infraestructura para proveer el *incremento esperado* de la demanda en el mediano y largo plazo.

¹⁸ Cuando la demanda por un servicio está creciendo y existe un plan de expansión, un aumento en la demanda cuando hay capacidad ociosa igualmente tiene un impacto en los costos de capacidad ya que se tendría que adelantar el plan de expansión. Turvey (1976) define el costo marginal en este contexto como los gastos operativos adicionales requeridos para satisfacer la nueva demanda más el cambio en el valor presente neto de los costos de expansión por tener que adelantar estas obras. Sin embargo, los costos marginales bajo esta definición también varían año a año.

Una aproximación al concepto del costo marginal de largo plazo cuando hay inversiones indivisibles, consagrado en la legislación sanitaria, de telecomunicaciones y eléctrica en Chile, es el Costo Incremental de Desarrollo (CID).

Ignorando ciertas complicaciones tributarias, el CID se define como:

$$CID = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^N \frac{(G_t - G_0)}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^N}}{\sum_{t=1}^N \frac{(q_t - q_0)}{(1+r)^t}}$$

donde,

- t = año
- T = horizonte del plan de expansión
- N = horizonte de evaluación (mayor a T)
- I_t = inversión en el año t correspondiente al plan de expansión
- R = valor residual de los activos al final del horizonte de evaluación
- G_t = gastos operacionales en el año t
- q_t = demanda en el año t
- r = tasa de descuento

El numerador del CID es el valor presente de las inversiones y los gastos operacionales *adicionales* en que se tendrá que incurrir para satisfacer la demanda *adicional* esperada para el horizonte de evaluación. El denominador es el valor presente del incremento esperado en la demanda para el horizonte de evaluación.

Una forma intuitiva de entender la fórmula anterior es multiplicar primero ambos lados de la ecuación por el término que está en el denominador de la fórmula de CID :

$$\sum_{t=1}^N \frac{(q_t - q_0)}{(1+r)^t} \cdot CID = \sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^N \frac{(G_t - G_0)}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^N}$$

$$\sum_{t=1}^N \frac{(q_t - q_0) \cdot P}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^N \frac{(G_t - G_0)}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^N}$$

De la segunda expresión de la fórmula anterior queda claro que si se fija el precio por el servicio igual al CID ($P = CID$), entonces el lado izquierdo de la ecuación es el valor presente de los ingresos generados por la demanda *adicional* en el período de evaluación, mientras que el lado derecho es el valor presente de los costos adicionales (de expansión y operacionales) que genera esta demanda adicional. En este sentido, el CID es el precio al cual la demanda adicional financia el plan de expansión y los gastos operativos adicionales generados en el sistema.

Cuando existe un plan de desarrollo se puede utilizar el CID para determinar las tarifas eficientes. Esto requiere obtener al menos la siguiente información:

- Proyectar la demanda futura por los distintos servicios aeronáuticos. La desagregación de esta proyección (por tipo de avión, horario, etc.) se debe realizar en función de un análisis de las dimensiones de esta demanda que están forzando a realizar las inversiones del plan de desarrollo ('cost drivers').
- Identificar el plan de expansión, las dimensiones de la demanda que explican la necesidad de este plan ('cost drivers'), y la vida útil de los activos para estimar el valor residual de los mismos.
- Determinar los gastos operacionales adicionales que genera el aumento de la demanda, posiblemente asociados al plan de expansión.

5.1.2. Costos marginales cuando no hay plan de expansión

Desafortunadamente, para el presente estudio no fue posible utilizar el CID para tarifificar los servicios debido a que la información sobre los planes de inversión y su desagregación no estaba disponible con el detalle requerido para el presente ejercicio. Por este motivo, para estimar las tarifas eficientes de los distintos servicios, en este trabajo se calcula el costo marginal de largo plazo como el incremento en los gastos y costos de infraestructura de aumentar cada servicio en una unidad. Más rigurosamente, el Costo Marginal de Largo Plazo (CMLP) se define como la diferencia entre el Costo Total de Largo Plazo de proyectos óptimamente diseñados para demandas marginalmente distintas.¹⁹

Definiendo $CTLP(q)$ como el costo total de largo plazo para abastecer un nivel de servicio de q , el CMLP de un incremento de Δq en la demanda se puede definir como:

$$CMLP = \frac{CTLP(q + \Delta q) - CTLP(q)}{\Delta q}$$

Implícitamente, cuando Δq es pequeño el CMLP asume que se puede variar la capacidad en forma continua con el aumento de la demanda. En otras palabras ignora las indivisibilidades que puedan tener los proyectos de inversión. Adicionalmente, este concepto asume que la capacidad está óptimamente diseñada para satisfacer la demanda en cada momento del tiempo. En otras palabras, que no hay capacidad ociosa en la infraestructura existente. A pesar de esto, el CMLP está consagrado en las legislaciones de servicios públicos en Chile como la alternativa a utilizar para tarifificar un servicio cuando no hay planes de expansión.

Para calcular el CMLP se utilizan parámetros de diseño obtenidos de los manuales de diseño de infraestructura aeronáutica de SECTRA, OACI y referencias académicas. Los detalles se presentan más abajo en la aplicación empírica.

¹⁹ Más abajo se presenta la fórmula que define el Costo Total de Largo Plazo.

5.1.3. Costos marginales y congestión

La segunda complicación en la tarificación a costo marginal proviene del hecho de que generalmente la demanda por servicios aeronáuticos no es constante en el tiempo sino que fluctúa según la estación del año, los días de la semana y las horas del día. Cuando hay importantes fluctuaciones en la demanda, las instalaciones deben dimensionarse para suplir la demanda ‘punta’. Por lo tanto, la demanda en esos períodos ‘punta’ estaría determinando las inversiones requeridas en infraestructura y equipos, y—siguiendo el principio de eficiencia asignativa enunciado más arriba—los precios en ese período deberían reflejar los costos de expansión, o sea el costo marginal de proveer dicha infraestructura. De esta forma, si los usuarios en el período punta están dispuestos a pagar este precio, es por que valoran más el servicio en ese período que el costo que significa para la sociedad proveerlo. Si no están dispuestos a pagar ese precio, disminuye la demanda en el período punta y se evita tener que expandir la infraestructura.²⁰

Tomemos un ejemplo para ilustrar la idea. Supongamos que existe congestión en un aeropuerto, pero sólo temprano durante la mañana de los días de semana, cuando despegan y aterrizan un número significativo de vuelos. Existe un proyecto de expansión destinado a ampliar la infraestructura para eliminar esta congestión. Sin embargo, la infraestructura existente es suficiente para atender los vuelos que llegan en otro horario del día, por lo que estos vuelos no requieren la expansión del aeropuerto. Por lo tanto, sólo deberían ser los pasajeros y vuelos en la punta de la mañana los que paguen la expansión.

Una forma práctica de aplicar lo anterior es calculando un CID por horarios, días o estaciones del año. Para aquellos horarios, días o estaciones que no requieren una expansión de la infraestructura, los únicos costos que entran en este cálculo son los gastos operativos adicionales que genera dicha demanda. Para los horarios, días o estaciones punta, se incluyen, además de los gastos operativos adicionales, los costos de expandir la

²⁰ Siendo más rigurosos, el precio en el período punta debería ser el menor entre el costo de expansión y el precio que reduce la demanda del período punta hasta hacer innecesaria la inversión.

capacidad.²¹ Un cálculo análogo se puede hacer cuando se estima el CMLP utilizando la diferencia en el CTLP.

Esta forma de tarificar podría considerarse injusta ya que los pasajeros y vuelos en ciertos horarios estarían pagando mucho más que en otros. Pero no hay que olvidar que con una tarifa plana, los usuarios en horarios fuera de punta están subsidiando a los usuarios en los horarios de punta. Además, al introducir tarifas punta, las tarifas en otros horarios se reducen, por lo que muchos usuarios se verían beneficiados por este cambio.

Para aplicar tarifas punta y no punta se requiere conocer con mayor detalle los tráficos proyectados y los costos operacionales desagregados por horario. Esta información no está disponible actualmente por lo que más abajo no se presentan estimaciones de tarifas punta y no-punta, aunque se deja constancia en esta sección metodológica sobre la conveniencia de calcular estas tarifas en el futuro.

5.1.4. Externalidades

Por último, para la correcta asignación de recursos, la tarificación de los servicios aeronáuticos debe considerar también cualquier efecto indirecto no pecuniario (tanto positivo como negativo) sobre otros agentes en la sociedad, las llamadas externalidades. La regla básica consiste en incorporar en los costos de cada servicio los costos o beneficios adicionales externos que generan las actividades aeronáuticas. La razón es la misma que antes, si el precio incorpora los costos de una externalidad negativa entonces sólo cuando alguien valora el bien o servicio más que el costo de proveerlo (costo de oportunidad) más el costo que le impone a otros en la sociedad (externalidad), lo va a demandar, lo cual es justamente lo que es socialmente convenientes de acuerdo a la asignación óptima de recursos.

²¹ Al aplicar tarifas puntas, puede que el horario punta se traslade (esto es poco probable para los días o estaciones del año). Por este motivo, en el caso de tarifas puntas horarias (como en telecomunicaciones) se aplican tarifas ‘hombros’ alrededor de la punta que son menores que las tarifas de punta pero mayores que las tarifas de no punta.

Según la literatura académica la externalidad más relevante de la industria aeronáutica es el ruido, aunque también se menciona la contaminación. Existen intentos por medir el valor económico del ruido generado por los aviones.²² Estos costos deberían incorporarse en las tasas aeronáuticas, especialmente si existen diferencias importantes en el ruido generado por distintos tipos de aviones, en cual caso se debería diferenciar el cobro según el tipo de avión.

5.2 Ajuste por Autofinanciamiento

Una vez que se determinen las tarifas eficientes, se puede determinar el ingreso total que estas tarifas generarían durante los siguientes años. El ingreso depende ahora de la demanda total por los servicios, no la demanda incremental y para cada año se puede calcular como:

$$IN_t = \sum_{j=1}^J p_j \cdot q_{jt}$$

Donde q_{jt} es la demanda por el servicio aeronáutico j en el año t . Estos ingresos se deben comparar con los recursos necesarios para financiar todos los costos de la industria. En este punto es importante diferenciar entre los requerimientos de recursos en términos financieros (o contables) y los requerimientos en términos económicos.

En términos económicos, los costos incluyen todos los gastos operativos de la industria, más el costo de reposición de los activos e infraestructura existentes. Este Costo Total de Largo Plazo (CTLP) en un año t se define como:

$$CTLP = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{I_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^N \frac{G_t}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^N}}{\frac{1}{r} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+r)^N}\right)}$$

²² Ver Nelson (1980) y Levesque (1994).

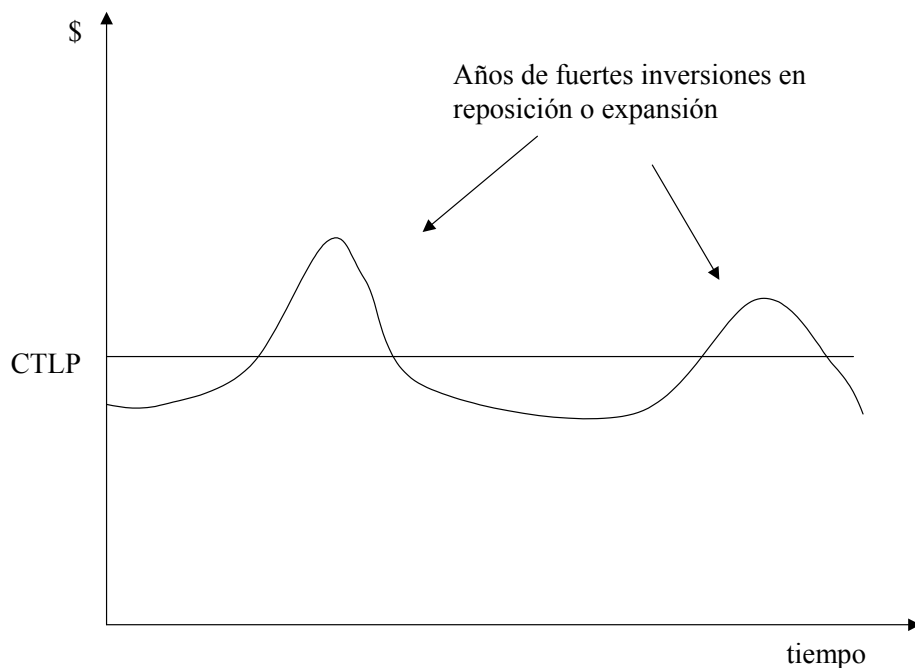
Donde,

I_0 = El valor de reposición de los activos e infraestructura existente

El numerador de esta formula es el costo total de inversión y de gastos operacionales (totales no incrementales) de satisfacer la demanda en un horizonte de N años. El denominador es una formula financiera que transforma el costo total en una anualidad.

En términos financieros, o contables, puede que el *CTLP* sea menor o mayor que los requerimientos de recursos de la DGAC en un año particular. Esto por cuanto, el *CTLP* anualiza los gastos en reposición e inversión a lo largo de todo el horizonte de evaluación. Sin embargo, para los años en que se requiere gastar en la reposición de activos o en la expansión del sistema, el desembolso de recursos financieros será mayor que el *CTLP* de ese año, mientras que para los años en que no se hacen inversiones el *CTLP* será mayor a los requerimientos financieros. Esto se muestra en la Figura 5. En valor presente, ambos flujos tienen el mismo valor, pero tienen una trayectoria distinta en el tiempo.

Figura 5



Para una empresa productiva, especialmente si es privada, este descalce entre gastos e ingresos esto no es un problema. Puede endeudarse en los años en los cuales requiere desembolsar fondos y pagar esta deuda con los excedentes que se generan durante los otros años. Es un asunto de la estrategia de financiamiento de la empresa.

Sin embargo, un organismo público como la DGAC tiene menos flexibilidad para adoptar estrategias financieras con el fin de afrontar fluctuaciones en sus requerimientos de flujo de caja. Por un lado, los presupuestos de organismos públicos están basados en flujos de caja anuales, no pudiendo, generalmente, retener excedentes en un año para gastar en otro, ni tampoco endeudarse para afrontar años donde el flujo de caja requerido es mayor.

Hay que tener en cuenta también que en el caso de los servicios aeronáuticos parte importante de la infraestructura está concesionada (aeropuertos) y la DGAC no es la responsable de mantener esta infraestructura. En estos casos a los concesionarios se les paga un monto anual en función del precio al cual licitaron el contrato de concesión y ellos tienen que mantener y reponer la infraestructura en cuestión. Los recursos relacionados con los proyectos de inversión deberían considerarse al momento de calcular los costos incrementales o marginales de un servicio, mientras que los pagos a los concesionarios forma parte de la restricción de autofinanciamiento de la DGAC.

5.2.1. Autofinanciamiento y el valor de los terrenos

El costo de reemplazo de los activos en la formula de CTLP debería incluir el valor de los terrenos donde están emplazados los aeródromos. Estos terrenos pueden ser utilizados para otros fines, aparte de los aeronáuticos y, por ende también tienen un costo de oportunidad. Evidencia de lo anterior es la discusión pública que se ha generado con relación al cierre de aeropuertos como Cerrillos en la Región Metropolitana o el traslado del aeropuerto de la Serena, donde los terrenos existentes serían destinados a proyectos inmobiliarios. Es posible que las decisiones de política en torno a estos aeropuertos hubieran sido menos polémicas si las tasas y los derechos aeronáuticos reflejasen correctamente el costo alternativo del uso de estos terrenos.

5.2.2. Grado de compartimentalización en el ajuste por autofinanciamiento

Un asunto crucial en relación con el ajuste por autofinanciamiento es el grado de compartimentalización con que se hace este ajuste. Dicho de otra forma, si la restricción de autofinanciamiento debe aplicarse a nivel del sistema aeronáutico en general o de cada aeropuerto en particular.

Si se emplea la primera alternativa, los costos no cubiertos por las tarifas eficientes se distribuyen entre todos los servicios provistos en todos los aeropuertos. Estos costos no cubiertos incluyen tanto los costos fijos de cada aeropuerto como los costos del sistema general. Bajo la segunda alternativa, como primer paso se ajustan las tarifas eficientes de cada aeropuerto hasta lograr su autofinanciamiento y luego se distribuyen entre éstos los costos no asociados a cada aeropuerto, como los gastos generales del sistema aeronáutico.

Al emplear la primera opción, los costos generados por un aeropuerto pueden ser distribuidos al resto de los aeropuertos de la red nacional. La aplicación del ajuste a nivel global puede resultar en que los ingresos generados por un aeropuerto en particular no sean suficientes para financiar todos sus costos de inversión y operación (costos incrementales). En tal caso existiría una situación de subsidio cruzado.²³ Este subsidio, sin embargo, no necesariamente entra en conflicto con la eficiencia económica ya que, como veremos más adelante, el ajuste por autofinanciamiento económicamente óptimo no implica necesariamente la eliminación de los subsidios cruzados.

Cabe señalar que en la actualidad el DAR 50 contempla la diferenciación de tarifas por aeródromo, para los servicios de aterrizaje y embarque de pasajeros, entre otros. La diferencia reside en la categoría del aeropuerto, lo cual está relacionado con el nivel de servicio que éste puede dar, lo que a su vez incide en la magnitud de la inversión requerida.

Un principio básico de las finanzas públicas indica que mientras sobre más servicios sea posible distribuir los costos fijos menor será la pérdida social de la restricción de

²³ Como se vio en la sección 4 de este informe hay evidencia de que las tarifas aeronáuticas generan actualmente una serie de subsidios cruzados.

autofinanciamiento. Esto significa que contar con solo una restricción presupuestaria –por sistema– no puede ser inferior a contar con múltiples restricciones –una por cada aeropuerto.²⁴

Los argumentos anteriores indicarían que lo conveniente sería definir una restricción de autofinanciamiento global del sistema. Sin embargo, existen otros argumentos en contra de esta opción. En particular hay varias razones que hacen conveniente definir la restricción de autofinanciamiento por aeródromo y tener derechos y tasas específicas para cada uno de ellos. Los argumentos más importantes son los siguientes:

- Calcular las tarifas de autofinanciamiento por aeródromo permite identificar posibles subsidios cruzados contenidos en la estructura tarifaria actual. Si bien es perfectamente razonable económicamente y como decisión de política mantener una estructura de subsidios cruzados entre aeropuertos, es aconsejable transparentar la magnitud de estos subsidios.
- Establecer tarifas distintas por aeródromo facilitaría la planificación y financiamiento de nuevas inversiones en cada aeropuerto. Por ejemplo, si se requiere un alargue de pista en un aeropuerto o un mejoramiento en los sistemas de ayuda al aterrizaje y despegue, esta inversión se puede valorar e incrementar la tasa correspondiente a este servicio en dicho aeropuerto.²⁵ De esta forma, los agentes económicos de la industria tendrán una señal clara de los costos para el país de los distintos proyectos de inversión y estarán dispuestos a financiarlos mediante las tasas y derechos aeronáuticos sólo cuando se justifiquen.
- Una crítica importante a la aplicación de una restricción presupuestaria global es que puede inducir a emprender proyectos que no sean socialmente rentables, es decir que los beneficios totales del nuevo servicio sean inferiores a los costos

²⁴ La solución de autofinanciamiento por cada aeropuerto sigue siendo una solución factible con una restricción global, por lo que al imponer ésta la solución óptima será igual o mejor que la solución óptima con restricciones individuales por aeropuerto.

²⁵ En este ejercicio es importante asignar el costo de esta inversión adicional sólo al usuario o tipo de usuario (tipo de avión, por ejemplo) que está demandando la inversión.

totales de provisión. Si los usuarios de una infraestructura regional no asumen el costo medio de la misma, es mucho más probable que ésta se sobredimensione, ya que serán los usuarios de otros aeródromos los que ayudarán a financiar dicha infraestructura.²⁶ Esta idea se formaliza en un modelo presentado en el Anexo 1.

Los resultados presentados en la sección 4 muestran que los aeródromos de primera categoría por lo general no reciben subsidios cruzados. La excepción la constituyen los aeropuertos de La Serena, Isla de Pascua y Punta Arenas.²⁷ Los subsidios cruzados más importantes benefician a los aeródromos de segunda y tercera categoría. Por lo tanto, un ajuste por autofinanciamiento a nivel de cada aeródromo implica necesariamente un aumento de las tasas y derechos en los aeropuertos de segunda y tercera categoría.

Imponer la restricción de autofinanciamiento a nivel global o por aeródromo es una decisión de política que sobrepasa los alcances de este estudio.

5.2.3. Como se debe realizar el ajuste por autofinanciamiento

Una de las características fundamentales de los servicios públicos es que en general los ingresos generados al tarifificar a costo marginal no logran cubrir los costos totales. En parte esto sucede debido a las importantes inversiones en infraestructura en estas industrias, las cuales generan importantes economías de escala.²⁸

Si los ingresos calculados según se describe más arriba no son suficientes para cumplir con la restricción de autofinanciamiento, las tarifas eficientes deben ajustarse hasta que los ingresos proyectados logren cubrir los costos totales. Aquí surge entonces un conflicto entre el objetivo de eficiencia asignativa y el objetivo de autofinanciamiento. Existe una extensa literatura económica que aborda la pregunta de cómo ajustar las tarifas para

²⁶ Este argumento recoge el espíritu de Coase (1946). Ver Laffont (2000), capítulo 6, para una formalización de este argumento.

²⁷ No se pudo evaluar el nuevo aeropuerto en la tercera región ya que fue inaugurado después del 2004, año que se utiliza en este estudio para estimar los subsidios cruzados.

²⁸ También puede suceder el caso contrario, en que existen deseconomías de escala y los ingresos son más que suficientes para lograr el autofinanciamiento.

minimizar el impacto en la eficiencia asignativa de la restricción de autofinanciamiento.²⁹ El desafío es lograr el autofinanciamiento pero minimizando el sacrificio del objetivo de eficiencia asignativa.

A continuación se presentan algunos ajustes que se pueden realizar para lograr el autofinanciamiento y se discuten las ventajas y desventajas de cada una.

5.2.3.1 Aumento proporcional en todas las tarifas

Una forma muy simple para ajustar las tarifas eficientes es escalando todos las tasas y derechos en la misma proporción hasta lograr el autofinanciamiento. Este es el procedimiento usual en las industrias de servicios públicos en Chile, especialmente el sanitario. La ventaja de este procedimiento es su simplicidad ya que no requiere información adicional. La desventaja es que, en general, un ajuste proporcional de todos los cobros no minimiza el costo (en términos del objetivo de asignación de recursos) de lograr la meta de autofinanciamiento.

5.2.3.2 Asignación arbitraria de costos

Otra alternativa parecida a la anterior es asignar los costos indirectos o fijos a cada servicio mediante alguna regla arbitraria. Por ejemplo, en proporción a los costos directos de cada servicio, o los ingresos generados por cada servicio. Nuevamente, esta alternativa no minimiza el costo social de lograr la meta de autofinanciamiento.

5.2.3.3 Precios Ramsey

Una forma más eficiente de ajustar las tarifas para lograr el objetivo de autofinanciamiento son los llamados precios ‘Ramsey’. Bajo ciertas circunstancias –básicamente que las

²⁹ Ver, por ejemplo, el texto de Brown y Sibley (1986).

demandas por los distintos servicios sean independientes entre sí— los precios Ramsey están dados por la siguiente fórmula:

$$\frac{p_j - c_j}{p_j} = \theta \cdot \frac{1}{|\eta_j|}$$

donde

- p_j = tarifa final de Ramsey del servicio j
- c_j = costo marginal de producir el servicio j
- θ = factor de proporcionalidad
- η_j = elasticidad precio de la demanda del servicio j .

En términos simples, lo que indica la fórmula de Ramsey es que se debe escalar más aquellas tarifas asociadas a servicios relativamente inelásticos. La intuición de este resultado es la siguiente: se quiere lograr el autofinanciamiento apartándose lo menos posible de la asignación óptima de recursos. Por lo tanto, al subir los precios de aquellos servicios cuyas demandas son poco sensibles a su precio, se logra recaudar fondos para cumplir la meta de autofinanciamiento, pero sin modificar mucho la demanda por cada servicio del nivel de primero mejor original.³⁰

Para el caso de los servicios aeronáuticos la aplicación de precios Ramsey tiene una implicancia interesante, que justifica en parte la práctica usual de diferenciar los cobros de los servicios aeronáuticos por el PMD (Peso Máximo de Despegue) de cada avión (Morrison, 1982).

Como la demanda por servicios aeronáuticos es una demanda derivada, que depende de la demanda por viajes de pasajeros y cargo, la elasticidad precio de estos servicios está

³⁰ Si la demanda por los servicios son interdependiente, en el sentido de que el precio por un servicio afecta la demanda por otro servicio, entonces la formula es la misma pero considerando una ‘super-elasticidad’, que toma en cuenta los efectos de sustitución y complementación entre los servicios, en vez de la elasticidad propia. Ver Brown y Sibley (1986).

relacionada con la elasticidad precio de la demanda final. Es fácil demostrar que la relación entre ambas viene dada por:³¹

$$\eta_j = \frac{p_j}{p_j + CT} \cdot \varepsilon.$$

donde

CT = costos totales del vuelo (sin incluir el gasto en el servicio aeronáutico j)
 ε = elasticidad de la demanda final por vuelos

En otras palabras, mientras menor es la proporción que representa el gasto en el servicio aeronáutico j en el costo total de un vuelo, menor es la elasticidad de demanda por ese servicio. La intuición de este resultado es el siguiente. Si la tasa de aterrizaje aumenta en US\$1, esto representa un aumento proporcional de los costos mucho menor para un vuelo de un avión grande, con muchos pasajeros y de larga distancia que para un avión pequeño, con un menor número de pasajeros y en un vuelo de corta distancia. Por lo tanto, en el primer caso el efecto sobre el número de aterrizajes demandado es menor que en el segundo. En consecuencia, sería eficiente desde el punto de vista económico que el aumento sea superior para los vuelos más valiosos y menor para los vuelos menos valiosos.

Siguiendo este desarrollo, Morrison (1982) propone la siguiente fórmula para determinar las tasas de aterrizaje de un aeropuerto:

$$p_i = \frac{c + \frac{\theta}{\varepsilon_i} \cdot TC_i}{1 - \frac{\theta}{\varepsilon_i}}$$

³¹ Esta fórmula es válida cuando cada vuelo requiere siempre una unidad del servicio aeronáutico (por ejemplo, un aterrizaje, o una cantidad de servicios en ruta). En otras palabras cuando no hay capacidad de sustitución entre los servicios aeronáuticos utilizados por cada vuelo.

donde,

- p_i = es la tasa de aterrizaje de un avión en la categoría i
- c = es el costo marginal de proveer un aterrizaje para el avión tipo i (que se asume constante para los distintos tipos de aviones)
- θ = es una constante de proporcionalidad (al igual que la fórmula de Ramsey anterior) que se ajusta hasta que se logre el autofinanciamiento
- ε_i = es la elasticidad de demanda final de un vuelo tipo i .

Morrison (1982) estima, en base a DeVany (1974), que la elasticidad de demanda de un vuelo depende de las millas viajadas de acuerdo a la siguiente función:

$$\varepsilon_i = \frac{12.19 + 0.0825 \cdot M}{17.19 + 0.06883 \cdot M}$$

donde M es el largo del viaje en avión (en millas).

Luego Morrison (1982) utiliza información del costo de una hora bloque de vuelo y el número de horas bloque por distancia de vuelo para 5 distintos tipos de avión para calcular los precios Ramsey óptimos según tipo de avión y distancia del vuelo.³²

Morrison (1982) reconoce que el PMD está correlacionado con el tipo de avión y la distancia promedio de los vuelos, por lo que la práctica habitual de diferenciar las tasas según el PMD es eficiente. Sin embargo, esta correlación no es perfecta y él muestra que la tasa de aterrizaje según PMD será muy baja para aviones que vuelan distancias largas, especialmente para aviones relativamente pequeños, y muy alta para aviones en vuelos cortos, especialmente si es un avión grande.

En otras palabras, el diferenciar las tarifas según PMD, si bien en promedio se ajusta al principio de Ramsey, implica que los aviones relativamente más chicos (B737, por

³² La fuente de esta información es U.S. Civil Aeronautics Board (1980), *Aviation Week and Space technology* (1981), y Douglas y Miller (1974).

ejemplo) que vuelan distancias largas (Buenos Aires o Punta Arenas, por ejemplo) deberían pagar más por los servicios aeronáuticos en relación al mismo avión en vuelos cortos (La Serena o Concepción). Morrison (1982) propone como alternativa al PMD el uso de la variable Asientos Disponibles Milla (*Available Seat Miles*) para diferenciar los cobros por aterrizaje. Diferenciar las tasas por esta variable se ajusta mucho mejor a lo que establece el criterio de Ramsey que el uso de PMD.

En el presente estudio se utilizará una metodología parecida a la de Morrison (1982) para calcular las tasas óptimas de aterrizaje. Este ejercicio sirve para ilustrar la metodología propuesta y para analizar la estructura de tasas para este servicio.

5.2.3.4 Ajuste de Ramsey y los Derechos de Embarque

La misma lógica de Ramsey que se aplica a la tasa de aterrizaje se puede aplicar al derecho de embarque. En este caso, el ajuste por autofinanciamiento debería seguir la fórmula de Ramsey pero donde la elasticidad viene dada por:

$$\eta_i = \frac{DE_i}{DE_i + CTV_i} \cdot \varepsilon_i$$

donde ε_i representa la elasticidad final de viajes de un pasajero tipo i , CTV_i es el costo total de un viaje para un pasajero tipo i , y DE_i es el derecho de embarque para un pasajero tipo i .

Esta metodología justificaría la actual diferenciación del derecho de embarque entre pasajeros domésticos e internacionales ya que en general el costo de viaje de un pasajero internacional es más alto que el de un pasajero doméstico. Esto por cuanto el pasaje de un vuelo al extranjero tiene generalmente un precio más alto pero, además, en promedio un viaje al extranjero involucra otros gastos (hotel, comida, taxis) que son superiores a los de un viaje doméstico.

La intuición del resultado anterior se puede explicar con un ejemplo. Para un pasajero que viaja a Estados Unidos o Europa y está pagando sólo en pasaje posiblemente más de US\$1.000, el pago de US\$26 significa un aumento porcentual menor en su costo total de viaje y, por lo tanto, este derecho no afecta mucho la demanda por viajes a esos destinos. Sin embargo, en un vuelo a La Serena, cuyo valor puede ser inferior a US\$100, la tasa de embarque afecta mucho más el costo total de un viaje y por ende un valor elevado para este cobro puede significar una reducción significativa de la demanda a este destino.

Si bien la diferenciación actual entre el derecho de embarque entre pasajeros domésticos e internacionales puede justificarse por un argumento de Ramsey, sólo mediante un ejercicio cuantitativo sería posible saber si el nivel relativo de estos cobros en la actualidad es óptimo. Por otro lado, es muy probable que sea óptimo una mayor diferenciación del derecho de embarque entre tipos de pasajeros. A igual elasticidad de la demanda final por viajes, el costo total de un viaje a destinos más cercanos (Buenos Aires, por ejemplo) es menor que a destinos más alejados, por lo que la regla de Ramsey dictaría una diferenciación de este derecho de acuerdo al destino del pasajero. Una alternativa podría ser que la tasa de embarque sea menor para destinos regionales que los intercontinentales.³³ Adicionalmente, sería eficiente que los pasajeros en clase ejecutiva y primer, que pagan un valor mucho más alto por su pasaje, pagarán una tasa de embarque mayor que los de clase ejecutiva.³⁴

La misma lógica aplicaría a los pasajeros domésticos donde, a igual elasticidad final, la tasa de embarque para los pasajeros a destinos más alejados debería ser mayor que a los destinos más cercanos. Una alternativa práctica de introducir esta diferenciación sería ampliando el límite de distancia del cobro del derecho de embarque ya contenido en el DAR 50. Actualmente, los pasajeros en vuelos nacionales de menos de 270 kms (medidos en línea recta desde el punto de salida y destino) pagan un derecho de embarque de \$1.741, bastante menor a los \$4.419 establecido para otros vuelos en un aeropuerto de primera

³³ Otra alternativa sería ampliar la distancia que permite cobrar una tasa de embarque menor para los pasajeros internacionales, como se señala más adelante para los pasajeros domésticos. Actualmente este límite es de 500 kilómetros.

³⁴ Países como el Líbano y Pakistán tienen derechos de embarque diferenciados según la clase del pasajero (económica, ejecutiva y primera).

categoría.³⁵ Este límite podría ampliarse para reducir la tasa de embarque para pasajeros que viajan entre Santiago y destinos como La Serena y Concepción (y posiblemente Chillan y Temuco).³⁶ Es probable que la elasticidad final de la demanda a estos destinos sea mayor debido a la competencia que enfrenta el servicio aéreo de los otros modos de transporte (tren, automóvil y buses). Además, en general el valor de un pasaje a estos destinos (desde o hacia Santiago) es menor que a los destinos más alejados, por lo que aún cuando la elasticidad de demanda sea homogénea para todos los destinos nacionales, se justificaría un derecho de embarque que varíe con la distancia de los vuelos.

Una sugerencia más radical sería cobrar una tasa de embarque en función del valor del pasaje que paga cada pasajero. En otras palabras, que el cobro de la tasa de embarque sea un porcentaje fijo del precio del pasaje, al igual que como opera el impuesto IVA en la actualidad. Esta propuesta garantiza una relación positiva entre el costo del viaje (medido por el valor del pasaje) y el derecho de embarque se paga cada pasajero, como sugiere el ajuste Ramsey.

5.3 Resumen de la propuesta metodológica

En resumen, la propuesta tarifación de los servicios aeronáuticos es la siguiente:

- Calcular los Costos Incrementales de Desarrollo (CID) para cada servicio. En ausencia de un plan de desarrollo, estimar los Costos Marginales de Largo Plazo (CMLP). En caso de existir congestión de la infraestructura, estos costos deben estimarse para los horarios o períodos punta y fuera de punta. Los costos de expandir la infraestructura sólo se consideran para la estimación del CID o CMLP del período punta. A su vez, de ser relevante, deben incluirse en los costos cualquier externalidad que genere la industria, como podría ser la contaminación acústica o atmosférica generada por las aeronaves.

³⁵ El límite para los vuelos internacionales es de 500 kms. Bajo el cual los pasajeros pagan el derecho de embarque de un vuelo nacional desde un aeropuerto de primera categoría (\$4.419) en vez de los US\$26.

³⁶ Además, el cambio propuesto podría incentivar una mayor demanda entre destinos como Iquique y Antofagasta, Concepción y Puerto Montt, etcétera.

- Para la tasa de aterrizaje, el CID o CMLP debe diferenciarse por tipo de avión, ya que los distintos aviones imponen un costo diferente al sistema, tanto por distintos requerimientos de infraestructura (largo y espesor de pista) como por diferentes requerimientos de seguridad y rescate (SEI).
- Para el derecho de embarque, el CID o CMLP estará relacionado con los requerimientos de infraestructura aeroportuaria de cada tipo de pasajero. Este costo difiere entre pasajeros internacionales y domésticos, ya que los primeros requieren un mayor espacio de infraestructura que los segundos (para albergar los controles de policía internacional, para dar sólo un ejemplo).
- Para los servicios en ruta, se debe calcular un costo marginal por operación ya que los costos relacionados con este servicio no difieren sustancialmente entre distintos tipos de aviones.
- El resto de los servicios aeronáuticos son menos importantes en términos cuantitativos y una tarificación a costo medio podría ser suficiente. En otras palabras, a menos que se identifique una razón de peso para realizar un cálculo más sofisticado, las tasas por estos servicios deberían fijarse de tal forma que los ingresos proyectados para esos servicios financien los costos totales asociados a los mismos.
- Una vez estimados los CID o CMLP para los tres servicios principales (derecho de embarque, tasa de aterrizaje y tasa por servicios en ruta) se debe hacer un ajuste por autofinanciamiento para que los ingresos cubran los costos (netos de los ingresos generados por todos los otros servicios aeronáuticos) del sistema. Este ajuste debe realizarse siguiendo la regla de Ramsey antes expuesta. Este ajuste es inversamente proporcional a la elasticidad de demanda.
- El ajuste por autofinanciamiento implica diferenciar la tasa de aterrizaje y de servicios en ruta por el Peso Máximo de Despegue, como ocurre en la actualidad.

Sin embargo, sólo un análisis cuantitativo podrá determinar si los niveles actuales para estos cobros son óptimos o no.

- Para el derecho de embarque una mayor diferenciación por destino o clase del pasajero que la que existe actualmente sería óptimo. Esto se podría introducirse de varias formas. Primero se podría ampliar el límite de distancia de los vuelos bajo el cual se paga un derecho de embarque menor. Actualmente este límite es de 270 kilómetros en vuelos domésticos y 500 en vuelos internacionales. Segundo, se podría diferenciar la tasa de embarque según la clase del pasajero (primera, ejecutiva y económica). Por último, una propuesta más radical sería hacer el derecho de embarque un cobro proporcional al valor del pasaje.
- Otro asunto muy importante que requiere ser determinado por la autoridad es si la restricción de autofinanciamiento se impone a nivel de cada aeropuerto, un subconjunto de aeropuerto o del sistema global. Existen argumentos a favor y en contra de cada opción. Desde la perspectiva de la eficiencia estática, siempre imponer una restricción global será más eficiente que imponer varias restricciones en niveles más desagregados de la industria. Sin embargo, desde una perspectiva dinámica, una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto podría ser un instrumento que ayude a evitar una sobre inversión en calidad e infraestructura en los aeropuertos regionales. En la medida de que exista un sistema efectivo de análisis social de proyectos, que permita filtrar proyectos socialmente no rentables, entonces la necesidad de utilizar este instrumento complementario es menor.

Las consecuencias de definir una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto o para la industria como un todo se pueden ver claramente con el caso del aeropuerto de La Serena. Debido a su cercanía a Santiago, este destino enfrenta competencia de los modos de transporte terrestre, como los buses o automóviles privados. Por lo mismo, es probable que la elasticidad de demanda final de los pasajeros entre La Serena y Santiago sea más alta (en valor absoluto) que para otros destinos del país. Además, el valor de un pasaje entre Santiago y La Serena es menor que para destinos más distantes. Ambos factores inciden en

que las tarifas aeronáuticas óptimas para el tráfico desde o hacia La Serena deberían ser menores que las del resto de los destinos. Esta consideración implica que podría ser óptimo reducir los cobros relacionados con el tráfico desde y hacia La Serena en relación a sus valores actual.

Sin perjuicio de lo anterior, el aeropuerto de La Serena recibe hoy un subsidio cruzado del resto de la red. Si se impone una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto, los ingresos generados por este aeropuerto deben aumentar. Esto implica subir los cobros actuales relacionados con el tráfico desde y hacia La Serena.

La decisión de qué restricción de autofinanciamiento adoptar depende en gran medida de la presión que pueda existir a sobre invertir en aeropuertos regionales. Si el sistema de evaluación social de inversiones del país es un buen filtro para evitar expansiones socialmente no rentable de la infraestructura aeroportuaria, entonces sería menos necesario imponer adicionalmente una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto.

Finalmente, en cuanto a los requerimientos de información para realizar un ajuste tipo Ramsey, el Cuadro 10 muestra un resumen de elasticidades precio de la demanda por viajes aéreos según una publicación reciente. Estas cifras pueden ser utilizadas para realizar el ajuste por autofinanciamiento.

Cuadro 10: Resumen de Estimaciones de elasticidad precio de la demanda para viajes aéreos

Tipo de Viaje	Mediana	Rango del 50 % de Valores medios¹
Larga distancia Internacional Negocios	-0.26	-0.475, -0.198
Larga distancia Internacional Ocio	-1.04	-1.70, -0.56
Larga distancia Nacional Negocios	-1.15	-1.428, -0.836
Larga distancia Nacional Ocio	-1.10	-1.228, -0.787
Corta distancia Negocios	-0.70	-0.783, -0.595
Corta distancia Ocio	-1.52	-1.743, -1.228

Fuente: Ministerio de Finanzas de Canadá (2003). *Notas:* ¹ Corresponde al intervalo donde se ubican el 50% de las estimaciones más cercanas a la mediana, o el rango donde están los 2do y 3er cuartiles.

6. Ilustración de la metodología: tasas de aterrizaje

En esta sección se presenta una ilustración de la metodología propuesta más arriba para el caso de las tasas de aterrizaje. Este ejercicio es la mejor aproximación a las tarifas óptimas dada la información disponible. Por este motivo los resultados numéricos deben interpretarse con cautela. Futuros trabajos deberán afinar estos cálculos.

El concepto de costo marginal corresponde al costo adicional que un usuario impone al sistema, en este caso a la infraestructura aeroportuaria necesaria para la operación de las aeronaves. En el caso del servicio de aterrizaje, un usuario adicional corresponde a una aeronave, con ciertas características que por operar en un aeropuerto demanda un cierto nivel de magnitud de pistas e infraestructura, lo cual tiene incidencia en la inversión requerida para construir el aeropuerto.

El hecho que las naves que utilizan un aeródromo no sean homogéneas entre si, es decir presenten distintas características y tengan distintos requerimientos de infraestructura, hace que el calculo del costo marginal no sea un ejercicio simple. Denominemos por $CTLP_j$, el costo total de inversión de construir una pista que permita el despegue de una aeronave del tipo j , es decir con un largo igual a la longitud de campo de dicha aeronave.³⁷ Q_j , el tráfico de la aeronave j en un cierto período de tiempo. $\Delta CTLP_j = CTLP_j - CTLP_{j-1}$, el costo adicional que demanda el avión tipo j respecto al tipo $j-1$. Se asumen que las aeronaves están ordenadas de acuerdo a su longitud de campo, por lo que a mayor valor del índice j , mayor es la longitud requerida de pista y por tanto mayor el costo total de construcción.

Definimos una tarifa por tramo como:

$$p_j = \frac{\Delta CTLP_j}{\sum_{i=j}^k Q_i} .$$

³⁷ Este costo total de largo plazo fue definido en la sección 4.

Donde k corresponde a la aeronave crítica, es decir aquella que demanda un mayor largo de pista.

Este valor p_j corresponde al costo medio por usuario que demanda un tramo adicional de pista. La tarifa a pagar por la nave por la nave j sería igual a la suma de las tarifas por tramo, hasta el valor requerido:

$$P_j = \sum_{i=1}^{i=j} p_i$$

Este tipo de tarificación permite dos cosas. Primero, que cada aeronave pague solamente por la infraestructura que le es estrictamente necesaria para su operación y, segundo, que las ampliaciones de pista exigidas por aviones de longitud de rango mayor sean pagadas exclusivamente por las naves que demandan tal largo adicional.

Por ejemplo, si existe una nueva aeronave crítica que demanda mayor largo de pista esta debiera pagar una tarifa por operación igual a:

$$P_k = P_{k-1} + \frac{\Delta CTLP_k}{Q_k}$$

La tarifa corresponde a la suma de la tarifa pagada por la aeronave $k-1$, que es la antigua aeronave crítica, más el costo adicional que demanda la ampliación el cual se divide por el tráfico esperado de la aeronave tipo k .

6.1 Dimensionamiento de la Infraestructura

La infraestructura aérea comprende todas las superficies destinadas al movimiento y operación de las aeronaves. Dentro de esta tenemos: Pista de aproximación, calles de salida y rodaje y plataforma de estacionamiento.

6.1.1 Pista de Aproximación

Esta pista es la que se destina para las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves. Una pista tiene una capacidad limitada de operaciones que puede acoger. En Chile, dado el nivel de tráfico aéreo observado en la actualidad, es posible satisfacer toda la demanda con sólo una pista por aeropuerto. Solamente el aeropuerto de Punta Arenas cuenta con más de una pista (3 pistas) debido al patrón de vientos que predomina en esa zona. En el resto del país, la dirección preponderante de los vientos es norte-sur, lo cual permite acoger los vuelos con una sola pista emplazada en tal dirección.

El dimensionamiento de las pistas de aproximación depende de las tres variables espaciales: Longitud, Anchura y Espesor de la losa de pavimento. La forma de cómo se determina cada una de estas variables es explicada a continuación.

Longitud

En términos generales la longitud mínima de la pista depende de las características físicas y operativas de la aeronave más importante o avión crítico de diseño y de las condiciones geográficas (altitud, temperatura, viento, etc) del lugar donde se emplaza el aeropuerto.

Cada aeronave incorpora como dato de diseño, la longitud mínima requerida para hacer posible su despegue para condiciones ambientales y geográficas estándar. Por condiciones estándar se entiende que el aeropuerto se encuentra en el nivel del mar a una temperatura normal (15°C), sin viento y con una pista sin pendiente. Esta longitud mínima se conoce como longitud de campo y es un dato provisto por el fabricante de la aeronave.

En el Cuadro 11 se proporcionan las características de los aviones de mayor frecuencia (según datos de operaciones en el aeropuerto AMB de Santiago) que inciden en el diseño de las pistas.

Anchura

El ancho mínimo de la pista depende de dos parámetros relacionados con la aeronave crítica: la envergadura o extensión entre los extremos de las alas y la longitud de campo. La OACI recomienda anchos mínimos de pista de aproximación según valores de ambas variables. En el Cuadro 12 se muestran los valores de longitud de campo de referencia y anchura mínima para distintos tipos de aeronaves.

Cuadro 11: Operaciones por tipo de avión, AMB, 2004

Aeronave	Operaciones AMB	Longitud Fuselaje Mts	Envergadura Mts	PMD Ton
B-737 / 200	46,0%	30,5	28,4	54
B - 767 300	17,6%	54,9	47,6	185
A 320	11,8%	37,6	33,9	77
A 320 - 200	5,7%	37,6	33,9	75
A 319	4,9%	33,8	33,9	70
A 340	4,0%	59,2	60,4	275
B-737 / 300	1,6%	33,2	28,4	59
B - 767 200	1,5%	48,5	47,6	176
A 340 - 600	1,1%	63,4	60,4	280
A 340 - 300	1,0%	63,4	60,4	275
B-747	0,9%	70,6	59,6	397
B - 777 / 200	0,8%	73,9	60,7	298
MD 80	0,7%	44,5	32,6	73
F100	0,6%	35,0	28,1	44
DC 10	0,3%	55,6	47,4	200

Fuente: OACI y Manuales del Fabricante Boeing y Airbus.

Cuadro 12: Longitud de campo y anchura mínima por tipo de avión

Aeronave	Longitud de Campo Mts	Número de Clave	Letra de Clave	Anchura Mínima Mts
B-737 / 200	2295	4	C	45
B - 767 300	1981	4	D	45
A 320	2480	4	C	45
A 320 - 200	2480	4	C	45
A 340	2316	4	E	45
B-737 / 300	2749	4	C	45
B - 767 200	1981	4	D	45
B-747	3060	4	E	45
B - 777 / 200	3300	4	E	45
MD 80	2209	4	D	45
DC-10	3200	4	D	45
F100	1720	3	C	30

Fuente: OACI Manual de Proyecto de Aeródromos y Manuales del Fabricante Boeing y Airbus.

Espesor

El diseño estructural de los pavimentos consiste en determinar el espesor de cada una de las capas que conforman un pavimento así como el espesor global del mismo. Los factores que inciden en el diseño del pavimento son: el PMD de las aeronaves, el tráfico que se espera sobre la pista, la concentración del peso en las aeronaves (número de ruedas que hacen contacto con la superficie) y la calidad del suelo que soporta el pavimento.

Para una cierta calidad de suelo, existen dos variables determinantes del espesor de las capas: La presión que ejerce la aeronave crítica y el volumen de tráfico equivalente. La primera variable corresponde a la carga que soporta cada rueda del tren de aterrizaje principal del avión y la segunda al tráfico medido en unidades equivalente a la aeronave que mayor peso por rueda ejerce sobre la losa de aterrizaje. Esta última aeronave se denomina aeronave crítica y para identificarla se debe dividir el PMD de las distintas aeronaves que se espera utilicen el aeropuerto por el número de ruedas que soportan el peso de la nave. Generalmente como criterio de diseño se asume que el peso del avión se distribuye en un 95 % entre las principales ruedas del tren de aterrizaje de la nave. Las

características del tren de aterrizaje – tipo y número de ruedas- es un dato de diseño propio de cada modelo de avión.

El tráfico equivalente se obtiene transformando el tráfico de cada aeronave –medido en despegues anuales– a un tráfico que equivaldría al del avión crítico. En la transformación influyen dos factores, el número de ruedas del tren de aterrizaje y el PMD de cada aeronave.³⁸ En general a menor cantidad de ruedas o a mayor peso de la aeronave, mayor ponderación tendrá su operación de despegue en el cálculo del tráfico equivalente.

Una vez ya computados ambos valores —PMD de la aeronave crítica y Tráfico Equivalente— se puede obtener mediante tablas el espesor requerido del pavimento para una cierta calidad de suelo. Las tablas tienen un origen empírico y se encuentran graficadas en la Circular AC 150/5320-6D de la Federal Aviation Administration (FAA). Como es de esperarse, existe una relación creciente entre cada uno de los dos parámetros mencionados y el espesor mínimo requerido de pavimento.

6.1.2 Calles de Rodaje

Las calles de rodado tienen como objetivo permitir el tránsito de las aeronaves entre la pista de aterrizaje y los terminales. El incrementar el número de calles de salida desde la pista permite optimizar el uso de la pista para operaciones de aterrizaje y despegue, lo que implica aumentar la capacidad de la misma para operaciones aéreas.

A modo de ejemplo, un aeropuerto que recibe un tráfico mínimo no tendrá necesidad de despejar rápidamente la pista de aproximación para no interferir con otras operaciones, por lo que un emplazamiento mínimo de calles de salida bastará para un funcionamiento normal. A medida que el volumen de tráfico aumenta, se deben ir adosando calles de salida desde la pista a diferentes ubicaciones con el objeto de posibilitar que esta sea despejada lo antes posible, para ser usada por otro avión. Según el manual OACI, una pista con el mínimo de calles de salida puede acomodar un tráfico de hasta 30.000 operaciones anuales

³⁸ Este es el procedimiento sugerido por la FAA en su circular AC 150/5320 –6D.

aproximadamente, capacidad que puede llegar hasta las 200.000 operaciones si se cuenta con un adecuado sistema de calles de rodaje.

El dimensionamiento de cada una de estas calles sigue patrones similares al de las pistas de aproximación. La longitud de las mismas está dada por la necesidad de evacuación expedita del tráfico, ya descrita más arriba. La anchura mínima de estas vías depende, al igual que las pistas de aterrizaje, de la envergadura y de la longitud de campo de referencia de la aeronave de diseño.

Existen otras variables de diseño geométrico relacionadas con la extensión de estas calles, tales como radios de giro, márgenes y franjas de pista que involucran una mayor extensión de las pistas y, por ende, un mayor costo, pero que al igual que el ancho depende de las características ya mencionadas del avión de diseño.

En cuanto al espesor del pavimento de las calles de rodaje, éste sigue básicamente los mismos criterios descritos para el caso de las pistas de aproximación.

6.2 Variables determinantes del dimensionamiento

En el Cuadro 13, se presenta en forma resumida cuál es la o las variables que más incidencia tiene en la magnitud de cada una de las dimensiones analizadas.

Cuadro 13: Incidencia sobre dimensiones de pistas y calles

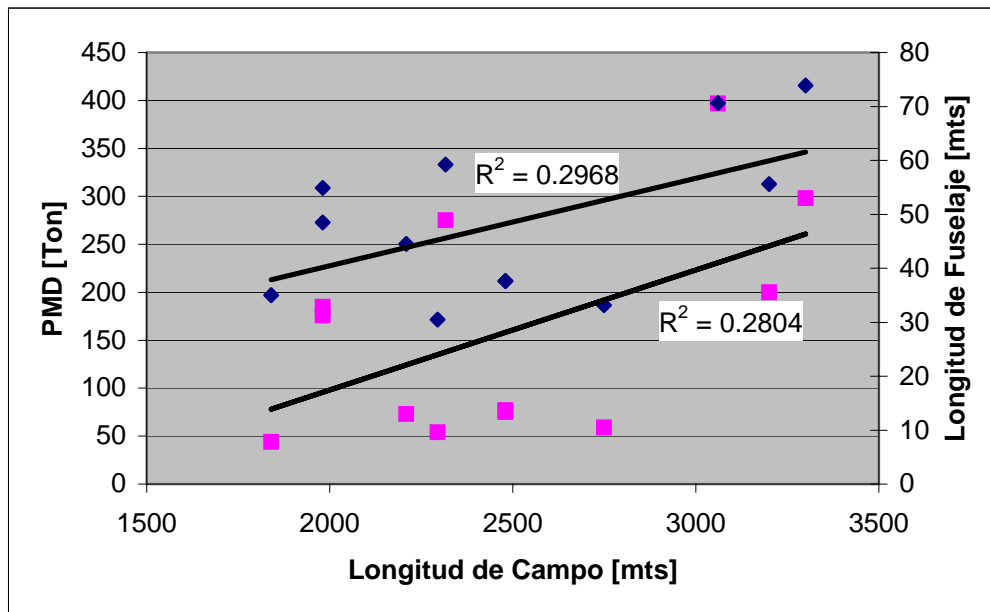
	Variable Aeronave Crítica	Volumen
Pista de Aproximación		
Longitud	Tipo de Avión	
Anchura	Envergadura, tipo de Avión	
Espesor	PMD, número de Ruedas	Tráfico equivalente acumulado
Calles de Rodaje		
Longitud		Tráfico hora punta
Anchura	Envergadura, tipo de Avión	
Espesor	PMD Número de Ruedas	Tráfico equivalente acumulado

Aeronave Crítica

En primer lugar la longitud requerida de pista o longitud de campo no presenta una correlación marcada con ninguna de las dimensiones relevantes de la aeronave. En la Figura 6 se grafica la relación entre la longitud de campo y dos dimensiones de la aeronave: Peso Máximo de Despegue (PMD) y Longitud de Fuselaje. Tal como puede apreciarse, no existe una asociación lineal fuerte entre alguna de las variables y la longitud de campo, tal como lo refleja el bajo valor del coeficiente de correlación en ambas regresiones lineales.

En cuanto a la anchura de las pistas, ésta en principio depende las variables indicadas en el Cuadro 11, sin embargo para más de el 99% del tráfico de AMB se requiere el máximo umbral que corresponde a 45 metros. Por consiguiente, se puede considerar que para aeropuertos sobre una cierta categoría esta dimensión será constante y no afectada por el tipo de aeronave crítica.

Figura 6: Correlación lineal entre longitud de campo y longitud de fuselaje y PMD



En la determinación del espesor del pavimento cada aeronave cuenta tanto por su volumen de operaciones como por el peso que resiste cada una de sus ruedas del tren de aterrizaje principal. Se puede considerar que la variable agregada que determina el grosor del pavimento corresponde a una acumulación de presiones sobre la estructura en el tiempo.

Como puede observarse es difícil explicar el aumento de dimensión de la pista de aproximación con una sola variable. Adicionalmente, queda de manifiesto que el peso de la aeronave, medido a través del PMD no es siempre la variable que determina la aeronave crítica. Esto tiene especial relevancia ya que las tarifas de aterrizaje tanto en Chile como en el resto del mundo dependen en forma directa y más que proporcionalmente del PMD.

Según nuestro análisis, el PMD incide en la anchura de las pistas indirectamente ya que la envergadura de la aeronave está fuertemente correlacionada con el PMD (ver Figuras 7 y 8). Sin embargo, tanto para el largo de la pista como para su espesor no necesariamente a mayor PMD se requerirá mayor dimensión de la infraestructura. Como ya se mencionó existe una débil relación positiva entre PMD y longitud de campo, lo que estaría indicando que existen otros parámetros relacionados con el diseño de aeronaves que estarían teniendo más incidencia en el largo de pista requerido para despegar que el PMD. En el caso del espesor, es el PMD por rueda el parámetro que incide en la dimensión, así por ejemplo un Boeing 747 distribuye su peso de cerca de 400 toneladas en 16 ruedas, y en cambio un Boeing 727-200 debe distribuir sus 86 toneladas en solo 4 ruedas, siendo la carga por rueda mayor en este último.

Figura 7: Correlación Lineal entre Longitud de Fuselaje y Envergadura

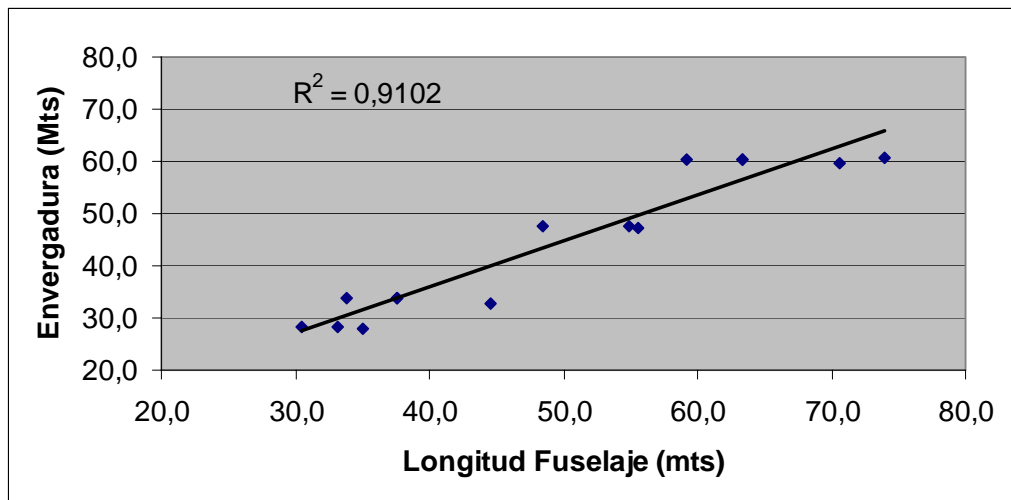
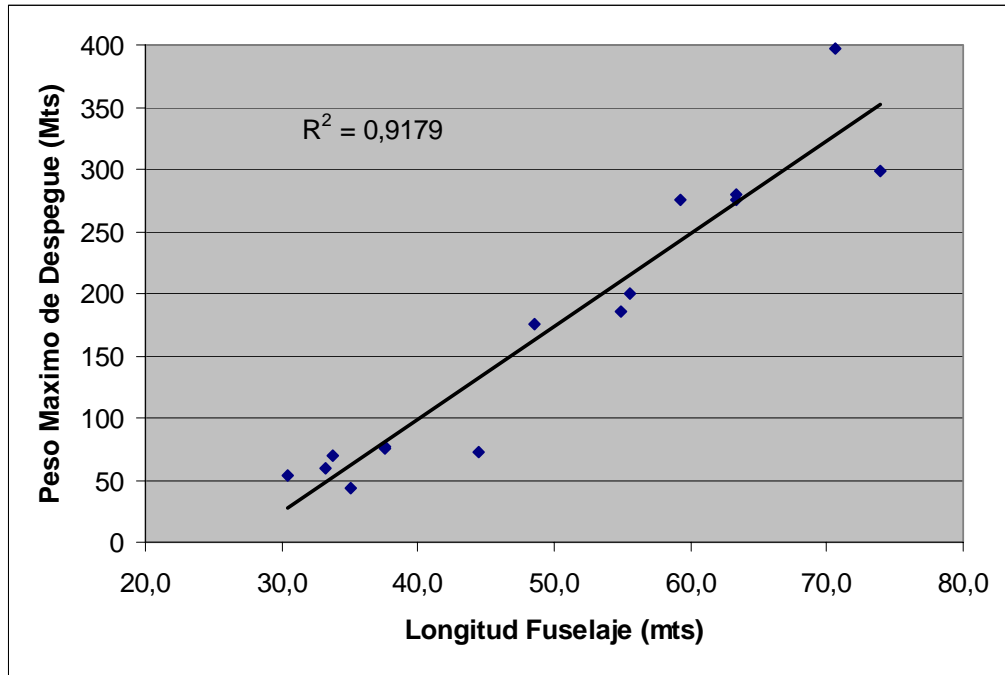


Figura 8: Correlación Lineal entre Longitud de Fuselaje y PMD



Volumen de tráfico

El volumen de tráfico medido en términos de operaciones de despegue y/o aterrizaje tiene incidencia en dos dimensiones de la infraestructura: El espesor del pavimento (con la corrección por peso) y en la longitud total de las calles de rodaje.

6.3 Estimación costo del infraestructura en Aeropuerto AMB

Según la metodología descrita a comienzos del capítulo 6, se procederá al cálculo de tasas de aterrizaje para las distintas aeronaves que operan en el aeropuerto AMB de la ciudad de Santiago. La composición del flujo del aeropuerto y la longitud de campo de cada aeronave se extraerán de los Cuadros 11 y 12. El tráfico total a utilizar es de 62.214 operaciones por año que corresponde al 100 % del volumen de operaciones de AMB en el año 2004 para aeronaves con un peso superior a 40 Ton.

Se considerará en el costo total solamente la inversión necesaria para construir la pista de aproximación (no se incluyen gastos de conservación) y nos concentraremos únicamente en los requerimientos de longitud y anchura de pista, asumiendo un espesor estándar del pavimento el cual se detalla en el Cuadro 14. Se trabajará considerando una vida útil de la infraestructura de 20 años, una tasa de descuento del 10% y se asumirá que el tráfico es constante durante tal horizonte de evaluación.

Cuadro 14: Costo de la superficie de la pista de aterrizaje

Capa	\$/m ³	Espesor (cm)	\$/m ²
Carpeta de Rodado	80.000	12.5	10.000
Base	9.000	35.0	3.150
Sub-base	7.500	65.0	4.875
Total			18.025

Fuente: elaboración propia en base a antecedentes proporcionados por la DAP.

Los valores de espesores de las capas del pavimento mostrados en la Cuadro 14 pueden considerarse representativos para una pista de aterrizaje con una demanda similar a la de AMB. Los precios unitarios son aproximados. En el Cuadro 15 se obtienen las tasas de aterrizaje a costo marginal por el uso de la pista de aproximación para los distintos tipos de aeronaves.

Para interpretar los resultados del cuadro 15 podemos seguir el cálculo hecho para la aeronave B-777/200, que corresponde a la aeronave crítica. Tenemos que ella demanda una pista de aterrizaje de una superficie de $3300 \times 45 = 148.500 \text{ m}^2$. El costo de construir tal pista es de M\$ 314.406 (aplicando los costos unitarios del cuadro 14). La aeronave que le antecede en términos de requerimientos de pista es la DC-10 cuyo requerimiento de pista tiene un costo de M\$ 304.878. Según la metodología expuesta a comienzos del capítulo, el B-777/200 debe pagar, la tasa imputable a la aeronave anterior -M\$: 113,9- más el costo adicional que requiere, el cual alcanza a M\$: 9527. Esta última cantidad se divide entre el volumen de operaciones anuales de la aeronave crítica, arrojando un valor de M\$ 36,8, lo que sumado a los M\$ 113,9 da un total de M\$ 150,7 por operación (aterrizaje +despegue).

Cuadro 15: Costo marginal de infraestructura de pistas

Aeronave	Longitud de Campo Mts	Anchura Mts	Volumen Operaciones (3)	Superficie M2	Costo Total M\$	Costo Adicional M\$	Tarifa por Tramo M\$	Tarifa por Aeronave M\$	Tarifa por Aeronave USD
B - 777 / 200	3300	45	259	148500	314406	9527	36,8	150,7	251,2
DC-10	3200	45	106	144000	304878	13338	36,6	113,9	189,9
B-747	3060	45	282	137700	291540	29630	45,8	77,3	128,9
B-737 / 300	2749	45	513	123705	261909	25629	22,1	31,5	52,5
A 320 (1)	2480	45	7071	111600	236281	15625	1,9	9,4	15,6
A 340	2316	45	1958	104220	220656	2001	0,2	7,5	12,5
B-737 / 200	2295	45	14506	103275	218655	8194	0,3	7,3	12,1
MD 80	2209	45	224	99405	210461	21723	0,9	7,0	11,6
B - 767 (2)	1981	45	6007	89145	188739	79491	2,6	6,1	10,1
F100	1720	30	184	51600	109248	109248	3,5	3,5	5,9

(1) Considera A-320 en todas sus versiones y A-319

(2) Considera B-767 versión 200 y 300

(3) Una operación corresponde a un aterrizaje más un despegue

6.3.1 Gastos operacionales

Aparte de los costos de infraestructura horizontal de pistas, el servicio de aterrizaje, despegue y estacionamiento, y servicios afines, implica incurrir en ciertos gastos operacionales en personal y materiales. Para obtener los costos marginales de estos gastos se utilizó información detallada de los gastos de la DGAC durante el año 2004.

De la información de costos directos de cada aeropuerto se agregaron todos los costos laborales y gastos relacionados con el aterrizaje, estacionamiento y seguridad. Estos costos incluyeron las remuneraciones y gastos relacionados con servicio de aterrizaje, SEI, estacionamiento de aeronaves, y servicio de control de cada aeródromo. Se excluyeron los costos relacionados con pasajeros (AVSEC y terminales), servicios meteorológicos y otros gastos no relacionados directamente con los servicios de aterrizaje y despegue.

Con la información depurada se estimó una relación entre los costos anteriormente definidos y el número de operaciones en cada aeropuerto para el año 2004. La relación estimada fue la siguiente:

$$\text{Costo} = e^{\alpha} \cdot \text{opertot}^{\beta} \cdot e^{\gamma \cdot \text{categ4}}$$

donde α , β y γ son parámetros, *opertot* es el número total de operaciones en el aeródromo en el 2004 y *categ4* es una variable discreta que toma el valor de 1 si el aeropuerto es 4 según la clave de cada uno dada por la DGAC.³⁹ Los resultados se presentan en el Cuadro 16. La segunda columna muestra los resultados utilizando los 17 principales aeródromos del país, mientras que la tercera columna muestra los resultados eliminando a AMB de la muestra. Esta última estimación se realiza para ver la sensibilidad de los resultados a la inclusión de AMB, un aeropuerto con una escala muy superior al resto de los del país.

Del Cuadro 16 se puede observar que existe una relación bastante clara entre los gastos relacionados con el servicio de aterrizaje y el número de operaciones, controlando también

³⁹ Esta clave indica el largo de pista de cada aeródromo y se utiliza como un indicador de distintas categorías de aeródromos.

por la categoría del aeródromo. El modelo explica el 76% de la varianza en los gastos entre aeródromos. Además, excluir AMB no cambia significativamente los resultados.

Cuadro 16: Función de costos operacionales de aterrizaje

Parámetros	Muestra con AMB	Muestra sin AMB
A	14.89507 (12.54)	1.501408 (11.18)
β	0.4737442 (3.40)	0.4192022 (2.53)
γ	1.432206 (4.07)	1.446101 (4.01)
Número de observaciones	17	16
R^2	0.76	0.72

Notas: número en paréntesis bajo el valor de cada coeficiente es el estadígrafo t de la región. El modelo transformado en logaritmos fue estimado por mínimos cuadrados ordinarios.

Según el modelo con todas las observaciones los costos están aproximadamente relacionados con la raíz cuadrada del número de operaciones para el servicio de aterrizaje. Esto implica que hay economía de escala bastante fuertes en los costos para este servicio.

Con el modelo estimado es posible calcular los costos marginales (para los gastos operativos) según la siguiente relación:

$$\frac{\partial C}{\partial opertot} = \beta \cdot e^{\alpha} \cdot opertot^{\beta-1} \cdot e^{\gamma \cdot categ4}$$

Como se puede observar, los costos marginales por operación dependen del número de operaciones en cada aeródromo. Esto se debe a las economías de escala que existe para este costo.

Utilizando el modelo estimado con todas las observaciones se procedió a calcular el costo marginal en gastos de operación para cada aeródromo de la muestra según el número de operaciones del año 2004. El Cuadro 17 muestra los resultados.

Cuadro 17: Costos marginales de operación de servicio de aterrizaje por aeropuerto, 2004

Aeródromo	Costo Marginal (\$/operación)
Aeropuerto Mataveri – Isla de Pascua	170.883
Aeródromo Pichoy - Valdivia	109.761
Aeródromo de Balmaceda - Balmaceda	72.812
Aeródromo El Loa - Calama	63.121
Aeródromo La Florida – La Serena	51.061
Aeropuerto Chacalluta - Arica	49.972
Aeródromo Manquehue - Temuco	40.418
Aeropuerto Carlos Ibañez del Campo – Pta. Arenas	39.604
Aeródromo Carriel Sur - Concepción	35.785
Aeropuerto El Tepual - Pto. Montt	30.833
Aeropuerto Diego Aracena - Iquique	28.520
Aeropuerto Cerro Moreno - Antofagasta	26.693
Aeródromo Los Ángeles	19.582
Aeródromo Gral. B. O'Higgins - Chillan	18.434
Aeródromo Cañal Bajo - Osorno	17.433
Aeródromo Chamonate - Copiapo	16.093
Aeropuerto Arturo Merino Benitez	15.950

6.3.2 Resumen de costo marginal de largo plazo del servicio de aterrizaje

Para calcular el costo marginal de largo plazo del servicio de aterrizaje se debe sumar el gasto operacional adicional por aeronave que se calculó en la sección anterior, más el costo en infraestructura por tipo de avión. Este último cálculo se hizo más arriba para AMB, pero se debe hacer para cada aeródromo por separado. Desafortunadamente, no se contó con la información sobre operaciones por tipo de vuelo como para poder realizar este cálculo.

Además, el costo marginal de largo plazo del servicio de aterrizaje debe considerar el costo adicional en equipos de aterrizaje (balizas, luces, radares, etc.) que por falta de información no se pudo calcular en este informe. Por último, los gastos de mantenimiento de las pistas también deberían formar parte del costo marginal de aterrizaje, pero al no contar con información detallada sobre la relación de estos gastos con el número de operaciones en cada pista, no se pudo calcular.

6.3.3 Ajuste por autofinanciamiento

Una vez obtenidas las tarifas en base al costo marginal por infraestructura y operaciones se debe aplicar el ajuste por autofinanciamiento con el objeto de que la recaudación permita cubrir los costos totales del servicio aeronáutico. Como variable aproximada al costo total de largo plazo anualizado, se empleará la recaudación por tasas de aterrizaje para todas las operaciones realizadas en AMB en el año 2004. Esto nos permitirá hacer una comparación de estructuras tarifarias, ya que ambos esquemas, tanto el actual como el obtenido arrojarán una recaudación igual.

Los costos marginales de largo plazo obtenidos por aeronave son equivalentes a la suma de los costos asociados a infraestructura y operaciones los cuales se presentan en la primera columna del cuadro 16. Los ajustes aplicar son el proporcional por aeronave y el de Ramsey-Morrison, lo cuales se explican en los siguientes sub-capítulos.

6.3.3.1 Ajuste proporcional

El ajuste proporcional consiste simplemente en incrementar las tarifas eficientes en una proporción idéntica hasta lograr el autofinanciamiento o el nivel de recaudación deseado. Los resultados se presentan en el Cuadro 18.

Cuadro 18: Tarifas obtenidas mediante ajuste proporcional

Aeronave	Costo Marginal Aeronave M\$	Tarifa Ajustada M\$
B - 777 / 200	183	986,8
DC-10	146	788,0
B-747	109	590,2
B-737 / 300	63	342,6
A 320	41	223,1
A 340	39	212,8
B-737 / 200	39	211,8
MD 80	39	210,0
B - 767	38	205,3
F100	35	191,4

6.3.3.2 Ajuste tipo Ramsey-Morrison

En esta sección se procederá a obtener las tarifas de segundo mejor, según los principios de la metodología conocida como Ramsey-Boiteaux. Tal como fue explicado en la parte conceptual, este método permite obtener las tarifas que minimizan la distorsión en la asignación de recursos cuando las tarifas eficientes o de costo marginal no permiten general un cierto nivel de recaudación necesario para autofinanciar el servicio aeroportuario.

La aplicación de la solución Ramsey-Boiteaux a las tasas aeroportuarias se hará según el modelo propuesto por Morrison (1982), el que fue ampliamente descrito en la sección 5.2.3.3. y que se presenta a continuación.

$$p_i = \frac{c_i + \frac{\theta}{\varepsilon_i} \cdot TC_i}{1 - \frac{\theta}{\varepsilon_i}}$$

Donde :

- p_i = es la tasa de aterrizaje de un avión en la categoría i
- c_i = es el costo marginal de proveer un aterrizaje para el avión tipo i
- θ = es una constante de proporcionalidad (al igual que la fórmula de Ramsey anterior) que se ajusta hasta que se logre el autofinanciamiento
- ε_i = es la elasticidad de demanda final de un vuelo tipo i .
- Tc_i = Es el costo total del vuelo entre un par origen-destino, (excluyendo la tasa de aterrizaje)

Las tarifas que se obtengan tienen un carácter aproximado debido a limitaciones de disponibilidad de información y a objetivos de simplicidad que buscan más bien la ilustración de cómo aplicar la metodología que cubrir todas las situaciones específicas de la red aeroportuaria nacional. Así las tarifas calculadas serán sólo las de tasas de aterrizaje aplicadas al aeropuerto de la ciudad de Santiago (AMB). El costo marginal c_i será el obtenido en la sección anterior, el cual considera sólo las demandas de infraestructura de pista de aterrizaje y de operación aeroportuaria de las aeronaves (ver cuadro 18). Se efectuará una agregación de los destinos de los vuelos en base a criterios de representatividad. Por esta razón no se calculan tarifas para los modelos de avión que poseen un nivel de tráfico inferior al 1% de las operaciones de AMB (F-100, DC-10 y MD-80), aunque la metodología permite hacerlo si se conoce el o los destinos de tales aeronaves. La forma específica de cómo se obtienen los distintos parámetros que entran en la fórmula arriba expresada se explica en lo que sigue:

Costos totales de los vuelos

Los datos sobre costos operacionales de vuelos son extraídos del ‘Manual de Evaluación Social de Proyectos en Inversión en Infraestructura Aeroportuaria’ publicado por el Ministerio de Planificación y SECTRA. La información ahí contenida fue modificada para hacerla consistente con el resto de la metodología. Los costos operacionales empleados incluyen todos los insumos empleados en desarrollar un vuelo, lo que comprende entre otros la inversión en aeronaves, mantenimiento, gastos en tripulación, combustible, etc. En el cuadro 19 se presenta un resumen de los valores a emplear en unidades de \$/hora.

Cuadro 19: Costos Totales de Vuelo Según Destino (M\$/hora)

Item	Tipo de Vuelo		
	Nacional	Internacional	Intercontinental
Aeronave	825,6	1429,2	2584,2
Tripulación	82,2	116,4	185,4
Combustible	366,6	608,4	1368,6
Total [M\$/hora]	1274,4	2154,0	4135,2

Fuente: SECTRA. Valores en miles de pesos por hora

A los valores arriba obtenidos se le debe sumar un costo por pasajero de \$1800/ hora de vuelo.

Elasticidades

La sensibilidad de la demanda por viajes al precio, medida a través del parámetro conocido como elasticidad, depende de una serie de factores tales como la motivación del viaje o la distancia del mismo. Diversos estudios demuestran que los viajes con motivos de negocios o familiares son menos sensibles al precio que los con motivos turísticos (ver Cuadro 10). A su vez, vuelos con distancias cortas, entre 500 y 1000 kilómetros, presentan mayor sensibilidad al precio debido a la posibilidad de emplear otros medios —terrestres, por ejemplo— para efectuar el viaje. En base a la información obtenida sobre elasticidad-precio

de los vuelos se empleará un valor único de -1.2 , el cual será igual para todos para todos los tipos de vuelos.

El emplear una elasticidad-precio homogénea entre destinos implica que cada tasa de aterrizaje será equivalente a su costo marginal mas un ajuste el cual será proporcional al costo total del vuelo, cumpliéndose la siguiente relación:

$$\frac{P_i - c_i}{P_i + Tc_i} = \frac{P_j - c_j}{P_j + Tc_j}$$

Donde i, j son distintos tipos de vuelos.

Por lo tanto, a igual costo marginal por aterrizaje y despegue, los vuelos de mayor costo total de operación, tendrán una tasa más alta. Esta relación se fundamenta en el hecho que los vuelos de mayor costo – ya sea por mayor distancia o uso de aeronaves más costosas- tenderán a cobrar tarifas más altas a pasajeros. Por consiguiente para producir un mismo incremento proporcional en el precio del billete de un vuelo, es posible incrementar en términos absolutos más la tasa de aterrizaje a vuelos de mayor costo total.

Vuelos

Para obtener las tarifas por el método Ramsey, se procedió a identificar vuelos tipo según aeronave y destino. En el caso de los destinos nacionales se hizo una división en cuatro zonas según la distancia del vuelo. En el Cuadro 20 se detallan los destinos comprendidos en cada zona con su tiempo de vuelo representativo y el porcentaje del tráfico nacional de cada una de ellas. Para calcular este último dato, se empleó la estadística de tráfico nacional proporcionada por la JAC para el año 2004.

Cuadro 20: Zonificación de vuelos nacionales según destino.

Zona	Destinos	Rango de tiempo de vuelo Horas	Participación Tráfico %
I	Copiapó, La Serena, Concepción, Temuco	1.0 – 1.4	29.1
II	Puerto Montt, Valdivia, Osorno	1.6 – 1.7	16.0
III	Iquique, Antofagasta, Calama	1.9 – 2.3	35.7
IV	Arica, Balmaceda, Punta Arenas	2.7 – 3.8	19.2

En el caso de vuelos internacionales se efectuó una desagregación que cumpliera con los objetivos de incorporar todas las principales aeronaves así como los destinos más representativos en términos de tráfico y de diferentes tiempos de vuelo. En el Cuadro 21, más abajo, se presentan los destinos empleados para vuelos internacionales.

Ajuste

Las tarifas se obtienen según la fórmula Ramsey modificada por Morrison que se presenta en 5.2.3.3. El factor de ajuste ' θ ' se obtiene de forma tal que las tarifas propuestas entreguen una recaudación que sea igual a lo que se recauda por concepto de tasas de aterrizaje correspondiente a las operaciones de aeronaves en el aeropuerto de Santiago (AMB). Para esto se emplea la información de operaciones por tipo de avión proporcionada por la DGAC para el año 2004 en AMB. De este modo es posible efectuar una comparación más bien de estructura de tasas entre las que arroja la metodología propuesta (Ramsey-Morrison) y las que actualmente establece el DAR 50.

6.3.4 Resultados

Los valores de las tarifas obtenidas son mostradas en los Cuadros 21 y 22. Los resultados del escenario estándar demuestran que existe una notoria correlación entre las tarifas obtenidas y el Peso Máximo de Despegue (PMD), tal como se aprecia en la Figura 9. Al aplicar una regresión de tipo potencial o semi-logarítmica se obtiene la siguiente relación:

$$T = \alpha P^{\beta}$$

Donde T es la tasa de aterrizaje y P , el PMD de la aeronave. Los valores obtenidos en la regresión para los parámetros son los siguientes:

$$\alpha = 0.2804$$

$$\beta = 1.41$$

El coeficiente de correlación obtenido es: $R^2 = 0.88$. Este fuerte nivel de asociación entre tasas de aterrizaje y PMD se debe principalmente al hecho que aviones de mayor tamaño cubren distancias más largas y por ende el costo del viaje es mayor. De este modo, si las tasas se obtienen como un porcentaje del costo total de viaje, a una misma elasticidad, es eficiente aplicar mayores tasas a los aviones que vuelan a más distancia, que en general corresponden a los de mayor envergadura o tonelaje. Este es el efecto ilustrado por Morrison (1982) y que da una base económica para aplicar mayores tarifas a aviones de mayor peso. Nótese que tal efecto es de mayor magnitud que el efecto del tamaño de la aeronave en la necesidad de infraestructura. Como se ilustró en la sección 6.1.2, existe una muy débil correlación entre PMD y largo de pista. Empleando la ecuación que permite calcular las tarifas de autofinanciamiento a la Ramsey-Morrison, se puede apreciar que el efecto del costo marginal en tal tarifa es de al menos un orden de magnitud menor que el efecto costo de operación o elasticidad. Como consecuencia de tal diferencia relativa, errores en la estimación del costo total de operación de los vuelos puede tener mayor incidencia en las tarifas que errores en estimar los costos marginales en la infraestructura.

Cuadro 21: Tarifas finales obtenidas según método Ramsey-Morrison**Escenario Estándar**

Aeronave	Destino	Horas Vuelo	Costo Unit. Vuelo M\$/Hora	Costo Total Vuelo M\$	Costo Marginal M\$	Elasticidad Precio vuelo	Operaciones Aterr+ Desp. Año	Tarifa Final M\$	Tarifa Actual M\$	Recaudación M\$
Internacional										
B - 777 / 200	Europa	14,0	4880,4	68325,6	182,60	1,2	257	1049,0	838	269583
B-747	Europa	14,0	5056,8	70795,2	109,22	1,2	282	1005,9	1117	283659
A 340	Europa	14,0	4777,8	66889,2	39,38	1,2	1938	885,8	787	1716180
B - 767 (**)	New York	12,4	4720,2	58530,5	37,98	1,2	1046	778,6	520	814465
B - 767 (**)	Miami	8,7	4720,2	41065,7	37,98	1,2	2979	557,8	520	1661644
A 320 (*)	Brasil	4,7	2479,8	11655,1	41,28	1,2	1871	189,2	185	353983
B - 767 (**)	Lima	3,8	2719,2	10197,0	37,98	1,2	1660	167,4	520	277910
A 320 (*)	B. Aires	2,0	1617,0	3234,0	41,28	1,2	1920	82,7	185	158744
B-737 / 200	B. Aires	2,0	1537,8	3075,6	39,19	1,2	3213	78,6	136	252426
Nacional										
B-737 / 200	Zona I	1,1	1537,8	1691,6	39,19	1,2	4769	61,1	49	291237
B-737 / 200	Zona II	1,6	1537,8	2460,5	39,19	1,2	2622	70,8	49	185625
B-737 / 200	Zona III	2,1	1537,8	3229,4	39,19	1,2	5834	80,5	49	469741
B-737 / 200	Zona IV	3,3	1537,8	5074,7	39,19	1,2	3146	103,9	49	326767

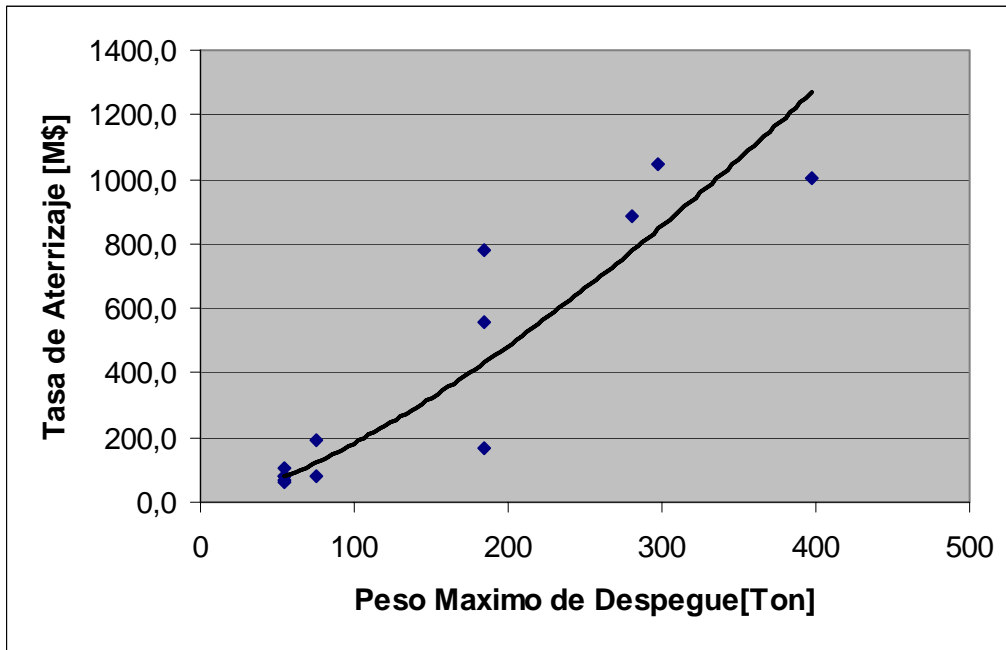
Total Recaudación	7061961,9
Recaudación Meta	7061961,9
Diferencia	0,0
Factor de Ajuste	0,014986

**Cuadro 22: Tarifas finales obtenidas según método Ramsey-Morrison
Escenario con distintas elasticidades.**

Aeronave	Destino	Horas Vuelo	Costo Unit. Vuelo M\$/Hora	Costo Total Vuelo M\$	Costo Marginal M\$	Elasticidad Precio vuelo	Operaciones Aterr+ Desp. Año	Tarifa Final M\$	Tarifa Actual M\$	Reacudacion M\$
Internacional										
B - 777 / 200	Europa	14,0	4880,4	68325,6	182,60	1,2	257	1063,8	838	273402
B-747	Europa	14,0	5056,8	70795,2	109,22	1,2	282	1021,3	1117	287996
A 340	Europa	14,0	4777,8	66889,2	39,38	1,2	1938	900,3	787	1744308
B - 767 (**)	New York	12,4	4720,2	58530,5	37,98	1,2	1046	791,4	520	827753
B - 767 (**)	Miami	8,7	4720,2	41065,7	37,98	1,2	2979	566,7	520	1688204
A 320 (*)	Brasil	4,7	2479,8	11655,1	41,28	1,4	1871	170,0	185	318074
B - 767 (**)	Lima	3,8	2719,2	10197,0	37,98	1,2	1660	169,6	520	281595
A 320 (*)	B. Aires	2,0	1617,0	3234,0	41,28	1,4	1920	77,3	185	148428
B-737 / 200	B. Aires	2,0	1537,8	3075,6	39,19	1,4	3213	73,5	136	236007
Nacional										
B-737 / 200	Zona I	1,1	1537,8	1691,6	39,19	1,5	4769	57,0	49	271577
B-737 / 200	Zona II	1,6	1537,8	2460,5	39,19	1,3	2622	68,8	49	180485
B-737 / 200	Zona III	2,1	1537,8	3229,4	39,19	1,2	5834	81,2	49	473877
B-737 / 200	Zona IV	3,3	1537,8	5074,7	39,19	1,2	3146	105,0	49	330258

Total Recaudación	7061961,9
Recaudación Meta	7061961,9
Diferencia	0,0
Factor de Ajuste	0,01523963

Figura 9: Relación entre Tasas de Aterrizaje y Peso Máximo de Despegue (PMD)

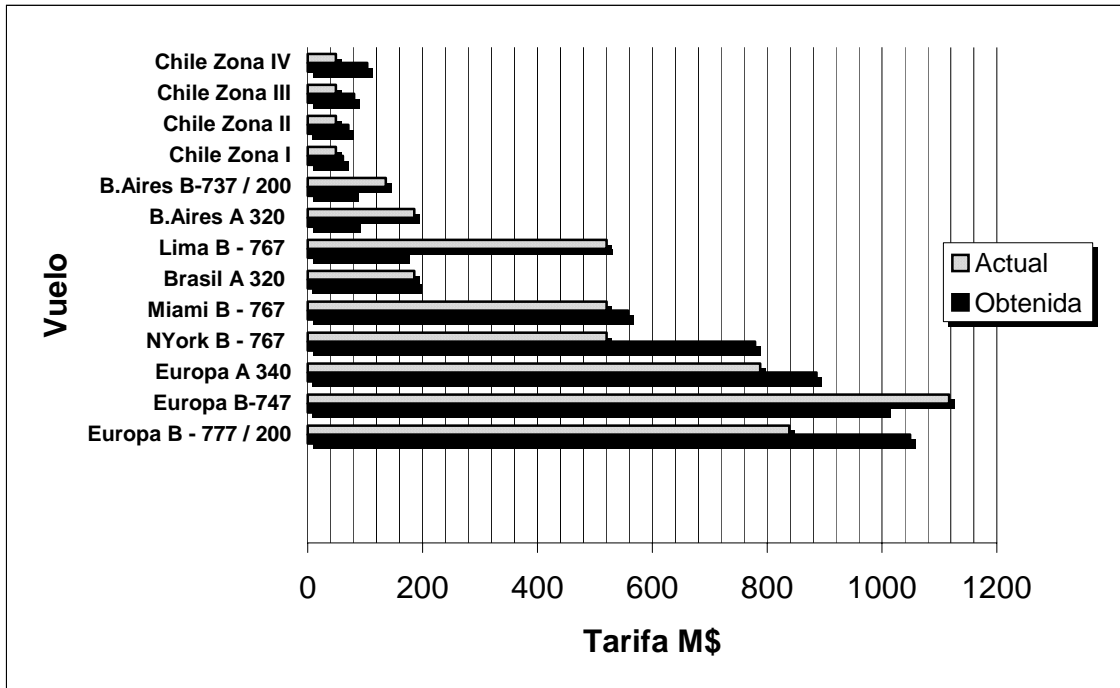


La Figura 10 permite comparar las tasas de aterrizaje actualmente aplicadas en Chile con los valores recomendados por nuestra metodología. Como es posible apreciar, no existe una gran divergencia en la estructura de ambos sistemas tarifarios. La principal fuente de divergencia se explica por la tarifa diferenciada entre vuelos nacionales e internacionales que establece el DAR 50. Así, un vuelo entre Santiago–Buenos Aires, paga casi 3 veces más que un vuelo desde Santiago a Antofagasta, a pesar de tener una duración similar y sean efectuados por la misma aeronave.

En términos de vuelos nacionales, los resultados indican que las tasas actuales se encuentran por debajo del nivel recomendado, debiendo a nivel agregado incrementarse en un 59.4 %. El ajuste a aplicar no es parejo, debiendo incrementarse más las tarifas hacia destinos más extremos. Por ejemplo, la tasa por un vuelo a La Serena aumentaría en un 20% aproximadamente mientras que en el caso de Punta Arenas, ésta se incrementaría a casi el doble de su valor actual. Las tasas a vuelos internacionales debieran reducirse en promedio en un 8.2 %. Los vuelos con destino a Buenos Aires, por ejemplo, deberían bajar hasta más de un 50% de su magnitud actual. Los destinos que se encuentran entre 8 y 12 horas de vuelo —Estados Unidos notablemente— podrían aumentarse hasta en un 50 %

(caso de Nueva York). En los vuelos a Europa, la divergencia existente es solamente de alrededor del 10%.

Figura 10: Comparación entre Tasas de aterrizaje actuales y obtenidas.



Heterogeneidad en las Elasticidades

Se obtuvieron tasas de aterrizaje para un escenario donde las elasticidades-precio de los vuelos variaran según la destinación. Se incrementaron los valores de las elasticidades para los destinos internacionales turísticos (Buenos Aires y Brasil a -1.4) y para los destinos nacionales más cercanos a Santiago (Zonas I y II). Estos últimos se aumentaron a -1.5 y -1.3 respectivamente, debido a la competencia que enfrentan del transporte terrestre (Buses). Los resultados obtenidos indican que, como es esperable, a mayor sensibilidad al precio menor será la tarifa, lo que permitiría reducir adicionalmente en un 10% las tasa de aterrizaje en los vuelos a Buenos Aires y hasta en un 15 % la de los vuelos a La Serena.

7. Benchmarking

Uno de los objetivos fundamentales de un buen sistema regulatorio es el logro de la eficiencia productiva. Por este concepto se entiende que la firma o institución que deba producir un bien o servicio lo haga a un mínimo costo, para un nivel dado de calidad. En esta sección se revisa la información disponible de derechos y tasas de los servicios aeronáuticos en el mundo para evaluar la situación relativa de Chile. Este ejercicio es sólo preliminar y, por varias razones que se discuten más abajo, se debe tener mucho cuidado antes de extraer conclusiones definitivas de este ejercicio.

Ante la imposibilidad de contar con información comparable de costos de provisión de servicios aeroportuarios y de aeronavegación, una estrategia alternativa consiste en emplear las tarifas aeronáuticas como variable indicativa de los costos de esta industria en cada país. Esto es perfectamente válido si los sistemas aeronáuticos funcionan bajo condiciones de autofinanciamiento, es decir que la recaudación producto de las tasas aplicadas a todos los usuarios financie todos los costos (inversión, operación y mantenimiento) que impone el sistema. Así, un aeropuerto o sistema aeronáutico que tiene tarifas menores estaría reflejando que es capaz de sostenerse con menores costos y por lo tanto, a otros factores iguales, es más eficiente.

En caso que el supuesto de autofinanciamiento sea violado, es decir que haya países donde se subsidie con transferencias directas la operación de los aeropuertos o se utilicen las tasas como mecanismo para recaudar fondos para financiar actividades no aeronáuticas, la correspondencia entre costos y tarifas se pierde y por lo tanto la comparación se hace menos válida. En Chile, las tarifas aeronáuticas tienen como objetivo autofinanciar todos los gastos que involucra la provisión de infraestructura y servicios aeronáuticos.⁴⁰ Sin embargo, no poseemos información respecto a si en el resto de los países las tarifas son o no fijadas bajo el criterio de autofinanciamiento. Sin embargo, sí podemos saber en que dirección va el sesgo en cada caso. Por ejemplo, si en algún país se utilizan las tasas aeronáuticas para financiar actividades no aeronáuticas, entonces mejoraría la posición

⁴⁰ Existen algunos gastos excluidos del criterio de autofinanciamiento. A saber, aquellos relacionados con las inversiones que hace la Dirección de Aeropuerto del MOP, que son financiados con el presupuesto general de la nación.

relativa de Chile al comparar las tasas. Por el contrario, si en algún país se subsidian las actividades aeronáuticas, entonces Chile aparecerá como más caro de lo que realmente es en igualdad de condiciones.

Existe un segundo aspecto a considerar que es el de la calidad de los servicios. Incluso si el autofinanciamiento es aplicado en todos los países, las diferencias en las tasas pueden deberse más bien a mayores recursos destinados a calidad y seguridad que a ineficiencias. Esto también debe tenerse en cuenta al analizar los resultados, especialmente si se considera que los servicios aeronáuticos en Chile son considerados como los de mejor calidad y seguridad en la región.

Finalmente también está el problema de que los niveles de tráfico son distintos entre aeropuertos y servicios. Si hay economías o deseconomías de escala en la industria de servicios aeronáuticos, entonces la comparación no sería válida ya que los aeropuertos con tráficos altos logran el autofinanciamiento con tasas menores. El ejercicio de Análisis de la Envoltura que se presenta más abajo permite superar este último problema.

7.1 Comparación simple entre las tarifas aeronáuticas

Teniendo presente las limitaciones que impone el uso de tarifas como aproximación a los costos, a continuación, y en forma preliminar, se presentan resultados de comparación de tasas entre distintos países.

Empleando datos de la OACI (2003) sobre tarifas aeronáuticas de todos los países, se comparó a Chile con el resto de los países de Latinoamérica y del mundo. Dado que los aeropuertos tienen distintas estructuras tarifarias la comparación se hace en varias dimensiones, tomando en cuenta los cargos más importantes que son aplicados a las operaciones aeronáuticas para **vuelos internacionales**.

Como se puede observar del Cuadro 23, el cargo a pasajero en Chile es de 26,1 USD para vuelos internacionales.⁴¹ A nivel mundial, el 81,5% de los aeropuertos aplica tarifas a pasajeros menores que las de Chile. Si se consideran las 59 tarifas sólo de países desarrollados, Chile tiene una tasa de embarque superior al 74% de estos países.⁴² A nivel latinoamericano el 59,1% de los aeropuertos tiene una tasa de embarque más barata.

Cuadro 23: Comparación de tarifas internacionales y regionales

Dimensión	Chile (US\$)	Ranking		
		Mundial	Países desarrollados	América Latina
Cargo a Pasajero	26,1	81,5 %	74,5%	59,1 %
Aterrizaje A-310	704	31,5 %	13,6%	54,5 %
Aterrizaje B-747	1851	29,7 %	20,3%	54,5 %
Agregado A-310+130 Pax	4098	69,0 %	66,1%	59,1 %
Agregado B-747+260 Pax	8625	59,1 %	62,7%	59,1 %

Fuente : OACI (2003).

En las dos líneas siguientes del Cuadro se comparan las tarifas de aterrizaje y despegue para dos aviones tipos: el Airbus A-310 y el Boeing B-747. La comparación indica que en este servicio Chile estaría dentro del 30% más barato a nivel mundial, dentro del 14% más barato a nivel de países desarrollados y casi en la mediana de los países de la región. Finalmente se realiza una comparación agregada considerando el costo total que incurren los usuarios al usar los aeropuertos, para lo cual se suma el costo de aterrizaje de una aeronave más la recaudación por tasas de pasajeros asumiendo una ocupación de la capacidad de la nave del 67 % aproximadamente. Nuevamente, las tarifas en Chile son superiores al 50% de los aeropuertos mundiales, de países desarrollados y de la región.

7.2 Comparación utilizando el análisis de la envolvente

Con el fin de analizar más globalmente la eficiencia relativa de los aeropuertos a continuación se presenta un ejercicio de análisis de la envolvente o DEA (Data Envelope

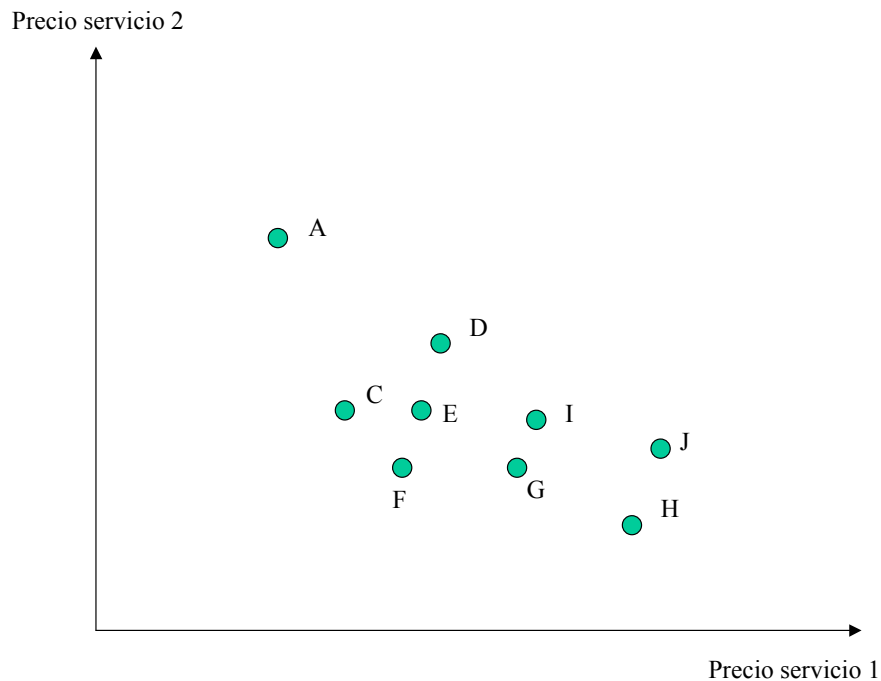
⁴¹ A la tasa de embarque se le agregó un ítem de costo relacionado con seguridad para permitir la comparación con las cifras internacionales ya que en muchos países dicho costo está incluido en la tasa de embarque.

⁴² A veces hay un país con más de una tarifa (distintas por aeropuerto). En este caso cada tarifa se considera como una observación distinta.

Analysis).⁴³ En este ejercicio se restringe la muestra de aeropuertos para no considerar países que probablemente no tienen el mismo nivel de calidad de los servicios aeronáuticos en Chile. Además, se incluyen variables de escala de operaciones (pasajeros y vuelos) para controlar por las posibles economías de escala en esta industria.

El DEA es una técnica muy utilizada para evaluar la eficiencia técnica entre unidades productivas cuando existen múltiples insumos y/o múltiples productos. Esta técnica permite superar los problemas que surgen al evaluar la eficiencia relativa utilizando indicadores parciales, como el precio de un servicio aeronáutico en particular, cuando en realidad existen varios insumos y productos.

Figura 11



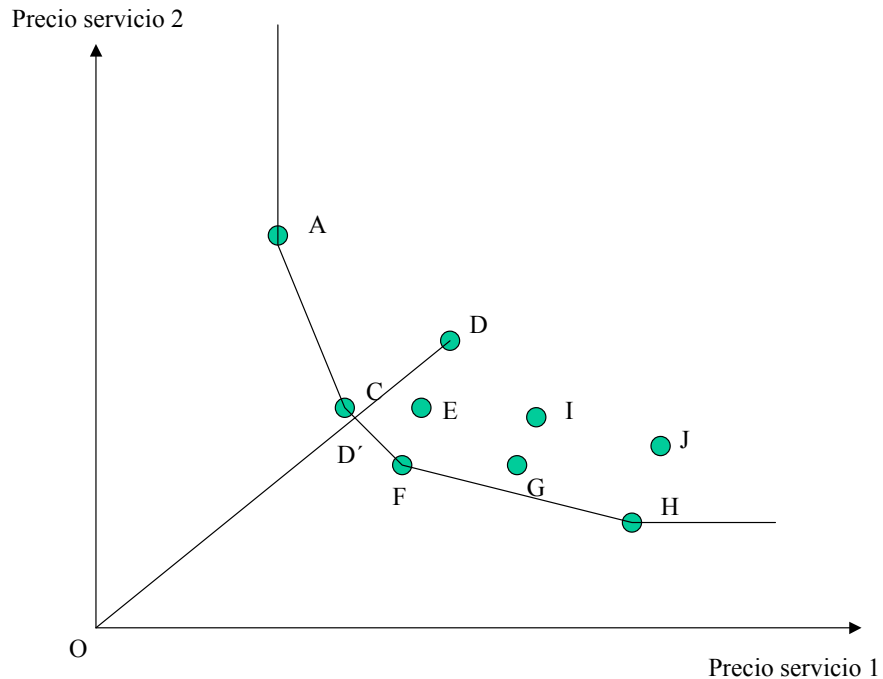
Para explicar mejor el método DEA, la Figura 11 presenta un ejemplo donde hay varias unidades productivas y donde se asume, sin pérdida de generalidad, de que todas las unidades están produciendo la misma cantidad de cada uno de los productos.⁴⁴ Los ejes

⁴³ Ver Coelli, Estache, Perelman y Trujillo (2003) para un introducción a la técnica DEA y otras medidas empíricas de eficiencia.

⁴⁴ El DEA permite múltiples productos e insumos, diferentes niveles de estos productos e insumos para cada unidad productiva, y rendimientos variables a escala en la tecnología. Sin embargo, para fines ilustrativos es útil asumir que cada unidad productiva produce el mismo nivel de cada servicio.

representan el nivel de las tarifas de cada servicio aeronáutico. Mientras más cerca del origen esté la unidad productiva en el gráfico, menor es el ingreso que está obteniendo para producir una cantidad dada de servicios. Por ejemplo, la unidad *C* está produciendo la misma cantidad que la unidad *D* pero con precios menores de cada servicio, por lo que *C* domina a *D* en cuanto a la eficiencia de proveer los servicios.

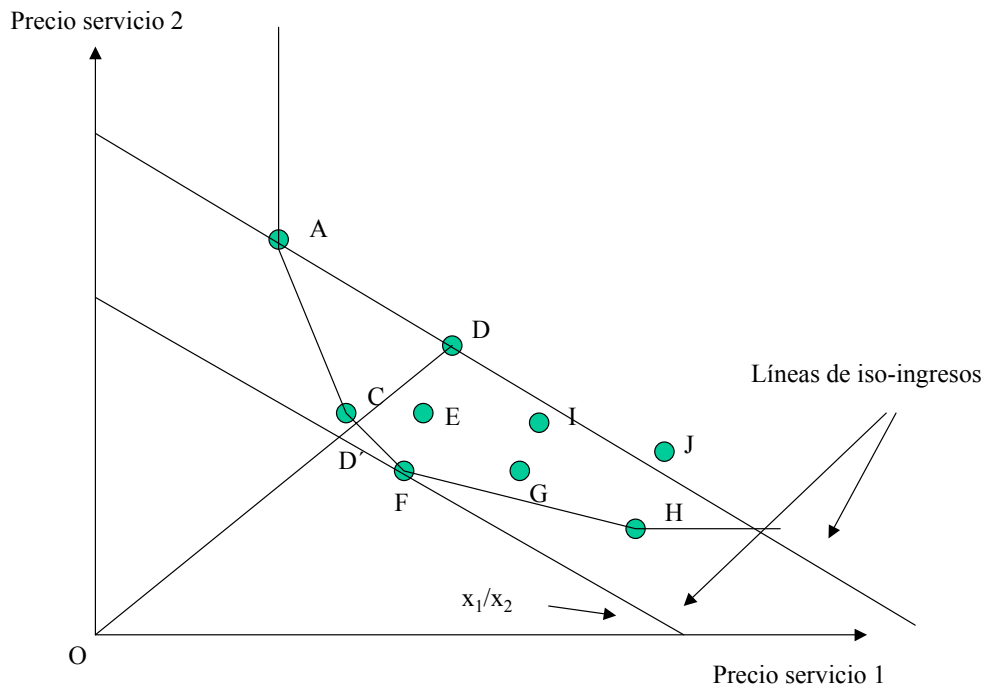
Figura 12



Lo que hace el método DEA es que obtiene una frontera de todas las unidades productivas que no están dominadas por otras. Por ejemplo, en la Figura 12 se muestra que las unidades *A*, *C*, *F* y *H* componen la frontera. El resto de las unidades está dominada por las unidades en la frontera o una combinación lineal de estas unidades. En este contexto una medida de la eficiencia relativa es el porcentaje en que una unidad productiva podría reducir el precio de sus servicios y operar en la frontera de mejor práctica. Por ejemplo, para la unidad *D*, una medida de eficiencia sería la distancia OD' dividida por OD . Claramente las unidades que forman parte de la frontera tendrán un indicador de eficiencia igual a 1, mientras que todas las demás tendrán un indicador menor a 1.

La ventaja del DEA es que permite hacer una comparación global que considera el precio de todos los insumos y la cantidad producida de todos los productos. Por ejemplo, si se hace una evaluación considerando solamente el precio del servicio 2, la unidad G aparece como bastante eficiente. Sin embargo, este análisis esconde el hecho de que la unidad G tiene un precio muy alto para el servicio 1 en comparación con otras unidades. La medida de eficiencia que se obtiene del DEA toma en cuenta ambos precios.

Figura 13



Por último, es importante señalar que si se tuviera información de la cantidad exacta de cada uno de los servicios otorgados en cada aeropuerto sería posible calcular el ingreso total que obtiene cada aeropuerto. Suponiendo autofinanciamiento de cada aeropuerto, el nivel de ingresos sería un indicador de los costos totales de proveer los servicios. Sin embargo, como no tenemos información de la composición del tráfico, con los datos disponibles no podemos calcular esta cifra. Con el DEA se asume que cada precio es un insumo inconmensurable con los otros precios. Por ejemplo, según el DEA la unidad A es tan eficiente como la unidad F de la Figura 13. Sin embargo, para una composición de tráfico dada por la pendiente de la curva de iso-ingresos (x_1/x_2), donde x_i denota la cantidad

proveída del servicio i , la unidad F tiene ingresos (costos, suponiendo autofinanciamiento) totales menores que la unidad A . Por lo tanto, que una unidad productiva esté en la frontera según el análisis DEA no implica necesariamente que sea eficiente en términos de costo, sólo de que no está dominada por otras observaciones de la muestra.⁴⁵

La base de datos contiene la información de tarifas y derechos descrita más arriba e información del número de vuelos (desagregados en domésticos e internacionales en algunos casos) y pasajeros (desagregados entre domésticos e internacionales para la mayoría) para una lista de 376 aeropuertos en el mundo.⁴⁶ Para no comparar a Arturo Merino Benitez con aeropuertos de países del tercer mundo que claramente tiene un nivel de calidad de servicio muy inferior al aeropuerto de Santiago, se consideraron sólo los aeropuertos de países desarrollados, Brasil y Argentina, además de Arturo Merino Benitez.⁴⁷

Como productos de cada aeropuerto se utilizó el número total de vuelos (internacionales más domésticos), el número total de pasajeros internacionales y el número total de pasajeros domésticos.⁴⁸ Como insumos se utilizó la tarifa por pasajero embarcado (en US\$), el derecho de aterrizaje de un avión airbus A310 (en US\$) y el derecho de aterrizaje de un avión B747 (en US\$). El avión Airbus A310 es similar en peso, y por lo tanto en la tarifa que paga, a un B737. Se supuso que la tecnología exige rendimientos variables a escala para no penalizar a los aeropuertos con niveles de tráfico o muy bajos o muy altos.

Los resultados se presentan en el anexo 2 y Figura 14 (la columna en rojo es el aeropuerto Arturo Merino Benítez). Hay 8 aeropuertos en la frontera de eficiencia. Estos son: Charles de Gaulle (Francia), Frankfurt (Alemania), Athens (Grecia), Schiphol (Holanda), O'Hare

⁴⁵ La medida de eficiencia del DEA es una condición necesaria pero no suficiente para la eficiencia de costos de una unidad productiva.

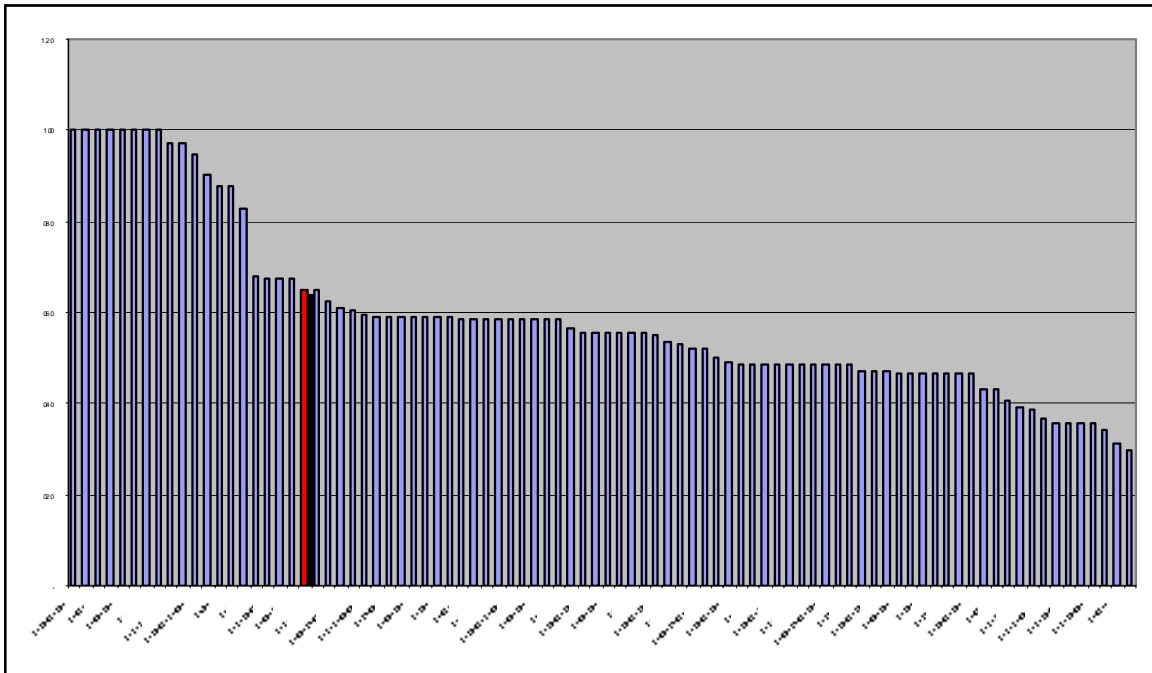
⁴⁶ La información por aeropuerto proviene de 'Airport Traffic Annual Data Series' de la OACI.

⁴⁷ Al eliminar aeropuertos de la muestra el índice de eficiencia de una unidad particular sólo puede aumentar o mantenerse inalterado. Si la unidad eliminada no hubiera estado en la frontera, el índice para las unidades restantes no se ve afectado y si se elimina una que hubiera estado en la frontera entonces la comparación para las otras unidades se hace menos exigente y el índice de eficiencia para ellas aumenta.

⁴⁸ Los resultados son casi idénticos si se agregan los dos tipos pasajeros en un sólo producto. No todos los aeropuertos (en particular Arturo Merino Benítez) tenían la variable de vuelos desagregada entre internacional y domésticos por lo que se trabajó con la cifra agregada.

International (Estados Unidos), Dallas Fort-Worth (Estados Unidos), Miami International (Estados Unidos), y San Francisco International (Estados Unidos). AMB sale clasificado 20 entre estos 88 aeropuertos con un índice de eficiencia de 0,65.⁴⁹ Esto significa que hay aeropuertos que pueden producir el mismo nivel de servicios que AMB pero con un cobro de un 65% de los derechos y tarifas que las de Chile.

Figura 14: Resultados DEA



7.3 Resumen

Aunque se reitera que el ejercicio comparativo que se ha realizado en esta sección debe interpretarse con cautela, se puede concluir que las tarifas aeronáuticas en Chile, incluyendo la tasa de embarque, son relativamente bajas teniendo sólo el 21% de los aeropuertos de países desarrollado (más Brasil y Argentina) una tasa más baja para una misma escala de operación.

⁴⁹ Si se elimina el aeropuerto de Atenas del ejercicio, la posición relativa de AMB no cambia ni tampoco su índice de eficiencia.

8. Sistema de inversiones en el sector aeronáutico

En la actualidad existen dos instituciones públicas que desarrollan inversiones en el sector: la DGAC y el MOP a través de su Dirección de Aeropuertos (DAP). Paralelamente existen contratos de concesiones con empresas operadores, básicamente en los que se relaciona con la infraestructura de servicio a pasajeros.

En el sector sanitario de Agua Potable las inversiones se regulan a través de los Planes de Desarrollo. Estos planes contienen todas las inversiones que debe ejecutar el concesionario de servicios dentro de un período de cinco años para que se garantice a la población un servicio de agua potable y alcantarillado con un cierto nivel de calidad. La ejecución del plan es fiscalizada directamente por la institución reguladora del sector (Superintendencia de Servicios Sanitarios).

En el sector de generación eléctrica, el regulador no decide las inversiones pero establece un sistema de precios de generación –precio de nudo- que posibilita la entrada de empresas según criterios de eficiencia productiva. Al ser un sector semi-competitivo, la posibilidad de libre entrada permite que potenciales entrantes estén permanentemente evaluando el momento en que sea rentable instalar una nueva unidad generadora. Por consiguiente al momento que se produce una oportunidad de entrada rentable, alguna de las firmas la aprovechará. El esfuerzo del regulador en este caso va enfocado a establecer un sistema de precios que garantice que la entrada se produzca cuando sea socialmente deseable.

El sector aeronáutico comparte las características del sector sanitario por la naturaleza monopólica de los servicios que presta, en consecuencia es esperable que las decisiones de inversión provengan directamente de la autoridad sectorial. El sistema de concesiones que se ha empleado en aeropuertos es similar al de concesiones sanitarias en el sentido que obliga a la firma adjudicataria a realizar ciertas inversiones durante el plazo del contrato de concesión. Sin embargo las inversiones que se incluyen en este sistema son sólo las relacionadas con el edificio de terminal de pasajeros, estacionamiento y vías de acceso al aeropuerto. Las inversiones en la llamada infraestructura horizontal —pistas de aterrizaje y

calle de rodaje— y las de equipamiento aeronáutico —radares, sistemas de ayuda al aterrizaje e información en vuelo— son ejecutadas y decididas por la DAP y la DGAC respectivamente. Ambas instituciones son agencias estatales que dependen de sus respectivos ministerios, cuyo presupuesto es aprobado finalmente por el ministerio de Hacienda. Si bien ambos organismos cuentan con programas de inversión, la posibilidad de realizarlo según la programación definida depende en el caso de la DAP de la disponibilidad de fondos de Hacienda.

8.1 Criterios para un sistema de inversiones

Un buen sistema de planificación de inversiones en el sector aeronáutico debiera al menos poseer las siguientes propiedades: Objetividad, Eficiencia, y Flexibilidad.

Objetividad: Es deseable que un sistema de inversiones cuente con un nivel de planificación que le permita asignar los fondos disponibles a las necesidades más apremiantes así como anticipar razonablemente los requerimientos de fondos para ejecutar las inversiones. El plan de desarrollo, tal como se aplica en el sector sanitario, cumple con tal objetivo, ya que en el se especifican que inversiones deben realizarse durante un horizonte de tiempo. El cronograma de las inversiones está determinado por la demanda de los usuarios de los servicios así como por la vida útil y el estado de los activos. Por ejemplo, la ampliación de la capacidad del aeropuerto (pistas o terminal) corresponde realizarla cuando la demanda alcance una cierta magnitud. Del mismo modo, el reemplazo de un equipo de ayuda a la navegación corresponderá hacerlo una vez que su vida útil ya haya expirado o cuando su estado de operación así lo demande.

Existe una clara relación entre el plan de inversiones y el sistema tarifario que se aplica en el sector. Como se ha propuesto en el presente informe los cargos a los usuarios por los servicios aeronáuticos deben ser capaces de cubrir los costos de inversión, operación y mantenimiento del sistema en su conjunto. De este modo las tarifas recaudadas permiten ir cubriendo el programa de inversiones en el tiempo, sin necesidad aplicar alzas tarifarias para cubrir necesidad ya previstas de inversión.

La objetividad hace la política de inversiones más predecible y por ende si el sistema de tráfico está ligado a ésta, las tarifas aeronáuticas lo serán también. Esto sin duda permite que los operadores aéreos planifiquen con mejor base sus decisiones comerciales, como inversión en flota y apertura de rutas, lo cual sin duda favorece el desarrollo del sector.

Eficiencia: Por eficiencia se entiende que las inversiones se realicen en el momento más indicado, evitando en lo posible los riesgos de la sobre y sub—inversión. Si bien, dada la naturaleza no divisible de las inversiones en infraestructura es lógico que la solución óptima contenga algunos períodos con capacidad ociosa y otros con congestión, estos costos deben minimizarse.

En sectores de infraestructura, generalmente se emplean criterios para ampliar los sistemas cuando la calidad de servicio se deteriora sobre un cierto valor límite. Por ejemplo en autopistas, el HCM⁵⁰ utiliza indicadores de calidad de servicio según la congestión o velocidad del tráfico. Se recomienda ampliar el número de pistas cuando las horas por año en que el tráfico está en el nivel de mayor deterioro está por sobre un umbral. En agua potable en Chile, se emplea la presión de agua en las viviendas como indicador de calidad del servicio.

Paralelamente se puede exigir que para inversiones de gran envergadura, se deba realizar una evaluación económica-social y ser sometida al sistema nacional de evaluación de inversiones.

Flexibilidad: El sistema de inversiones debe ser capaz de incorporar con rapidez los cambios que se producen en el sector de forma de orientar las inversiones hacia los usos socialmente más valiosos.

⁵⁰ Highway Capacity Manual. Es el manual de diseño empleado en EEUU para el sector de transporte caminero.

Los cambios que pueden producirse y que afectan las decisiones de inversión son los siguientes:

- **Fluctuaciones en la demanda.** La demanda por transporte aéreo de pasajeros es muy sensible al ciclo económico por lo que las predicciones hechas pueden perder validez ante variaciones imprevistas del PIB.
- **Cambios tecnológicos.** La aviación civil es un sector sujeto a una permanente innovación tecnológica lo que se traduce en la aparición continua de nuevos modelos de aeronaves. Esto demanda que los aeropuertos se ajusten para recibir las nuevas aeronaves, requiriendo diseños especiales o magnitudes de pista mayores.
- **Requerimientos de Seguridad.** La seguridad es un factor crucial en la industria aérea. Los ciudadanos y los gobiernos pueden demandar mayor seguridad en los vuelos, lo que se traduce en mayores costos del sector. Este ítem puede incluir tanto incorporar mejor tecnología de control de pasajeros y carga como sistemas más avanzados de ayuda al aterrizaje (I.L.S.)
- **Nuevas rutas.** La aparición de nuevos destinos turísticos o productivos puede demandar la construcción de aeropuertos no previstos en el plan inicial. Del mismo modo, la declinación de ciertos aeropuertos, por baja demanda, puede aconsejar no reponer parte o la totalidad de la infraestructura.

Si la variabilidad conjunta de los factores que determinan el plan de inversiones es muy alta, la planificación a muy largo plazo pierde valor, y en tal caso es conveniente tener un instrumento más flexible que permita incorporar los cambios en los factores relevantes. Si la principal fuente de variabilidad es la demanda, la solución apunta a la revisión periódica de los planes de inversión para que estos se ajusten a los escenarios más probables de demanda.⁵¹ El resto de los cambios, dada su fuerte impredecibilidad debe ser incorporado

⁵¹ A modo de ejemplo, en el sector sanitario los planes de desarrollo normalmente se reformulan cada cinco años. Adicionalmente existe la posibilidad de cambiarlos en forma extraordinaria a petición del concesionario si existen fuertes cambios en los supuestos en base a los cuales de confeccionaron (por ejemplo el nivel de la demanda).

en una forma continua según sean detectados ya sea por las mismas agencias sectoriales o por las firmas que operan en el sector (líneas aéreas).

Uno de los aspectos relevantes a analizar es el uso de la información que terceras partes pueden proporcionar, la cual puede ser útil para el proceso de decisión de inversiones. Existen actores privados como carriers aéreos y concesionarios de aeropuertos que participan del negocio aéreo y que por lo tanto tienen incentivos a adquirir información valiosa para gestionar su negocio. Sin embargo, si la información proporcionada por terceros afecta la política de inversiones de la autoridad sectorial, las partes interesadas pueden hacer uso estratégico de tal información con el objeto de inducir a que las inversiones se realicen de forma de maximizar sus beneficios lo cual no es necesariamente coincidente con el bienestar social.

Por ejemplo, distintas líneas aéreas buscarán favorecer que las inversiones se realicen preferentemente en los aeropuertos donde ellas operan con el objeto de captar mayor tráfico. Los requerimientos de ampliación de infraestructura (pistas) o construcción de nuevos aeropuertos inducidos por peticiones de las líneas aéreas deben ser verificados por la autoridad sectorial para que cumplan con los criterios de bienestar social.

Un instrumento útil para filtrar los proyectos que realmente se justifican es la tarificación a costo medio por aeropuerto, tema del cual nos hemos referido en otro capítulo del estudio. En efecto, si se aplica la regla que las tarifas generadas por un aeropuerto deben cubrir al menos los costos incrementales que significa contar con tal instalación, requerimientos de mayor inversión serán trasladados a mayores tarifas sólo en el aeropuerto en que se ejecutan. Dado que a mayor tarifa menor es el tráfico, la línea aérea soportaría parte del costo que demanda la nueva inversión.⁵² De este modo se esperaría que, bajo el sistema de tarificación señalado, solo inversiones que sean justificadas debieran solicitarse.

⁵² Las tarifas aeronáuticas son el precio que pagan las líneas aéreas por un insumo dentro de su proceso productivo, por lo que independientemente de cuanto de este mayor costo pueda ser traspasado a los pasajeros, las líneas aéreas siempre obtendrán menores beneficios cuando las tarifas sean mayores.

Se debe tener presente que mientras mayor sea la correspondencia entre gastos e ingresos por aeropuerto (o rutas) menores serán los incentivos de las partes interesadas a proponer inversiones injustificadas. En el caso extremo que las tarifas no tengan relación con los costos del sector, los operadores aéreos no debieran oponerse a ninguna inversión en el sector y su opinión perdería valor informativo.

En el caso de la apertura de nuevos aeropuertos, la información de las líneas aéreas es crucial ya que si no hay vuelos hacia un nuevo destino claramente no se justifica construir un nuevo aeropuerto. Si se aplica el principio de que las tarifas del nuevo aeropuerto debe ser capaces de cubrir al menos el costo incremental del mismo⁵³, si las líneas aéreas desean utilizarlo entonces se justificaría su construcción. Existe sin embargo el peligro que una vez construido el nuevo aeropuerto los operadores aéreos demanden menores tarifas.

Existen dos aspectos más sutiles, pero no menos importantes a tener presente respecto a la información proporcionada por los operadores dominantes, es decir aquellos que sirven rutas a lo largo de todo el país y con mayor frecuencia que el resto. Primero, si las inversiones en el sector son traspasadas a tarifas en todos los aeropuertos y no solamente donde se originan los gastos, entonces el operador dominante percibirá de igual forma el costo, a través de mayor tarifa en el sistema nacional. Por consecuencia, la credibilidad de su información podría ser similar a la del caso en que las tarifas se incrementen solo en el aeropuerto donde se realizan las inversiones. Segundo, existe el riesgo que el operador dominante intente afectar los beneficios de los carriers menores o potenciales competidores, incrementándoles el costo a través de mayores tarifas y por ende haciéndolos menos competitivos.⁵⁴ Esta situación puede inducir a la salida o evitar la entrada de algunos de ellos, lo cual no sería deseable desde el punto de vista de la competencia. Si bien el tener mayores tarifas también disminuye los beneficios del dominante, el resultado neto para éste último puede ser positivo si con ello evita tener competencia.⁵⁵ Una fórmula para evitar esta

⁵³ Nótese que bajo este principio tarifario, las tarifas del resto de los aeropuertos existentes no debieran incrementarse.

⁵⁴ Por ejemplo, en Europa las líneas aéreas de bajo costo operan desde aeropuertos periféricos y con poco tráfico porque logran negociar menores tarifas para sus vuelos. Un incremento en estas tarifas beneficiarían a las empresas dominantes.

⁵⁵ Esta práctica anticompetitiva se conoce como ‘elevar los costos del rival’ (Salop y Scheffman, 1987).

práctica sería incluir la opinión de todas las líneas aéreas que operan en los aeropuertos donde se pretende realizar inversiones.

8.2 Lineamientos para generar un sistema de inversiones

A continuación se proponen las etapas necesarias para sistematizar el proceso de inversiones:

- **Planes de Inversión por Institución.** Cada una de las instituciones del sector —DGAC y MOP (DAP y Concesiones)— deben generar su propio plan de inversiones. Este plan debe contener el detalle de las inversiones a realizar para un cierto horizonte de previsión. Se debe especificar dentro de cada plan, el criterio empleado para introducir inversiones en el tiempo (satisfacción de la demanda por ejemplo), previsiones de demanda, cronología de las inversiones y montos estimados. En el caso de reposición de activos, se debe indicar la vida útil promedio de cada uno de ellos y por consiguiente el momento en el tiempo en que deben ser repuestos. Es de especial relevancia para la DAP la formulación de una política de conservación óptima de pavimentos, la cual minimiza en el largo plazo los gastos por este concepto y además permite extender la vida útil de las pistas. Los actuales contratos de concesiones de aeropuertos, cuyo plazo varía entre 10 a 15 años, deben formar parte del plan de inversiones del sector. Sobre la extensión del horizonte de previsión, como criterio general, este debe de ser por lo menos igual a la vida útil del activo relevante de mayor duración.

Cómo se mencionó en el capítulo 5, el contar con un plan de inversiones de largo plazo permite que el cálculo de tarifas eficientes sea en base al costo incremental de desarrollo.

- **Validez y Reformulación de los Planes de Inversión.** Las instituciones deben actualizar sus planes periódicamente con el objeto de incorporar cambios en los distintos factores que lo definen. Idealmente, la vigencia de estos planes debiera ser

entre tres a cinco años, período que puede hacerse coincidente con el de la validez de las tarifas aeronáuticas.

Debe ser posible que ante variaciones inesperadas en la demanda u otros hechos relevantes como cambios en las normativas internacionales o nuevos requerimientos de seguridad, los planes puedan ser reformulados de acuerdo al nuevo escenario. Del mismo modo, el cambio en el plan puede ser generado por información proporcionada por operadores del sector.

- **Extracción de Información de Actores Interesados.** Es ideal que los planes de inversión sean públicos y que cualquier particular pueda tener acceso a ellos. Así mismo, es deseable que las partes interesadas, que se mencionaban más arriba, puedan opinar sobre el mismo, ya sea entregando información sobre proyecciones de demanda o proponiendo inversiones con su debida justificación.

Respecto a los aspectos institucionales y legales de la administración del sistema de inversiones, como por ejemplo, la validez legal de los planes y la o las instituciones encargadas de administrar tal instrumento de inversiones, consideramos que es un tema que debe ser analizado en mayor profundidad.

9. Financiamiento de actividades extra-aeronáuticas

En Chile ha surgido la discusión acerca del financiamiento de otras actividades ajenas a la industria, particularmente la promoción del turismo internacional que viene a Chile, a través de la tasa de embarque. Por lo tanto, surge la pregunta de si la restricción de autofinanciamiento debería o no considerar los recursos requeridos para estas actividades.

En primero lugar, se debe discutir si las actividades de promoción del turismo financiados con recursos públicos se justifica o no en términos económicos, ya que dichas actividades bien pueden ser financiadas directamente por los agentes privados de la industria del turismo. Una justificación es que los potenciales beneficiarios del mayor turismo son numerosos y tienen un alto grado de dispersión, por lo cual no es fácil identificarlos u organizarlos para que ellos emprendan tales actividades. Existe además el problema de ‘free riding’, el cual induce a cada individuo en particular a invertir menos de lo óptimo en promoción si cada uno no puede capturar todos los beneficios de su acción individual.

Suponiendo que se ha definido que la actividad de promoción turística debe emprenderse con fondos públicos, se debe entonces buscar las fuentes para financiar tal tarea. Existe la posibilidad de financiar esta actividad a través de la tasa de embarque, u otra tasa aeronáutica, es decir incrementar la actual tasa en una cierta cantidad fija, para así generar un fondo que permita financiar las acciones de promoción. Pero estas actividades también pueden ser financiadas a través del presupuesto general de la nación. En la opinión de los actuales consultores existen razones de peso para desechar la primera opción de financiamiento y optar por el financiamiento vía fondos generales de la nación.

En primer lugar, existe una dificultad legal en Chile para destinar la recaudación de ciertos impuestos a gastos fiscales específicos. Esto es lo que técnicamente se denomina ‘ear-marking’ en la literatura, donde se genera algún impuesto cuyos ingresos son utilizados para financiar un programa específico de gasto. En Chile, la institucionalidad fiscal trata de evitar atar la recaudación impositiva con programas específicos de gasto, incluso prohibiéndolo mediante una norma constitucional. Como la tasa de embarque no es un impuesto, es un asunto jurídico determinar si se podría o no utilizar esta tasa para financiar

actividades de promoción del turismo. Pero es claro que en la práctica se estaría utilizando la tasa de embarque como un impuesto específico para financiar actividades ajenas a la industria.

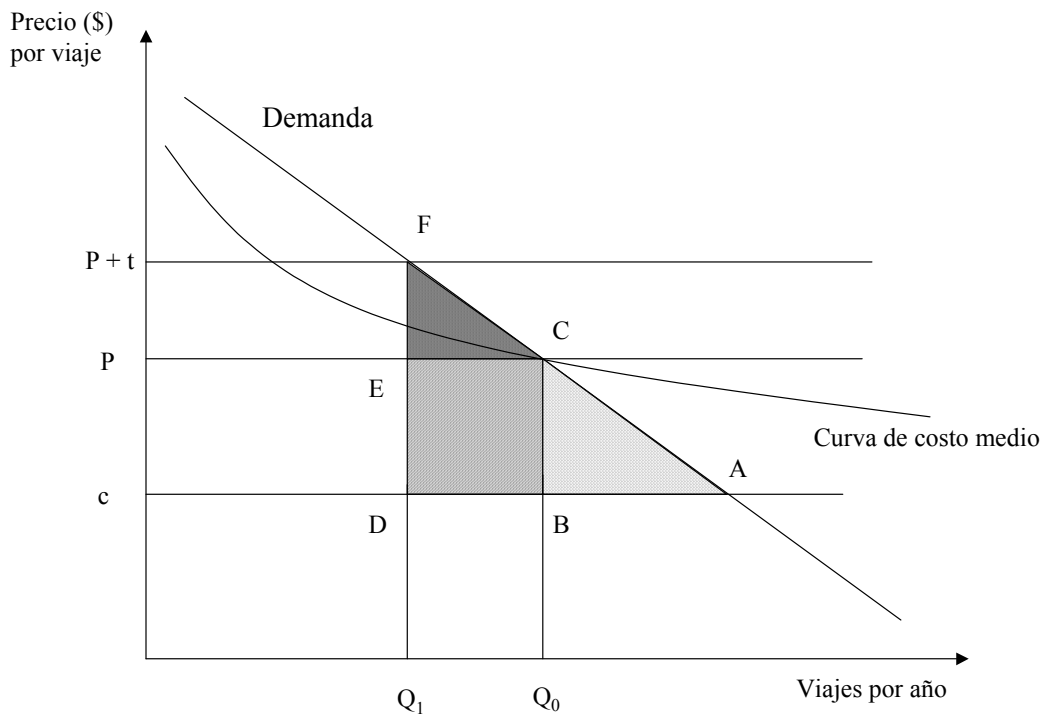
En segundo lugar, entonces, habría que analizar si la tasa de embarque es o no un impuesto recomendable desde una perspectiva de las finanzas públicas, tanto para financiar actividades de promoción de turismo como posiblemente otros gastos fiscales. En otras palabras, ¿sería un alza en la tasa de embarque un buen impuesto para añadir al sistema impositivo Chileno? Como es conocido en la literatura económica, todo impuesto específico genera distorsiones. Por lo tanto corresponde evaluar la distorsión relativa causada por un alza en la tasa de embarque con un alza de otro impuesto que podría financiar este gasto (o la reducción de otro gasto fiscal).

Actualmente los servicios de transporte no pagan IVA en Chile. Esto significa que ya hay una distorsión en el sistema impositivo que favorece al transporte aéreo. Bajo un criterio de segundo mejor, podría ser eficiente imponer indirectamente un impuesto a esta actividad para compensar la ausencia del IVA y así equiparar la situación tributaria de este sector a los de otras actividades en la economía. Sin embargo, el transporte aéreo es sólo una de las actividades dentro del rubro del transporte. Mejor sería eliminar la distorsión que genera la exención del IVA para servicios de transporte imponiendo este impuesto a todas las actividades del rubro. Además, incluso si se llegase a justificar un alza en la tasa de embarque por este argumento, los fondos recaudados deberían destinarse a financiar el gasto fiscal en general. La promoción del turismo tendría que competir con otros programas fiscales para su financiamiento, al igual que en la actualidad.

Por otro lado, existe un argumento técnico para sospechar que un alza en la tasa de embarque sería un impuesto ineficiente en comparación con otras fuentes de financiamiento público. Se debe tener presente que las tasas actuales son fijadas bajo el criterio de autofinanciamiento. Bajo este esquema, todos los costos relacionados con la actividad aeronáutica del país (gastos operacionales, inversión en infraestructura y equipamiento) deben ser financiados con los ingresos provenientes de las tasas aeronáuticas.

Según se ha explicado anteriormente en este informe, dada la tecnología de producción de estos servicios, caracterizada por fuertes economías de escala, las tarifas aeronáuticas de autofinanciamiento probablemente tienen que fijarse por sobre los costos marginales de estos servicio. Desde el punto de vista del bienestar, esto implica que se produce una pérdida económica representada por las unidades de servicio (viajes) que se dejan de realizar, respecto al precio de mayor eficiencia.

Figura 15



En la Figura 15 se representa en forma simplificada esta situación, donde el costo marginal de proveer una adicional de servicio – en este caso un viaje- es constante e igual a c . La tasa aeronáutica cobrada a los usuarios, que en este caso son sólo los pasajeros, es igual a P . Suponemos que por simplicidad este valor corresponde al costo medio del servicio, y permite financiar la totalidad del sistema aeroportuario. La pérdida social asociada a aplicar un precio mayor que el costo marginal está representada por el triángulo ABC .

Si se aumenta la tasa aeronáutica en \$ t por pasajero, la tasa final aplicada al usuario será de $P + t$, disminuyéndose la cantidad de vuelos desde Q_0 a Q_1 debido a la elasticidad-precio de la demanda. Este incremento en la tarifa produce un aumento en la pérdida social, el cual se puede descomponer en dos partes. La primera parte corresponde a la pérdida del consumidor, debido a la menor cantidad de viajes que se realiza producto del mayor costo del servicio, esta pérdida está representada en el gráfico por el triángulo ECF . La segunda parte es la disminución en la recaudación por tasas que sufre el aeropuerto producto de la menor demanda de viajes. La pérdida de ingresos para el sistema aeroportuario equivale a los viajes que se dejan de hacer multiplicado por el margen de la recaudación: $(Q_1 - Q_0) * (P - c)$ y está representada por el rectángulo $BDEC$.⁵⁶

La magnitud de la totalidad de la pérdida social depende principalmente de la elasticidad-precio de la demanda por viajes y del margen de la recaudación para cubrir los costos fijos. A mayor elasticidad de la demanda, mayor será la disminución de los viajes producto del incremento t en la tasa y por consiguiente mayor será la pérdida tanto para los consumidores como para el operador del aeropuerto por menor recaudación. También, como es fácil apreciar en el gráfico, a mayor diferencia entre costo medio y costo marginal, mayor será la pérdida de ingresos para el aeropuerto.

Como ya se ha señalado, para decidir si es conveniente generar ingresos para promoción a través del sistema de tasas aeronáuticas se debe comparar la pérdida social que se produce en el mercado de los viajes, producto de incrementar las tasas, con otras alternativas de generar recursos, ya sea a través de la reducción del gasto en otros programas fiscales o de gravar otros bienes o servicios.

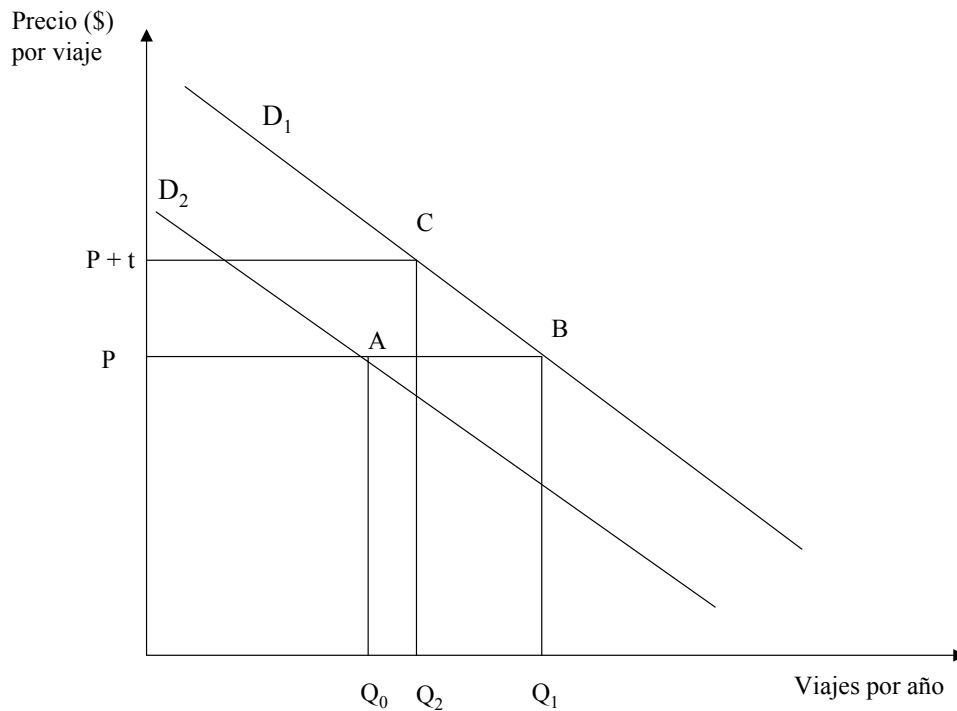
Debe destacarse que a otros sectores de la economía funcionan bajo condiciones de competencia más o menos perfecta, donde las economías de escala no son predominantes, y por lo tanto los precios no se alejan significativamente del costo marginal de producción. Esto implica que la pérdida social de primer orden no es significativa comparada con la que

⁵⁶ Esta pérdida se conoce también como pérdida social de primer orden, en contraposición al triángulo ECF que se considera de segundo orden y que ante pequeños valores de t se hace despreciable en magnitud.

se genera en los servicios cuyo precio al usuario diverge considerablemente respecto al costo marginal. Por lo tanto, es probable que un impuesto específico en esta industria, donde las tarifas se fijan por sobre el costo marginal, generaría una distorsión económica mucho más grave en la asignación de recursos que un impuesto específico a bienes o servicios de otra industria.

Por último, existe otro efecto de un alza en la tasa de embarque y que va en contra de los objetivos buscados por un programa de promoción del turismo internacional hacia Chile. Como muestra la Figura 16 en forma cualitativa, un impuesto adicional t cuya recaudación se utiliza en un programa de promoción del turismo produce dos efectos. El primero es un incremento en la demanda por viajes hacia Chile producto de las actividades de promoción. Este efecto se representa por un desplazamiento en la curva de demanda hacia la derecha. El segundo efecto corresponde a la disminución en los viajes producto de aumentar el costo de viajar a Chile como consecuencia de la imposición de la tasa específica t . Si el costo del viaje no subiera, la cantidad de viajes efectivamente aumentaría de Q_0 a Q_1 . Sin embargo, el aumento de la tasa aeronáutica en t provoca que menos gente esté dispuesta a viajar, siendo la cantidad final de viajes a realizar Q_2 en vez de Q_1 . Como se aprecia en la figura, el efecto de aumentar el precio anula en cierta medida la acción de promoción del turismo. Cuan fuerte es este efecto de anulación va a depender de la elasticidad precio de la demanda y de la efectividad que el gasto en promoción tenga sobre la demanda de viajes turísticos. Sin embargo, debe resaltarse que los viajes por motivos turísticos son los que presenta mayor sensibilidad al precio (ver Cuadro 10).

Figura 16



El análisis anterior deja de manifiesto dos hechos evidentes. Primero que es posible obtener los beneficios de la promoción turística y el consiguiente aumento en los viajes sin sufrir los costos de un mayor precio por el servicio. Para lograrlo se requiere que los ingresos para financiar la función de promoción provengan de otra fuente.⁵⁷ Lo segundo es que queda de manifiesto que si se busca promover una actividad, el hecho de gravarla o subirle los impuestos es una medida que precisamente apunta en dirección opuesta. Generalmente la autoridad emplea impuestos específicos para desincentivar el consumo de algún bien —notablemente el tabaco— o para corregir algunas externalidades derivadas de su consumo, como es el caso del combustible.

⁵⁷ Como se mencionó anteriormente, se deben cuantificar las distorsiones que produciría el incrementar los impuestos en otros sectores.

10. Conclusiones

En este trabajo se analiza el nivel y estructura de las tasas y derechos aeronáuticos vigentes en Chile y se presenta una propuesta de tarificación de estos servicios con referencia a los principios económicos aplicable a la tarificación de monopolios naturales. Las tasas y derechos aeronáuticos son los precios que pagan los usuarios del sistema aeronáutico nacional por los diversos servicios que presta el sector.

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) es el organismo encargado de proveer los servicios aeronáuticos en el país. Este organismo se financia con los ingresos provenientes de las tasas y derechos aeronáuticos. El presupuesto de la DGAC en el año 2005 asciende a \$84.524 millones (cerca de US\$148 millones). Sin embargo, los recursos efectivos destinados a esta industria son superiores a esta última cifra ya que la Dirección de Aeropuertos del Ministerio de Obras públicas invierte anualmente alrededor de US\$15 millones en el sector, principalmente en mantenimiento de pistas de aterrizaje y rodaje. Estas inversiones son financiadas a través del presupuesto general de la nación y no por las tasas o derechos aeronáuticos.

Los derechos o tasas más importantes son el Derecho de Embarque, que paga cada pasajero cada vez que utiliza un aeródromo, la Tasa de Aterrizaje, que paga cada aeronave por aterrizar en un aeródromo, y la Tasa por Servicios en Ruta, que es lo que paga una aeronave por los servicios de tránsito por el espacio aéreo chileno. En su conjunto, los ingresos generados por estos tres cargos representaron el 83,5% de los ingresos totales de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) en el año 2004.

El resto de los ingresos de la DGAC son generados por derechos por venta de combustible y por concesiones en los aeródromos, servicio de ILS (Instrumental Landing System), estacionamiento e iluminación, derechos sobre la carga y otros cobros menores. Por la importancia relativa que tienen en el financiamiento del sector, este trabajo se centra principalmente en el Derecho de Embarque, y las Tasas de Aterrizaje y Servicios en Ruta.

Situación actual

Antes de presentar y aplicar la propuesta de tarificación para el sector, es importante examinar la estructura actual de las tasas y derechos. Especial interés reviste la identificación de posibles subsidios cruzados entre servicios o aeropuertos generados por la estructura tarifaria actual.

En una industria multi-producto, como la de los servicios aeronáuticos, la definición de un subsidio cruzado no es trivial. Para determinar si un servicio o aeródromo en particular recibe un subsidio cruzado o no, se deben comparar los ingresos incrementales con los costos incrementales de cada servicio o aeropuerto. Particular atención debe prestarse al hecho de que para una red de transporte como el aeronáutico, los ingresos y costos incrementales de un aeropuerto incluyen no sólo los ingresos y costos directos generados en ese aeropuerto, sino que también deben incluirse los ingresos y costos generados en el resto de la red por los pasajeros que utilizan dicho aeropuerto.

Utilizando datos del año 2004 además de algunos supuestos, en este trabajo se estimaron los subsidios cruzados entre servicios y aeródromos de la red aeronáutica del país. Como resumen se puede afirmar que las tarifas aeronáuticas actuales generan al menos cuatro tipos de subsidios cruzados. Primero, los aeropuertos de segunda y tercera categoría reciben un subsidio del resto de la red. Segundo, algunos aeropuertos de primera categoría como La Serena, Isla de Pascua y Punta Arenas, también reciben un subsidio cruzado. Tercero, la aviación general y comercial menor también está siendo subsidiada por el resto del sistema. Cuarto, el tráfico doméstico recibe un subsidio cruzado del tráfico internacional. Más adelante se discuten las implicancias de estos resultados para la tarificación óptima de los servicios aeronáuticos.

Antes de proseguir es importante señalar que existe evidencia de que las Tasas de Embarque son superiores que los costos directos que genera cada tipo de pasajero por el uso del aeropuerto, mientras que las Tasas de Aterrizaje son inferiores a los costos asociados a este servicio. Esto podría interpretarse como que existe un subsidio cruzado

desde los servicios aeroportuarios hacia los servicios de aterrizaje. Sin embargo, esto no es así. El valor relativo entre las Tasas de Embarque y las Tasas de Aterrizaje no tiene mucha relevancia económica. Esto por cuanto estos servicios son complementos perfectos, en el sentido de que cada pasajero que utiliza un aeropuerto también utiliza un aterrizaje y despegue. Por lo tanto, los costos relevantes son los costos conjuntos de ambos servicios. Para la asignación de recursos no importa realmente si estos costos conjuntos son financiados directamente mediante la Tasa de Embarque o indirectamente a través de la Tasa de Aterrizaje del vuelo en que va el pasajero, o una combinación entre ambos cargos.

Sin perjuicio de lo anterior, como criterio general la tasa de aterrizaje debe cubrir al menos el costo incremental o marginal de este servicio para cada tipo de avión. Esto por cuanto existen vuelos sin pasajeros (carga) y, además, los diferentes tipos de aviones imponen costos distintos en el sistema, lo cual debe reflejarse en los precios. Sin embargo, el balance entre el ingreso agregado generado por estas tasas y los ingresos generados por los derechos de embarque es un asunto de importancia secundaria en la tarificación óptima de los servicios aeronáuticos.

Propuesta metodológica

Para calcular las tarifas aeronáuticas óptimas se propone seguir un procedimiento similar al que se utiliza para tarificar los servicios públicos en Chile, como el eléctrico, sanitario y de telecomunicaciones.

Este procedimiento parte calculando los Costos Incrementales de Desarrollo (CID) para los tres principales servicios aeronáuticos (tasa de embarque, tasas de aterrizaje y tasa de servicios en ruta). En ausencia de un plan de desarrollo, se debe calcular el Costo Marginal de Largo Plazo (CMLP) para estos servicios. En caso de existir congestión de la infraestructura, estos costos deben estimarse para los horarios o períodos punta y fuera de punta. Los costos de expandir la infraestructura sólo se consideran para la estimación del CID o CMLP del período punta. A su vez, de ser relevante, deben incluirse en los costos cualquier externalidad que genere la industria, como podría ser la contaminación acústica o atmosférica generada por las aeronaves.

Para la tasa de aterrizaje, el CID o CMLP debe diferenciarse por tipo de avión, ya que los distintos aviones imponen un costo diferente al sistema, tanto por distintos requerimientos de infraestructura (largo y espesor de pista) como por diferentes requerimientos de seguridad y rescate (SEI).

Para el derecho de embarque, el CID o CMLP estará relacionado con los requerimientos de infraestructura aeroportuaria de cada tipo de pasajero. Este costo difiere entre pasajeros internacionales y domésticos, ya que los primeros requieren un mayor espacio de infraestructura que los segundos (para albergar los controles de policía internacional, para dar sólo un ejemplo).

Para los servicios en ruta, se debe calcular un costo marginal por operación ya que los costos relacionados con este servicio no difieren sustancialmente entre distintos tipos de aviones.

El resto de los servicios aeronáuticos son menos importantes en términos cuantitativos y una tarificación a costo medio podría ser suficiente. En otras palabras, a menos que se identifique una razón de peso para realizar un cálculo más sofisticado, las tasas por estos servicios deberían fijarse de tal forma que los ingresos proyectados para esos servicios financien los costos asociados a los mismos. Esto implica, entre otras cosas, aumentar la Tasa Anual Operacional que paga la aviación general y comercial menor, ya que en la actualidad los ingresos generados por esta tasa no alcanza a financiar los costos incrementales que genera en el sistema la aviación general y comercial menor.

Una vez estimados los CID o CMLP para los tres servicios principales (derecho de embarque, tasa de aterrizaje y tasa por servicios en ruta) se debe hacer un ajuste por autofinanciamiento para que los ingresos cubran los costos (netos de los ingresos generador por todos los otros servicios aeronáuticos) del sistema. Este ajuste debe realizarse siguiendo la regla de Ramsey antes expuesta. Este ajuste es inversamente proporcional a la elasticidad de demanda.

El ajuste por autofinanciamiento implica diferenciar la tasa de aterrizaje y de servicios en ruta por el Peso Máximo de Despegue, como ocurre en la actualidad. Sin embargo, sólo un análisis cuantitativo podrá determinar si los niveles actuales para estos cobros son óptimos o no.

Para el derecho de embarque una mayor diferenciación por destino o clase del pasajero que la que existe actualmente sería óptimo. Esto se podría introducirse de varias formas. Primero se podría ampliar el límite de distancia de los vuelos bajo el cual se paga un derecho de embarque menor. Actualmente este límite es de 270 kilómetros en vuelos domésticos y 500 en vuelos internacionales. Segundo, se podría diferenciar la tasa de embarque según la clase del pasajero (primera, ejecutiva y económica). Por último, una propuesta más radical sería hacer el derecho de embarque un cobro proporcional al valor del pasaje.

Otro asunto muy importante que requiere ser determinado por la autoridad es si la restricción de autofinanciamiento se impone a nivel de cada aeropuerto, un subconjunto de aeropuerto o del sistema global. Existen argumentos a favor y en contra de cada opción. Desde la perspectiva de la eficiencia estática, siempre imponer una restricción global será más eficiente que imponer varias restricciones en niveles más desagregados de la industria. Sin embargo, desde una perspectiva dinámica, una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto podría ser un instrumento que ayude a evitar una sobre inversión en calidad e infraestructura en los aeropuertos regionales. En la medida de que exista un sistema efectivo de análisis social de proyectos, que permita filtrar proyectos socialmente no rentables, entonces la necesidad de utilizar este instrumento complementario es menor.

Las consecuencias de definir una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto o para la industria como un todo se pueden ver claramente con el caso del aeropuerto de La Serena. Debido a su cercanía a Santiago, este destino enfrenta competencia de los modos de transporte terrestre, como los buses o automóviles privados. Por lo mismo, es probable que la elasticidad de demanda final de los pasajeros entre La Serena y Santiago sea más alta (en

valor absoluto) que para otros destinos del país. Además, el valor de un pasaje entre Santiago y La Serena es menor que para destinos más distantes. Ambos factores inciden en que las tarifas aeronáuticas óptimas para el tráfico desde o hacia La Serena deberían ser menores que las del resto de los destinos. Esta consideración implica que podría ser óptimo reducir los cobros relacionados con el tráfico desde y hacia La Serena en relación a sus valores actual.

Sin perjuicio de lo anterior, el aeropuerto de La Serena recibe hoy un subsidio cruzado del resto de la red. Si se impone una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto, los ingresos generados por este aeropuerto deben aumentar. Esto implica subir los cobros actuales relacionados con el tráfico desde y hacia La Serena.

La decisión de qué restricción de autofinanciamiento adoptar depende en gran medida de la presión que pueda existir a sobre invertir en aeropuertos regionales. Si el sistema de evaluación social de inversiones del país es un buen filtro para evitar expansiones socialmente no rentable de la infraestructura aeroportuaria, entonces sería menos necesario imponer adicionalmente una restricción de autofinanciamiento por aeropuerto.

Aplicación de la metodología a la tasa de embarque

La metodología propuesta fue aplicada para calcular las tasas de aterrizaje óptimas en el aeropuerto Arturo Merino Benítez. La falta de información —dentro de un plazo razonable consistente con el horizonte de este proyecto— impidió aplicar la metodología a los derechos de embarque y las tasas por servicios en ruta.

Las conclusiones del ejercicio aplicado a la tasas de aterrizajes fueron las siguientes. Primero, el Peso Máximo de Despegue (PMD) de los distintos tipos de avión no tiene una relación estrecha con los requerimientos de largo de pista o su espesor. Por lo tanto, la actual diferenciación de la tasa de aterrizaje según el PMD de cada tipo de avión no se justificaría por razones de costos. Sin embargo, el ajuste de Ramsey está relacionado con el

PMD de cada aeronave, por lo que las tarifas óptimas sí están relacionadas con el PMD por este factor. Por lo tanto, la diferenciación de esta tarifa según el PMD de cada avión se puede justificar por la mayor capacidad de pago que tienen los vuelos en aviones más grandes.

Los resultados cuantitativos muestran que la estructura actual de la tasa de aterrizaje no está muy alejada de la estructura óptima, aún cuando es posible realizar algunos ajustes puntuales. En promedio, las tasas para vuelos domésticos son menores a las óptimas, siendo las tasas para vuelos internacionales superiores a las óptimas.

Nivel general de las tarifas aeronáuticas

Para evaluar el nivel —en contraposición con la estructura— general de las tarifas aeronáuticas en Chile, se realizó un ejercicio de Análisis de la Envoltura con un base de datos de 88 aeropuertos en el mundo. Esta metodología permite evaluar la eficiencia relativa entre unidades productivas tomando en cuenta que las diferencias en la escala de producción de cada unidad. Como productos se consideraron los pasajeros y operaciones que utilizaron cada aeropuerto y como insumos la tasa de embarque internacional y la tasa de aterrizaje para dos tipos de aviones.

Debido a las diferencias que pueden existir en cuanto al nivel de calidad y seguridad de los diferentes aeropuertos de la región, para los fines del presente ejercicio sólo se incluyeron en la base de datos aquellos aeropuertos de países desarrollados, Brasil, Argentina, además de Arturo Merino Benítez. Los resultados muestran que el aeropuerto Arturo Merino Benítez sale clasificado 20 entre los 88 aeropuertos en cuanto a su eficiencia. Aunque los resultados deben interpretarse con cautela, se puede concluir que no existe evidencia de que las tasas aeronáuticas en Chile sean excesivamente altas en relación a las tasas de otros países. Sólo el 21% de los aeropuertos de países desarrollados (más Brasil y Argentina) considerados en este ejercicio tienen tarifas más bajas para una misma escala de operación que el aeropuerto de Santiago.

Sin perjuicio de lo anterior, también se debe señalar que Chile no es líder mundial en esta materia y se debería tener cuidado de que la posición relativa del país no disminuya como resultado de aumentos futuros en las tarifas aeronáuticas. También se podría considerar el uso de una metodología de empresa modelo —como la que se utiliza para tarificar los servicios de utilidad pública en Chile— para calcular las tarifas aeronáuticas en Chile. Esta recomendación, sin embargo, tiene el inconveniente de que —a diferencia de los servicios de utilidad pública— no existe una ley ni reglamentos que norme el uso de esta metodología en la industria aeronáutica. Además, se debe tener cuidado de que en esta industria el tema de la seguridad es vital, por lo que el uso de una empresa modelo en la tarificación de los servicios aeronáuticos debe permitir mantener los actuales niveles de calidad y seguridad de la industria.

Diseño de un sistema de inversiones para el sector

El establecimiento de planes de inversión de largo plazo de las agencias involucradas en el sector (DGAC, MOP) es un complemento fundamental de un sistema tarifario bien diseñado. Esto permitiría tener tarifas que sustenten el sector en el largo plazo, dando las señales correctas a los operadores del sector y evitando tener que aplicar alzas inesperadas para cubrir gastos no anticipados. Si bien los sistemas de concesiones cumplen este propósito, éstos sólo cubren una fracción de los gastos en infraestructura del sector.

Paralelamente, los planes de inversión deben ser lo suficientemente flexibles para incorporar los cambios propios del sector como las fluctuaciones en la demanda y los adelantos tecnológicos de la aeronavegación. En tal sentido, la información que puedan proporcionar los actores usuarios del sistema, como las líneas aéreas, resulta fundamental. Sin embargo se debe tener precaución de que no exista uso estratégico de la información

que éstos entreguen. La tarificación a costo medio por aeropuerto puede ser útil a tal objetivo.

El uso de las tarifas aeronáuticas para financiar actividades no aeronáuticas

Desde el punto de vista económico, no es recomendable el aumentar las tarifas aeronáuticas para financiar actividades externas del sector, más aún si tales actividades que se desean promover, como es el caso del turismo hacia Chile, utilizan los aeropuertos como insumo. Las objeciones tienen dos bases. Primero, las tarifas aeronáuticas se encuentran por sobre el costo marginal del servicio, dadas las fuertes economías de escala del sector, por lo que cualquier tasa adicional implicaría pérdidas sociales de primer orden. Segundo, al subir las tasas, los precios de los pasajes aéreos se incrementarían, produciendo una disminución en la demanda, lo cual va en sentido contrario al efecto deseado que es atraer más viajeros. Este efecto es aún más pronunciado en el caso de los vuelos turísticos que son los que presentan una mayor sensibilidad al precio.

Referencias

Aviation Week and Space Technology 114 (9 March 1981), p. 118.

Brown, S.J. y D.S. Sibley (1986), *The Theory of Public Utility Pricing*, Cambridge University Press.

Coase, R.H. (1946), 'The Marginal-Cost Controversy', *Economica*, 13, 169.

Coelli, T., Estache, A., S. Perelman, y L. Trujillo (2001), *A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators*, The World Bank.

DeVany, A. (1974), 'The Revealed Value of Time in Air Travel', *Review of Economics and Statistics*, 56 (February), pp. 77-82.

Douglas, G. W. y J.C. Miller III (1974), *Economic Regulation of Domestic Air Transport: Theory and Policy*, Washington: Brookings Institution.

Doganis, R. (1992), *The Airport Business*, Routledge: London.

Faulhaber, G.R. (1975), 'Cross-subsidization: Pricing in Public Enterprises', *American Economic Review*, Vol. 65, No. 5, December.

Feldstein, M.S. (1972a), "Distributional equity and the optimal structure of public prices", *American Economic Review*, 62: 32-36.

Feldstein, M.S. (1972b), "Equity and efficiency in public pricing", *Quarterly Journal of Economics*, 86: 175-87.

International Civil Aviation Organization (2003), 'Tariffs for Airports and Air Navigations Services', document 7100.

Laffont, J.J. (2000), *Incentives and Political Economy*, Clarendon Lectures in Economics, Oxford University Press.

Laffont, J. J y J. Tirole (2000), “Competition in Telecommunications”, *MIT Press*

Levesque, T.J. (1994), ‘Modelling the Effects of Airport Noise on Residential Housing Markets’, *Journal of Transport Economics and Policy*, 28(May), pp. 199-210.

Mideplan (1997), Manual de evaluación social de proyectos de inversión en infraestructura aeroportuaria.

Ministerio de Finanzas de Canadá (2003) http://www.fin.gc.ca/consultresp/Airtravel/airtravStdy_e.html.

MOP (2003), Demanda y Evaluación Social Nuevo Aeropuerto regional de la Araucanía, IX Región.

Morrison, S. (1982), ‘The Structure of Landing Fees at Uncongested Airports’, *Journal of Transport Economics and Policy* (16), May, pp. 151-159.

Nelson, J.P. (1980), ‘Airports and Property Values’, *Journal of Transport Economics and Policy*, 14(1), pp. 37-52.

Oum, T.H.O., Waters, W.G. and Yong, J. (1992), ‘Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates’, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 26, no. 2, pp. 139–54.

Parker, D. (1999), ‘The performance of BAA Before and After Privatization: a DEA Study’, *Journal of Transport Economics and Policy*, 33, pp. 136-46.

Productivity Commission, Australia. (2002), ‘Price Regulation of Airport Services’ *Inquiry Report*.

Salazar de la Cruz, F. (1999), 'A DEA approach to the airport production function', *International Journal of Transport Economics*, vol. 26, no. 2, pp. 255–70.

Salop, S.C. y D.T. Scheffman, (1987), 'Cost-Raising Strategies', *Journal of Industrial Economics*, Vol. 36, 19-34.

Shleifer, A. (1985), "A Theory of Yardstick Competition", *Rand Journal of Economics*, 16:319-27.

Shiomi, E. (1999), "Do faster Trains Challenge Air Carriers", *Japan Railway and Transport Review* 19, March, pp 4 –7.

Turvey, R. (1976), 'Analyzing the marginal costs of water supply', *Land Economics* (52), 2, pp. 158-168.

U.S. Civil Aeronautics Board (1980), *Aircraft Operating Costs and Performance Report XIV* (July).

Weisman, D.L. (2000), 'The (in)efficiency of the "Efficient Firm" cost standard', *The Antitrust Bulletin*, Spring.

Willig, R.D. (1978), "Pareto-Superior Nonlinear Outlay Schedule", *Bell Journal of Economics* 9: 56-69.

Wilson, E.O. (1993), *Non-Linear Pricing*, Oxford University Press.

Anexo 1: Modelo de decisión de inversiones regionales

Los peligros de emplear una tarificación a costo marginal han sido causa de controversia desde el nacimiento de la economía como disciplina. Ya Adam Smith había señalado que cobrar el costo marginal por el uso de una obra pública puede inducir a grandes imperfecciones en la forma de asignar los fondos públicos. El premio nobel Ronald Coase (1947) aboga por una tarificación a costo medio, para así asegurar que solamente proyectos que tengan una rentabilidad social positiva sean llevados a cabo. Laffont (2000) formaliza el argumento de economía política que subyace a esta discusión.

Un argumento de eficiencia indicaría que tarificar a costo marginal sería lo eficiente. Cualquier déficit generado por la existencia de costos fijos se puede financiar mediante una transferencia del gobierno, o un ajuste, entre la mayor cantidad de servicios posibles, de acuerdo al criterio de Ramsey. Sin embargo, todos los autores anteriormente citados señalan que existe el peligro de que este mecanismo permita la inversión en obras de infraestructura que no son socialmente rentable. Cuando los usuarios sólo están pagando el costo marginal no perciben el costo total que generó el proyecto, el cual podría ser mayor al excedente generado por el proyecto a los usuarios de la infraestructura.

En este anexo se presenta un modelo muy simple para tratar de entregar la intuición básica de estos argumentos en el contexto de los servicios aeronáuticos.

Supongamos que en una primera etapa ($T = 1$) la autoridad sectorial decide el nivel de compartimentalización del sistema o análogamente si la tarificación a emplear es de costo medio o marginal. Luego, ($T = 2$) una autoridad local decide sobre el nivel de inversión K que se realiza en un aeropuerto regional. Luego a $T = 3$, existe una agencia que verifica la rentabilidad social del proyecto, es decir que el beneficio social sea superior al costo total del aeropuerto. Finalmente, si el aeropuerto se construye, éste opera bajo la regla de tarificación decidida en $T = 1$.

Supongamos que la autoridad sectorial actúa como un regulador benevolente, es decir su objetivo es maximizar el bienestar social dado por $S(q) - K - cq$, donde q es el uso esperado

de la infraestructura, $S(q)$ es el excedente social que genera el uso de q , y c es el costo marginal de operación. Este agente regulador cuenta sólo con un instrumento para su lograr su misión: El sistema de tarificación, es decir si los usuarios del aeropuerto pagan todo el costo del servicio o sólo pagan el costo marginal de operación.⁵⁸ En caso que se opte por la primera opción los costos de inversión y operación del aeropuerto deben ser cubiertos completamente con los ingresos generados por las tarifas a usuarios del mismo. Si se emplea la segunda alternativa, el costo fijo del aeropuerto se reparte entre todos los servicios o aeropuertos de la red nacional.

La autoridad local tiene como función objetivo el maximizar la envergadura o importancia del aeropuerto en términos de infraestructura y equipamiento. Esta autoridad gana prestigio si puede mostrar que en su zona se realizó una obra pública de importancia y este prestigio crece proporcionalmente al nivel de inversión, lo que se representa por K . Por lo tanto, este agente busca maximizar K , sujeto a la restricción que el aeropuerto sea construido. Se asume que esta autoridad local tiene ingerencia sobre el diseño del aeropuerto y presiona al ministerio sectorial por incrementar la magnitud del proyecto.

La agencia que verifica la rentabilidad social del proyecto tiene el poder de aprobar o rechazar el proyecto si no cumple con tal criterio. El proyecto será aprobado si y solo si $S(q) - K - cq > 0$, de otra forma el aeropuerto no es construido. Esta verificación sólo se es necesaria en caso que se decida emplear una restricción presupuestaria a nivel de toda la red aeronáutica.

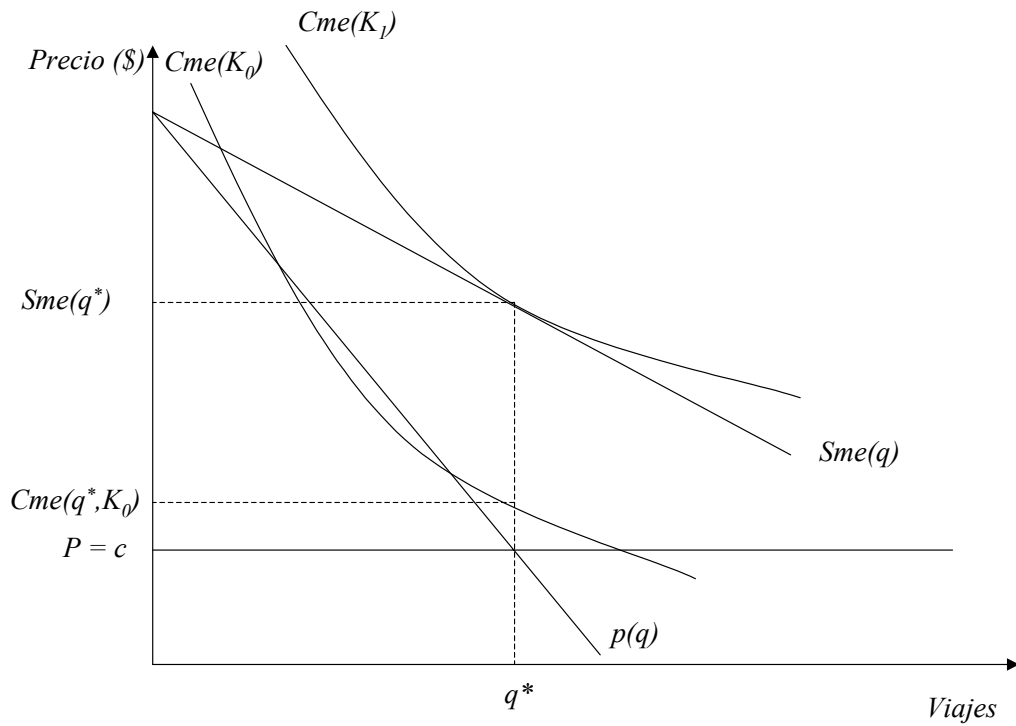
Se asume también que existe un nivel mínimo de inversión dado por K_0 , bajo el cual el aeropuerto no puede ser construido.

⁵⁸ Posteriormente se introduce la posibilidad de un caso intermedio, donde parte de los costos totales del aeropuerto son financiados de otra fuente, como ocurriría bajo tarificación Ramsey si la demanda es más elástica en el aeropuerto bajo consideración en relación a los otros aeropuertos.

Restricción a nivel de sistema (Costo marginal)

Si se decide aplicar este sistema de tarificación, el precio será igual al costo marginal c del aeropuerto (Figura 17). El nivel de uso del aeropuerto consistente con esa tarifa es q^* . El beneficio social neto máximo que se puede lograr para q^* es igual a $S(q^*) - K_0 - c q^*$ o equivalentemente a $q^* [Sme(q^*) - Cme(q^*, K_0)]$, asumiendo que existe un nivel mínimo de inversión dado por K_0 , bajo el cual el aeropuerto no puede ser construido. Sin embargo, la autoridad local tendrá incentivos para incrementar K desde K_0 hasta un nivel en que el proyecto se mantenga socialmente rentable, es decir hasta K_1 . La mayor cantidad de infraestructura beneficia a la autoridad local mientras que sus costos recaen sobre otros usuarios o los contribuyentes en general. Pero desde una perspectiva social la mayor inversión es un desperdicio de recursos.

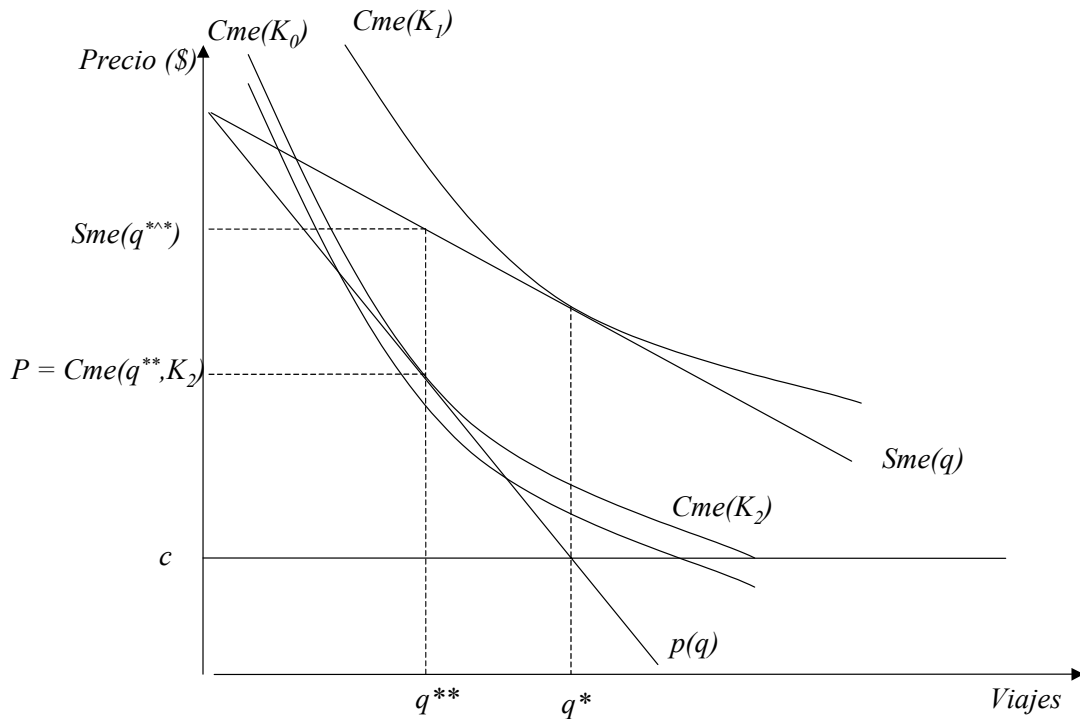
Figura 17



Restricción a nivel de aeropuerto (Costo medio)

Si se tarifa a costo medio, también existen incentivos para incrementar K pero ahora la restricción que restringe el aumento en la inversión es el autofinanciamiento del aeropuerto y no su rentabilidad social. Según podemos observar en la Figura 18, la autoridad local sólo podrá incrementar K hasta el nivel de K_2 , donde la curva de costo medio es tangente a la demanda y se produce q^{**} . Cualquier aumento sobre este valor hará que el proyecto no se financie y, por lo tanto, no se construirá, lo cual va contra los intereses de tal autoridad.

Figura 18



Tarifas Ramsey (precio mayor a costo marginal pero menor al costo medio)

En la realidad es probable que exista una asignación repartida del financiamiento del aeropuerto regional, donde parte de los costos fijos son financiados por los usuarios del aeropuerto (precio es mayor al costo marginal) pero otra parte es financiado por otros usuarios de la red (precio es menor al costo medio). Este sería el caso, por ejemplo, si se

tarificaran todos los aeropuertos utilizando el criterio de Ramsey con una restricción de autofinanciamiento definida para la red en su globalidad.

Conclusiones

En este modelo se puede observar que existe un mayor incentivo a la sobre inversión en el caso de la compartimentalización más amplia (costo marginal) que si se tarifica a costo medio por aeropuerto. El hecho que bajo el primer esquema la inversión fija no incida en la tarifa del proyecto, da un margen más amplio para actuar a quienes desean incrementar la envergadura del proyecto más allá de su nivel mínimo. En la tarificación a costo medio, la restricción presupuestaria actúa como un freno natural a la sobre-inversión, ya que cada peso adicional gastado en inversión incrementa el costo medio y hace menos viable el autofinanciamiento del proyecto y por ende su emprendimiento.

Si se aplica la tarifa igual al costo marginal, los usuarios del aeropuerto están en mejor situación ya que se respeta la condición de optimalidad de corto plazo (el precio es igual al costo marginal) y la cantidad de vuelos es mayor ($q^* > q^{**}$). Sin embargo todo el excedente del consumidor es disipado por la sobre inversión, lo cual es pagado por fondos provenientes del fisco o es imputado al resto de los aeropuertos de la red. En términos de evaluación global, la opción de autofinanciamiento por aeropuerto aparece como superior debido al hecho que no todo el excedente social del proyecto es disipado. Como puede apreciarse en la figura, para el nivel de uso q^{**} , el beneficio bruto es estrictamente superior al costo total, por lo tanto el proyecto sigue teniendo una rentabilidad social positiva. Por el contrario, cuando se tarifica a costo marginal, el proyecto tendría la mínima rentabilidad que lo hace viable, es decir $S(q^*) - K_1 - cq^* = 0$.

El presente modelo descansa bajo el supuesto que cuando se elige la tarificación a costo marginal, no existe una entidad que controle la eficiencia en el gasto público y garantice que el proyecto se efectúa al mínimo costo (K_0). La agencia encargada de efectuar la evaluación social del proyecto solo puede aprobar o rechazarlo sin tener decisión sobre los montos de inversión del mismo. En forma más general se puede asumir que existe cierta

asimetría de información respecto al valor mínimo de K entre la agencia y la autoridad local que presenta el proyecto, donde esta última es la que conoce su real magnitud. Si suponemos que K puede tomar cualquier valor entre un rango $[K_{min}, K_{max}]$ con una cierta función de distribución $F(K)$, y que el valor real de K es sólo conocido por la autoridad local y además existe un costo de auditoria asociado a la verificación de K por parte de la agencia, es posible que en equilibrio no se disipe toda el beneficio social a través de sobre inversión.

Anexo 2: Resultados DEA con 88 aeropuertos de países desarrollados más Brasil y Argentina

	Pais	Aeropuerto	Pasajeros		Vuelos Totales	Derecho aterrisaje		Pago Pasajeros	Indice Eficiencia
			Domésticos	Internacionales		A310	B747		
1	FRANCE	CH DE GAULLE	5,071	42,859	515	602	1,439	30.5	1.00
2	GERMANY	FRANKFURT	8,071	39,446	446	758	1,524	28.2	1.00
3	GREECE	ATHENS	5,223	6,895	175	272	714	26.4	1.00
4	NETHERLANDS	SCHIPHOL	142	39,167	417	884	2,361	18.3	1.00
5	UNTD STATES	O'HARE INTL	57,490	9,465	875	1,045	2,749	23.0	1.00
6	UNTD STATES	DALLAS-FT WORTH	50,538	4,613	771	1,277	3,358	5.0	1.00
7	UNTD STATES	MIAMI INTL	16,419	15,249	417	595	1,566	10.0	1.00
8	UNTD STATES	SAN FRAN INTL	26,227	7,717	368	1,300	3,419	0.5	1.00
9	NETHERLANDS	PRINSES JULIANA	222	1,043	51	419	1,102	20.1	0.97
10	NETHERLANDS	HATO	72	794	16	419	1,102	20.1	0.97
11	UNTD STATES	SAIPAN, MARIANAS	82	595	11	694	1,827	9.7	0.95
12	IRELAND	DUBLIN	657	13,547	170	939	2,470	7.9	0.90
13	IRELAND	CORK	306	1,448	24	939	2,470	7.9	0.88
14	IRELAND	SHANNON	157	1,734	27	939	2,470	7.9	0.88
15	FRANCE	ORLY	17,337	5,674	216	602	1,439	30.5	0.83
16	REPUBLIC OF KOREA	GIMPO INTL	17,743	4,298	154	1,000	2,572	13.5	0.68
17	REPUBLIC OF KOREA	INCHEON INTL	266	14,279	87	1,000	2,572	13.5	0.68
18	REPUBLIC OF KOREA	JEJU INTL	8,968	352	61	1,000	2,572	13.5	0.68
19	REPUBLIC OF KOREA	GIMHAE INTL	7,662	1,506	61	1,000	2,572	13.5	0.68
20	CHILE	ARTURO MERINO B	2,600	2,897	65	704	1,851	26.1	0.65
21	UNTD STATES	DULLES INTL	13,917	3,944	328	1,108	2,915	12.9	0.65
22	UNTD STATES	LOGAN INTL	19,795	4,301	426	1,243	3,271	12.5	0.63
23	UNTD STATES	SEATTLE-TACOMA	24,684	2,352	396	1,210	3,184	16.3	0.61
24	ITALY	MALPENSA	4,260	14,201	233	1,375	3,616	12.4	0.61
25	AUSTRALIA	KINGSFORD INTL	14,608	8,179	167	913	2,402	21.6	0.59
26	AUSTRALIA	MELBOURNE INTL	12,082	3,316	126	913	2,402	21.6	0.59
27	AUSTRALIA	BRISBANE	9,058	2,641	103	913	2,402	21.6	0.59
28	AUSTRALIA	ADELAIDE	3,824	242	41	913	2,402	21.6	0.59
29	AUSTRALIA	PERTH INTL	3,104	1,588	42	913	2,402	21.6	0.59
30	AUSTRALIA	CAIRS	1,790	665	22	913	2,402	21.6	0.59
31	AUSTRALIA	DARWIN	782	145	13	913	2,402	21.6	0.59
32	AUSTRALIA	NORFOLK ISLAND	56	16	1	913	2,402	21.6	0.59
33	ITALY	FIUMICINO	12,229	12,911	284	1,375	3,616	12.4	0.58
34	ITALY	LINATE	4,967	2,169	85	1,375	3,616	12.4	0.58
35	ITALY	TESSERA	1,440	2,738	60	1,375	3,616	12.4	0.58
36	ITALY	CAPODICHINO	2,408	1,448	52	1,375	3,616	12.4	0.58
37	ITALY	FONTANAROSSA	2,253	677	30	1,375	3,616	12.4	0.58
38	ITALY	CASELLE	1,442	1,338	46	1,375	3,616	12.4	0.58
39	ITALY	GAL GALILEI	547	489	18	1,375	3,616	12.4	0.58
40	ITALY	CIAMPINO	4	672	11	1,375	3,616	12.4	0.58
41	SPAIN	BARAJAS	16,718	17,060	371	2,020	5,315	10.0	0.58
42	FINLAND	HELSINKI-VANTAA	2,998	7,003	158	1,492	3,941	11.8	0.57
43	NORWAY	GARDERMOEN	7,222	6,709	189	1,684	3,514	14.6	0.55
44	NORWAY	FORNEBU	4,274	3,497	125	1,684	3,514	14.6	0.55
45	NORWAY	FLESLAND	2,745	727	69	1,684	3,514	14.6	0.55
46	NORWAY	VAERNES	2,476	227	49	1,684	3,514	14.6	0.55
47	NORWAY	SOLA	1,917	755	50	1,684	3,514	14.6	0.55
48	NORWAY	KJEVIK	701	114	17	1,684	3,514	14.6	0.55
49	CANADA	CALGARY INTL	5,537	2,256	163	733	1,928	35.6	0.55
50	SPAIN	PALMA MALLORCA	4,805	14,318	164	2,020	5,315	10.0	0.54
51	DENMARK	KASTRUP	1,654	16,279	285	1,737	4,570	14.4	0.53
52	CANADA	VANCOUVER INTL	7,869	7,608	277	817	2,150	35.4	0.52
53	UNTD KINGDOM	MANCHESTER INTL	2,824	16,259	182	1,878	3,448	18.7	0.52
54	CANADA	DORVAL INTL	4,036	4,133	171	871	2,290	36.1	0.50
55	NEW ZEALAND	CHRISTCH INTL	3,107	1,087	81	1,140	3,000	23.7	0.49
56	SPAIN	BARCELONA	10,076	10,470	268	2,020	5,315	10.0	0.49
57	SPAIN	MALAGA	2,188	7,633	87	2,020	5,315	10.0	0.49
58	SPAIN	TENERIFE	1,341	7,604	56	2,020	5,315	10.0	0.49
59	SPAIN	GRAN CANARIA	2,945	6,140	85	2,020	5,315	10.0	0.49
60	SPAIN	ALICANTE	1,408	5,089	51	2,020	5,315	10.0	0.49
61	SPAIN	LANZAROTE	1,315	3,607	40	2,020	5,315	10.0	0.49
62	SPAIN	IBIZA	1,286	3,097	45	2,020	5,315	10.0	0.49
63	SPAIN	FUERTEVENTURA	716	2,814	28	2,020	5,315	10.0	0.49
64	SPAIN	VALENCIA	1,432	476	33	2,020	5,315	10.0	0.49
65	SPAIN	MENORCA	907	1,895	29	2,020	5,315	10.0	0.49

66	SWEDEN	ARLANDA	6,696	11,401	273	1,573	4,001	17.9	0.47
67	SWEDEN	LANDVETTER	1,346	2,795	69	1,573	4,001	17.9	0.47
68	SWEDEN	STURUP	1,247	808	29	1,573	4,001	17.9	0.47
69	ARGENTINA	MIN. PISTARINI	94	5,443	57	1,094	3,153	30.5	0.47
70	ARGENTINA	AEROPARQUE	4,470	582	104	1,094	3,153	30.5	0.47
71	PORTUGAL	LISBON	2,285	6,927	109	1,420	3,902	19.7	0.46
72	PORTUGAL	FARO	249	4,330	31	1,420	3,902	19.7	0.46
73	PORTUGAL	FUNCHAL	1,153	1,047	22	1,420	3,902	19.7	0.46
74	PORTUGAL	PORTO	753	1,930	43	1,420	3,902	19.7	0.46
75	PORTUGAL	PORTO SANTO	172	2	5	1,420	3,902	19.7	0.46
76	ISRAEL	BEN GURION INTL	442	7,864	62	1,511	3,924	21.5	0.43
77	ISRAEL	J HOZMAN	1,178	27	22	1,511	3,924	21.5	0.43
78	BRAZIL	GUARARAPES INTL	2,682	134	53	1,508	3,566	30.0	0.41
79	AUSTRIA	SCHWECHAT	525	11,244	184	2,312	4,867	21.1	0.39
80	JAPAN	NEW TOKYO INTL	692	22,241	129	3,288	8,649	22.5	0.39
81	FRANCE	LAMENTIN MART	1,291	118	22	1,513	3,931	34.3	0.37
82	BRAZIL	GUARULHOS INTL	6,940	6,151	177	1,713	4,004	36.0	0.36
83	BRAZIL	BRASILIA INTL	6,185	9	119	1,713	4,004	36.0	0.36
84	BRAZIL	SALGADO FILHO	2,698	165	51	1,713	4,004	36.0	0.36
85	BRAZIL	VAL DE CAES	1,135	37	35	1,713	4,004	36.0	0.36
86	CANADA	LESTER PEARSON	12,304	15,739	370	2,506	6,591	23.7	0.34
87	SWITZERLAND	COINTRIN	1,055	5,804	110	3,180	8,427	14.7	0.31
88	SWITZERLAND	ZURICH	1,116	19,698	274	3,396	9,022	27.9	0.30