



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**

**REVISION DE LOS INDICADORES DE ECONOMIAS DE ESCALA Y  
DIVERSIDAD EN EL SECTOR TRANSPORTE AEREO**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERIA, MENCIÓN TRANSPORTE**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**GABRIELA ALEJANDRA MORALES LIZAMA**

**PROFESORES GUIAS:  
SERGIO JARA-DIAZ  
CRISTIAN CORTES CARRILLO**

**MIEMBROS DE LA COMISION:  
PABLO SERRA BANFI  
ALDO GONZALEZ TISSINETTI**

**SANTIAGO DE CHILE  
NOVIEMBRE 2007**

## **Dedicatoria**

La finalización de esta tesis marca un periodo importante de mi vida y por ende quiero dedicar este trabajo a mis padres Domingo Morales y Laura Lizama. Sin su esfuerzo, nada de esto habría logrado. Esta tesis es el regalo prometido desde antaño.

## **Agradecimientos**

Agradezco el haber tenido la Beca Universidad de Chile durante el pregrado y la Beca de Excelencia en el programa de Magíster.

A mis profesores guías, por su tiempo y por enseñarme a hacer investigación.

A mis compañera(os) de tesis, con quienes compartí gratos momentos.

A mi actual jefa, por todos los permisos que solicité.

A mi tía Rosa, por su apoyo incondicional.

...y a Oscar, por apoyarme y estar conmigo.

RESUMEN DE LA TESIS  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGISTER EN CS. ING., MENCIÓN TRANSPORTE  
Y AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL  
POR: GABRIELA MORALES L.  
FECHA: 05/12/2007  
PROF. GUÍA: SR. SERGIO JARA-DÍAZ, SR. CRISTIAN CORTES

## **“REVISIÓN DE LOS INDICADORES DE ECONOMÍAS DE ESCALA Y DIVERSIDAD EN EL SECTOR TRANSPORTE AEREO”**

La desregulación del mercado de las aerolíneas norteamericanas en 1978, y en otras partes posteriormente, provocó una serie de cambios en cuanto a estructura de rutas y modo de operación de los agentes aéreos a nivel mundial. Un aumento considerable en el número de fusiones y alianzas ha caracterizado por más de veinte años a este mercado, lo que ha generado un creciente interés por parte de los especialistas en estudiar la estructura de mercado observada y su evolución. En estos estudios, el cálculo de retornos a densidad (*RTD*) y retornos a escala (*RTS*) a partir de funciones de costo con producto agregado ha jugado un papel importante.

Con *RTD* se analiza el aumento del producto a red constante y con *RTS* se estudia el aumento de producto y red. En las aplicaciones a transporte aéreo se reporta valores  $RTD > 1$  y  $RTS = 1$ , reflejando la conveniencia en costos de expandir flujos y de mantener el tamaño de las redes. Sin embargo, se observa que las redes han aumentado de tamaño. El problema es que el uso de agregados, si bien necesario para la estimación econométrica, genera inconsistencias analíticas en el cálculo de escala desde una óptica desagregada. A partir de los años noventa se ha criticado el uso de *RTD* y *RTS* como indicadores apropiados y en los últimos diez años se ha generado de manera fundada nuevos indicadores que capturan mejor la estructura de costos. Estos nuevos índices se basan en la relación entre los agregados y el producto de transporte definido en detalle; se ha generado así nuevas medidas de escala como extensiones a *RTD* y medidas de diversidad (scope) que reemplazan a *RTS*.

En esta tesis se ha realizado un estudio de estructura industrial del mercado aéreo norteamericano, utilizando la literatura existente y aplicando los métodos desarrollados por Jara-Díaz y Cortés (1996) para el (re)cálculo de *RTD*, y de Basso y Jara-Díaz (2005) como base para el estudio de diversidad (*SC*), a partir del cual se ha propuesto una metodología genérica para calcular economías de diversidad basada en el enfoque desagregado. En la metodología, se detalla en forma específica cómo cuantificar cada una de las variables de mayor uso en la literatura en transporte aéreo bajo distintas particiones del producto desagregado.

Con los nuevos indicadores se obtuvo valores de *SC* positivos tanto para el mercado de aerolíneas norteamericano (de tipo troncal-local, doméstico-internacional y espacial), mercado canadiense (fusiones de aerolíneas) e intercontinental lo que permite explicar de mejor manera las expansiones, fusiones y acuerdos intercontinentales de las aerolíneas a lo largo del mundo y por ende, la evolución de la estructura industrial observada en estos mercados en los últimos veinte años.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	MOTIVACIÓN DEL TEMA .....	1
1.2	ORGANIZACIÓN DE LA TESIS .....	3
1.3	TEORÍA DE MULTIPRODUCCIÓN.....	4
1.3.1	<i>Funciones de Costo</i> .....	4
1.3.2	<i>Propiedades de la función de costo</i> .....	5
1.3.3	<i>Funciones de costo de Corto - Largo plazo</i> .....	7
1.3.4	<i>Indicadores de Estructura Industrial</i> .....	8
<b>2</b>	<b>PRODUCTO DE TRANSPORTE Y USO DE AGREGADOS .....</b>	<b>11</b>
2.1	INTRODUCCIÓN.....	11
2.2	INDICADORES DE ESTRUCTURA INDUSTRIAL CON PRODUCTO AGREGADO: <i>RTD</i> Y <i>RTS</i> .....	12
2.3	ESTUDIOS EMPÍRICOS EN TRANSPORTE AÉREO.....	14
2.3.1	<i>Formas funcionales para especificar una función de costo</i> .....	14
2.3.2	<i>Producto agregado y formas más comunes de agregación</i> .....	18
2.3.3	<i>Descripciones asociadas a demanda</i> .....	18
2.3.4	<i>Descripciones asociadas a oferta</i> .....	19
2.3.5	<i>Descripciones relacionadas en forma indirecta con el producto</i> .....	20
2.3.6	<i>Otros agregados</i> .....	23
2.4	ANTECEDENTES EMPÍRICOS DE CÁLCULO DE INDICADORES .....	25
2.5	AVANCES EN EL CÁLCULO DE ECONOMÍAS DE ESCALA Y DIVERSIDAD .....	38
2.5.1	<i>Análisis de Escala</i> .....	38
2.5.2	<i>Análisis de diversidad</i> .....	41
2.5.3	<i>Críticas a RTS</i> .....	41
2.5.4	<i>Enfoque para calcular economías de diversidad</i> .....	43
2.6	SÍNTESIS .....	45
<b>3</b>	<b>CÁLCULO DE INDICADORES DE ESCALA Y DIVERSIDAD.....</b>	<b>55</b>
3.1	INTRODUCCIÓN.....	55
3.2	PONDERADORES DE ESCALA .....	56
3.2.1	<i>Ponderador para el Índice Multilateral</i> .....	56
3.2.2	<i>Ponderador para la densidad de tráfico (TD)</i> .....	57

3.2.3	<i>Ponderador para el producto hedónico</i> .....	58
3.2.4	<i>Ponderador para Asientos-millas (ASM)</i> .....	59
3.3	ENFOQUE PARA EL CÁLCULO DE SC .....	60
3.3.1	<i>Caso 1: Identificación de una partición ortogonal</i> .....	63
3.3.2	<i>Caso 2: Particionando agregados</i> .....	68
3.3.3	<i>Caso 3: Modificación de agregados para generar particiones ortogonales</i> .....	70
3.3.4	<i>Caso 4: Variación del tamaño de la red</i> .....	73
3.4	SÍNTESIS .....	78
	ANEXO A3.1: DEMOSTRACIÓN DEL VALOR DE PONDERADOR DEL INDICE MULTILATERAL .....	80
<b>4</b>	<b>APLICACIÓN METODOLÓGICA</b> .....	<b>81</b>
4.1	INTRODUCCIÓN.....	81
4.2	APLICACIONES EN PUBLICACIONES RELEVANTES .....	82
4.3	SÍNTESIS .....	129
	ANEXO A4.1: REDES DE LAS AEROLÍNEAS CANADIENSES .....	135
	ANEXO A4.2: VALORES DE AGREGADOS Y ATRIBUTOS.....	139
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>141</b>
5.1	INTRODUCCIÓN.....	141
5.2	MERCADO NORTEAMERICANO .....	142
5.3	MERCADO CANADIENSE .....	144
5.4	FUSIÓN DE OPERACIONES DE MERCADOS .....	146
<b>6</b>	<b>SÍNTESIS Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>148</b>
	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>156</b>

# 1 Introducción

## 1.1 Motivación del tema

En los últimos veinte años, la industria de transporte aéreo ha sufrido cambios significativos en estructura y operación en todo el mundo, entre los cuáles destacan el aumento considerable en el número de fusiones de las aerolíneas, alianzas y cambios en la estructura de las rutas. Todo lo anterior, motivado por la desregulación de mercado de las aerolíneas norteamericanas en 1978, cuyo principal rol fue otorgar a las firmas libertad para escoger rutas, aviones y mercados donde operar. Este cambio del mercado aéreo hacia un ambiente de desregulación, ha generado un creciente interés por parte de los especialistas en estudiar la estructura de mercado observada y su evolución.

La mayoría de los trabajos empíricos que estudian estructura industrial en mercados de transporte, basan su análisis en la estimación de funciones de costo y en las conclusiones de política obtenidas principalmente a través de indicadores que puedan evidenciar la existencia o no de economías de escala en el mercado aéreo. En la práctica, se estiman funciones de costo de corto y largo plazo especificadas por un vector agregado de producto y en la mayoría de los casos, se calculan dos indicadores: *RTD* (Returns to density) y *RTS* (Returns to scale). El primero estudia la conveniencia en costos de aumentar la producción vía indicadores agregados para una red de servicio constante, mientras que el segundo es análogo pero bajo un escenario de tamaño de red variable.

Jara-Díaz y Cortés (1996) descubren inconsistencias analíticas en el cálculo de indicadores a partir de funciones de costo con producto agregado y revelan ambigüedades en la interpretación de tales indicadores y en las conclusiones de política que de ellos se obtienen. Sin embargo, en la práctica se hace inmanejable utilizar descripciones desagregadas en la estimación de funciones de costo debido a que en estudios de transporte el vector producto es de gran dimensión (Jara-Díaz, 1982).

Parte de los problemas y ambigüedades en la definición y cálculo de indicadores ya han sido resueltos. Así, desde una perspectiva desagregada, el trabajo de Jara-Díaz y Cortés (1996) aclara la situación para el caso de *RTD*. Sin embargo los problemas persisten aún para *RTS*. Jara-Díaz, Cortés y Ponce (2000) señalan que por medio de *RTS* se intenta abordar un fenómeno que más bien corresponde a un problema de *diversidad espacial* como un fenómeno de escala, debido a que un cambio en el tamaño de la red necesariamente lleva consigo un cambio en la dimensión del vector producto.

Más tarde, Basso y Jara-Díaz (2006b) estudian en profundidad al indicador *RTS* y concluyen que tiene problemas internos y no es válido para hacer estudios de estructura industrial debido a las implicancias del supuesto de densidad constante contenida en su definición. Básicamente, ante aumentos del tamaño de red, si la densidad permanece constante, entonces por cada agregado considerado en la función de costo se genera una restricción sobre el vector de flujos que, a priori, no se justifica. Dado esto, los autores muestran que cuando se considera cambios en el tamaño de la red, el problema no puede ser abordado como uno de escala, sino más bien como uno de diversidad. Luego, bajo una *óptica desagregada* calculan economías de diversidad espacial donde lo interesante es que logran *cuantificar las variaciones de los agregados* ante aumentos en el número de puntos servidos.

Es importante mencionar que cálculos de economías de diversidad no han sido realizados en la literatura en transporte aéreo, pues el análisis de estructura industrial se ha centrado en el estudio de indicadores de escala, complementado con algunos estudios de uso de capacidad y productividad. En este sentido, el concepto de economías de diversidad resulta de mayor interés pues no sólo resulta clave para estudiar lo que ocurre con los costos cuando el tamaño de la red varía, sino que abre una puerta a una gama de aspectos factibles de analizar que resultan muy interesantes desde un punto de vista de estructura industrial, como por ejemplo poder discernir si a una firma de transporte le conviene operar sólo a nivel doméstico o bien ampliar su servicio al extranjero. En general, lo central en este punto es que un estudio de diversidad requiere -al igual que en el caso de diversidad espacial- estimaciones de las *variaciones de los agregados*, factibles de cuantificar bajo un *enfoque desagregado*.

Lo relevante de contar con buenas estimaciones de tales indicadores radica, como ya se sugería, en la importancia que éstos tienen en términos de política de estructura industrial. Por esta razón, los objetivos de esta tesis son:

- (Re)calcular indicadores de escala
- Calcular diversos tipos de economías de diversidad
- Re-evaluar las políticas de estructura industrial a partir de los resultados obtenidos.

Finalmente, a partir de los resultados que se obtengan de los indicadores de escala y diversidad, no sólo será posible comprender y explicar, desde una base consistente con la definición de producto parte del comportamiento de las firmas en términos de costo, sino que, además, la metodología permitirá evaluar escenarios hipotéticos, a partir de los cuales se podría obtener conclusiones relevantes en términos de políticas de estructura industrial óptima para el mercado aéreo. Como objetivos específicos, en tanto, se hará necesario comprender las ventajas o desventajas que tiene aplicar este enfoque para estudiar economías de diversidad y, a partir de los resultados obtenidos, dimensionar las diferencias (tanto numéricas como en términos de política) entre los resultados obtenidos bajo el enfoque desagregado versus los que se hayan obtenido en los diversos trabajos realizados en el sector en estudio.

## **1.2 Organización de la Tesis**

Esta tesis está organizada de la siguiente manera: En lo que queda del Capítulo 1 se revisa los conceptos básicos de la teoría microeconómica en funciones de costo multiproducto y estructura industrial, enfatizando la teoría e indicadores que se pueden calcular a partir de una función de costo.

En el Capítulo 2, se realiza una revisión bibliográfica de los antecedentes presentes en la literatura actual acerca de funciones de costo con producto agregado. Además, se incluye una revisión de las formas funcionales más usadas y de las variables típicamente consideradas en la especificación de funciones de costo.

En el Capítulo 3, se usa el enfoque desagregado para detallar cómo debe ser calculado el indicador de economías de escala, y, bajo este mismo marco, el enfoque para poder realizar el cálculo de economías de diversidad de varios tipos, de acuerdo a la forma estándar como han sido tratados las variables en los estudios de costos en la literatura de transporte aéreo.

En el Capítulo 4, se aborda en profundidad el cálculo de indicadores de escala y diversidad en todas aquellas publicaciones en transporte aéreo donde fue posible realizar cálculos.

En el Capítulo 5 se analiza los resultados obtenidos y se aborda las consecuencias en términos de estructura industrial y política. Se realiza un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en la tesis versus los que han sido obtenidos en la literatura aplicada. Finalmente, en el último capítulo se establece las conclusiones y líneas de investigación a seguir.

### **1.3 Teoría de Multiproducción**

En esta sección se describirá los elementos básicos de la teoría de multiproducción, comenzando por la función de costo que será la herramienta que sustente todo el análisis que se realizará en los capítulos posteriores.

#### **1.3.1 Funciones de Costo**

Sea  $X$  vector de insumos de la forma  $X = \{x_i\}$ ,  $W$  vector de precios de cada insumo  $i$  e  $Y$  el producto, representado por medio de un vector de la forma  $Y = \{y_i\}$ ,  $i=1...N$ . La función de costo representa el mínimo gasto necesario en el que debe incurrir una firma para producir el vector producto  $Y$  dada la información de mercado (vector de precios de insumos,  $W$ ) y la tecnología de producción (resumida a través de la función de transformación  $F(X,Y)$ ).

La función de costo se obtiene como resultado de un problema de optimización, el cual supone que la firma minimiza el gasto en la producción de  $Y$  para un vector de precios de insumos dado. Bajo estos supuestos, el problema que la firma resuelve es:

$$\begin{aligned} & \underset{X}{\text{Min}} \sum_i w_i x_i \\ \text{s.a} & \\ & F(X, Y) \geq 0 \end{aligned} \quad (1.1)$$

Como solución de este problema se obtiene el vector de demandas condicionales (en el nivel de producción) por cada insumo, es decir  $x_i^*(w, y)$ . Luego, la función de costo para la firma se expresa como:

$$C(W, Y) = \sum_i w_i x_i^*(W, Y) \quad (1.2)$$

Se debe notar que la función de costo depende de dos tipos de variables: precios de insumos y vector producto. Dado que se permite que el nivel de todos los insumos varíe en (1.2), dicha expresión en estricto rigor representa una función de largo plazo.

### 1.3.2 Propiedades de la función de costo

La función de costo satisface tres propiedades fundamentales que se derivan a partir del proceso de optimización, las que se describen a continuación:

#### Homogeneidad de grado 1 en precios de insumos

Analíticamente, si  $\alpha$  es la proporción en la que cambian los precios de los insumos se tiene:

$$C(\alpha W, Y) = \alpha C(W, Y) \quad (1.3)$$

Esta propiedad significa que ante un cambio en  $\alpha$  en el nivel de precios de insumos, los costos de la firma varían en la misma proporción.

#### Lema de Shephard

La derivada parcial de la función de costo respecto del precio de un insumo es igual a la demanda condicional por ese insumo.

$$\frac{\partial C}{\partial w_i} = x_i^*(W, Y) \quad (1.4)$$

Es importante mencionar que a partir de las propiedades anteriores se deduce que la función de demanda condicional es homogénea de grado cero en precios de insumos.

### Concavidad en precios de insumos

La función de costo es cóncava en precios de insumos ( $w$ ), para cada nivel de producción  $Y$ , luego satisface

$$C(Y, w^\alpha) \geq \alpha C(Y, w^1) + (1 - \alpha)C(Y, w^2) \quad (1.5)$$

tal que  $0 \leq \alpha \leq 1$  y donde  $w^\alpha = \alpha w^1 + (1 - \alpha)w^2$  designa al precio promedio ponderado. A

partir de esta propiedad, se deriva que la matriz hessiana ( $\frac{\partial^2 C}{\partial w_i \partial w_j}$ ) se caracteriza por ser una matriz semidefinida negativa simétrica.

Las siguientes propiedades, en tanto, son generalmente impuestas por comodidad:

### Costos Marginales

El costo marginal de un producto corresponde al costo que tiene para una firma producir una unidad más de un determinado producto, el que debe ser positivo. Analíticamente,

$$CMg_i = \frac{\partial C}{\partial y_i} > 0 \quad (1.6)$$

### Complementariedad de costos

La complementariedad de costos entre dos componentes del vector producto, se define como la variación del costo marginal de una componente cuando el nivel de producción de la otra aumenta. El signo de los elementos pertenecientes al Hessiano establece tal condición. De esta forma,  $y_i$  e  $y_j$  son complementarios en costo si:

$$C_{ij} = \frac{\partial^2 C}{\partial y_i \partial y_j} < 0 \quad (1.7)$$

es decir,

$$C_{ij} = \frac{\partial^2 C}{\partial y_i \partial y_j} = \frac{\partial}{\partial y_i} \left( \frac{\partial C}{\partial y_j} \right) = \frac{\partial CMg_{y_j}}{\partial y_i} < 0 \quad (1.8)$$

### 1.3.3 Funciones de costo de Corto - Largo plazo

Cuando se trabaja con funciones de costo es necesario establecer el horizonte temporal de validez, pues no es lo mismo que la firma optimice el uso de recursos en un contexto donde existan restricciones de algún tipo. De esta forma, en el largo plazo la firma es capaz de optimizar el uso de todos los recursos ya que todos los niveles de insumos son variables. Sin embargo, para poder minimizar el gasto, en condiciones de corto plazo, no siempre es posible modificar el nivel de todos los insumos. Luego, en el corto plazo, se debe considerar algunos insumos fijos, agregando una restricción al modelo planteado en (1.1) generando una expresión distinta a (1.2) para la función de costo en este caso.

Analíticamente, si  $w_i^v$  y  $w_j^f$  son los precios asociados al insumo variable  $i$ -ésimo y al insumo  $j$ -ésimo respectivamente, el problema que la firma resuelve en el corto plazo es:

$$\begin{aligned} \underset{x}{Min} \sum_i w_i^v x_i^v + \sum_j w_j^f \bar{x}_j & \quad (1.9) \\ \text{s.a } F(x^v, \bar{x}, Y) \geq 0 & \end{aligned}$$

donde  $x^v$  es el vector de demanda por insumos variables,  $x_i^v$  es la demanda por el insumo variable  $i$ -ésimo y  $\bar{x}_j$  representa el nivel de insumo fijo  $j$ -ésimo. Como solución a este problema, se obtiene el vector de demanda condicional de los insumos variables, de componentes  $x_i^*(w^v, \bar{x}, Y)$  y la función de costo de corto plazo  $C_{CP}$ , por lo tanto, se expresa como:

$$C_{CP}(w, x, \bar{x}, Y) = \sum_i w_i^v x_i^v(w^v, \bar{x}, y) + \sum_j w_j^f \bar{x}_j \quad (1.10)$$

El primer término de la derecha de (1.10) representa el costo variable, mientras que el segundo corresponde al costo fijo. Es importante mencionar que la función de costo de largo plazo puede ser obtenida a partir de la función de corto plazo optimizando sobre aquellos insumos fijos en la especificación de  $C_{CP}$ .

### 1.3.4 Indicadores de Estructura Industrial

Para los análisis que se realizarán en esta tesis, dos son los indicadores que resultan de interés. El primero de ellos dice relación con un análisis de escala, es decir, el indicador entrega una medida del impacto sobre los costos (o análogamente sobre la producción) cuando se aumenta el nivel de insumos. El segundo indicador, es el de economías de diversidad, cuya importancia radica en la conveniencia en costos de diversificar la línea de producción.

Es importante mencionar que la mayor parte de los análisis de estructura industrial han sido efectuados desde una perspectiva de costos usando indicadores de escala. Como se verá más adelante, esto no es suficiente para pronunciarse acerca de la estructura industrial, razón por la cual resulta imprescindible revisar el concepto de diversidad.

#### **Economías de Escala ( $S$ )**

El concepto de economías de escala dice relación con la máxima expansión proporcional del producto ( $Y$ ), ante un aumento equiproporcional en el nivel de los insumos ( $X$ ). Es decir, si  $\lambda$  es la proporción en la que se aumentan los insumos,  $\lambda X$  representa una expansión equiproporcional y  $\lambda^S Y$  representa el aumento proporcional de la producción como resultado de tal expansión. El indicador de economías de escala puede ser mayor, menor o igual a uno lo que significa que existen retornos crecientes, decrecientes o constantes a escala respectivamente.

El indicador  $S$  puede ser medido a través de una función de costo  $C(w, Y)$  bajo ciertas condiciones de regularidad. En este caso, la existencia de economías de escala significa que ante un aumento equiproporcional del producto  $Y$ , los costos crecen menos que proporcionalmente y por lo tanto aumentar la escala de producción es conveniente. Analíticamente,  $S$  a partir de una función de costo de largo plazo es calculado como:

$$S = \frac{1}{\sum_i \eta_i} \quad (1.11)$$

donde  $\eta_i$  es la elasticidad costo del producto  $i$ .

En un contexto monoproduktivo (donde el producto es un escalar), el indicador de economías de escala puede denotar la existencia de monopolio natural ( $S > 1$ ). En monoproducción  $S$  mide la relación entre costo medio y costo marginal.

### **Economías de Diversidad ( $SC$ )**

Las economías de diversidad (*economies of scope*) cuantifican la conveniencia en costo de incorporar *nuevos* productos a la línea de producción. El análisis de este tipo de economías resulta complementario al análisis de escala. Este indicador es definido dado un vector producto  $Y$  y una partición ortogonal del conjunto de producción como:

$$SC_R = \frac{C(Y_R) + C(Y_{M-R}) - C(Y)}{C(Y)} \quad (1.12)$$

donde  $R$  y  $M-R$  son subconjuntos ortogonales de componentes de producto asociados a los vectores  $Y_R$  e  $Y_{M-R}$ , tal que  $Y_R \cdot Y_{M-R} = 0$  cuyo costo es  $C(Y_R)$  y  $C(Y_{M-R})$  respectivamente. Los vectores  $Y_R$  e  $Y_{M-R}$  se definen de manera análoga, siendo  $Y_R = \{Y / y_i = 0, \forall i \notin R\}$ .

Los valores de  $SC$  fluctúan entre 1 y -1.  $SC > 0$  indica la existencia de economías de diversidad lo cual significa que producir las componentes asociadas a  $R$  y  $M-R$  por separado es más costoso que producir todo con una firma. En tanto,  $SC < 0$  (deseconomías de diversidad) no existen incentivos en costo para diversificar la línea de producción.

El indicador  $SC$  entrega una noción de cuán distinto es el costo de producir un subconjunto  $R$  de componentes de producto versus su costo incremental, el cual se define como

$$CI_R = C(Y) - C(Y_{M-R}) \quad (1.13)$$

por lo que el costo incremental es el costo de agregar los productos en  $R$  a la línea de producción.

Otra propiedad interesante de la función de costo es de subaditividad. Esta propiedad es expresada analíticamente como

$$\sum_{i=1}^N C_i(w, Y^i) > C(w, Y) \quad (1.14)$$

Donde  $C_i$  es el costo de la firma  $i$  de producir el vector  $Y^i$  en un mercado conformado por  $N$  firmas, donde  $\sum_i Y^i = Y$ . La expresión (1.14) es una comparación entre el costo total de  $N$  firmas produciendo  $Y^i$  versus el costo de una sola firma que produce todo. Luego, subaditividad en  $C(w, Y)$  es equivalente a monopolio natural.

En la práctica, verificar la existencia de subaditividad en una función de costo multiproducto es complejo. Por ejemplo, el test de Evans y Heckman (1984) no es válido para todos los niveles de producto en una muestra de firmas, sino para una submuestra para la cual todas las firmas poseen niveles similares de producto.

## 2 Producto de transporte y Uso de Agregados

### 2.1 Introducción

El estudio y revisión de indicadores de estructura industrial requiere conocer aspectos tales como la forma funcional de la función de costo, el tipo de variable generalmente considerada y el consiguiente cálculo de los indicadores de estructura industrial.

En los últimos 30 años, los estudios empíricos en transporte han consistido en la estimación de funciones de costo con producto agregado, a partir de las cuales han sido calculados diversos indicadores para pronunciarse respecto de conclusiones de política y estructura industrial óptima. En particular, son de interés el grado de economías de escala, *RTS* y el grado de economías de densidad, *RTD*, explicados más adelante.

El uso de descripciones agregadas del producto ha generado ambigüedad en el cálculo de indicadores y por ende, en la capacidad de extraer implicancias importantes en términos de política. Esto ha dado origen a estudios en los cuales se ha cuestionado tanto la forma de medir estos indicadores, así como la forma en que son definidos. En la literatura reciente, el carácter espacial del producto ha jugado un rol crucial debido a que el análisis de estructura industrial efectuado por medio de los indicadores *RTD* y *RTS* no contempla correctamente las consecuencias de variaciones en el tamaño de la red (específicamente crecimiento de las redes) sobre el vector producto. Este tipo de estudio será realizado con el indicador de economías de diversidad espacial, que en términos de variables agregadas del producto es estudiado en Basso y Jara-Díaz (2005).

En transporte, el producto es entendido como un vector de **flujos** origen-destino de la forma  $Y = \{y_{ij}^{kt}\}$ , desagregado por tipo de carga ( $k$ ) y en un determinado periodo ( $t$ ), (Jara-Díaz, 1982). Sin embargo, en la literatura aplicada, las funciones de costo estimadas dependen de variables que corresponden a representaciones *agregadas* de este vector sobre alguna dimensión, en conjunto con otras variables (denominadas “atributos”) que no están relacionadas con los flujos

en forma sencilla, pero que ciertamente también dependen de alguna forma del vector producto básico.

La primera parte de este capítulo tiene por objeto familiarizar al lector con las formas funcionales usadas en la estimación de funciones de costo. Posteriormente, se revisa la literatura en transporte aéreo dentro de los últimos veinte años poniendo énfasis en las diversas formas de agregación y el estudio de indicadores de escala. Finalmente, se discute las definiciones de un análisis de estructura industrial basado sólo en el cálculo de *RTD* y *RTS*.

## 2.2 Indicadores de estructura industrial con producto agregado: *RTD* y *RTS*

El grado de economías de escala puede ser calculado a partir de una estimación de una función de costo como:

$$\hat{S} = \frac{1}{\sum_i \hat{\eta}_i} \quad (2.1)$$

donde  $\hat{\eta}_i$  es la elasticidad costo (de largo plazo) respecto al flujo  $i$ -ésimo. Sin embargo, si en la función de costo se considera representaciones agregadas del producto, se habla de Retornos a densidad (Returns to density, *RTD*) cuando se estudia el comportamiento de los costos ante expansiones del producto a *tamaño de red fijo*. Analíticamente,

$$RTD = \frac{1}{\sum_{j \in J} \tilde{\eta}_j} \quad (2.2)$$

donde  $\tilde{\eta}_j$  es la elasticidad costo del agregado  $j$  y  $J$  es un conjunto de agregados. El valor de este indicador puede ser mayor, menor o igual a uno, en cuyo caso se dice que existen retornos crecientes, decrecientes o constantes a densidad, respectivamente.

Cuando hay *variaciones en el tamaño de la red* (además del producto), se habla de retornos a escala (Returns to scale, *RTS*), cuya medida corresponde a:

$$RTS = \frac{1}{\sum_{j \in J} \tilde{\eta}_j + \eta_R} \quad (2.3)$$

donde  $\eta_R$  es la elasticidad costo respecto al tamaño de red.

*RTS* puede ser mayor, menor o igual a uno, indicando retornos crecientes, decrecientes o constantes, respectivamente. De esta forma,  $RTS > 1$  indicaría que existen incentivos en costo de aumentar el producto y el tamaño de la red en forma equiproporcional, bajo la condición de densidad constante, entendida como la razón entre agregados y la variable de red.

Cuando la función de costo es de corto plazo, Caves, Christensen y Swanson (1981) derivaron la siguiente expresión para calcular *RTD* a partir de la función de costo variable como

$$RTD = \frac{1 - \sum_k \tilde{\eta}_k}{\sum_i \tilde{\eta}_i} \quad (2.4)$$

donde  $\tilde{\eta}_k$  es la elasticidad costo variable respecto del insumo  $k$  (fijo en el corto plazo) y  $\tilde{\eta}_i$  es la elasticidad costo variable respecto del producto  $i$ . Es necesario señalar que la expresión (2.4) es válida si la tecnología de producción es homotética, es decir, un aumento equiproporcional en una proporción  $\lambda$  en los insumos está asociado con un aumento de la producción, pero no necesariamente en la misma proporción; de lo contrario, las elasticidades de los factores fijos ( $\tilde{\eta}_k$ ) deberían estar evaluadas en el óptimo (Oum, Tretheway y Zhang, 1991).

## 2.3 Estudios empíricos en transporte aéreo

### 2.3.1 Formas funcionales para especificar una función de costo

El cálculo de indicadores de escala o diversidad es factible tras estimaciones econométricas de una función de costo a partir de observaciones provenientes de series de tiempo, cortes transversales o paneles de datos. A continuación se revisarán las formas funcionales de mayor uso en la literatura para estimar funciones de costo colocando énfasis en aquellas usadas en transporte aéreo.

#### **Función cuadrática**

Esta forma funcional corresponde a una expansión en serie de Taylor truncada a términos de segundo orden. Dados los vectores  $W$  e  $Y$  correspondientes a precios de insumos y producto respectivamente, esta forma funcional se escribe como

$$C = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \hat{y}_i + \sum_j \beta_j \hat{w}_j + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \delta_{ij} \hat{y}_i \hat{y}_j + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \hat{w}_i \hat{w}_j + \sum_i \sum_j \rho_{ij} \hat{y}_i \hat{w}_j \quad (2.5)$$

donde las variables  $\hat{y}_i$  y  $\hat{w}_i$  están desviadas con respecto a  $\bar{y}_i$  y  $\bar{w}_i$  que en general corresponde a la media de la muestra, por lo tanto  $\hat{y}_i = y_i - \bar{y}_i$  y  $\hat{w}_i = w_i - \bar{w}_i$ .

Si bien esta forma funcional no ha sido usada en transporte aéreo en los últimos 20 años, cabe señalar que una de sus ventajas es el cálculo de los costos marginales de los productos en torno al punto de aproximación, el cual resulta bastante simple, sin embargo la desventaja principal es que no satisface la propiedad de homogeneidad de grado uno en precios de factores.

Por último, se dice *flexible*, debido a que es capaz entregar una aproximación de segundo orden a una función desconocida.

### **Función Translogarítmica (translog)**

Esta forma funcional también es flexible y corresponde a una expansión en serie de Taylor de segundo orden, pero con las variables expresadas en métrica logarítmica.

Dados los vectores  $W$  e  $Y$  correspondientes a precios de insumos y producto respectivamente, la forma funcional translog para la función de costo se expresa como

$$\ln C = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln\left(\frac{y_i}{\bar{y}_i}\right) + \sum_j \beta_j \ln\left(\frac{w_j}{\bar{w}_j}\right) + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \ln\left(\frac{y_i}{\bar{y}_i}\right) \ln\left(\frac{y_j}{\bar{y}_j}\right) + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \delta_{ij} \ln\left(\frac{w_i}{\bar{w}_i}\right) \ln\left(\frac{w_j}{\bar{w}_j}\right) + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \phi_{ij} \ln\left(\frac{y_i}{\bar{y}_i}\right) \ln\left(\frac{w_j}{\bar{w}_j}\right) \quad (2.6)$$

donde  $\bar{w}_i$  y  $\bar{y}_i$  son puntos de aproximación en torno al cual se hace la expansión.

La ventaja de usar este tipo de forma funcional para  $C$  radica en que los coeficientes asociados a cada variable corresponden, analíticamente, a la elasticidad costo de la variable evaluada en el punto de aproximación. Cabe señalar que una de las desventajas de este tipo de forma funcional es que no permite evaluaciones de los productos ( $y_i$ ) en cero.

La forma funcional translog es la que más se ha usado durante los últimos veinte años. Ejemplos de algunos trabajos donde ha sido considerada es: Baltagi *et al*, 1995; Caves *et al*, 1984; Caves *et al* 1987; Creel y Farell, 2001, Gillen *et al*, 1990; Keeler, 2004 y Windle, 1990.

### **Translog Generalizada**

Esta especificación es similar a la translog, sólo que cada componente de producto en vez de estar expresado en métrica logarítmica, es transformado a través de la métrica propuesta por Box-Cox en 1964 (ver Caves y Christensen, 1980), es decir los términos tipo  $\ln(y)$  son transformados de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} f_i(y_i) &= \frac{y_i^\lambda - 1}{\lambda} & \lambda \neq 0 \\ f_i(y_i) &= \ln y_i & \lambda = 0 \end{aligned} \quad (2.7)$$

La ventaja de usar este tipo de transformación para el producto es que supera la limitación de la translog de evaluaciones de componentes de producto en nivel cero. A pesar de lo anterior, en los últimos veinte años su uso ha sido menor, en particular, no ha sido usada en transporte aéreo.

### Cobb-Douglas

Esta forma funcional es usada en algunos trabajos con métrica logarítmica y corresponde a una translog truncada a términos de primer orden, es decir:

$$\ln C = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln\left(\frac{y_i}{\bar{y}_i}\right) + \sum_j \beta_j \ln\left(\frac{w_j}{\bar{w}_j}\right) \quad (2.8)$$

Los valores de las variables no necesariamente están desviados; sin embargo, en el estudio de indicadores de escala es usual que si lo estén. La desventaja de usar este tipo de forma funcional es que no sirve para estudiar complementariedad de costos pues su signo depende de  $\alpha_i \alpha_j$  (siempre positivo). Por otro lado, no admite evaluaciones en niveles de producción iguales a cero, por lo que tampoco se puede estudiar economías de diversidad.

### Symmetric Generalized McFadden (SGM)

Este tipo de forma funcional ha sido usada al menos en dos trabajos en transporte aéreo (Kumbhakar; 1990,1992). El autor señala que la ventaja de usar la SGM en relación a la translog, es que se hace posible imponer las condiciones de concavidad global sin destruir la flexibilidad de la función.

La función SGM usada en Kumbhakar (1990) tiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} C(\cdot) = & g(W)Y + \sum_i b_i W_i + \sum_i b_{ii} W_i Y + \sum_i \sum_j d_{ij} W_i Q_j Y + \sum_j a_j (\sum_i \phi_{ij} W_i) Q_j + b_{YY} (\sum_i \beta_i W_i) Y^2 + \\ & b_{YY} (\sum_i \beta_i W_i) Y^2 + \sum_k \sum_j \delta_{kj} (\sum_i \lambda_{ijk} W_i) Q_k Q_j Y + \sum_i b_{iT} W_i Y T + a_T (\sum_i \psi_i W_i) T + \\ & b_{TT} (\sum_i \lambda_{iT} W_i) T^2 + 2 \sum_k b_{kT} (\sum_i \lambda_{ik} W_i) Q_k Y T \end{aligned} \quad (2.9)$$

con  $i = 1, \dots, N$ ,  $j = 1, \dots, M$ ,  $k = 1, \dots, M$

donde  $Y$  es producto, pero en este caso, no es un vector, sino un escalar calculado a partir de variables agregadas, cuyo nombre es índice de producto agregado, el cual será definido más

adelante. En tanto,  $W$  es el vector de precios de insumos,  $T$  es tiempo y  $Q$  es un vector de variables<sup>1</sup> que están relacionadas con el producto.  $g(W)$  es una función de la forma  $g(W) = W'SW / 2\theta'W$  donde  $S$  es una matriz de  $N \times N$  simétrica semidefinida negativa tal que  $S'W^* = 0$  con  $W^* \gg 0$ . En tanto,  $\theta$  es un vector de  $n$  constantes no negativas. Los parámetros en  $\theta$  junto con  $\psi_i, \phi_{ij}, \beta_i, \lambda_{ik}, \lambda_{iT}, \lambda_{ijk}$  se asumen dados exógenamente (o en su defecto pueden ser identificados para luego ser estimados). El resto de los parámetros  $\alpha_j, b_i, b_{ii}, d_{ij}, b_{YY}, s_{il}$  y  $\delta_{kj}$  son estimados.

En esta función es importante notar tres cosas. La primera es que las variables no están desviadas con respecto a ningún valor, en comparación a lo que se suele hacer en la translog. Segundo, los parámetros que acompañan a las variables no corresponden a elasticidades y por último, que necesariamente para evaluar propiedades de la función (costos marginales, economías de escala, etc.) se requiere tener datos de todas las variables para obtenerlas, lo que constituye una desventaja con respecto a una translog desviada con respecto a la media.

-----

En la literatura, es común que no se estime sólo la función de costo, sino que también un conjunto de ecuaciones derivadas a partir del Lema de Shephard. Cada una de estas ecuaciones, si la función de costos es translog, representa la proporción del gasto total incurrida en cada uno de los insumos. Si es cuadrática, cada ecuación derivada representa la demanda por insumos. La estimación conjunta de estas ecuaciones y la función de costo hacen más confiable los parámetros estimados de la función de costo, ya que las ecuaciones derivadas a partir del Lema de Shephard colocan restricciones sobre la derivada de la función. Lo usual es que si  $L$  es el número de insumos (por ende,  $L$  ecuaciones de demanda por lema de Shephard),  $L-1$  de estas ecuaciones son estimadas conjuntamente con la función de costo. La exclusión de una ecuación tiene por motivo la dependencia lineal entre ecuaciones que existiría si no se hiciese (proporciones suman 1, en el caso de la translog, y gastos suman costo total en el caso cuadrático).

---

<sup>1</sup> En estricto rigor, estas variables corresponden a atributos como se verá más adelante.

### **2.3.2 Producto agregado y formas más comunes de agregación**

Existen distintas formas de agregar el vector producto de transporte. Usualmente en la función de costo se utiliza más de una variable agregada, lo que tiene como propósito captar distintos aspectos del vector producto. Dado esto, en los diversos estudios en transporte aéreo (y otros modos también) lo que se encuentra es un vector, pero de agregados. Dentro de las componentes de este vector de agregados del producto, la relación analítica de estas componentes con el vector producto básico es más evidente en algunos casos que en otros. Algunas variables en la literatura son denominadas directamente como “producto” y otras como “atributos”.

El uso de representaciones agregadas del producto de transporte tiene una justificación econométrica. De la definición de vector producto de transporte (y por ende su dimensión), es fácil darse cuenta de la infactibilidad de usar el vector desagregado para efectos de estimación, debido al gran número de coeficientes en la función que se elija.

A continuación se detalla las formas más comunes de agregar el producto usado en la literatura especializada en transporte aéreo. Una lista más detallada puede ser encontrada en Jara-Díaz y Cortés (1996), donde los agregados usados en distintos tipos de industrias son clasificados de acuerdo a diversas características.

Dentro de las representaciones agregadas del producto de transporte, es importante recordar que algunas variables tienen una relación menos intuitiva con el producto que otras, sin embargo en adelante, cuando se hable de “agregados”, se estará considerando ambos tipos de variables.

### **2.3.3 Descripciones asociadas a demanda**

La representación agregada del producto más usada para transporte de pasajeros o carga es del tipo *flujo por distancia*. Como medida del transporte de pasajeros, es común utilizar un agregado como *RPM (Revenue passenger-miles)* o *RPK (revenue passenger-kilometers)*. Dependiendo del nivel de detalle de la descripción hay algunas otras distinciones por tipo de servicio, por ej. *RPM* en servicio programado (*scheduled*) y *RPM* de servicio no programado (*charter*) y en el caso del transporte de carga (cuyos agregados son análogos a los de transporte de pasajeros) hay algunas

distinciones como *RTM* (*revenue ton-miles*) de carga, *RTM* de correo, etc. En términos genéricos y en función del vector básico de producto de transporte, en una red cuyos pares origen-destino son  $i-j$ , *RPM* puede expresarse como:

$$RPM = \sum_{i,j} y_{ij} d_{ij} \quad (2.10)$$

donde  $d_{ij}$  es la distancia origen-destino. Expresar los agregados en función del producto desagregado será de suma utilidad para aplicar un enfoque desagregado en el cálculo de indicadores, como se verá más adelante en el Capítulo 3.

#### 2.3.4 Descripciones asociadas a oferta

De acuerdo a la clasificación de agregados descrita en Jara-Díaz y Cortés (1996), existe otro tipo de agregados que más bien están relacionados con la oferta más que con la demanda. En transporte aéreo, el más común es de la forma *asientos por distancia* (*ASM: Available seat- miles* o *ASK: Available seat- kilometers*) que denota la oferta de asientos en una red. Otro agregado similar, pero de uso menor es una medida del tipo *Aviones por distancia*.

Cabe destacar que los agregados recién mencionados tienen equivalentes en otros modos de transporte. Por ejemplo, análogo a aviones-kilómetros en transporte ferroviario hay medidas como carros-kilómetros o carros-millas (Savage, 1997). Lo importante en este sentido es distinguir que el uso de las medidas agregadas en distintos modos de transporte no es muy distinto y por lo mismo, los análisis posibles de hacer pueden ser extendidos a otros modos bajo algunas consideraciones especiales propias de cada medio de transporte y de las características del vector producto. Por último, es conveniente tener en cuenta que cualquier medida agregada tiene implícita una dimensión temporal.

Es importante destacar que expresar analíticamente medidas asociadas a oferta (en forma análoga a agregados de la forma flujo por distancia) puede ser muy inexacto. Cuán correcto o errado depende de un asunto de estructura y de operación de la red para la cual supuestos razonables en redes muy sencillas no pueden ser extendidos a una red real.

### 2.3.5 Descripciones relacionadas en forma indirecta con el producto

En este caso, dos son las variables cuyo uso ha predominado en la literatura en transporte aéreo: Largo promedio de la etapa (*Average Stage Length, ASL*) y Factor de carga (*Load Factor, LF*). Ambas forman parte de las variables denominadas “Atributos”. Adicionalmente, el atributo distancia media (*DM*) ha sido usado pero en forma menos frecuente.

#### Distancia Media (*DM*)

Si bien el uso de esta variable no ha sido de mayor uso en la literatura en transporte aéreo de los últimos 20 años, es apropiado conocer qué significa y cómo es medido.

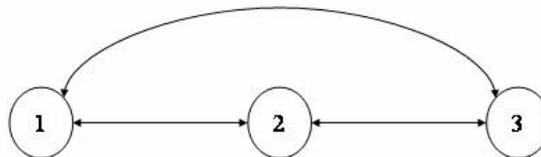
*DM* es la distancia promedio de los viajes *OD*, y es medido como un promedio ponderado por los flujos. Analíticamente:

$$DM = \frac{\sum_i y_i d_i}{\sum_i y_i} \quad (2.11)$$

#### Average Stage Length (*ASL*)

Este atributo ha sido usado ampliamente en la literatura en transporte aéreo en lo últimos 20 años y representa directamente el *largo promedio de los arcos* usados para moverse desde un origen *i* hasta un destino *j*. Es decir, está relacionado con el uso hecho de la red en términos de la secuencia de arcos utilizada en el transporte y no con los flujos como se verá en la figura a continuación.

Figura 2.1 Red OD Simple



En la figura anterior se muestra los flujos existentes en la red, que son denotados como:  $y_{12}$ ,  $y_{21}$ ,  $y_{23}$ ,  $y_{32}$ ,  $y_{13}$ ,  $y_{31}$ . Se considera que todos los viajes realizados entre los nodos 1 y 3 necesariamente pasan por el nodo 2 y que la distancia entre los nodos *i-j* es  $d_{ij}$ .

De esta manera,  $ASL$  corresponde a:

$$ASL = \frac{d_{12} + d_{21} + d_{23} + d_{32}}{4} \quad (2.12)$$

Si además se considera que  $d_{ij} = d_{ji}$ , entonces

$$ASL = \frac{d_{12} + d_{23}}{2} \quad (2.13)$$

A partir del ejemplo anterior se deduce que:

- $ASL$  está ligado directamente a la estructura de rutas de las aerolíneas y por intermedio de éstas estaría ligado al producto.
- $ASL$  también está ligado a la estructura de servicio; la existencia de hubs no sólo hace que la longitud de los arcos sea menor, sino que también hace que aumente el número de despegues y por ende, que disminuya  $ASL$ .

Por estas razones si se intentara escribir  $ASL$ , habría que hacer supuestos en cuanto a estructura de rutas y estructura de servicio (número de hubs). Errores en estos supuestos podría llevar a medidas no representativas del atributo para la firma.

### **Load Factor ( $LF$ )**

El factor de carga es definido como la proporción de la oferta usada por la demanda. En términos de agregados y para el transporte de pasajeros por ejemplo,  $LF$  es calculado como la razón entre  $RPK$  (*Revenue Passenger-kilometers*) y  $ASK$  (*Available Seat-kilometers*). Analíticamente,

$$LF = \frac{RPK}{ASK} \quad (2.14)$$

En forma análoga, se puede calcular un  $LF$  asociado al transporte de carga. En algunos trabajos los autores definen medidas del factor de carga que consideran tanto el transporte de pasajeros como el de carga en un solo indicador. En este caso lo que se hace es transformar el agregado de tipo flujo por distancia asociado a pasajeros en su contraparte en toneladas. Para lo anterior se asume un peso promedio para los pasajeros del orden de 75 Kg., al menos de esta forma es calculado en los reportes de la IATA de acuerdo al glosario de agregados.

Es directo advertir que si se trabaja con una medida errada para  $ASK$ , por ejemplo en el caso de que  $ASK$  sea sobreestimado,  $LF$  estará subestimado. A continuación se presenta un breve ejemplo en el que se muestra que escribir  $ASK$  como oferta por par  $OD$ , es decir:

$$ASK = \sum_i as_i d_i \quad (2.15)$$

donde  $as_i$  es la oferta de asientos en el par  $OD$  y  $d_i$  es la distancia entre  $O$  y  $D$ , induce **un problema de doble-conteo** si la misma oferta es usada en más de un par  $OD$ .

Considérese la Figura 1 nuevamente con los mismos flujos. Escribiendo  $ASK$  por par  $OD$ , se tiene:

$$ASK = as_{12}d_{12} + as_{21}d_{21} + as_{23}d_{23} + as_{32}d_{32} + as_{13}d_{13} + as_{31}d_{31} \quad (2.16)$$

pero si la firma opera de tal forma que parte de 1 llevando tanto a los pasajeros que van a 3 como a los que van a 2, y en 2 recoge a los que van a 3, entonces

$$ASK = as_{13}d_{13} + as_{31}d_{31} \quad (2.17)$$

De donde se advierte que la expresión (2.16) es mayor que (2.17). La importancia de este ejemplo es notar que considerar una medida como (2.15) sin tener antecedentes acerca de la forma de operación de la firma puede llevar a un error, y no sólo en la cuantificación de  $ASK$ , sino también en el cálculo de  $LF$ .

Es importante rescatar finalmente que medir  $ASK$  por par  $OD$  sería correcto si la firma operara sólo haciendo viajes non-stop entre pares  $OD$  lo cual, si bien es una tendencia, no es cierto debido a la existencia de estructuras del tipo “*hub and spoke*” muy comunes en el mercado aéreo. En general, las aerolíneas operan de múltiples formas, pudiendo tener para un mismo par  $OD$  viajes directos o con escala, los cuales difieren bastante tanto en tarifas como en tiempo total de viaje.

En transporte aéreo la variable representativa de red ha sido el *número de puntos servidos (PS)* que corresponde al número de puntos sobre la red que son visitados regularmente. Algunos trabajos donde ha sido usada esta variable son: Caves *et al*, 1984; Baltagi *et al*, 1995, Creel y Farrell, 2001; Gillen *et al*, 1990; Kumbhakar, 1990; Liu y Lynk, 1999 y Windle, 1991. En tanto, en transporte ferroviario, la variable *largo de ruta* es la que se ha utilizado con mayor frecuencia. Ejemplo: Cantos, P. (2001), Graham, Couto, Adeney y Glaster (2003) y Savage (1997). En relación a variables de la forma flujo por distancia y *ASL*, algunos trabajos en transporte aéreo donde han sido usados es en Caves *et al*, 1984; Caves *et al*, 1987; Creel y Farrell, 2001; Gillen *et al*, 1991; Liu y Lynk, 1999 y Oum y Yu (1995). En tanto, *ASK* ha sido usado por intermedio del factor de carga, pero también como variable directa de la función de costo y representando el producto como en el trabajo de Formby *et al* (1990) y Keeler (2004).

### 2.3.6 Otros agregados

Existen dos formas más de agregar el producto de transporte de una forma que no es directo clasificarla en ninguna de las categorías anteriores. A continuación se describe tales formas de agregación.

#### Índice de producto

Generalmente, cada una de las componentes del vector de producto agregado es una variable de la función de costo. Sin embargo, en algunos trabajos se encuentra que el producto es considerado a través de un único indicador de producto. Un caso muy usado en transporte aéreo es el Índice Multilateral de producto definido en Caves *et al* (1981) como:

$$\ln \tilde{Y}_k = \sum_j \gamma_j^k \ln \left( \frac{\tilde{Y}_j^k}{\bar{\tilde{Y}}_j} \right) \quad (2.18)$$

donde el índice de producto agregado de la firma  $k$  ( $\tilde{Y}_k$ ) depende de  $j$  componentes agregadas  $\tilde{Y}_j^k$ .  $\bar{\tilde{Y}}_j$  es la media geométrica de la componente agregada  $j$  sobre todas las observaciones de la muestra en estudio. El coeficiente  $\gamma_j^k$  es la proporción promedio de ganancia asociada a cada agregado, es decir,

$$\gamma_j^k = \frac{R_j^k + \bar{R}_k}{2} \quad (2.19)$$

donde  $R_j^k$  es la proporción de ganancia asociada a la componente agregada  $j$  de la observación (firma)  $k$  y  $\bar{R}_k$  es la proporción promedio de la ganancia asociada a la componente agregada  $j$  sobre todas las observaciones (firmas) de la muestra.

Es importante notar, como restricción a cualquier tipo de análisis que considere variar las medidas agregadas del producto, que ninguno de los subagregados (argumentos del índice multilateral) puede ser cero.

En resumen, el índice de producto corresponde a una medida representativa de la magnitud de la producción de una firma con respecto al promedio. Agregaciones de este tipo es posible encontrar en Caves et al (1984), Kumbhakar (1990) y Oum y Yu (1998).

### **Vector Producto Hedónico**

Este tipo de medida fue propuesta por Spady y Friedlaender (1979). En este caso, el producto es descrito por un vector de la forma  $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_i, \dots, \phi_N)$  donde  $\phi_i = f(\tilde{Y}_i, Q_{ij})$  se obtiene de la siguiente expresión analítica:

$$\ln \phi_i = \ln \tilde{Y}_i + \sum_j \beta_{ij} \ln Q_{ij} \quad (2.20)$$

El vector producto hedónico en cada componente  $\phi_i$  representa una medida del agregado  $\tilde{Y}_i$  (que es de la forma flujo por distancia) junto con los atributos  $j$  asociados a dicho agregado. Al igual que en el caso del índice de producto, es importante destacar que evaluaciones en cero no están permitidas (ni para producto ni para atributos).

## 2.4 Antecedentes Empíricos de cálculo de indicadores

El uso y estudio de indicadores de estructura industrial se ha hecho una herramienta común de análisis, debido a que muchos de ellos pueden ser calculados a partir de una buena estimación de funciones de costo. En la mayor parte de los estudios en transporte aéreo, se estiman funciones tipo translog, con argumentos como precios de insumos, producto agregado y atributos del producto. En algunos trabajos se considera además una variable que describe la red a través del número de puntos servidos (*PS*). La incorporación de este tipo de variable ha provocado la distinción entre retornos a densidad (*RTD*) y retornos a escala (*RTS*). *RTD* dice relación con variaciones equiproporcionales del producto, manteniendo el tamaño de la red fijo, mientras que *RTS* mide el comportamiento de los costos, ante expansiones equiproporcionales del producto en un contexto donde el tamaño de la red es variable.

Diversos aspectos adicionales han sido estudiados en el transcurso del tiempo como productividad, competitividad y eficiencia (Caves et al, 1983; Oum y Yu, 1998 y Windle, 1991), además de retornos a escala y retornos a densidad. He aquí una síntesis de los principales trabajos durante los últimos veinte años que tocan el tema de *RTS* y *RTD* en funciones de costo con producto agregado en diversos mercados.

**Caves, Christensen y Tretheway (1984):** En este trabajo los autores estudian *RTD* y *RTS* para las aerolíneas norteamericanas troncales y locales e intentan identificar y explicar los orígenes de las diferencias de costos entre estas.

Con un panel de datos durante el periodo 1970-1981, se estiman dos funciones de costo tipo translog de corto y largo plazo, donde las variables están desviadas con respecto a la media de la muestra. Este trabajo fue pionero en incorporar dentro de la especificación de la función de costo una variable asociada al tamaño de la red. Hasta antes de este trabajo, la idea de tamaño de las firmas era asociada solamente al nivel de producto (agregado) de cada una de ellas. La incorporación de este tipo de variable (a través de *PS*) originó la distinción entre *RTD* y *RTS*, tal como ya se explicó.

El producto está expresado por medio del *índice de producto* como se muestra en la ecuación 2.18, conformado por un vector de agregados cuyas componentes son: *RPM* (sched), *RPM* (charter), *RTM* mail y *RTM* para otro tipo de carga. Los atributos considerados son *ASL* y *LF* además de *PS*.

El indicador *RTD* es definido a partir de la función de costo de largo plazo como el incremento proporcional del producto a partir de un aumento proporcional de todos los insumos manteniendo constante *ASL* y *LF*. *RTS* es definido en forma análoga, sólo que se permite variaciones en el número de *PS*. Analíticamente, los indicadores son expresados como:

$$RTD = \frac{1}{\eta_{\bar{y}}^{CT}} \quad (2.21)$$

$$RTS = \frac{1}{\eta_{\bar{y}}^{CT} + \eta_{PS}^{CT}} \quad (2.22)$$

donde  $\eta_{\bar{y}}$  es la elasticidad de la función de costo respecto al índice agregado de producto. Análogamente, a partir de la función de costo variable, los indicadores fueron calculados siguiendo a Caves et al (1981) como:

$$RTD = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\eta_{\bar{y}}^{CV}} \quad (2.23)$$

$$RTS = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\eta_{\bar{y}}^{CV} + \eta_{PS}^{CV}} \quad (2.24)$$

Cabe señalar que los atributos *ASL* y *LF* no son considerados de ninguna forma en el cálculo de los indicadores.

Los resultados obtenidos fueron  $RTS \approx 1$  y  $RTD > 1$  para ambas funciones de costo y para ambos tipos de firma, tanto en conjunto (en la media de la muestra) como por separado. Los autores finalmente concluyen que las diferencias de costos entre las firmas locales y troncales se deben, esencialmente, a un asunto de densidad de tráfico y *ASL*. El tamaño de la red no sería importante, pues durante el periodo analizado el número de *PS* de empresas troncales y locales era similar. Luego, sostienen que no hay vinculado un asunto de tamaño de red (aludiendo a lo

que es captado por medio de  $RTS$ ). Si las firmas locales son capaces de aumentar tales variables, entonces los costos unitarios disminuirán.

**Caves y Christensen (1988)** desarrollan una metodología para investigar la relación entre nivel de producto y productividad para seis industrias (en particular transporte aéreo). En este trabajo se investiga el rol de las economías de escala y economías de densidad, además de las economías provenientes a partir de hacer un buen uso de la capacidad, en el crecimiento de la productividad.

Los autores no estiman una nueva función de costo, sino que usan la función estimada de Caves et al (1984).  $RTS$  y  $RTD$  son calculados a partir de costos variables y definen los retornos de utilización ( $RTU$ ) como un fenómeno de corto plazo, medido como la expansión proporcional del producto bajo tamaño de red y stock de capital fijo. Dos casos son considerados:  $RTU_1$  cuando  $LF$  está fijo y  $RTU_2$  cuando  $LF$  es variable. De esta forma, lo que calculan es:

$$RTU_1 = \frac{1}{\eta_{\bar{y}}^{CV}} \quad (2.25)$$

$$RTU_2 = \frac{1}{\eta_{\bar{y}}^{CV} + \eta_{LF}^{CV}} \quad (2.26)$$

Adicionalmente,  $RTD$  es calculado bajo dos escenarios que difieren en el rol que juega el factor de carga.  $RTD_1$  representa la densidad de red a partir de un incremento en el producto, dejando constante el factor de carga y el tamaño de la red (consistente con Caves et al, 1984), en tanto que  $RTD_2$  representa la densidad de pasajeros, considerando un incremento proporcional en  $PK$  y  $LF$  manteniendo el tamaño de red constante.  $RTD_2$  es calculado a partir de las funciones de costo total y variable de la siguiente forma, respectivamente:

$$RTD_2 = \frac{1}{\eta_{\bar{y}}^{CT} + \eta_{LF}^{CT}} \quad (2.27)$$

$$RTD_2 = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\eta_{\bar{y}}^{CV} + \eta_{LF}^{CV}} \quad (2.28)$$

La importancia de que el factor de carga esté fijo o varíe tiene que ver con la forma en que estos retornos de utilización pueden ser aprovechados. Si  $LF$  está fijo, entonces dichos retornos se manifestarían por medio del aumento del número de vuelos con los mismos aviones (cambios de frecuencia de los viajes), en cambio si  $LF$  es variable, entonces los retornos se manifiestan a través de un mayor uso de la capacidad, es decir, más pasajeros en los mismos vuelos.

Los resultados en la media indican  $RTS=1$  y  $RTD>1$ , lo cual implica que sería recomendable que las firmas incrementaran la densidad sin aumentar el tamaño de sus redes. Lo anterior explicaría en parte el aumento de la productividad de algunas firmas.

Cabe consignar que en este trabajo los autores hacen referencia al producto como si este fuese representativo sólo del transporte de pasajeros, siendo que el producto (tal como fue descrito en Caves et al, 1984) corresponde a un índice dentro del cual *sólo una* de las variables corresponde al transporte de pasajeros. Es probable que la distinción no haya sido mencionada debido a que la proporción de la ganancia asociada al transporte de pasajeros siempre es mayor, por lo tanto cambios en esta variable o en la proporción de  $RPK$  modificarían al índice de producto en forma significativa. De todas maneras, en estricto rigor no es correcto no hacer la distinción.

**Gillen, Oum y Tretheway (1990)** estudian la existencia de economías de escala, pero para aerolíneas canadienses considerando la variable  $PS$  para representar el tamaño de la red. Los datos usados son anuales entre 1964-1981.

Se estima dos funciones de costo con producto agregado tipo translog para costos totales y variables. La función de costo variable considera, a diferencia de la función de costos totales, una medida del capital y una variable temporal que representa la tendencia temporal de los cambios tecnológicos.

El producto en ambas funciones de costo es descrito mediante el vector de producto hedónico. Los agregados considerados fueron  $RPK$  (sched),  $RTK$  (sched) para carga y  $RTK$  (charter) para pasajeros y carga, mientras que los atributos considerados fueron  $ASL$ ,  $LF$  y el promedio de

asientos por avión, todos para el servicio scheduled de pasajeros<sup>2</sup>. La variable *PS* no constituye una variable del producto hedónico ya que el transporte de pasajeros y carga se lleva a cabo sobre la misma red.

La medida utilizada para *RTD* corresponde al inverso de la suma de las elasticidades costo respecto del producto, manteniendo constante los atributos y la variable de red. *RTS* es medido de igual forma, pero permitiendo variaciones en el tamaño de la red. Analíticamente,

$$RTD = \frac{1}{\eta_{\phi_{RPK}}^{CT} + \eta_{\phi_{RTK_{sch}}}^{CT} + \eta_{\phi_{RTK_{ch}}}^{CT}} \quad (2.29)$$

$$RTS = \frac{1}{\eta_{\phi_{RPK}}^{CT} + \eta_{\phi_{RTK_{sch}}}^{CT} + \eta_{\phi_{RTK_{ch}}}^{CT} + \eta_{PS}^{CT}} \quad (2.30)$$

Los resultados obtenidos por los autores para *RTD* y *RTS* a partir de la función de costo total indican la existencia retornos crecientes a densidad en todos los puntos (siendo mayores para las aerolíneas más pequeñas) y retornos constantes a escala.

Los autores consideraron, al igual que en Caves *et al* (1984), la estimación de una función de costo variable debido a que no es cierto que las firmas estarían en equilibrio y que pueden ajustar todos los insumos a sus niveles óptimos. *RTD* y *RTS* son medidos a través de las expresiones derivadas para el caso de trabajar con costos variables siguiendo la metodología de Caves *et al*, 1981.

Los resultados indican  $RTD > 1$  para todos los niveles de producto y  $RTS = 1$ . Lo anterior significa que las firmas más pequeñas, en relación a las más grandes, tendrían un costo unitario mayor. En términos de política, se propone colusión de las firmas regionales en una sola gran empresa. Los autores advierten que el hallazgo de retornos constantes a escala implicaría que las firmas más pequeñas, si alcanzan densidades de tráfico similares a las de una firma grande, no tendrían desventajas en costos, pero señalan que aspectos relacionados con demanda podrían favorecer la operación de firmas sobre redes más extensas.

---

<sup>2</sup> Los autores dicen que inicialmente consideraron en la función de costo atributos para *RTK* (sched) y *RTK* (charter), pero que no resultaron estadísticamente significativos.

**Formby et al (1990)** En este trabajo se investiga los cambios en los costos de las aerolíneas denominadas “mayor”<sup>3</sup> (que coincide con las aerolíneas troncales) entre distintos periodos. El objetivo de esto reside en cuantificar el efecto de la desregulación sobre los costos.

Para esto, se utilizó 3 muestras cuya información es trimestral. Las muestras abarcan los siguientes periodos: 1976:1-1977:4, 1979:3-1981:2 y 1984:1-1985:4. Se estiman 3 funciones de costo total tipo translog desviada con respecto a la media. El producto es descrito mediante asientos-millas disponibles para pasajeros (*ASM*) y toneladas-millas disponibles para carga (*ATM*). Los atributos usados son cuatro, que se detallan a continuación. *Densidad de Tráfico (TD)* entendido como la razón entre el número de pasajeros sobre el número de puntos servidos. *Utilización de equipamiento de vuelo (AU)*, definido como la razón entre el número de horas de uso de los aviones sobre el número de aviones operados. *Average Stage Length (ASL)*, entendido como la distancia promedio por vuelo y *LF* como indicador de uso de capacidad tanto de pasajeros y carga.

Aún cuando el énfasis no está en calcular indicadores de escala sino en explicar las diferencias en costos mediante la descomposición de éstos para calcular un índice de eficiencia, es importante notar que el producto es descrito mediante indicadores de oferta y no de producto (asociado a flujos). Por otro lado, la variable densidad de tráfico sólo toma en cuenta al transporte de pasajeros, dejando de lado lo que es carga. Finalmente, para obtener un solo indicador de uso de la capacidad (*LF*) debió agregarse el flujo de pasajeros con el de carga (y lo mismo con las ofertas respectivas) lo que si bien ha sido hecho en la literatura, no es una buena agregación porque las condiciones de transporte de carga y pasajeros son muy distintas.

El trabajo de **Kumbhakar (1990)** es muy parecido al de Caves et al (1984). Los datos son exactamente los mismos, agregando tres años más de datos al panel cuya construcción es similar a los otros datos. El producto es agregado por medio del índice de producto, cuyas componentes agregadas son las mismas que aquellas usadas por Caves et al. Los atributos también son *ASL*, *LF* y *PS*. La diferencia con el trabajo de Caves et al es la forma funcional de la función de costo

---

<sup>3</sup> Esta denominación, de acuerdo a la ATA, la reciben aquellas aerolíneas cuya ganancia supera el billón USD.

total estimada: una forma tipo McFadden simétrica generalizada descrita en 2.9. La justificación de esto radica en la facilidad para imponer condiciones de regularidad sin generar conflictos en la flexibilidad de la función. En este caso, el autor no estima directamente la función de costo, sino que estima elasticidades. El sistema completo está formado por las elasticidades y por las ecuaciones derivadas del lema de Shephard.

Los indicadores *RTD* y *RTS* son calculados de la misma forma que en Caves et al (1984) en tres puntos: en la media de la muestra, y en dos subperíodos pre y post-regulación encontrándose en todos ellos retornos crecientes, tanto a escala como a densidad, sin embargo estos retornos irían en descenso. En particular, el autor señala que el descenso de *RTS* indicaría que las ganancias en eficiencia para las aerolíneas fusionadas serían pequeñas.

**Windle (1991)** realiza una comparación de productividad y costos entre distintas aerolíneas del mundo. El autor intenta validar la hipótesis de que las aerolíneas norteamericanas serían más eficientes que sus similares extranjeras, en particular a las de Europa.

En este trabajo no se estima una nueva función de costo, pues los parámetros reportados corresponden a los estimados en un trabajo previo (Caves, Christensen, Tretheway y Windle, 1987). La función estimada en tal trabajo es una función tipo translog para *CV*. Los datos usados son de frecuencia anual para 1983. El total de firmas investigado fue 41, siendo 14 de ellas norteamericanas. Windle firma que la competitividad de las aerolíneas depende parcialmente de la productividad, por lo que el trabajo está centrado en el análisis de un índice de productividad (TFP) y no en el cálculo de indicadores de escala.

El producto es descrito mediante el índice de producto cuyos agregados son: *RPM* (sched), *RTM* (sched) para correo, *RTM* (sched) para carga y *RTM* (charter) que incluye pasajeros y carga. Los atributos nuevamente son *ASL*, *LF* y *PS*.

El análisis se realiza sobre la base de comparar diferencias *normalizadas* de costo (donde el índice de producto de las firmas está normalizado con respecto al índice de producto promedio de la firma promedio norteamericana) que representan distintas regiones. Los resultados revelan que las aerolíneas norteamericanas tendrían dos fuentes de gran peso en sus costos: precio de la

mano de obra y densidad de tráfico. El autor señala que los altos precios pagados por la mano de obra norteamericana en relación al resto de las aerolíneas, son compensados con creces por las altas densidades de tráfico, factor que incide fuertemente en el nivel de productividad de estas firmas, por lo que se recomienda incrementar la densidad de tráfico debido a que es fuente de productividad. Windle señala que las políticas regulatorias europeas deberían ir en la dirección de permitir que las firmas incrementen sus niveles de densidad.

Algo extraño en este trabajo es que Windle afirma que agregar las diversas componentes del producto para obtener una sola medida es correcto siempre y cuando en una determinada industria existan retornos constantes a escala. Esto último es contradictorio con el hecho de medir la existencia de economías de escala (por medio de *RTD*), ya que él mismo supone que los retornos son constantes.

**Oum y Zhang (1991)** trabajan con dos funciones de costo variables para aerolíneas canadienses. La diferencia entre ambas especificaciones radica en el tratamiento dado al capital. En una de ellas, es un argumento directo de la función de costo y en la otra, es un argumento expresado mediante una función que considera una tasa de uso de capital.

El uso de estimaciones de la función de costo variable radica en que las firmas no son capaces de minimizar el gasto respecto a todos los insumos. De esta forma, los autores introducen el concepto de insumo quasi-fijo, lo que significa que en periodos de corto plazo se aceptan variaciones en la cantidad utilizada, pero pequeñas. Los autores señalan que la importancia de tratar al capital de esta manera se basa en que los resultados obtenidos a partir del método convencional (en el cual esta distinción no es realizada) serían sesgados debido a un problema de error en variables.

*RTD* y *RTS* son calculados para una estructura de producción de corto plazo. Los resultados obtenidos, si bien difieren entre ambos métodos, son *mu*y parecidos; muestran la existencia de retornos crecientes a densidad y retornos constantes a escala.

**Keeler y Formby (1994)** estiman los costos de las aerolíneas en dos cortes posteriores a la desregulación (1984-1985 y 1989-1990) de la industria norteamericana. Para esto se estima una

función de costo total tipo translog, función de los agregados toneladas-millas disponibles (*ATM*) para carga y asientos-millas disponibles (*ASM*), cuatro insumos (mano de obra, capital, energía y otros) y tres atributos (distancia media, hub y densidad de tráfico). La variable hub es medida como la razón entre largo del viaje promedio (*DM*) y largo promedio de la etapa (*ASL*) y, según los autores, corresponde a una medida del grado de concentración de actividades en algún punto de la red. Densidad de Tráfico es entendida como la razón entre el flujo de pasajeros y puntos servidos.

Los autores afirman que existirían economías de densidad de tráfico y economías de diversidad, pero no economías de escala. Afirman que las fusiones ocurridas se deben a la existencia de estas economías. Sin embargo, los resultados obtenidos provienen de definiciones bastante distintas a las usadas con frecuencia.

Las economías de densidad son medidas como la elasticidad costo respecto a la variable *densidad de tráfico (TD)*, manteniendo todas las otras variables constantes (incluyendo al producto, que en particular es medido por medio de agregados que representan oferta mejor que producto). Además, no se considera al transporte de carga, pues la densidad de tráfico, es una medida asociada sólo al traslado de pasajeros. Más aún, variaciones de la densidad de tráfico podrían provenir tanto de cambio en el flujo de pasajeros como en el tamaño de red, o ambos. En particular, variaciones en el tamaño de red es un problema asociado a *RTS* y no a *RTD*.

Por otro lado, las economías de escala son medidas como el inverso de la suma de las elasticidades costo respecto a cada uno de los productos, es decir:

$$RTS = \frac{1}{\tilde{\eta}_{ASM} + \tilde{\eta}_{ATM}} \quad (2.31)$$

La definición anterior no concuerda con el resto de los trabajos, pues en este contexto, variaciones en el tamaño de la red no estarían permitidas. Más aún, los autores usan  $c_{ij}$  (que sirve para analizar complementariedad de costos) como una medida de diversidad.

**Baltagi, Griffin y Rich (1995)** estudian los cambios en los costos de las aerolíneas estadounidenses pre y post-desregulación, que serían atribuidos a cambios técnicos, economías de escala, economías de densidad y precios de insumos. Para esto, los autores cuentan con datos de panel para 24 aerolíneas norteamericanas en el período 1976-1981. Con una función tipo translog para los costos variables, los autores calculan, entre otras cosas, los indicadores de escala.

En este trabajo, los autores no detallan explícitamente de qué manera agregan los diversos agregados con lo que trabajan, lo que impide comprender bien la metodología usada. Se señala que *RTD* es medido directamente como el inverso de la suma de las elasticidades costo-producto ( $\tilde{\eta}_Y$ ) y costo-capital<sup>4</sup> ( $\tilde{\eta}_K$ ), es decir:

$$RTD = \frac{1}{\tilde{\eta}_Y + \tilde{\eta}_K} \quad (2.32)$$

mientras que en el cálculo de *RTS* se considera además el producto de las elasticidades costo-*PS* y *PS*-producto ( $\tilde{\eta}_{PS}\tilde{\eta}_Y^{PS}$ ) y el producto de las elasticidades costo-*ASL* y *ASL*-producto ( $\tilde{\eta}_{ASL}\tilde{\eta}_Y^{ASL}$ ), es decir:

$$RTS = \frac{1}{\tilde{\eta}_Y + \tilde{\eta}_K + \tilde{\eta}_{PS}\tilde{\eta}_Y^{PS} + \tilde{\eta}_{ASL}\tilde{\eta}_Y^{ASL}} \quad (2.33)$$

Es importante notar que si bien los autores dicen seguir a Caves *et al* (1981) para calcular *RTS* a partir de una función de costo variable, consideran en el denominador la elasticidad de costo variable del capital. El hecho de considerar variaciones en los niveles de capital en un contexto de corto plazo es bastante extraño, dado que en el corto plazo el capital se asume fijo, constituyendo una restricción para las firmas que optimizan el uso de recursos para minimizar costos. Por otro lado, en este trabajo no se entrega ninguna razón de estimar los indicadores *RTD* y *RTS* de esta forma.

---

<sup>4</sup> En otros trabajos la forma de hacer esto, a partir de una función para costos variables, ha sido mediante la expresión derivada por Caves *et al* (1981) válida para una tecnología de producción homotética.

Los resultados obtenidos revelan retornos crecientes a densidad y retornos constantes a escala, que junto con el resto de los análisis realizados llevan a los autores a concluir que las diferencias, en costos, entre las firmas más pequeñas hacia 1986 fueron del orden de un 11%, lo que ayuda a explicar la baja tasa de sobrevivencia de este tipo de firmas.

**Oum y Yu (1998)** investigan los aspectos relacionados con competitividad de las 22 aerolíneas más grandes del mundo entre 1986-1993. El objetivo de este estudio está centrado en reconocer fuentes de competitividad.

Se estima una translog para costos variables, considerando un índice de producto agregado como función de cuatro componentes agregadas: *RPK* (sched), *RTK* (sched) para carga, *RTK* mail y *RTK* (charter), cinco categorías de insumos (mano de obra, energía, equipamiento de vuelo, otros y materiales) y *ASL* como atributo del producto y un factor de eficiencia definido como  $LF \times K$ .

Similarmente al trabajo de Windle (1991), los resultados fueron usados para descomponer diferencias de costos entre aerolíneas, en potenciales fuentes de productividad como precios de insumos, atributos del producto y red, además un factor de eficiencia con el objeto de reconocer que existen firmas más eficientes que otras. Los autores muestran que mayores niveles de eficiencia ayudan a reducir los costos unitarios de la mayoría de las aerolíneas norteamericanas.

**Liu y Lynk (1999)** estudian economías de escala para las 11 aerolíneas norteamericanas más grandes. Los datos son de panel con observaciones anuales entre 1984-1991.

Se estiman dos funciones de costo (total y variable) con una forma funcional tipo Cobb-Douglas. El producto es expresado en *RPM* y los atributos son *ASL*, *LF* y *PS*. Los autores señalan que los datos que poseen no permiten estimar una translog, por esa razón tuvieron que trabajar con esta forma funcional. El uso de una forma funcional tipo Cobb-Douglas tiene como supuesto que la firma exhibe retornos constantes a escala. Dado que esto es una limitación para la estimación de los indicadores, los autores además estiman una Cobb-Douglas en la que el producto es tratado como una variable cuadrática. De esta forma, los autores señalan que romperían con la linealidad. Esto último es algo extraño pues los autores dicen que la elasticidad de los costos con

respecto al producto en este modelo sería  $\beta_{RPM} + 2\beta_{RPM-RPM}RPM$  (donde  $\beta_i$  es el coeficiente lineal con  $RPM$  y  $\beta_{ii}$  es el coeficiente del término cuadrático de  $RPM$  en el modelo) lo que no es correcto. Lo más similar podría ser  $\beta_{RPM} + 2\beta_{RPM-RPM} \ln(RPM)$  donde el segundo término proviene de derivar  $\beta_{RPM-RPM} \ln^2(RPM)$ , donde en estricto rigor el producto no está expresado en forma cuadrática, pues si así lo fuera agregar  $\ln(RPM^2)$  es lo mismo que tener  $2 \ln(RPM)$  lo que no sería de aporte.

El producto es descrito sólo mediante  $RPM$ , señalando que con este agregado es suficiente ya que la magnitud de otro agregado comparado con  $RPM$  es mínima. Lo anterior, es de alguna manera similar al argumento que usa Caves et al (1988) cuando se hace el análisis de los indicadores de escala, sólo que en este caso el producto está descrito mediante el índice de producto, pero al momento de hacer un análisis sólo se hace mención al transporte de pasajeros, siendo que en el índice de producto también hay agregados asociados al transporte de carga.

Los autores calculan  $RTD$  y  $RTS$  siguiendo la forma de cálculo de Caves et al (1984), pero el producto está medido sólo como  $RPM$  y no como un índice de agregados del producto, es decir

$$RTD = \frac{1}{\eta_{RPM}^{CT}} \quad (2.34)$$

$$RTS = \frac{1}{\eta_{RPM}^{CT} + \eta_{PS}^{CT}} \quad (2.35)$$

Los valores para  $RTD$  a partir de ambas funciones de costo indican retornos crecientes a densidad. De la función de costo total, existirían retornos crecientes a escala. A partir de la función de costo variable,  $RTS$  resulta ser cercano a uno, lo cual indica que en el largo plazo, existirían retornos constantes a escala.

Cabe destacar que tras la estimación de los parámetros, el coeficiente asociado a la variable puntos servidos de la función de costo de largo plazo resulta ser muy pequeño y no significativo estadísticamente.

Finalmente, los autores señalan que el hecho de que en el largo plazo haya retornos crecientes a escala se debe a una característica permanente de la industria más que a un fenómeno transitorio.

**Creel y Farrell (2001)** analizan la existencia de economías de escala en la industria norteamericana tras el periodo de desregulación. Para ello cuentan con un panel de datos con observaciones trimestrales durante el periodo 1983-1989 para siete de las diez aerolíneas más grandes de Estados Unidos.

El trabajo de los investigadores resulta novedoso por cuanto el estudio de economías de escala se hace mediante una función de costo estimada como una aproximación en serie de Fourier. También se estima una función tipo translog, con el objeto de comparar resultados.

En el estudio, se considera dos especificaciones para la función de costo, teniendo en común precios de insumos (mano de obra, energía, capital y materiales), producto (medido como *RPM*) y atributos del producto (*LF* y *ASL*). La diferencia es que en una especificación se usa número de puntos servidos como variable descriptora de red y en la otra, pares de ciudades servidas y un coeficiente de Gini que tiene por objeto medir el grado de concentración de actividades en algún punto de la red.

*RTD* es calculado como el inverso de la elasticidad costo con respecto al producto (*RPM*) y *RTS* de igual forma, incluyendo la elasticidad respecto a la variable de red. Los resultados reportados (para ambas especificaciones) revelan la existencia de economías de escala (*RTS*), pero sólo a niveles moderados de producto; a niveles altos no existirían. Los autores afirman que los resultados obtenidos para los indicadores a partir de la aproximación en serie de Fourier serían consistentes con el comportamiento observado de los agentes de mercado y además, confiables por cuanto el uso de esta aproximación permite tener consistencia global (no así en el caso de una translog) luego, las inferencias serían válidas para todo el rango de datos.

-----

En relación a la credibilidad de los resultados obtenidos a partir de formas funcionales tipo translog ya ha habido antecedentes. Por ejemplo, en Gillen et al (1990) los autores ante el comentario de algunos economistas acerca de la validez de los resultados obtenidos a partir de la

estimación de una función tipo translog (esta entrega una aproximación cuadrática de la función válida sólo en el punto de aproximación), sostienen que se puede demostrar que la elasticidad estimada en todos los puntos son invariantes al punto de normalización si los parámetros estimados de la translog convergen globalmente.

En la Tabla 2.1 se sintetiza las características de las funciones de costo en transporte aéreo aquí resumidas y en la Tabla 2.2 se sintetiza los resultados (*RTD* y *RTS*), conclusiones de política y el posible estudio de *SC*.

## **2.5 Avances en el cálculo de economías de escala y diversidad**

### **2.5.1 Análisis de Escala**

La estimación de funciones de costo con producto agregado ha generado ambigüedad en la forma de cálculo de los indicadores de escala. De esta forma, se puede advertir que en la literatura el grado de economías de escala ha sido calculado mediante los indicadores *RTD* y *RTS*, definidos en las ecuaciones (2.2) y (2.3) respectivamente, donde  $\eta_j$  es la elasticidad costo respecto a la componente agregada  $j$  y  $J$  es un subconjunto de agregados que no tiene una definición precisa.

Jara-Díaz y Cortés (1996) generaron un método para calcular el grado de economías de escala, donde la definición de un subconjunto  $J$  ya no es confusa. Analíticamente, el método es consistente con la definición de producto de transporte (Jara-Díaz, 1982a), pues surge a partir de observar que la función de costo estimada, que depende de agregados del producto ( $\hat{C}(\tilde{Y}(Y))$ ) es una aproximación de la verdadera función de costo  $\hat{C}(Y)$  que depende directamente del vector producto. Por lo tanto, al reconocer que cada componente agregada es función de producto desagregado es posible aceptar que  $\hat{C}(Y) \equiv \hat{C}(\tilde{Y}(Y))$ .

A partir de la definición desagregada de economías de escala, Jara-Díaz y Cortés (1996) demuestran que si los agregados (tanto productos como atributos) dependen implícitamente del vector producto desagregado, entonces el cálculo correcto de escala es consistente con:

$$\tilde{S} = \frac{1}{\sum_j \alpha_j \eta_j} \quad (2.36)$$

donde  $\alpha_j$  es la suma de las elasticidades del producto agregado  $j$ -ésimo con respecto al producto desagregado y  $\eta_j$  es la elasticidad de la función de costo con producto agregado respecto al agregado  $j$ . Los coeficientes  $\alpha_j$  actúan como ponderadores de las elasticidades de los agregados y serían una medida del grado de homogeneidad de los agregados respecto del vector producto desagregado.

Los autores calculan estos ponderadores para diversos agregados cuando estos pueden ser expresados analíticamente en función del vector producto. Así, haciendo algunos supuestos acerca de la operación de la firma para poder escribir analíticamente la dependencia del agregado con respecto al vector producto por ejemplo, obtienen rangos o valores para tales coeficientes. En particular, sostienen que la distancia media ( $DM$ ) nunca debería ser considerada en el cálculo de escala, debido a que el ponderador para este agregado resulta ser cero. En esta dirección, Oum y Zhang (1997) sostienen que el método de Jara-Díaz y Cortés (1996) sería válido en el contexto en que el tamaño de red es constante, es decir para  $RTD$ .

En todo caso,  $DM$  podría cambiar aún cuando el tamaño de la red (medido por medio del número de puntos servidos) no lo haga. Esto ocurriría como consecuencia de cambios en la estructura de rutas, es decir, variaciones en la forma como se visitan los pares  $OD$ , lo cual significa que eventualmente las distancias entre distintos pares  $OD$  pueden variar ante un aumento en el nivel de flujos (Basso y Jara-Díaz, 2003). Cabe señalar que aspectos de red no han sido tratados con mayor detalle en la literatura en transporte aéreo, sin embargo han sido mencionados como importantes para justificar por ejemplo la existencia de economías de diversidad en la formación de redes del tipo *hub and spoke* “*Theoretically, two similarly sized firms could enjoy differential economies of scope through different network structure*”(Goetz, 2002), pero en la práctica no hay trabajos en transporte aéreo donde esto se aborde en profundidad.

Es importante mencionar que previo al trabajo de Jara-Díaz y Cortés (1996) hubo otros avances en cuanto a la forma de medir indicadores de escala. Por ejemplo, en el trabajo de Xu et al. (1994) en transporte camionero, los retornos a escala fueron medidos por medio de la derivada total de la función de costo respecto al producto (medido en *RTM*), tomando en cuenta las fuertes correlaciones encontradas entre producto y características de operación de la firma. Similarmente, el trabajo de Baltagi et al (1995), sigue esta línea de alguna manera al momento de calcular los retornos a escala.

En transporte ferroviario, el trabajo de Filippini y Maggi (1992) trata en parte el tema de estructura. Los autores señalan que las economías de escala de la manera en que son medidas en el contexto de la industria manufacturera son economías de densidad en un contexto donde existe red, porque el tamaño y la estructura de la red permanecen fijas. De esta manera, justifican incorporar como variable explicativa a la estructura de la red para la estimación de la función de costo sobre la base de que productos distintos podrían ser producidos sobre redes de distinta forma y tamaño. De igual forma, el mismo vector producto podría proceder de redes de distinta forma, de ahí la relevancia que en la función de costo se considere esta variable. Es más, a partir de la incorporación de este tipo de variable en la función de costo, los autores distinguen tres tipos de economías. La primera, como *Economías de densidad* (entendidas como la relación entre insumos y producto a red fija). La segunda, como *Economías de escala* (con estructura de red constante) y por último, *Economías de estructura de red* (con tamaño de red constante).

Recientemente, el aspecto de red es tratado en Jara-Díaz y Basso (2003) mediante diversos ejemplos sencillos, pero en Basso y Jara-Díaz (2006a) esto se discute con mayor detalle. Lo crucial es distinguir que no considerar cambios en la estructura de rutas ante un aumento equiproporcional de los flujos es un problema que en la literatura está asociado a densidad (medido a través de *RTD*) en tanto que si las variaciones en la estructura están permitidas, entonces el fenómeno a estudiar es por definición economías de escala (medido a través de *S*). La diferencia en la forma de cuantificar ambos indicadores radica en el peso que tienen los ponderadores de agregados o atributos, pues en un contexto de tamaño de red fija, las distancias permanecen constantes y por lo tanto las variaciones de agregados de la forma flujo por distancia son homogéneas ante este cambio, no ocurriendo lo mismo cuando las distancias se asumen variables. Dado lo anterior, es de esperar que *S* sea mayor que *RTD*. Es importante destacar que

cambios en la estructura de ruta no implica cambios en el tamaño de la red. Esto último si bien es cubierto por el indicador *RTS*, su uso no es confiable como se verá a continuación.

### 2.5.2 Análisis de diversidad

Los antecedentes revisados previamente dejan ver que si bien se ha avanzado en la metodología de cálculo de indicadores de escala en un contexto de tamaño de red fija, el carácter espacial del producto, involucrado en el cálculo de *RTS*, aún es fuente de conflictos. Por ejemplo, Jara-Díaz, Cortés y Ponce (2001) muestran que *cambios en el número de puntos servidos (PS)* están asociados directamente con aumentos en el número de componentes del vector producto y por ende, con su dimensión. Se muestra que un tipo específico de economías de diversidad puede ser calculado a partir de funciones de costo con producto agregado que tienen la variable *PS* como argumento: se trataría de economías de diversidad espacial. En consecuencia, señalan que no es correcto estudiar un fenómeno más bien vinculado diversidad como si fuese de escala.

### 2.5.3 Críticas a *RTS*

Basso y Jara-Díaz (2006b) analizan el indicador *RTS* con el objeto de comprender qué se estudia en realidad cuando se trabaja con este indicador. Finalmente, señalan que tal indicador es ambiguo debido a tres razones:

- Bajo definiciones distintas para la variable de red se podría estudiar fenómenos distintos. Por ejemplo, en transporte aéreo, la variable puntos servidos (*PS*) tiene relación directa con la dimensión del vector producto y por ende, aumentos de esta variable estarían asociados a un fenómeno de “escala” (*RTS*). Sin embargo, en transporte terrestre, existen definiciones como largo de ruta (*LR*), que no tiene una relación tan directa con la producción. Podría ocurrir que *LR* aumentara manteniendo la dimensión del vector producto invariante; el número de nodos podría ser el mismo y por lo tanto, incrementos en esta variable estarían asociados a un fenómeno de densidad.
- No se sabe de qué forma cambia el producto ante expansiones de la red.

Haciendo una distinción entre los productos (flujos *OD*) que la firma sirve previo a la expansión de red y los productos que se incorporarán después de ésta, la pregunta es qué ocurre con el nivel de los flujos originales después de expansiones de la red, pues estudiar

expansiones del producto y red obligando a que la variación entre agregados y la variable de red sea idéntica (supuesto de densidad constante) se traduce en imponer restricciones sobre los flujos nuevos. En el contexto de *RTS* lo que se intenta estudiar es qué ocurre con los costos cuando el producto se expande en forma equiproporcional en una red de tamaño variable, a densidad constante. El problema, justamente, surge a partir del supuesto de densidad constante entendida como la razón entre agregados sobre la variable de red.

- Supuesto de Densidad constante.

Implicancias del supuesto se resumen en que a mayor número de agregados considerados en la función de costo para describir el producto, mayor es el número de restricciones simultáneas sobre las componentes del vector producto, independiente de si son incluidos o no en el cálculo de *RTS*.

Los autores estudian algunos casos con agregados como *RPM* y *DM* bajo las propiedades de *RTS*. Se muestra que éstas últimas inducen condiciones sobre los agregados y por ende, sobre el vector producto. Por último, los autores señalan que aún cuando los problemas de *RTS* pudieran ser resueltos, el indicador todavía no sería capaz de entregar información no objetable en términos de política de estructura industrial. Por esta razón, terminan desechando a *RTS* como indicador útil para realizar este tipo de análisis. En vista de lo anterior, los mismos autores plantean las bases de un método para calcular lo que se intentaba por medio de *RTS*.

Sobre la base de la definición conceptual de escala, Basso y Jara-Díaz (2006b) afirman que lo que se suele llamar *RTD* en términos agregados, tiene una correspondencia con el concepto de escala en términos desagregados. Sin embargo *RTS* no tendría una interpretación como un fenómeno de escala en términos desagregados, pues cuando la variable de red varía (que en transporte aéreo corresponde al número de puntos servidos) se generan nuevos potenciales pares *OD* que la firma puede servir. Al ser servidos, nuevos flujos *OD* serían incorporados en la producción, por lo que el vector producto desagregado deja de ser el mismo; la dimensión cambia por definición (Jara-Díaz, 1982). De lo anterior, se desprende que variaciones en el tamaño de la red no pueden estar asociadas a un fenómeno de escala, sino más bien a uno de diversidad.

## 2.5.4 Enfoque para calcular economías de diversidad

Jara-Díaz y Basso (2005) intentan crear un método para calcular  $SC$  espacial en funciones de costo con producto agregado, cuando la variable de red corresponde a  $PS$ .

La idea de un método para calcular economías de diversidad espacial se sustentaría en la óptica desagregada usada en Jara-Díaz y Cortés (1996), ya que de esta forma las definiciones de los indicadores en función del producto desagregado no admiten ambigüedad.

Dada una estimación de la función de costo con producto agregado, la variable  $PS$  como variable que describe el tamaño de la red y los valores de los agregados para la firma en las condiciones actuales (previo a la expansión de red), Jara-Díaz y Basso (2005) afirman que para calcular economías de diversidad espacial se requiere evaluar la siguiente expresión:

$$SC_R = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}_R, PS_R) + \tilde{C}(\tilde{Y}_{M-R}, PS_M) - \tilde{C}(\tilde{Y}_M, PS_M)}{\tilde{C}(\tilde{Y}_M, PS_M)} \quad (2.37)$$

donde  $\tilde{Y}_R$  y  $\tilde{Y}_{M-R}$  son, respectivamente, los agregados de la firma asociados a la producción de un conjunto de  $R$  y  $M-R$  productos desagregados, que constituyen una partición ortogonal del vector producto desagregado.

### Condición

Debido a los problemas que surgen a partir del supuesto de densidad constante, los autores imponen como condición que el *flujo promedio por par OD* por tipo de carga permanezca constante. Tal condición es razonable y compatible con la idea de agregar nuevos productos (asociada al concepto de economías de diversidad) y permite calcular los valores de los agregados una vez que la red ha crecido. Analíticamente, el índice de densidad que permanecería constante se escribe como:

$$IDA^k = \frac{\sum_{i,j} y_{ij}^k}{PS(PS - 1)} \quad (2.38)$$

El denominador  $PS(PS-I)$  corresponde al número de pares  $OD$  de la red sobre la cual la firma opera. Mediante este supuesto, y estableciendo relaciones analíticas entre los agregados considerados en la función de costo o recurriendo a información adicional, es posible estimar los valores de los agregados cuando la red ha crecido, y como consecuencia calcular  $SC$  espacial. Es importante destacar que considerar *todos* los pares  $OD$  no está vinculado a un asunto de estructura. Ciertamente, la firma que cuenta con un punto servido más, escoge las rutas y la forma de operación entre ese nuevo punto y el resto de la red.

Una aplicación metodológica de este tipo se encuentra en Basso y Jara-Díaz (2005) a partir de los datos reportados en Gillen et al (1990). Con respecto a este trabajo es relevante distinguir el rol de atributos como  $ASL$  que es una variable de mucho uso en la literatura en transporte aéreo y si bien se relaciona con distancia media, no es lo mismo.

Es importante señalar, finalmente, que para dar recomendaciones de política de estructura industrial es crucial contar con estimaciones consistentes con la teoría microeconómica del grado de economías de escala y por cierto, de distintos tipos de economías de diversidad. Pero de todas maneras sería relevante tener en cuenta otros aspectos, que debieran ser considerados al momento de proponer políticas. Tal es el caso de "fallas de mercado" o la presencia de externalidades, que también juegan un rol. En esta línea se han desarrollado algunos trabajos que consideran estos y otros aspectos. Por ejemplo, el trabajo de Schipper (2002) pone especial énfasis en los costos medioambientales que se generan de la operación de las aerolíneas y el impacto de la liberalización de éstas, mediante un análisis de beneficios, caracterizando a este mercado como oligopólico. Tras modelar ambas situaciones de interés (mercado regulado y liberalizado) el autor repasa en que aspectos importantes en el análisis son la variación en el grado de colusión y las facilidades de entrada al mercado.

Otros trabajos, en tanto, han profundizado en el estudio de las facilidades de entrada al mercado o el posible comportamiento de los agentes bajo este tipo de amenaza. De todos modos, los aspectos mencionados serían complementarios a este tipo de análisis, cuya idea reside en calcular los indicadores en forma consistente con la teoría microeconómica involucrada.

## 2.6 Síntesis

En este capítulo se han definido los principales indicadores usados para el estudio de estructura industrial: *RTD* (Returns to density) y *RTS* (Returns to scale). Ambos indicadores son calculados a partir de las elasticidades costo-producto y red provenientes de una función de costo estimada con producto agregado.

Existen diversas especificaciones para la función de costo, sin embargo la de mayor uso en la literatura en transporte aéreo en los últimos 20 años es la translog, la cual facilita el cálculo de *RTD* y *RTS* en la media de las variables.

A partir de los antecedentes revisados en la literatura, se advierte que las formas de describir el producto son muy parecidas. Así, se suele trabajar con agregados de la forma flujo por distancia (*RPM: Revenue Passenger-miles*, *RTM: Revenue Ton-miles*), un par de variables denominadas atributos (como *ASL* y *LF*) y una variable representativa de la red, que en transporte aéreo es usualmente *PS*. A veces, se suele agregar estas variables (ej: Índice de producto), sin embargo lo central en el uso de agregados es comprender la relación existente entre estas variables y el producto real de transporte.

Jara-Díaz y Cortés (1996) proponen un método para calcular *RTD* basado en un enfoque desagregado, donde lo importante es identificar la relación entre las variables agregadas y el producto desagregado. Dado esto, variables como los atributos sí son considerados en el cálculo de *RTD*, lo que hizo más transparente y consistente el cálculo de este indicador.

En cuanto al cálculo de *RTS* han surgido ciertas críticas que apuntan a invalidar este indicador para hacer recomendaciones de estructura industrial. Basso y Jara-Díaz (2006b) señalan que cambios en la variable de red no tiene que ver con un fenómeno de escala, sino mas bien con uno de diversidad, proponiendo una forma de calcular diversidad basado en un enfoque desagregado cuando el tamaño de la red varía. Justamente, tal enfoque será usado en el desarrollo de esta tesis para calcular otros tipos de diversidad, pues su fortaleza es que evita inconsistencias con la teoría microeconómica involucrada.

Tabla 2.1 Funciones de costo en transporte aéreo

Autor(es)	Estudio de	Especificación de la función de costo	Forma funcional	Datos	Producto $\tilde{Y}$	Atributos Q	Variable de red N	Definición de variables Q y N
Caves et al (1984)	Costos	$CV = f(\tilde{Y}, N, Q, K, W, F, T)$ $CV = f(\tilde{Y}, N, Q, W, F, T)$	Translog	Panel U.S 1970-1981 obs. anuales 208 observaciones 21 aerolíneas	Índice Multilateral (IM) $\ln \tilde{Y}_k = \sum_j \alpha_{jk} \ln \left( \frac{\tilde{Y}_{jk}}{\tilde{Y}_j} \right)$ $\alpha_{jk} = \frac{R_{jk} + \bar{R}_j}{2}$ Variables RPM (sched) RPM (charter) RTM mail RTM all other freight	ASL LF	PS	ASL: distancia promedio entre despegue y aterrizaje. LF: razón entre asientos-milla vendidos y asientos-milla de vuelo. PS: número de nodos en una red
Caves Christensen (1988)	Productividad	Igual a Caves et al (1984)	-  Obs: No se estima una nueva función de costo	Igual a Caves et al. (1984)	Igual a Caves et al. (1984)	ASL LF	PS	Igual a Caves et al (1984)

Autor(es)	Estudio de	Especificación de la función de costo	Forma funcional	Datos	Producto $\tilde{Y}$	Atributos Q	Variable de red N	Definición de Atributos Q y N
Gillen et al. (1990)	Costos	$CT = f(\phi_i, W, F, N)$ $CT = f(\phi_i, W, t, K, N)$ $\phi_i = f(\tilde{Y}_i, Q_i)$	Translog	Panel Aerolíneas Canadienses 1964-1981	$\ln \phi_i = \ln \tilde{Y}_i + \sum_j \beta_{ij} \ln Q_{ij}$ Variables RPK (sched) RTK freight (sched) RTK (charter): Incluye pasajeros y carga.	ASL LF	PS	No explícito
Kumbhakar (1990)	Costos	$CT = f(\tilde{Y}, W, Q, N, F, T)$	McFadden Generalizada	Panel Aerolíneas 1970-1984 obs: anuales 31 aerolíneas	Indice Multilateral $\ln \tilde{Y}_k = \sum_j \alpha_{jk} \ln \left( \frac{\tilde{Y}_{jk}}{\bar{Y}_j} \right)$ $\alpha_{jk} = \frac{R_{jk} + \bar{R}_j}{2}$ Variables RPM (sched) RPM (charter) RTM mail RTM all other freight	ASL LF	PS	Igual a Caves et al (1984)
Formby et al. (1990)	Efectos de la desregulación sobre los costos	$CT = f(\tilde{Y}, Q)$	Translog	Panales aerolíneas US 1978:1-1977:4 1979:3-1981:2 1984:1-1985:4 obs. Trimestrales 9 firmas	ASM ATM of freight	TD ASL LF AU  Ps está en DT	-	TD: pasajeros sobre PS ASL: distancia promedio de los vuelos (trim.) LF: RTM/ATM para todos los servicios. AU: total de rev hrs de uso de la flota (trimestral)

Autor(es)	Estudio de	Especificación de la función de costo	Forma funcional	Datos	Producto $\tilde{Y}$	Atributos Q	Variable de red N	Definición de Atributos Q y N
Windle (1991)	Productividad	$CV = f(\tilde{Y}, W, K, Q, N, T, F, g)$ Obs: la función de costo es estimada en Caves et al (1987).	Translog	Panel aerolíneas US y no US 1970-1983. obs. Anuales 41 aerolíneas	Índice Multilateral (IM) Variables RPM (sched) RTM mail (sched) RTM freight (sched) RTM (charter): incluye pas. y carga	ASL LF	PS	No explícito.
Oum y Zhang (1991)	Efecto de tratamiento del capital	$CV = f(\tilde{Y}, W, t, Q, S(k), N)$	Translog	No explícito*	PK scheduled TK scheduled TK (charter)	ASL	PS	Igual que en Gillen et al (1990)
Keeler y Formby (1994)	Costos	$CT = f(\tilde{Y}, W, Q, hub)$	Translog	Panel U.S 1984-1985 1989-1990 obs: trim.	ASM ATM	TD ASL Hub	-	TD es medido como revenue passenger enplanement sobre Puntos servidos.  Hub: medido como largo de viaje para pasajeros sobre largo promedio del vuelo.  ASL: aviones-milla sobre número de salidas.
Baltagi et al. (1995)	Influencia de cambios técnicos	$CV = f(\tilde{Y}, W, K, Q, N, A(t), D)$	Translog	Panel U.S 1971-1986 obs. Anual 24 firmas (trunk, local, intrastate)	No detallado	ASL	PS	ASL es el largo promedio de los vuelos de una firma.

Autor(es)	Estudio de	Especificación de la función costo	Forma funcional	Datos	Producto $\tilde{Y}$	Atributos Q	Variable de red N	Definición de Atributos Q y N
Oum y Yu (1998)	Competitividad	$CV = f(\tilde{Y}, W, K, u, w, Q, E)$ Forma funcional: Translog	Translog	Panel aerolíneas U.S y no U.S 1986-1993 obs: - 22 aerolíneas	Indice Multilateral (IM) $\ln \tilde{Y}_k = \sum_j \alpha_{jk} \ln \left( \frac{\tilde{Y}_{jk}}{\tilde{Y}_j} \right)$ $\alpha_{jk} = \frac{R_{jk} + \bar{R}_j}{2}$ Variables RPK (sched) RTK freight (sched) RTK mail RTK (charter)	ASL	-	ASL: No explícito
Liu y Lynk (1999)	Economías de Escala	$CV = f(\tilde{Y}, W, K, Q, N)$ $CV = f(\tilde{Y}, W, Q, N, T, F)$	Cobb-Douglas	Panel U.S 1984-1991 obs: - 11 aerolíneas (más grandes)	RPM	ASL LF	PS	LF: es el porcentaje que son RPM de ASL. ASL: medido como aviones-milla sobre n° de salidas.
Creel y Farell (2001)	Economías de escala	$CT = f(\tilde{Y}, W, N, Q, v)$	Translog y aprox. en serie de Fourier	Panel U.S 1983-1989 obs. Trimestral 7 de las 10 largest carriers. Trunk	RPM (se considera tanto pasajeros nacionales internacionales.) como	ASL LF PS o CPS		LF: Es el promedio de RPM sobre ASM, por trimestre por firma. ASL: Es el largo promedio de todos los vuelos directos.

\* Los autores usaron los mismos datos que en "Airline Cost Structure and Performance: Implications for public and Industry Policies" (1985).

## Descripción de variables usadas en papers

Donde	$\tilde{Y}$ : Índice de producto agregado N: Variable que representa características de la red. Q: Características del producto K: Capital $\phi$ : Producto hedónico W: Vector de precios de insumos t : Variable tiempo asociada a cambio tecnológico T: vector de variables de cambio F: vector de cambios específicos de cada firma A(t): Índice de progreso técnico	E: Índice de eficiencia u: tasa de utilización de capital IM: Índice multilateral g: variable dummy que representa propiedad del gobierno v: variable dummy que capta efectos no medibles S: flujo de servicio del stock de capital; D: Variable dummy que indica diferencias de costo interfirma PS: Número de puntos servidos CPS: Pares de ciudades servidas
-------	---	---

## Agregados

RPM: Pasajeros-millas pagantes	ASM: Asientos-milla disponibles
RTM: Toneladas-millas pagantes	ATM: Toneladas-milla disponibles
RPK: Pasajeros-kilómetros pagantes	Hub: Variable que representa la estructura de red
RTK: Toneladas-kilómetros pagantes	TD: Densidad de tráfico
ASL: Largo promedio de la etapa	AU: Utilización de la flota
LF: Factor de carga	

## Índice multilateral: componentes

$\tilde{Y}_k$ : Índice de producto agregado de la observación k	
$\tilde{Y}_{jk}$ : Componente agregada j de la observación k	
$\tilde{Y}_j$ : Media geométrica de la componente agregada j sobre todas las observaciones	
$R_{jk}$ : Proporción de la ganancia asociada a la componente agregada j de la observación k	
$\bar{R}_j$ : Proporción promedio de la ganancia asociada a la componente agregada j sobre todas las observaciones de la muestra	
$\gamma_j^k$ : Proporción de la ganancia total asociada a la componente agregada j de la observación k	

Tabla 2.2 RTD y RTS en artículos en transporte aéreo

Autor(es)	Indicadores Calculados	Conclusiones	Información adicional y comentarios	Economías de Diversidad
Caves et al (1984)	$RTD > 1$ $RTS \approx 1$	<p>Diferencias en costos unitarios entre firmas Troncales y Locales tiene como principales fuentes a las diferencias entre niveles de densidad y <i>ASL</i>.</p>	<p>Reportan media de las variables para 1976 de Troncales, Locales y una combinación de ellas.                      Todos los coeficientes estimados de la función de costo son reportados.                      El valor de <i>LF</i> es válido para el servicio programado de pasajeros.                      Se calcula <i>RTD</i> y <i>RTS</i> en la media de la muestra y para 1970, 1976 y 1981.                      No se reporta valores de las proporciones de ganancia de cada agregado (y tampoco el promedio de estos ponderadores por tipo de producto).                      De las firmas consideradas, 15 fueron observadas durante todo el periodo y 6 en subperiodos.                      No es claro si el IM en la función de costo es desviado.                      No se reporta output de Delta (1977), valor que sirve de escala para los datos promedios de producto por tipo de firma (trunk o local).                      No es explicado de qué forma agregan los valores de los productos de troncales y locales al momento de calcular el índice de producto para poder estimar la función de costo.</p>	<p>Forma de agregar el producto no permite llevar un subagregado completo a cero.                      Es posible calcular economías de diversidad por tipo de servicio, es decir, troncal-local en este caso.                      Se puede calcular el grado de economías de diversidad espacial.</p>
Caves y Christensen (1988)	$RTS$ $RTD_1$ a $LF$ etc $RTD_2$ a $LF$ var. $RTU$	<p>Existen retornos constantes a escala y retornos crecientes a densidad. Firmas deberían aumentar densidades a tamaño de red constante.</p>	<p>No estiman una función de costo. Ocupan resultados de Caves et al (1984).                      No se reporta ningún tipo de dato útil para calcular algún tipo de economías de diversidad.                      Los indicadores están calculados en la media de la muestra.                      A pesar que en Caves et al (1984) se menciona que el producto corresponde al índice de producto, los autores calculan <i>RTD</i> como si el índice de producto fuese representativo de <i>RPM</i> solamente.  <math>RTU</math> es una medida que indica cuán importante es la variación de <i>LF</i> en los retornos. Se plantea analíticamente que <i>LF</i> es función de <i>Y</i>, luego <i>RTU</i> podría salir directamente de un análisis de sensibilidad del valor de la elasticidad de <i>LF</i> con respecto a <i>Y</i>.</p>	

Autor(es)	Indicadores Calculados	Conclusiones	Información adicional	Economías de Diversidad
Gillen et al (1990)	$RTD > 1$ $RTS \approx 1$ A partir de CT: $RTD = 1.211$ $RTS = 0.971$ A partir de CV: $RTD = 1.486$ $RTS = 0.992$	<p>Firmas pequeñas no tendrían desventajas en costos si logran densidades similares a firmas grandes. Se sugiere colusión de firmas regionales.</p>	<p>Se reporta media por firma para producto y atributos en 1980. Los atributos <math>Q</math> considerados son válidos sólo para el servicio programado de pasajeros.</p> <p>A pesar que todos los productos agregados fueron descritos en forma hedónica, sólo <math>RPM</math> queda finalmente descrito así en la función de costo, ya que los coeficientes asociados a los atributos para los otros agregados no fueron significativos.</p> <p>La variable <math>PS</math> no está dentro de los atributos de ninguna de las funciones hedónicas debido a que todos los servicios operan sobre la misma red.</p>	<p>Se puede estudiar la conveniencia de fusionar la operación de las distintas aerolíneas para 1980.</p> <p>Obs: <math>SC</math> espacial ya fueron calculadas en Basso y Jara-Díaz, 2005.</p>
Kumbhakar (1990)	$RTD > 1$ $RTS > 1$	<p>Retornos a densidad han decaído entre el período pre y post desregulación, pero aún no se agotan.</p> <p>Retornos a escala también han declinado lo cual indicaría que las ganancias en eficiencia para las aerolíneas fusionadas serían pequeñas.</p>	<p>Los datos usados hasta el año 1981 son idénticos a los de Caves et al (1984). El resto es construido de manera similar según el autor.</p> <p><math>RTD</math> y <math>RTS</math> son calculados en la media de la muestra y en la media de dos subperíodos: pre y post desregulación.</p> <p>El autor no estima la función de costo directamente, sino las elasticidades.</p> <p>El autor justifica el uso de la SGM debido a que imponer condiciones de regularidad no generaría conflictos en la flexibilidad de la función.</p>	<p>Forma de agregar el producto no permite llevar un subagregado completo a cero.</p>
Formby et al (1990)	-	<p>Caída de los costos se debe principalmente a un aumento de la productividad post-desregulación.</p>	<p>Las medidas de producto usadas por los autores corresponden en realidad a oferta (<math>ASM, ATM</math>)</p> <p>Medidas de producto agregado están implícitas en los atributos factor de carga (<math>LF</math>) y en la densidad de tráfico (<math>TD</math>).</p> <p>La variable <math>PS</math> está considerada dentro de la definición de <math>TD</math>, pero no directamente en la función de costo.</p> <p>La selección de las muestras evita período de recesión. Se estima una función de costo para cada muestra.</p> <p>Se reporta valores medios de las variables para cada muestra.</p> <p>Se habla de economías de diversidad, lo cual es erróneo, pues la definición dada corresponde a complementariedad de costos.</p>	<p>Dado que la variable <math>PS</math> está incluida en la función de costo, se podría calcular diversidad espacial.</p>

Autor(es)	Indicadores Calculados	Conclusiones	Información adicional	Economías de Diversidad
Windle (1991)	No explícito	Se recomienda incrementar densidad por ser fuente de productividad. Permitir que firmas pequeñas quiebren o se fusionen.	Se reporta valores promedios de <i>ASL</i> , <i>LF</i> , <i>PS</i> , Output (normalizado) y precios de insumos para firmas regionales para 1983. Autor no detalla si los atributos son válidos para todos los servicios. Tampoco se detallan los revenue share de los productos. Los datos que el autor posee son datos anuales para 41 aerolíneas (14 U.S y 27 non-U.S) al año 1983. De las aerolíneas U.S consideradas, 9 coinciden con Caves et al (1984) como Trunk y el resto figura como local en Caves et al. El autor no estima una función de costo; ocupa los resultados obtenidos en otro trabajo (Caves et al, 1987) para identificar fuentes de productividad.	Posibles tipo de economías de diversidad a estudiar: Fusión operaciones regionales  Obs: el índice de producto no permite llevar un subagregado completo a cero, luego separar pasajeros de carga no es posible.  Idem a Gillen et al (1990), si se dispusiera de información.
Oum y Zhang (1991)	$RTS=0.906$ $RTD=1.301$  $RTS=0.904$ $RTD=1.279$	Especificaciones de la función de costo que tengan directamente a $k$ como argumento inducen sesgo en estimaciones debido al no ajuste del nivel de éste.	La presencia de dos valores para cada indicador se debe a que los autores hacen una comparación entre los resultados obtenidos con y sin tratamiento para el capital.  No se reporta ninguna información acerca de los agregados ni de los atributos de las variables utilizadas.	
Keeler y Formby (1994)	$RTD < 0$ $RTS \approx 1$  $C_{ij} < 0$	Hay economías de escala a niveles moderado y alto de producto. Fusiones deberían aprovechar retornos a densidad y “economías de diversidad” (definición que corresponde, en realidad, a complementariedad de costos).	Se reporta valores promedios para productos y atributos. Se calcula <i>RTS</i> , <i>RTD</i> y complementariedad de costos en el mínimo, máximo, 1/4 y 3/4 de la muestra para cada año y en la media.  La variable hub no es considerada en el cálculo de los indicadores. <i>TD</i> es una variable considerada en el cálculo de <i>RTD</i> , pero variaciones de esta variable podrían implicar variaciones de <i>PS</i> (según la definición de <i>TD</i> ), lo cual no corresponde a un fenómeno de densidad, además no considera el tráfico de carga.	No hay mayor diferencia que analizar el paper de Formby et al (1990)
Baltagi et al. (1995)	$RTD > 1$ (1.037) $RTS \approx 1$ (0.926)	Aerolíneas más pequeñas, tras desregulación, tuvieron costos medios del orden de un 10% más altos que aerolíneas grandes. En parte, se explica la baja tasa de sobrevivencia de éstas.	Se trabaja con una firma representativa que correspondería a una ponderación de los productos promedios de cada firma considerada. La muestra considera las mismas firmas que en Caves et al (1984) más firmas intrastate, nuevas, y 5 años más de observaciones. <i>LF</i> es considerado indirectamente en la función de costo por medio de el índice $A(t)$ .	Autores no detallan de qué manera agregan el producto por lo que no es posible evaluar la existencia de algún tipo de economías de diversidad.

Autor(es)	Indicadores Calculados	Conclusiones	Información adicional	Economías de Diversidad
Oum y Yu (1998)	No explícito	Diferencias en competitividad son atribuibles a diferencias en costos de insumos y eficiencia. Eficiencia determinaría la competitividad.	Se reporta valores de ganancia, <i>ASL</i> , <i>LF</i> y revenue share de los agregados para todas las firmas de la muestra al año 1993. Se reporta coeficientes estimados de la función de costo. El producto asociado a servicios no propios de una aerolínea (incidental service) no fue considerado en el producto agregado (en el índice multilateral). Datos adicionales están contenidos en un trabajo previo de los mismos autores. (Oum y Yu, 1995)	Forma de agregar el producto no permite llevar un subagregado a cero. El tipo de economías de diversidad que se puede evaluar sería del tipo doméstico-internacional.
Liu y Lynk (1999)	$RTD > 1$ $RTS > 1$	Las economías de escala estarían asociadas al uso y desarrollo de hub en la red y al aprovechamiento de economías de densidad mejor que al aumento del tamaño de red.	La elasticidad costo respecto a <i>PS</i> resultó ser muy pequeña y no significativa. Muestra es similar a Creel y Farrell (2001). No reportan estadísticas de producto agregado. 7 coinciden con Windle (1991). 7 aerolíneas coinciden con las de Caves et al (1984) como troncales y 2 como locales.	Se podría hacer una partición ortogonal del producto por flujo nacional-internacional.
Creel y Farrell (2001)	No explícito	Existen retornos de escala a niveles moderados de producto, a niveles alto se agotan. Lo anterior, puede no cumplirse para especificación tipo translog.	No se reporta estadísticas útiles para algún cálculo de diversidad. Sólo se reportan elasticidades costo de las variables. No es claro si la función de costo tipo translog estimada es una translog truncada o no, pues los parámetros de segundo orden no fueron reportados.	Se podría evaluar economías de diversidad entre <i>servicio nacional e internacional</i> haciendo un supuesto sobre la proporción del total de pasajeros transportados nacional o internacionalmente.

## 3 Cálculo de Indicadores de Escala y Diversidad

### 3.1 Introducción

En el capítulo anterior se mostró la necesidad de establecer relaciones entre los descriptores agregados del producto y el producto real, con el fin de calcular correctamente economías de escala y diversidad. En Jara-Díaz y Cortés (1996) se han derivado los ponderadores de una gama de agregados usados con frecuencia en la literatura en transporte, para calcular consistentemente *RTD*. Sin embargo faltan algunos que son relevantes en transporte aéreo. En este capítulo serán derivados los ponderadores de aquellos agregados que no fueron presentados en Jara-Díaz y Cortés (2006), considerando además el cálculo de *S* (estructura de rutas variable) no estudiado por los autores. Adicionalmente, se desarrollará un método basado en el enfoque desagregado para calcular diversos tipos de economías de diversidad de acuerdo a las variables utilizadas en transporte aéreo.

Para el estudio de diversidad, se estudiarán diversas formas de abordar un problema enfatizando las diferencias para realizar los cálculos. Tales formas resultan de examinar con detención la forma de describir los agregados en la literatura, los tipos de agregados considerados en la función de costo y, por supuesto, los tipos de economías de diversidad que serían interesantes de calcular en términos de estructura industrial.

En general, es difícil plantear un método genérico para calcular *SC*, ya que esto depende mucho de las variables consideradas en la función de costo y de la definición de cada una de ellas. Por otro lado, tanto el tipo de partición posible de realizar como las aproximaciones, dependen tanto de la importancia para comprender la estructura de mercado como de la información que es posible recabar para realizar cada cálculo.

## 3.2 Ponderadores de escala

Para la mayoría de los agregados usados en la literatura los ponderadores ya han sido derivados analíticamente. Así, en Jara-Díaz y Cortés (1996) es posible encontrar una lista detallada de la mayoría de los ponderadores en el caso de *RTD*, mientras que en Basso y Jara-Díaz (2006a) se encuentra la derivación del ponderador correspondiente a *RPM* en el caso de *S*.

A continuación se detallará el cálculo de los ponderadores asociados a indicadores específicos de transporte aéreo que no han sido tratados en detalle, los cuales son el índice multilateral, la densidad de tráfico y los agregados asociados a la oferta de transporte.

### 3.2.1 Ponderador para el Índice Multilateral

En esta sección se analizará el ponderador de un agregado relevante y bastante usado en la literatura de funciones de costo y productividad en los últimos años: el índice agregado de producto o índice multilateral. De acuerdo al enfoque desagregado de Jara-Díaz y Cortés (1996), el ponderador de un agregado cualquiera se deriva a partir de analizar las variaciones de este ante cambios en el vector producto desagregado. De esta forma, en el caso del índice de producto ( $\tilde{Y}^k$ ) definido en (2.25) se tiene

$$\alpha_{\tilde{Y}^k} = \sum_j \sum_i \frac{\partial \tilde{Y}^k}{\partial \tilde{Y}_j^k} \frac{\partial \tilde{Y}_j^k}{\partial y_i} \frac{y_i}{\tilde{Y}^k} = \sum_j \frac{\partial \tilde{Y}^k}{\partial \tilde{Y}_j^k} \sum_i \frac{\partial \tilde{Y}_j^k}{\partial y_i} \frac{y_i}{\tilde{Y}^k} = \sum_j \frac{\partial \tilde{Y}^k}{\partial \tilde{Y}_j^k} \frac{\tilde{Y}_j^k}{\tilde{Y}^k} \frac{\tilde{Y}^k}{\tilde{Y}_j^k} \sum_i \frac{\partial \tilde{Y}_j^k}{\partial y_i} \frac{y_i}{\tilde{Y}^k}$$

$$\text{simplificando, } \alpha_{\tilde{Y}^k} = \sum_j \frac{\partial \tilde{Y}^k}{\partial \tilde{Y}_j^k} \frac{\tilde{Y}_j^k}{\tilde{Y}^k} \sum_i \frac{\partial \tilde{Y}_j^k}{\partial y_i} \frac{y_i}{\tilde{Y}_j^k}.$$

Esta última expresión puede ser reescrita en función de elasticidades al definir a  $\gamma_j^k$  como la elasticidad del índice de producto respecto del producto agregado  $j$  y a  $\theta_i^j$  como la elasticidad del agregado  $j$  con respecto al flujo desagregado  $i$ , luego

$$\alpha_{\tilde{Y}^k} = \sum_j \gamma_j^k \sum_i \theta_i^j \quad . \quad (3.1)$$

De la expresión anterior se advierte que si la *estructura* de rutas está fija, y dado que todos los agregados dentro del índice multilateral son de la forma *flujo por distancia*, entonces  $\sum_i \theta_i^j = 1$ , y por lo tanto,  $\alpha_{\bar{y}^k} = \sum_j \gamma_j^k$ . Finalmente se puede demostrar que  $\sum_j \gamma_j^k = 1$  (ver anexo al final del capítulo), luego, el ponderador del índice de producto en el caso de *RTD* es:

$$\alpha_{\bar{y}^k} = 1 \quad (3.2)$$

Es importante recordar que el índice  $k$  está asociado a una firma particular. Cuando se está trabajando con datos de firmas como un panel o un corte transversal el ponderador del índice multilateral no depende de una sola firma, pues como se puede apreciar en (2.25) hay promedios, los que en este caso deben ser tomados sobre *toda* la muestra para cada uno de los agregados.

En el caso de estructura de rutas variable, Basso y Jara-Díaz (2006a) deducen que el ponderador de *RPM* en el contexto de  $S$  es

$$\alpha_{RPM} = 1 + \alpha_{DM_{RPM}} \quad (3.3)$$

donde  $\alpha_{DM}$  es el ponderador de la distancia media. Generalizando el resultado anterior entonces se puede afirmar que el ponderador de un agregado  $j$  de tipo flujo por distancia cuando la estructura de rutas es variable depende del ponderador de la distancia media asociado a ese agregado ( $DM_j$ ). Por lo tanto, a partir de las ecuaciones (3.1), (3.3) y considerando que el producto es descrito mediante el índice multilateral se tiene que el ponderador es:

$$\alpha_{\bar{y}^k} = \sum_j \gamma_j^k (1 + \alpha_{DM_j}) \quad (3.4)$$

### 3.2.2 Ponderador para la densidad de tráfico (*TD*)

Este agregado está presente en Formby et al (1990) y puede ser escrito en función del producto desagregado como:

$$TD = \frac{\sum_i y_i}{PS} \quad (3.5)$$

De acuerdo con el método de Jara-Díaz y Cortés (1996), el ponderador para este agregado debe ser calculado a partir de:

$$\alpha_{TD} = \sum_i \frac{y_i}{TD} \frac{\partial TD}{\partial y_i} \quad (3.6)$$

A partir de la definición de  $TD$ , es directo deducir el valor del ponderador como:

$$\alpha_{TD} = \sum_i \frac{y_i}{TD} \frac{1}{PS} = \frac{\sum_i y_i}{\sum_i y_i} = 1 \quad (3.7)$$

Es importante notar que la definición de  $TD$  no depende del largo de los viajes, luego cambios en la estructura de ruta (es decir en los  $d_i$ ) no afectaría al valor del ponderador.

### 3.2.3 Ponderador para el producto hedónico

Esta forma de agregar el producto es usada en el trabajo de Gillen et al (1990). Como ya fue visto el producto es definido como un vector de la forma  $\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N)$  donde cada componente  $\phi_i$  es función de un agregado  $\tilde{Y}_i$  y una serie de atributos  $Q_{ij}$  que caracterizan al agregado  $\tilde{Y}_i$ , analíticamente  $\ln \phi_i = \ln \tilde{Y}_i + \sum_j \beta_{ij} \ln Q_{ij}$ . De acuerdo al método de Jara-Díaz y

Cortés (1996), el ponderador se deriva de la siguiente forma:

$$\frac{\partial \phi_j}{\partial y_i} \frac{y_i}{\phi_j} = \left( \frac{\partial \phi_j}{\partial \tilde{Y}_j} \frac{\partial \tilde{Y}_j}{\partial y_i} + \sum_k \frac{\partial \phi_j}{\partial q_k^j} \frac{\partial q_k^j}{\partial y_i} \right) \frac{y_i}{\phi_j} = \frac{\partial \phi_j}{\partial \tilde{Y}_j} \frac{\tilde{Y}_j}{\phi_j} \frac{\partial \tilde{Y}_j}{\partial y_i} \frac{y_i}{\tilde{Y}_j} + \sum_k \frac{\partial \phi_j}{\partial q_k^j} \frac{q_k^j}{\phi_j} \frac{\partial q_k^j}{\partial y_i} \frac{y_i}{q_k^j} = \varepsilon_{\tilde{Y}_j}^{\phi_j} \varepsilon_{y_i}^{\tilde{Y}_j} + \sum_k \varepsilon_{q_k^j}^{\phi_j} \varepsilon_{y_i}^{q_k^j}$$

De la expresión del producto hedónico entonces,  $\varepsilon_{\tilde{Y}_j}^{\phi_j} = 1$  y  $\varepsilon_{q_k^j}^{\phi_j} = \beta_{jk}$ , luego

$\frac{\partial \phi_j}{\partial y_i} \frac{y_i}{\phi_j} = \varepsilon_{y_i}^{\tilde{Y}_j} + \sum_k \beta_{jk} \varepsilon_{y_i}^{q_k^j}$ . Y ahora, sumando sobre todos los flujos desagregados:

$$\alpha_{\phi_j} = \sum_i \alpha_{ji} = \left( \sum_i \varepsilon_{y_i}^{\tilde{Y}_j} \right) + \sum_k \beta_{jk} \left( \sum_i \varepsilon_{y_i}^{q_k^j} \right) = \alpha_{Y^j}^{\tilde{Y}_j} + \sum_k \beta_{jk} (\varepsilon_Y^{q_k^j}).$$

En el contexto de *RTD* y considerando los agregados y atributos presentes en el trabajo de Gillen et al (1990), se tiene que  $\alpha_{Y^j}^{\tilde{y}} = 1 \Rightarrow \alpha_{\phi_j} = 1 + \sum_k \beta_{jk} \varepsilon_Y^{q_k}$ . En el contexto de *S* en tanto, lo único que cambian son las elasticidades  $\varepsilon_Y^{q_k}$ .

### 3.2.4 Ponderador para Asientos-millas (*ASM*)

Nuevamente, usando el enfoque desagregado de Jara-Díaz y Cortés (1996), el ponderador asociado a *ASM* se calcula como:

$$\alpha_{ASM} = \sum_i \frac{y_i}{ASM} \frac{\partial ASM}{\partial y_i} \quad (3.8)$$

A diferencia de los casos anteriores, este agregado no puede ser escrito directamente en función de las componentes del vector producto desagregado. Sin embargo, *ASM* puede ser escrito como función del factor de carga, como  $ASM = \frac{RPM}{LF}$ , luego de (3.8)

$$\frac{\partial ASM}{\partial y_j} = \left( \frac{\partial RPM}{\partial y_j} LF - \frac{\partial LF}{\partial y_j} RPM \right) \frac{1}{LF^2}$$

Amplificando por  $y_j / ASM$  y sumando sobre *j* se obtiene

$$= \sum_j \left( \frac{y_j}{RPM} \frac{\partial RPM}{\partial y_j} - \frac{y_j}{LF} \frac{\partial LF}{\partial y_j} \right) = \alpha_{RPM} + \alpha_{LF} \quad (3.9)$$

Por lo tanto,  $\alpha_{ASM} = \alpha_{RPM} + \alpha_{LF}$ .

Para otros agregados similares el resultado es análogo. El cálculo anterior es consistente con Cortés (1995), quien muestra que el ponderador de un agregado que puede ser escrito como la fracción de otros dos, corresponde a la suma de los ponderadores de cada uno de ellos.

### 3.3 Enfoque para el cálculo de SC

En esta sección se presenta un enfoque para calcular economías de diversidad ( $SC$ ) basado en el reconocimiento de un vector desagregado de producto en un contexto de variables agregadas del producto. Tal enfoque será descrito y posteriormente aplicado a los trabajos resumidos en la Tabla 2.1 para el cálculo de diversos tipos  $SC$ , como doméstico-internacional, por tipo de servicio y fusión de aerolíneas.

#### Enfoque general

Sea  $\tilde{C}(\cdot)$  una función de costo de la forma  $\tilde{C}(\tilde{Y}, Q, PS)$  donde  $\tilde{Y}$  es un vector de agregados y  $Q$  un vector de atributos. El enfoque consiste en reconocer que *cada componente*, tanto del vector de producto agregado como del vector de atributos, son funciones del vector producto desagregado ( $Y$ ) de la forma  $\tilde{Y}_j = f_j(Y)$  y  $Q_j = g_j(Y)$  respectivamente.

El indicador  $SC$  está definido originalmente en función del vector producto desagregado ( $Y$ ), donde los vectores  $Y^R$  e  $Y^{M-R}$  son ortogonales y conforman una partición de  $Y$ , es decir,  $Y^R + Y^{M-R} = Y$ . Ahora, lo que se hará es evaluar la función de costo en función de los agregados y atributos respectivos a cada partición, es decir, el problema consiste en cuantificar tanto agregados como atributos asociados a una partición específica de  $Y$  para evaluar:

$$SC_R = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}(Y^R), Q(Y^R), PS^R) + \tilde{C}(\tilde{Y}(Y^{M-R}), Q(Y^{M-R}), PS^{M-R}) - \tilde{C}(\tilde{Y}(Y^M), Q(Y^M), PS^M)}{\tilde{C}(\tilde{Y}(Y^M), Q(Y^M), PS^M)} \quad (3.10)$$

En general, el cálculo de algún tipo de  $SC$  puede ser abordado de cuatro maneras:

Caso 1: Identificando una partición ortogonal obvia a partir de los agregados

Caso 2: Particionando agregados

Caso 3: Modificando agregados para conformar particiones ortogonales

Caso 4: Variando el tamaño de la red<sup>5</sup>

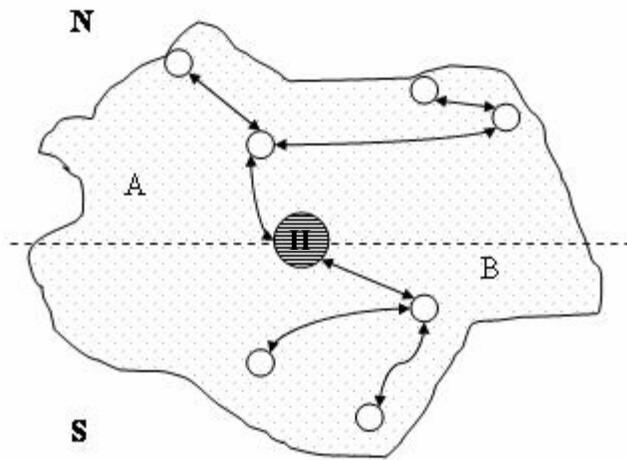
---

<sup>5</sup> En los casos 1, 2 y 3 la variable de red permanece fija.

### Ejemplo

Desde la óptica del caso 1: Consideremos la figura 3.1 donde hay dos aerolíneas ( $A$  y  $B$ ) que transportan pasajeros en un país cualquiera. La firma  $A$  transporta pasajeros entre el área norte y el centro del país, mientras que  $B$  sirve los viajes entre el área sur y centro.

Figura 3.1 Ejemplo de partición



Sea  $N$  el conjunto de pares  $OD$  de los viajes entre el área central (representada por el nodo  $H$ ) y norte. Sea  $S$  el conjunto de pares  $OD$  de los viajes entre el área central y sur. A partir de lo anterior, el producto agregado de la firma  $A$  es  $\tilde{Y}^A$ , que en función del vector producto desagregado es  $\tilde{Y} = \tilde{Y}(Y^A)$  donde  $Y^A = \{y_i\}_{i \in N}$ . En tanto, el producto agregado de  $B$  es  $\tilde{Y}^B$ , que en términos desagregados puede ser expresado como  $\tilde{Y} = \tilde{Y}(Y^B)$ , donde el vector producto desagregado es  $Y^B = \{y_j\}_{j \in S}$ .

Si consideramos una firma  $F$  hipotética que opera tanto en el área norte como sur, el vector producto básico sería  $Y^F = \{y_l\}_{l \in N \cup S}$ , por lo tanto los vectores producto desagregados de  $A$  y  $B$  son una partición ortogonal del vector producto de  $F$  si son escritos de la siguiente manera:

Firma  $A$ : vector producto desagregado  $Y^A = \{y_l\}$  con  $y_l = 0$  si  $l \in S$ .

Firma  $B$ : vector producto desagregado  $Y^B = \{y_l\}$  con  $y_l = 0$  si  $l \in N$ .

De esta forma,  $Y^F = Y^A + Y^B$ , donde  $A$  y  $B$  satisfacen  $Y^A \cdot Y^B = 0$ .

Se debe notar que al definir los vectores productos de la manera especificada anteriormente la dimensión del vector ha cambiado. El vector tiene una dimensión mayor puesto que se han agregado las componentes de los pares  $OD$  que cada una de las firmas *no sirve*, por lo que el valor de éstas es nulo. Lo que sigue siendo igual es el número de componentes distintas de cero.

Podemos pensar que  $F$  corresponde a la firma resultante de fusionar  $A$  y  $B$ . El problema que resuelve el caso 1 es cómo cuantificar  $\tilde{Y}^F$  y  $Q^F$  a partir de  $\tilde{Y}^A, Q^A, PS^A, \tilde{Y}^B, Q^B$  y  $PS^A$ . Una vez hecho esto, evaluamos el indicador  $SC$  expresado como en (3.10).

Ahora, desde la óptica del caso 2, consideremos nuevamente la figura 3.1, pero ahora supongamos que solamente hay una aerolínea ( $P$ ) que opera a lo largo de todo ese país. En este caso, tanto producto como atributos de ésta son conocidos.

El problema a resolver ahora es identificar alguna partición factible de estudiar y que sea interesante en términos de analizar estructura industrial, para ello, consideremos nuevamente una partición de la firma  $P$ , en operación sobre el área norte y otra sobre el área sur.

Siguiendo la misma notación detallada anteriormente, el producto de la firma  $P$  puede ser escrito como:  $Y^P = \{y_l\}$  con  $l \in N \cup S$ . Lo importante acá es reconocer que se está *identificando* una partición del vector producto desagregado de  $P$ , definida por  $N$  y  $S$ .

El siguiente paso es reconocer que  $\tilde{Y} = \tilde{Y}(Y^A)$  donde  $Y^A = \{y_i\}$   $i \in N$  y  $\tilde{Y} = \tilde{Y}(Y^B)$  donde  $Y^B = \{y_j\}$   $j \in S$ . El problema es *cuantificar*  $\tilde{Y}_i^A, Q_j^A, PS^A, \tilde{Y}_i^B$  y  $Q_j^B$ , es decir, cada una de las componentes agregadas del vector producto agregado  $\tilde{Y}$  y cada una de las componentes del vector  $Q$  respectivas de cada partición. Se debe notar que en este caso, se están

particionando agregados, en cambio en el caso 1, se tiene la partición y lo que se hace es formar los agregados de la firma conjunta.

A continuación serán descritos cada uno de estos casos. En los tres primeros casos se hace conveniente tratar con la siguiente notación: se hablará de las firmas  $A$  y  $B$  cuyos vectores producto desagregado son ortogonales, es decir  $Y^A \cdot Y^B = 0$  y que ambos vectores constituyen una partición del vector producto de una firma genérica que se denominará  $F$ .

### 3.3.1 Caso 1: Identificación de una partición ortogonal

El caso 1 consiste en reconocer en forma evidente a partir de los agregados considerados en un trabajo cualquiera, alguna partición ortogonal en términos desagregados. Por ejemplo, si en un estudio se hace referencia a los productos de las firmas que operan en corta o larga distancia, entonces se podría estudiar la conveniencia de que tales firmas operaran conjuntamente o que se fusionaran. Por lo tanto, el problema acá es cuantificar las variables asociadas a la firma  $F$  que opera en forma conjunta, dados los valores de los agregados de las firmas  $A$  y  $B$ .

#### Tratamiento del producto

Si los agregados considerados en la función de costo son de la forma flujo por distancia, entonces, para cada agregado  $\tilde{Y}_j$  de la firma fusionada  $F$  se tiene:

$$\tilde{Y}_j^F = \tilde{Y}_j^A + \tilde{Y}_j^B, \quad \forall j \quad (3.11)$$

#### Factor de Carga ( $LF$ )

Por definición, el factor de carga para las firmas  $A$  y  $B$  se puede calcular como

$$LF_A = \frac{RPK_A}{ASK_A} \quad (3.12)$$

$$LF_B = \frac{RPK_B}{ASK_B} \quad (3.13)$$

y para la firma  $F$ ,

$$LF_F = \frac{RPK_F}{ASK_F} \quad (3.14)$$

Usando (3.14) y considerando que  $ASK_F$  corresponde a la suma de los  $ASK$  de  $A$  y  $B$  (ya que se está considerando que los tipos de aviones son distintos en términos de capacidad y las distancias de vuelo son diferentes, entonces se tiene que

$$ASK_F = ASK_A + ASK_B \quad (3.15)$$

Reemplazando (3.15) en (3.14) se obtiene

$$LF_F = \frac{RPK_A + RPK_B}{ASK_F} = \frac{ASK_A LF_A + ASK_B LF_B}{ASK_A + ASK_B} = \frac{LF_A}{1 + (ASK_B / ASK_A)} + \frac{LF_B}{1 + (ASK_A / ASK_B)} \quad (3.16)$$

La razón de  $ASK$  entre  $B$  y  $A$  puede ser escrita en función de los  $LF$  de la siguiente manera

$$\frac{ASK_B}{ASK_A} = \frac{RPK^B}{LF^B} \frac{LF^A}{RPK^A} = \frac{(1 - \lambda^A) RPM_F}{LF^B} \frac{LF^A}{\lambda^A RPM_F} = \frac{1 - \lambda^A}{\lambda^A} \frac{LF^A}{LF^B} \quad (3.17)$$

donde  $\lambda^A$  es la proporción de  $RPM_F$  correspondiente a  $RPM_A$ . Sustituyendo (3.17) en (3.16) se obtiene  $LF$  de la firma  $F$ , que en este caso es un  $LF$  asociado a pasajeros. Generalizando esto, si  $\lambda_j^A$  es la proporción de  $\tilde{Y}_j^F$  que corresponde a  $\tilde{Y}_j^A$  ( $\lambda_j^A = \tilde{Y}_j^A / \tilde{Y}_j^F$ ) entonces, el  $LF$  asociado a un agregado asociado a carga  $j$  cualquiera de la firma  $F$  debe ser calculado como:

$$LF_j^F = \frac{LF_j^A LF_j^B}{(1 - \lambda_j^A) LF_j^A + \lambda_j^A LF_j^B}, \quad \forall j \quad (3.18)$$

En general, el factor de carga reportado en los trabajos estudiados corresponde al uso de la capacidad asociada al transporte de pasajeros para distintos tipos de servicios.

### Average Stage Length ( $ASL$ )

En términos genéricos,  $ASL$  es una medida que depende de  $PS$  en la red, por lo tanto se podría postular que  $ASL = f(PS)$ . De acuerdo a la definición de  $ASL$ , que corresponde al largo promedio de los tramos en una red, si  $LT$  es el largo total de los tramos de una firma cualquiera y  $NT$  el número de tramos en la red, entonces  $ASL$  de una firma  $k$  cualquiera es:

$$ASL_k = \frac{LT^k}{NT^k} \quad (3.19)$$

Para relacionar analíticamente la expresión anterior con la variable  $PS$  se buscó una expresión entre el número de tramos y el número de puntos servidos que posee una firma. El número de tramos existentes en una red depende de su estructura. De esta observación es fácil mostrar que el número máximo de tramos para una firma  $k$  que tiene  $PS_k$  puntos servidos viene dado por  $\frac{1}{2}PS_k(PS_k - 1)$ . Luego, el número de tramos para una firma  $k$  puede ser escrito como:

$$NT^k = \theta_k PS_k (PS_k - 1) \quad (3.20)$$

donde  $\theta_k \in (0; 1/2)$ .

De esta manera, al considerar la situación de dos firmas ( $A$  y  $B$ ) cuyo vector producto desagregado constituye una partición ortogonal ( $F$ ), entonces el número de tramos para las firmas  $A$  y  $B$  es respectivamente

$$NT^A = \theta_A PS_A (PS_A - 1) \quad (3.21)$$

$$NT^B = \theta_B PS_B (PS_B - 1) \quad (3.22)$$

De acuerdo a (3.19) para la firma fusionada, se tiene:

$$ASL_F = \frac{LT^F}{NT^F} \quad (3.23)$$

Teniendo en cuenta que  $NT^F = NT^A + NT^B$ , despejando  $LT^A$  y  $LT^B$  de acuerdo a (3.19) y considerando que  $LT^F = LT^A + LT^B$ , se puede calcular explícitamente una expresión para  $ASL_F$  como:

$$ASL_F = \frac{LT^F}{NT^F} = \frac{\theta_A PS_A (PS_A - 1) ASL_A + \theta_B PS_B (PS_B - 1) ASL_B}{\theta_A PS_A (PS_A - 1) + \theta_B PS_B (PS_B - 1)} \quad (3.24)$$

Definiendo  $\mu = \frac{\theta_B}{\theta_A}$  como un factor que mide cuán densa es la red (en términos de tramos) de la firma  $B$  respecto de  $A$  y reemplazando en (3.24) se obtiene

$$ASL_F = \frac{PS_A(PS_A - 1)}{PS_A(PS_A - 1) + \mu PS_B(PS_B - 1)} ASL_A + \frac{\mu PS_B(PS_B - 1)}{PS_A(PS_A - 1) + \mu PS_B(PS_B - 1)} ASL_B \quad (3.25)$$

La expresión (3.25) revela que  $ASL$  de la firma fusionada corresponde a un promedio ponderado de los  $ASL$  de las firmas que conforman la partición. Se debe notar que la información acerca de  $PS$  debe ser conocida.

Cabe destacar que la expresión (3.25) debe ser usada con cuidado al momento de realizar el cálculo, ya que depende de la forma como la información acerca de puntos servidos esté reportada. Se debe tener en cuenta que el enfoque de  $SC$  se basa en el concepto de producto de transporte, es decir, flujos  $OD$  entre puntos servidos. De esta forma, si el caso en estudio corresponde a una partición por flujos de tipo doméstico ( $A$ ) e internacional ( $B$ ), y la información acerca del número de  $PS$  es el número de aeropuertos dentro y fuera de un determinado país, entonces  $PS_B$  no es directamente el número de puntos servidos fuera del país en estudio, ya que el origen (o destino) de estos flujos puede estar en el territorio doméstico. Si ese fuese el caso, se requiere conocer cuántos de los aeropuertos dentro del territorio doméstico operan tráfico internacional. Sea  $\tau$  la proporción del número de  $PS$  dentro del territorio doméstico asociado a tráfico internacional (es decir,  $\tau$  representa el nivel de traslape de puntos servidos), entonces el número de puntos servidos *efectivos* de la firma  $B$  es la suma de aquellos puntos traslapados con  $A$  ( $\tau PS_A$ ) y no traslapados ( $PS_B$ ). Por lo tanto, (3.25) quedaría escrita alternativamente como:

$$ASL_F = \frac{PS_A(PS_A - 1)}{G} ASL_A + \frac{\mu(\tau PS_A + PS_B)(\tau PS_A + PS_B - 1)}{G} ASL_B \quad (3.26)$$

donde  $G = PS_A(PS_A - 1) + \mu(\tau PS_A + PS_B)(\tau PS_A + PS_B - 1)$ .

Es importante notar que cualquiera sea el caso a analizar,  $\tau$  es mayor que cero. Considerar  $\tau = 0$  significa que no existe traslape y que, por lo tanto, no hay  $PS$  en común entre ambas firmas. Luego, para la firma que operaría en forma conjunta habría flujos nuevos que debiesen ser “estimados” y por lo mismo, la expresión (3.19) dejaría de ser válida.

Es interesante analizar los cambios de  $ASL_F$  ante variaciones de  $\mu$ , derivando (3.25) con respecto a  $\mu$  :

$$\frac{\partial ASL_F}{\partial \mu} = \frac{-(ASL_A - ASL_B)PS_A(P S_A - 1)PS_B(P S_B - 1)}{[PS_A(P S_A - 1) + \mu PS_B(P S_B - 1)]^2} \quad (3.27)$$

Si  $ASL_A > ASL_B$  entonces de (3.27) se concluye que  $\frac{\partial ASL_F}{\partial \mu} < 0$ . Lo anterior es consistente, ya que si  $\mu$  aumenta por efecto de un aumento en el número de tramos de la firma  $B$ , el peso que debería tener  $ASL_B$  en  $ASL_F$  debería ser mayor y por ende, es razonable que  $ASL_B$  disminuya. Similarmente, si el aumento de  $\mu$  se debe a una disminución en la densidad de tramos de la red de  $A$ , entonces el peso de  $ASL_A$  en el valor de  $ASL_F$  debe disminuir y por lo tanto,  $ASL_F$  debiera reducirse.

En caso que la información acerca de  $PS$  no pudiese ser recabada, entonces se plantea que:

$$ASL^F = \rho^A ASL^A \quad (3.28)$$

El valor de  $\rho$  puede ser calculado a partir de reportes de transporte aéreo, y su valor depende del tipo de partición en estudio. Por ejemplo, si la partición fuese doméstico-internacional, el largo promedio de los tramos de una firma que opera a nivel doméstico debiera ser menor que el de una firma que operara a nivel doméstico-internacional, luego si  $A$  representara a la firma que opera a nivel doméstico, se tendría que  $\rho^A > 1$ .

### **Puntos Servidos ( $PS$ )**

En general, se observa que para una partición consistente, se cumple

$$PS_F < PS_A + PS_B \quad (3.29)$$

lo anterior, debido a que una proporción de los  $PS$  entre ambos tipos de firma pueden estar traslapados. Notar que si  $\tau$  es la proporción de los  $PS$  de la firma  $B$  que forman parte de la red de  $A$ , entonces el número de  $PS$  de la firma fusionada corresponde a:

$$PS_F = PS_A + (1 - \tau)PS_B \quad (3.30)$$

Es importante señalar que la forma de expresar  $PS$  de la firma fusionada, considerando una proporción  $\tau$ , es particularmente útil en caso de considerar una partición del producto de tipo doméstico-internacional. Si tal fuese el caso,  $\tau$  entrega una medida de la cantidad de aeropuertos dentro del territorio doméstico que opera tráfico internacional. En el caso chileno, el aeropuerto Arturo Merino Benítez es un buen ejemplo de este tipo de operación.

### 3.3.2 Caso 2: Particionando agregados

El segundo caso se caracteriza por la imposibilidad de identificar una partición obvia a partir de los agregados. En este caso lo esencial es pensar qué tipo de partición se puede hacer *dados* los agregados que están presentes en un estudio particular. Hecho esto, lo más complicado es cuantificar los agregados asociados a la partición propuesta. Por ejemplo, del mercado chileno a partir de  $RPM$  total se debería calcular la cantidad de ese agregado correspondiente a los viajes domésticos o internacionales. Por lo tanto, bajo esta situación, lo que se debe encontrar es el valor de los agregados y atributos de las firmas asociadas a la partición en estudio (es decir para las firmas  $A$  y  $B$ ) dadas las variables de la firma fusionada, es decir,  $\tilde{Y}_j^F$ ,  $ASL^F$ ,  $LF^F$  y en algunos casos  $PS^F$ . A continuación se detallará la forma de calcular agregados y atributos.

#### Tratamiento del producto

Nuevamente, si los agregados son de la forma flujo por distancia, entonces

$$\tilde{Y}_j^A = \lambda_j^A \tilde{Y}_j^F, \Rightarrow \tilde{Y}_j^B = (1 - \lambda_j^A) \tilde{Y}_j^F \quad \forall j \quad (3.31)$$

En este caso,  $\lambda_j^A$  debe ser calculado<sup>6</sup> recurriendo a fuentes externas (estadísticas en transporte aéreo) y los resultados deben ser sensibilizados con respecto a esta variable.

---

<sup>6</sup> Notar que en el caso anterior (caso 1) el valor de  $\lambda_j^A$  es determinado en forma exacta.

### Factor de Carga (LF)

Aunque sólo sea conocido el valor  $LF_j^F$ , el valor de  $LF^A$  (o  $LF^B$ ) puede ser despejado a partir de (3.18). Al despejar  $LF_j^A$  se obtiene:

$$LF_j^A = \frac{\lambda_j^A LF_j^F}{1 - (1 - \lambda_j^A)(LF_j^F / LF_j^B)} \quad (3.32)$$

Donde el valor de  $(LF_j^F / LF_j^B)$  puede ser determinado numéricamente, dependiendo de la partición en estudio, de la información disponible en reportes y del conocimiento de la operación en el mercado aéreo.

### Average Stage Length

Si  $ASL^B = \rho^B ASL^F$ , entonces el valor de  $ASL$  puede ser determinado de dos formas distintas, dependiendo de la disponibilidad de información acerca de puntos servidos. Analíticamente, a partir de (3.25) se tiene:

$$ASL^A = \begin{cases} ASL^F + (1 - \rho^B)\mu \frac{PS_B(PS_B - 1)}{(PS_F - PS_B)(PS_F - PS_B - 1)} ASL^F & \text{si } PS \text{ es dato} \\ \rho^A ASL^F & \text{si no} \end{cases} \quad (3.33)$$

Cabe destacar que asumir  $ASL^B = \rho^B ASL^F$  no quiere decir que la relación entre los valores de este atributo bajo la partición sea lineal, sino que con la información disponible se puede obtener un valor de  $\rho^B$  para un rango de observaciones razonable en torno a los valores observados.

Si los valores de  $PS_A$  y  $PS_B$  no son conocidos en forma precisa, entonces se puede variar el valor de estas variables, teniendo siempre como restricción que  $PS_F = PS_A + (1 - \tau)PS_B$  como se muestra en (3.30).

-----

Finalmente, con las variables calculadas mediante la metodología expuesta en el caso 1 o 2, lo que finalmente sería evaluado si se dispusiese de una función de costo con estas variables es:

$$SC_A = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}^A, ASL^A, LF^A, PS^A) + \tilde{C}(\tilde{Y}^B, ASL^B, LF^B, PS^B) - \tilde{C}(\tilde{Y}^F, ASL^F, LF^F, PS^F)}{\tilde{C}(\tilde{Y}^F, ASL^F, LF^F, PS^F)} \quad (3.34)$$

**Comentario:** Índice de producto

Cuando la función de costo considera como medida de producto un índice como el descrito en 2.25, el procedimiento detallado anteriormente debe ser aplicado a cada componente del índice. En tal caso, como problema adicional, se debe calcular los valores de las proporciones de las ganancias asociadas a cada uno de los agregados considerados dentro del índice de producto. Dado que tales proporciones dependen del nivel de producto, entonces los valores de estos ponderadores eventualmente también varían bajo alguna partición.

En términos generales, para una firma  $k$  cualquiera, cuyo producto es de la forma flujo por distancia, la proporción de la ganancia asociada al agregado  $j$  puede ser escrita como

$$R_j^k = \frac{P_j^k \tilde{Y}_j^k}{\sum_i P_i^k \tilde{Y}_i^k} \quad (3.35)$$

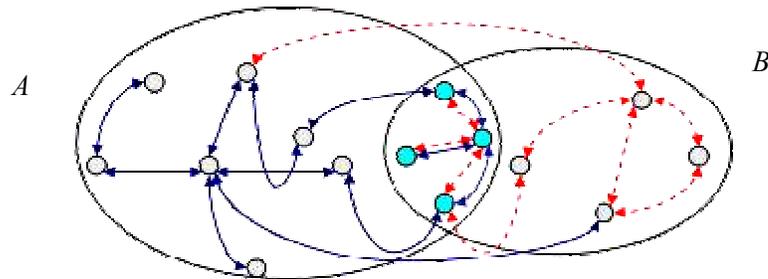
donde  $P_j^k$  es el precio asociado al agregado  $j$  de la firma  $k$ . Luego, si se posee información acerca de  $P_j^k$ , entonces  $R_j^k$  queda expresamente como función de los agregados.

**3.3.3 Caso 3: Modificación de agregados para generar particiones ortogonales**

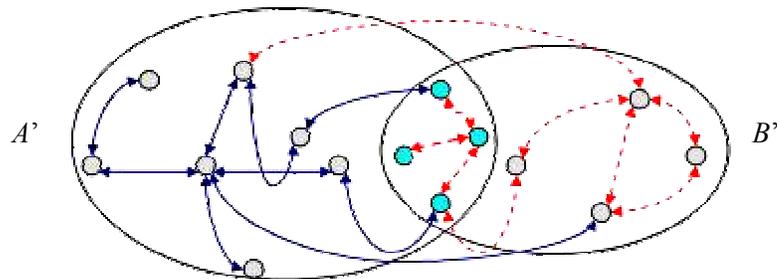
Este tipo de modificación es necesaria en transporte aéreo cuando los datos (las firmas) muestran traslape de flujos. En este caso, se aplicará una variante de la metodología del caso 1, pues no se tiene certeza acerca de la ortogonalidad de los vectores producto de cada una de las firmas, ya que no necesariamente las firmas están dispuestas espacialmente de tal forma que no haya superposición de flujos (debido a que la existencia de pares  $OD$  donde ambas firmas operen no puede ser descartada a priori).

En la Figura 3.2, por ejemplo, los *PS* de la intersección están asociados a pares *OD* donde *ambas* firmas están operando, luego los vectores producto desagregado de cada firma no son ortogonales y no se podría hacer un análisis de diversidad sin introducir alguna corrección.

**Figura 3.2 Firmas con producto no ortogonal**



**Figura 3.3 Firmas con producto ortogonal**



En la figura 3.3, en tanto, los flujos de la firma *A* han sido omitidos de la intersección. Por ello, los productos de las firmas *A'* y *B'* si conforman una partición ortogonal. El objetivo de la modificación a realizar en los agregados es descontar aquellos flujos en los pares *OD* que tienen en común ambas firmas.

Con el propósito de trabajar con agregados que realmente representen una partición ortogonal del producto, lo que se hará es estimar valores de agregados (y atributos) similares a los de las firmas en estudio, pero que procedan de una partición ortogonal.

De esta forma, si *A* y *B* son las firmas cuya fusión está en estudio y  $\tau$  es la proporción de *PS* traslapados, entonces existen dos formas de generar una partición ortogonal:

- Caso 3a: Conservando el flujo de  $A$  (o  $B$ ) y descontando el flujo de los pares  $OD$  que tienen en común a  $B$  (o  $A$ ).
- Caso 3b: Descontando flujo a  $A$  (o  $B$ ) y agregarlo como flujo de  $B$  (o  $A$ ).

Se debe notar que la forma 3b conserva el nivel total de flujo efectivamente observado en la red.

A continuación se detallará la forma de calcular los agregados bajo los dos casos ya descritos, considerando dos firmas similares a  $A$  y  $B$  (denotadas como  $A'$  y  $B'$ ) cuyo vector producto desagregado sí es ortogonal.

### **Producto Agregado tipo Flujo por Distancia**

Caso 3a: Consideremos que la firma  $A$  mantiene el nivel de sus agregados y los agregados de la firma  $B$  deben ser modificados, dado que existe traslape de flujos y lo que queremos es encontrar agregados (para  $A'$  y  $B'$ ) que provengan de una partición ortogonal del vector producto desagregado.

Dada la existencia de traslape, para la firma  $B'$  lo que se debe hacer es modificar el agregado de tal forma de descontar aquellos flujos presentes en pares  $OD$  que comparte con la firma  $A$ . El número de veces que este descuento debe ser realizado depende del número de puntos servidos traslapados en los cuales ambas firmas operan, pues puede ocurrir que haya puntos servidos traslapados, pero que los pares  $OD$  involucrados tanto para la firma  $A$  o  $B$  no sean los mismos.

Para cuantificar los flujos que deben ser descontados, sea  $PST$  el número de puntos servidos traslapados, en cuyos pares  $OD$  ambas firmas están operando. Si  $DM_j$  es la distancia media de los viajes del agregado tipo  $j$  (de la forma flujo por distancia) y  $IDA_j$  es el índice de densidad agregada por par  $OD$  asociado al agregado  $j$ , entonces los agregados para  $A'$  y  $B'$  son los siguientes:

$$\tilde{Y}_j^{A'} = \tilde{Y}_j^A, \quad \forall j \quad (3.36)$$

$$\tilde{Y}_j^{B'} = \tilde{Y}_j^B - DM_j^B AOD_j^B PST(PST - 1), \quad \forall j \quad (3.37)$$

Y para la firma fusionada entonces,

$$\tilde{Y}_j^F = \tilde{Y}_j^{A'} + \tilde{Y}_j^{B'} = \tilde{Y}_j^A + \tilde{Y}_j^B - DM_j^B AOD_j^B PST(PST - 1), \forall j \quad (3.38)$$

Caso 3b: En este caso, el procedimiento de cálculo de agregados es muy similar, sólo que el flujo total permanece constante y el flujo descontado a una firma, es sumado a la restante.

$$\tilde{Y}_j^{A'} = \tilde{Y}_j^A + DM_j^B AOD_j^B PST(PST - 1) \quad (3.39)$$

$$\tilde{Y}_j^{B'} = \tilde{Y}_j^B - DM_j^B AOD_j^B PST(PST - 1) \quad (3.40)$$

y el producto  $j$  para la firma fusionada, tanto en el caso a o b corresponde a:

$$\tilde{Y}_j^F = \tilde{Y}_j^{A'} + \tilde{Y}_j^{B'}, \forall j \quad (3.41)$$

### Average Stage Length

Indistintamente del caso (3a o 3b)  $ASL$  de la firma fusionada es calculado como:

$$ASL_F = \frac{PS_A(PS_A - 1)}{PS_A(PS_A - 1) + \mu PS_B(PS_B - 1)} ASL_A + \frac{\mu^B PS_B(PS_B - 1)}{PS_A(PS_A - 1) + \mu PS_B(PS_B - 1)} ASL_B \quad (3.42)$$

### Puntos Servidos

Si  $\tau$  es la proporción de puntos servidos traslapados, entonces el número de  $PS$  de la firma fusionada  $D$  es

$$PS_F = PS_A + (1 - \tau)PS_B \quad (3.43)$$

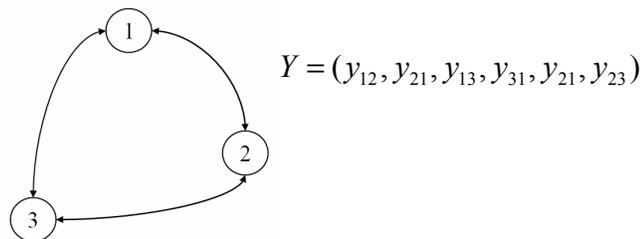
En este caso se consideró que el traslape está medido, sin pérdida de generalidad, sobre la firma  $B$  por lo que si  $PST$  es el número de puntos servidos traslapados,  $\tau = PST/PS_B$ .

### 3.3.4 Caso 4: Variación del tamaño de la red

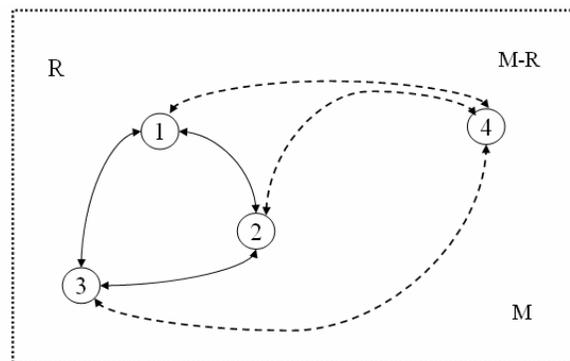
Las variables en el caso de  $SC$  espacial son calculadas de forma un poco distinta a los casos anteriores, ya que no es posible obtener directamente los agregados asociados a la partición espacial. Esto se debe a que la metodología genera empresas no necesariamente observadas en la realidad cuando el tamaño de la red varía.

Basso y Jara-Díaz (2005) desarrollan un método para calcular economías de diversidad cuando el tamaño de la red aumenta, es decir, cuando el número *PS* aumenta. El problema que ellos resuelven gráficamente viene dado por lo que se aprecia en las figuras 3.4 y 3.5.

**Figura 3.4 Firma Inicial (I)**



**Figura 3.5 Firma completa y sus particiones**



Consideremos una firma simplificada como la que está en la figura 3.4, llamémosla firma Inicial y denotémosla por *I*. La firma *I* está evaluando la conveniencia de ampliar su red, por lo que el número de *PS* aumentará en 1. De esta forma, la red de la firma quedará como en la figura (3.5). En términos de flujo, aquellos que son conocidos son los de la firma antes de la expansión de red, sin embargo, al agregar un nuevo *PS* potencialmente existirían flujos entre todos los *PS* y el nuevo *PS*. Estos nuevos flujos a priori no son conocidos, por lo que para estimar *SC* se hace necesario estimar una medida razonable de estos. Así, Basso y Jara-Díaz (2005) proponen que el índice de densidad agregado (*IDA*) por par *OD* desagregado por tipo de carga, definido en la ecuación (2.38), permanezca constante cuando al tamaño de la red crece. Imponiendo esta condición, es posible estimar el valor de algunos agregados, como aquellos del tipo flujo por distancia.

Dado que el indicador de diversidad supone que en términos desagregados los vectores producto son ortogonales, Basso y Jara-Díaz (2005) miran el vector de flujos de la firma  $I$  como una *partición* del vector producto de una firma que opera sobre la red expandida. Llamamos  $E$  a la firma que sirve un punto adicional (firma expandida),  $I$  a la firma antes de la expansión (firma inicial) y  $C$  a la firma que sirve los flujos entre los  $PS$  antiguos y el  $PS$  nuevo (firma complemento), se puede generalizar la condición obtenida por Basso y Jara-Díaz a

$$\tilde{Y}_j^E = \begin{pmatrix} DM_j^E \\ DM_j^I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} PS^I + 1 \\ PS^I - 1 \end{pmatrix} \tilde{Y}_j^I \quad (3.44)$$

El primer término de (3.44) corresponde a una comparación de las distancias medias asociadas al agregado  $j$  después y antes del aumento del tamaño de red. En tanto, para la firma complementaria, se tiene que los agregados pueden ser calculados como:

$$\tilde{Y}_j^C = \tilde{Y}_j^E - \tilde{Y}_j^I \quad (3.45)$$

pues los agregados utilizados son siempre de la forma flujo por distancia. Los valores de  $DM$  no son conocidos en general y aparecen en (3.44) por usar la razón entre  $RPM$  y  $DM$  para determinar el numerador de  $IDA$  (que corresponde al flujo total en la red), tal como hacen Basso y Jara-Díaz (2005).

#### Average Stage Length

Dado  $ASL^I$  (que es la variable conocida en este caso), el valor de  $ASL^C$  será estimado por medio de una regresión lineal en función del número  $PS$ , mientras que el valor de  $ASL^E$  será calculado como un promedio de los  $ASL$  de  $I$  y  $C$ , es decir

$$ASL^E = \frac{ASL^I + ASL^C}{2} \quad (3.46)$$

Esta forma de calcular  $ASL^E$  será realizada así debido a que intuitivamente este valor debe estar entremedio de los otros dos. Claramente, este resultado está sujeto a cuán distante se encuentra el nuevo  $PS$  del resto y también del número de conexiones a este nuevo punto. El método presentado para calcular  $ASL$  no abarca el caso en que hay expansiones del tamaño de red pues el vector producto cambia de dimensión.

Factor de carga ( $LF$ )

En este caso, en términos genéricos, los factores de carga de las firmas  $E$  (expandida) y  $C$  (complemento) pueden ser calculados dado  $LF^I$ .

$$\text{Para la firma } E: \quad LF_j^E = \frac{\phi_j^E}{\omega_j^E} LF_j^I \quad (3.47)$$

$$\text{Para la firma } C: \quad LF_j^C = \frac{(\phi_j^E - 1)}{(\omega_j^E - 1)} LF_j^I \quad (3.48)$$

donde  $\phi_j^E = \frac{DM_j^E}{DM_j^I} \frac{PS^I + 1}{PS^I - 1}$  y proviene de la expresión (3.44), en tanto,  $\omega_j^E$  es la razón entre las

medidas de oferta  $I$  y  $E$  asociadas al tipo de carga  $j$ . Así, si  $j$  fuese pasajeros, la medida de oferta sería  $ASK$ , por lo tanto  $\omega^E = \frac{ASK^E}{ASK^I}$ .

Es importante mencionar que analíticamente no es posible cuantificar el valor de una medida de oferta (en este caso  $ASK$ ) cuando el tamaño de la red ha crecido. Una forma de enfrentar esta dificultad es considerando que en los cálculos  $LF = \text{constante}$ , esto último se justifica en el hecho de que cambios en el valor de  $LF$  son muy pequeños de un año a otro. Por otro lado, hay un problema asociado a la forma de escribir un agregado dependiente de la oferta como función del vector producto (recordar que  $LF$  es medido como  $RPK / ASK$ ), para lo cual además hay que determinar cómo variaría este agregado ante cambios en la dimensión del vector producto.

De (3.47), el supuesto anterior implica que  $\phi_j^E = \omega_j^E$  lo que significa que la medida asociada a oferta ( $ASK$  por ej.) crece de igual forma como lo hace el agregado ( $RPK$  en este caso).

Claramente debe cumplirse que  $\phi_j^E \neq 1$ , lo que se advierte directamente de (3.48). La magnitud de este factor sin embargo, depende fundamentalmente de la razón entre las distancias medias ( $DM^E/DM^I$ ), específicamente de la ubicación del nuevo *PS*. Si ese nuevo *PS* está muy distante de los demás, entonces todos los arcos que lleguen a ese nuevo punto servido tendrán una longitud mayor al promedio y por ende, la razón entre las *DM* podría ser mayor que 1. De todas formas, es importante tener en cuenta que en el caso de existir *SC* espacial, lo más probable es que las firmas se expandan espacialmente, es decir, que se agreguen nuevos *PS* representando destinos distantes. En el caso de  $\omega_j^E$ , el supuesto  $LF = \text{constante}$  implica que el agregado asociado a oferta necesariamente debe crecer ante una expansión de la red. Lo anterior, en términos prácticos, puede ser llevado a cabo de tres maneras:

- Usando la misma flota, pero aumentando la frecuencia de los vuelos
- Aumentando el tamaño de la flota
- Aumentando el tamaño de la flota y modificando las frecuencias de los vuelos

Finalmente, la forma en que la firma decida modificar su oferta para adaptarse a la nueva red depende de sus políticas de operación, de la estructura escogida y también a la estimación de la magnitud de los flujos nuevos sobre la red.

### 3.4 Síntesis

En este capítulo se ha calculado los ponderadores de escala de ciertos agregados usados en transporte aéreo mediante el método de Jara-Díaz y Cortés (1996), y se ha planteado una metodología para calcular indicadores de diversidad bajo un enfoque desagregado del producto.

En cuanto a escala, se plantearon expresiones analíticas para poder derivar los ponderadores de la densidad de tráfico, índice multilateral, asientos milla y producto hedónico y, se enfatiza las distinciones para calcular  $RTD$  o  $S$ . Lo importante de esto es que la estructura de rutas incide en el valor que toman los ponderadores de agregados tipo flujo por distancia. Bajo  $RTD$  el valor del ponderador es uno mientras que bajo  $S$  depende del ponderador de la distancia media.

En cuanto al cálculo de algún tipo de economías de diversidad, se identificó cuatro formas de abordar un problema que abarcarían todos los tipos de economías de diversidad que se quisieran calcular, para lo cual se ha hablado de dos firmas ( $A$  y  $B$ ) cuyo producto es ortogonal y una firma fusionada ( $F$ ).

Para cada uno de los casos identificados se derivó la forma respectiva de calcular los agregados dada una partición ortogonal a nivel desagregado. Lo anterior, requirió en particular escribir expresiones para  $ASL$  y  $LF$ . En el caso de  $ASL$ , a partir de la definición de este atributo se obtuvo que el  $ASL$  de la firma fusionada corresponde a un promedio ponderado de los  $ASL$  de las firmas que conforman la partición, cuyos ponderadores dependen tanto del tamaño de la red (a través de  $PS$ ) como de la relación entre el número de tramos presentes en cada una de las redes de las firmas que se fusionan. En el caso de  $LF$ , se obtuvo que para la firma fusionada  $LF$  puede ser expresado en función de los  $LF$  de las firmas que conforman la partición y la firma cuyo producto sea mayor será la que haga la mayor contribución al valor de  $LF$  de la firma fusionada.

Por último, un tema relevante desarrollado en este capítulo corresponde a una formulación para calcular economías de diversidad de fusionar firmas cuyo producto desagregado no es ortogonal. En tal caso, se propuso traspasar de una firma a otra el flujo de los pares  $OD$  comunes (o traslapados), con el objeto de mantener el flujo total.

En el siguiente capítulo se mostrará las aplicaciones tanto del método para el cálculo de indicadores de escala como para el cálculo del indicador de diversidad sobre los trabajos más relevantes en transporte aéreo.

## Anexo A3.1: Demostración del valor de ponderador del Índice Multilateral

Recordemos que en el índice multilateral para una firma  $k$ ,  $\gamma_j^k$  representa la proporción de ganancia **promedio** entre el valor asociado a la firma  $k$  del agregado  $j$  y el valor respectivo a la industria. Luego, si  $\beta_j^k$  es la proporción de ganancia del agregado  $j$  de la firma  $k$  y  $\bar{\beta}_j$  es el valor respectivo asociado a la industria, entonces

$$\gamma_j^k = \frac{\beta_j^k + \bar{\beta}_j}{2} \quad (\text{A.1})$$

En este caso, el valor de la industria corresponde al valor promedio calculado sobre una muestra, conformada generalmente por una serie de observaciones de varias firmas durante varios periodos (panel de datos). En general, el índice temporal es omitido en la notación.

Lo que se va a demostrar es que  $\sum_j \gamma_j^k = 1$ .

Considerando (A.1) y sumando sobre  $j$ , se tiene  $\sum_j \gamma_j^k = \sum_j \frac{\beta_j^k}{2} + \sum_j \frac{\bar{\beta}_j}{2} = \frac{1}{2} \sum_j \beta_j^k + \frac{1}{2} \sum_j \bar{\beta}_j$

Para la firma  $k$ , en cada periodo y por definición de  $\beta_j^k$ , tenemos que  $\sum_j \beta_j^k = 1$ . Por lo tanto

sólo queda probar que  $\sum_j \bar{\beta}_j = 1$

$\sum_j \bar{\beta}_j = 1$  claramente cuando el panel está equilibrado (número de observaciones de todas las variables para todas las firmas es el mismo). Si el panel no está equilibrado, entonces para cada firma  $k$ , en cada periodo  $t$  se cumple que  $\sum_j \beta_j^{kt} = 1$

Sea  $M$  el número de observaciones total en el panel. El promedio de proporción de ganancia asociada al agregado  $j$  sobre todos los periodos es

$$\bar{\beta}_j = \frac{\sum_t \sum_k \beta_j^{kt}}{M}$$

sumando sobre  $j$ , se tiene que

$$\sum_j \bar{\beta}_j = \frac{\sum_j \sum_t \sum_k \beta_j^{kt}}{M} = \frac{\sum_t \sum_k \sum_j \beta_j^{kt}}{M} = 1$$

## **4 Aplicación Metodológica**

### **4.1 Introducción**

En el presente capítulo se aplicará el enfoque desagregado al cálculo de indicadores de escala y diversidad, presentado en el Capítulo 3. En el caso de escala, la metodología se basa en los trabajos de Jara-Díaz y Cortés (1996) y Basso y Jara-Díaz (2006a). Lo esencial de ambos trabajos es reconocer el carácter desagregado del producto en las medidas agregadas, con el fin de calcular indicadores en forma consistente con la teoría microeconómica. En un contexto de escala, esto se traduce en ponderar las elasticidades costo-producto o costo-atributo por el grado de homogeneidad de tales variables ante cambios en el producto desagregado, ya sea bajo una estructura de red fija o variable.

Con respecto al cálculo de algún tipo específico de economías de diversidad, es importante enfatizar que la factibilidad de cálculo de este tipo de indicador depende fuertemente de los descriptores agregados que describen el producto (y sus formas de agregación), la forma funcional de la función de costo y, adicionalmente, de la información que se recopile.

En esta sección se mostrará en detalle los cálculos realizados sobre distintas publicaciones, siguiendo la metodología presentada en la Sección 3.3. Es importante señalar que en los diversos cálculos de economías de diversidad podría haber algunos cálculos adicionales necesarios para cuantificar algunas variables que no forman parte de la metodología genérica presentada en el capítulo anterior.

Los casos estudiados serán presentados de la siguiente manera: primero se resumirá el contenido de cada trabajo en términos de las variables relevantes que lo caracterizan; posteriormente, se detallará el análisis tanto de escala como de diversidad; luego, se hará el cálculo analítico de los indicadores de escala y diversidad y, finalmente, se presentarán los resultados.

## 4.2 Aplicaciones en publicaciones relevantes

*Economies of density versus economies of scale: why trunk and local service airline costs differ?* (Caves et al, 1984)

- **Descripción del caso**

En este trabajo la función de costo es de tipo translog, con el producto descrito por el índice multilateral (*IM*) que consta de cuatro agregados de la forma flujo por distancia que son: *RPM* sched, *RPM* charter, *RTM* correo y *RTM* para otro tipo de carga. Los atributos considerados son *ASL*, *LF* (para pasajeros) y *PS*. Para mayor detalle ver Tabla 2.1.

- **Análisis de escala**

Hasta ahora, los cálculos que existen son sólo de *RTD*. Sin embargo, de acuerdo con el método de Jara-Díaz y Cortés (1996) estos no serían correctos, pues falta considerar las elasticidades de los atributos, variables que también son función del vector producto.

En adelante, llamaremos *RTD'* a los valores de *RTD* recalculados de acuerdo a Jara Díaz y Cortés (1996) y *S* al indicador de economías de escala calculado de acuerdo a Basso y Jara-Díaz (2006a). Luego, para la función de largo plazo el cálculo es:

$$RTD' = \frac{1}{\alpha_{\bar{y}}\eta_{\bar{y}}^{CT} + \alpha_{LF}\eta_{LF}^{CT}} \quad (4.1)$$

$$S = \frac{1}{\alpha_{\bar{y}}\eta_{\bar{y}}^{CT} + \alpha_{LF}\eta_{LF}^{CT} + \alpha_{ASL}\eta_{ASL}^{CT}} \quad (4.2)$$

y si la función es de corto plazo,

$$RTD' = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\alpha_{\bar{y}}\eta_{\bar{y}}^{CV} + \alpha_{LF}\eta_{LF}^{CV}} \quad (4.3)$$

$$S = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\alpha_{\bar{y}}\eta_{\bar{y}}^{CV} + \alpha_{LF}\eta_{LF}^{CV} + \alpha_{ASL}\eta_{ASL}^{CV}} \quad (4.4)$$

- **Análisis de Diversidad**

Dada la información disponible y los agregados considerados en la función de costo, es posible calcular los siguientes tipos de economías de diversidad:

- *SC* Troncal-local (para analizar si existieron incentivos en costo de que firmas locales y troncales operen como una sola).
- *SC* Espacial para la firma fusionada, es decir, la conveniencia de ampliar el tamaño de la red de una firma del tipo Troncal-Local.
- *SC* Espacial para una firma local, *SC* Espacial para firma troncal y *SC* por tipo de servicio primera-turista (para firmas troncales).

Para *SC* Troncal-local definamos a *T* y *L* como los índices asociados a las firmas promedio troncales y locales respectivamente. Debido a que las firmas locales y troncales operan de mercados distintos, ambas constituirían una partición ortogonal del producto de una firma que operara en ambos mercados. Sea *TL* el índice para la firma conjunta, entonces lo que se debe calcular son las variables de producto y atributos para cada firma, para finalmente evaluar la siguiente expresión:

$$SC_T = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}^T, ASL^T, LF^T, PS^T) + \tilde{C}(\tilde{Y}^L, ASL^L, LF^L, PS^L) - \tilde{C}(\tilde{Y}^{TL}, ASL^{TL}, LF^{TL}, PS^{TL})}{\tilde{C}(\tilde{Y}^{TL}, ASL^{TL}, LF^{TL}, PS^{TL})} \quad (4.5)$$

Para *SC* Espacial (ambos tipos) la notación a utilizar es la misma que en la Sección 3, y la expresión que se evaluará es:

$$SC = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}^I, ASL^I, LF^I, PS^I) + \tilde{C}(\tilde{Y}^C, ASL^C, LF^C, PS^C) - \tilde{C}(\tilde{Y}^E, ASL^E, LF^E, PS^E)}{\tilde{C}(\tilde{Y}^E, ASL^E, LF^E, PS^E)} \quad (4.6)$$

- **Cálculo de variables**

### **Escala**

De acuerdo al enfoque desagregado de Jara-Díaz y Cortés (1996), para evaluar los indicadores *RTD* y *S* es necesario contar con el grado de homogeneidad ( $\alpha_j$ ) para cada una de las variables

agregadas, además de las elasticidades costo. Los ponderadores  $\alpha_j$  utilizados para calcular los indicadores son  $\alpha_{IM}=1$ ,  $\alpha_{LF}=0,044$ ,  $\alpha_{ASL}=-0,147$  y  $\alpha_{DM}=-0,2299$ . El ponderador de  $LF$  fue estimado en Oum y Zhang (1997) y los de  $ASL$  y  $DM$  en Basso y Jara-Díaz (2006a). En los recálculos serán usados los ponderadores anteriores debido a que fueron estimados para aerolíneas norteamericanas. De hecho, el coeficiente de  $LF$  fue usado por Oum y Zhang para recalculer los indicadores de Caves et al (1984). En tanto, los ponderadores de  $ASL$  y  $DM$  fueron estimados para una parte de las aerolíneas contenidas en el trabajo de Caves et al, pero no se cuenta con más información. Las elasticidades costo se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 4.1 Elasticidades costo**

Variables	CT	CV
IM	0,804	0,719
ASL	-0,418	-0,046
LF	-0,262	-0,145
Stock de capital	-	0,153

Fuente: Caves et al (1984)

### Diversidad

- Producto: Para calcular el  $IM$  de cada tipo de firma, primero se debe determinar los valores de las **componentes** de  $IM$  y luego, estimar las **proporciones de las ganancias** asociadas a cada uno de los agregados (recordar que  $IM$  es una forma de agregar agregados).

**Tabla 4.2. Media de productos y atributos**

	Troncales	Locales	Combinado
RPM programados	15,01	1,52	9,33
RPM charter (millones)	1,04	0,07	0,63
RTM correo (millones)	0,86	0,005	0,052
RTM otra carga (millones)	0,35	0,01	0,21
PS	66	59	63
ASL (millas)	685	197	480
LF (%)	0,55	0,52	0,54

Fuente: Caves et al (1984)

De la tabla 4.2, se tiene que  $\tilde{Y}_j^T$  e  $\tilde{Y}_j^L$ ,  $\forall j$  son conocidos (componentes de  $IM$ ). Además, como  $\tilde{Y}_j^T$  y  $\tilde{Y}_j^L$  constituyen una partición ortogonal del vector producto desagregado, el enfoque para

calcular  $SC$  es el correspondiente al Caso 1. De esta forma, los valores de los agregados para la firma  $TL$  (troncal-local) fueron calculados por simple suma (ver 3.11).

Se debe notar que en la definición de  $IM$ , los agregados están divididos por una media geométrica. En este caso, se usó los valores reportados como “*combined*”, reportados en la tabla 4.2, que corresponde a una combinación de los valores de productos y atributos para firmas locales y troncales.

Las proporciones promedio de ganancia fueron calculadas a partir de diversos informes de la ATA (*Air Transport Association*) donde se obtuvo los precios ( $P_j^k$ ) asociados a cada agregado como el nivel de ganancia asociado a un tipo particular de producto como el de troncales sobre la suma de las ganancias para cada tipo de producto agregado. De esta manera, si  $y_i^{jk}$  es el flujo desagregado asociado al agregado  $j$  de la firma  $k$  en el par  $OD$   $i$  y  $d_i^{jk}$  es la distancia abarcado en el par  $i$ , entonces definimos a  $p_i^{jk}$  como el precio asociado al par  $i$ , del agregado  $j$  de la firma  $k$  y por lo tanto, el precio promedio agregado asociado a distancia se puede calcular como:

$$\bar{P}_j^k = \frac{\sum_i p_i^{jk} y_i^{jk} d_i^{jk}}{\sum_j \sum_i p_i^{jk} y_i^{jk} d_i^{jk}} \quad (4.7)$$

Luego, usando (4.7) se generó la Tabla 4.3.

**Tabla 4.3. Precios por tipo de producto por distancia (centavos dólar/milla)**

<b>Precios por producto</b>	<b>Troncal</b>	<b>Local</b>	<b>Troncal-local</b>
Pasajero-milla	7,79	11,44	7,97
Tonelada-milla (carga)	30,68	99,55	29,22
Tonelada -milla (correo)	27,78	48,72	28,71

Fuente: propia

Parar  $SC$  espacial: el producto fue calculado usando las fórmulas (3.44) y (3.45) correspondiente a la firma expandida (que tiene un  $PS$  más) y complemento respectivamente.

### - Atributos

Para *SC* Troncal-Local: Los atributos de la firma *TL* ( $LF^{TL}$  y  $ASL^{TL}$ ) fueron calculados usando la metodología descrita en la Sección 3.3.1. Para  $PS^{TL}$  se hará análisis de sensibilidad, dado que existe un traslape ( $\tau$ ) cuyo valor no es conocido.

Para *SC* espacial: Las variables que se deben calcular son *ASL* y además, *DM* (pues está contenida en las fórmulas para calcular el valor del producto). Como antecedente, dado lo que representan conceptualmente *ASL* y *DM*, existiría una relación del tipo  $DM = \alpha ASL$  con  $\alpha \geq 1$ . Para  $ASL^I$  es posible calcular valores aproximados usando la definición de Liu y Lynk (1999). De acuerdo a los datos presentes en los informes de la ATA (1977) entre los años 1971 y 1977, se encontró que *DM* resulta ser aproximadamente un 50% mayor que *ASL* en forma sistemática. Para la firma *C*, *ASL* fue determinado por medio de una regresión lineal. El siguiente modelo fue estimado usando la información de *ASL* y *PS* reportada en el Caves et al (1984).

$$ASL = -424.567 + 10.19PS + 440.41\delta \quad R^2_{ajust} = 0.956 \quad (4.8)$$

(-1.61)                      (2.45)                      (10.72)

La variable dummy  $\delta$  es 1 si la firma es troncal (0 si no). Asumiendo que un nuevo *PS* puede ser considerado similar al de una troncal, se calculó  $ASL^C$ . En tanto,  $ASL^E$  fue calculado usando la expresión (3.46).

### • Resultados

#### Escala

De acuerdo a las expresiones (4.1), (4.2), (4.3) y (4.4), y los valores de las elasticidades costo-producto o costo-atributo en la Tabla 4.1, los resultados son los siguientes:

A partir de la función de costo de largo plazo

$$RTD' = \frac{1}{1 \cdot 0.804 + 0.044 \cdot -0.264} = 1.262$$
$$S = \frac{1}{0.770 \cdot 0.719 + 0.044 \cdot -0.264 + -0.147 \cdot -0.148} = 1.589$$

A partir de la función de costo de corto plazo

$$RTD' = \frac{1 - 0.153}{1 \cdot 0.719 + 0.044 \cdot -0.415} = 1.189$$

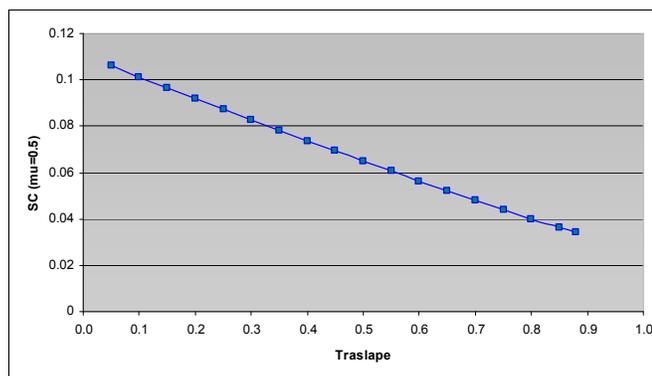
$$S = \frac{1 - 0.153}{0.770 \cdot 0.719 + 0.044 \cdot -0.415 + -0.147 \cdot -0.046} = 1.529$$

Para cada uno de los cálculos de  $RTD$  y  $S$  se realizó un análisis de sensibilidad respecto del valor de los coeficientes  $\alpha_j$ . Los resultados son insensibles ante tales variaciones, como se detalla en la tabla resumen al final del capítulo.

### Diversidad

-  $SC$  Troncal- local: Al evaluar el indicador se obtiene  $SC = 0,03$ . Dado que el nivel de traslape es desconocido, se realizó un análisis de sensibilidad del indicador haciendo variar el nivel de traslape  $\tau$  de  $PS$  (ver ecuación 3.43) de la firma troncal-local (Figura 4.1) para  $\mu = 0,5^7$  en el cálculo de  $ASL_F$  (ecuación 3.42). Lo que se observa es que el valor de  $SC$  es siempre positivo y que decrece con  $\tau$ ; esto quiere decir que en la medida que el tamaño de la red fusionada sea mayor, mayor será el ahorro de costo de fusionar, ya que el tamaño de la red decrece con  $\tau$ .

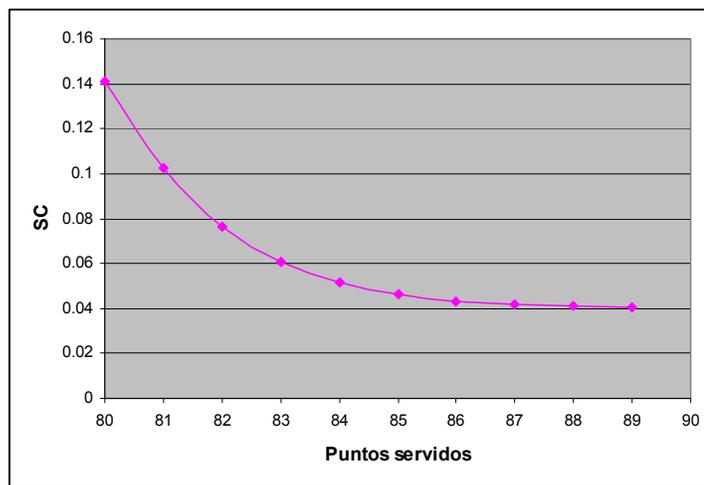
**Figura 4.1. Economías de diversidad para la firma conjunta**



<sup>7</sup> Se consideró este valor porque es probable que la densidad de tramos de las firmas troncales sea menor que la de las firmas locales. Por otro lado, las variaciones de  $\mu$  no tienen un impacto relevante en el valor de  $SC$ . Esto último debido a que los  $ASL$  de troncales y locales no son muy distintos entre sí.

- *SC* espacial: Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la Figura 4.2 donde  $SC = 0,14$  cuando  $PS = 80$ . La Figura 4.2 muestra la variación del indicador de *SC* de la firma *TL* al aumentar el número de *PS* unitariamente, es decir, cada punto o representa el valor de *SC* al hacer  $PS = PS + 1$  y haciendo crecer el producto de acuerdo al índice de densidad agregada (*IDA*).

**Figura 4.2. Economías de diversidad espacial para la firma conjunta**



Como se advierte de la Figura 4.2, una red con  $PS > 90$  poseería *SC* del orden de un 4%, lo que no deja de ser importante dado los montos de dinero que maneja este tipo de firmas.

*Airine Cost Structure and Policy Implications* (Gillen et al, 1990)

- **Descripción del caso**

La función de costo es tipo translog y el producto está descrito por un vector de producto hedónico  $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_N)$  donde cada componente  $\phi_i = \phi_i(\tilde{Y}_i, Q_i)$  es función de un agregado de la forma flujo por distancia junto con sus respectivos atributos. Los agregados son *RPK*, *RTK* y *RTK charter* y los atributos considerados son *ASL*, *LF* y *PS* como se aprecia en la Tabla 2.1.

- **Análisis de escala**

En este trabajo los autores calcularon *RTD* y *RTS* de la manera estándar, es decir, considerando únicamente las elasticidades costo-producto (en el caso de *RTD*) y costo-PS (en el caso de *RTS*).

Bajo el enfoque a usar en esta tesis, se requiere obtener los ponderadores de todas las variables que tiene relación con el producto, antes de evaluar los indicadores. En este caso, el ponderador del producto hedónico es  $\alpha_{\phi_j} = \alpha_{Y^j} + \sum_k \beta_{jk} (\varepsilon_{Y^k}^{q_j})$  donde  $\alpha_{Y^j}$  toma un valor u otro dependiendo de la estructura de rutas (ver Capítulo 2).

En este trabajo en particular, el único atributo que resultó significativo dentro de la especificación hedónica fue *ASL* para el transporte de pasajeros, por lo que el vector producto agregado es de la forma  $\tilde{Y} = (\phi_{RPK}, RTK, RTK_{CH})$ . En el caso de *RTD*,  $\alpha_{RPK} = 1$  y  $\alpha_{ASL} = 0$ . Además,  $\alpha_{RTK} = \alpha_{RTK_{CH}} = 1$ .

Los indicadores serán calculados de la siguiente forma a partir de la función de costo total (*CT*):

$$RTD' = \frac{1}{\alpha_{\phi_{RPK}} \tilde{\eta}_{\phi_{RPK}}^{CT} + \alpha_{RTK} \tilde{\eta}_{RTK}^{CT} + \alpha_{RTK_{CH}} \tilde{\eta}_{RTK_{CH}}^{CT}} \quad (4.9)$$

$$S = \frac{1}{(\alpha_{RPK} + \alpha_{ASL} \beta_{ASL}) \tilde{\eta}_{RPK}^{CT} + \alpha_{RTK} \tilde{\eta}_{RTK}^{CT} + \alpha_{RTK_{CH}} \tilde{\eta}_{RPK_{CH}}^{CT}} \quad (4.10)$$

Y a partir de la función de costo variable ( $CV$ ):

$$RTD' = \frac{1 - \tilde{\eta}_K}{\alpha_{\phi_{RPK}} \tilde{\eta}_{\phi_{RPK}}^{CV} + \alpha_{RTK} \tilde{\eta}_{RTK}^{CV} + \alpha_{RTK_{CH}} \tilde{\eta}_{RTK_{CH}}^{CV}} \quad (4.11)$$

$$S = \frac{1 - \tilde{\eta}_K}{(\alpha'_{RPK} + \alpha_{ASL} \beta_{ASL}) \tilde{\eta}_{RPK}^{CV} + \alpha'_{RTK} \tilde{\eta}_{RTK}^{CV} + \alpha'_{RTK_{CH}} \tilde{\eta}_{RPK_{CH}}^{CV}} \quad (4.12)$$

Las elasticidades costo agregadas son obtenidas directamente de las funciones de costo total ( $CT$ ) y costo variable ( $CV$ ) estimadas. Cabe señalar que ante posibles cambios en la estructura de rutas,  $\alpha_{ASL} \neq 0$ . Por otro lado, se debe notar que  $\alpha'_{RPK} = \alpha'_{RTK} = \alpha'_{RTK_{CH}} = 1 + \alpha_{DM}$ , pero  $DM$  no es una variable en la función de costo de Gillen et al (1990).

- **Análisis de diversidad**

Dado que en Basso y Jara-Díaz (2005) se estudió diversidad espacial (conveniencia de ampliar el tamaño de red) para un par de firmas canadienses, tal caso será excluido en esta sección. Sin embargo el tipo de  $SC$  estudiado es también del tipo espacial, pero aquí se evalúa la conveniencia en costos de “fusionar” la operación de firmas. En estricto rigor, como se puede apreciar a partir del enfoque presentado en el Capítulo 3, el análisis realizado no es una fusión perfecta, debido a la potencial existencia de tramos de operación común, por lo que los vectores producto no serían ortogonales. Para ser consistente con la definición de  $SC$ , se debe realizar ciertas modificaciones sobre los agregados para obtener medidas de producto que provengan de vectores ortogonales. La idea es que  $D$  es la firma resultante de la fusión de  $A$  (o  $B$ ) con  $B'$  (o  $A'$ ) siendo estas últimas variantes de la firma original tal que su producto desagregado si es ortogonal al de la firma con la que se fusiona. Para más detalles ver Sección 3.3

Siguiendo la misma notación utilizada en la Sección 3.3.3 y considerando que en este estudio el vector agregado de producto es  $\tilde{Y} = (\phi_{RPK}, RTK, RTK_{CH})$ , la expresión a evaluar es:

$$SC_A = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}^A, ASL^A, PS^A) + \tilde{C}(\tilde{Y}^{B'}, ASL^{B'}, PS^{B'}) - \tilde{C}(\tilde{Y}^D, ASL^D, PS^D)}{\tilde{C}(\tilde{Y}^D, ASL^D, PS^D)} \quad (4.13)$$

- **Cálculo de variables**

**Escala**

El ponderador para la componente hedónica es  $\alpha_{\phi_{RPK}} = \alpha_{RPK} + \beta_{ASL} \alpha_{ASL}$  (Ver Sección 3.2 para detalles). Los valores de los ponderadores que se usarán son  $\alpha_{ASL} = -0,147$  y  $1 + \alpha_{DM} = 0,7701$ , ambos estimados en Basso y Jara-Díaz (2006a) para aerolíneas norteamericanas. Desafortunadamente no se cuenta con otra información. En la tabla 4.4 se presenta las elasticidades costo de los agregados (y atributos) que serán usadas en el cálculo de los indicadores.

**Tabla 4.4 Elasticidades costo**

	<b>CT</b>	<b>CV</b>
Passengers	0,734	0,540
Freight	0,048	0,039
Charter	0,044	0,039
Stock de capital	-	0,081

Fuente: Gillen et al (1990)

**Diversidad**

- Producto: Las medidas de producto para las firmas antes de la fusión fueron extraídas del mismo trabajo de Gillen et al (1990) que se presenta en la Tabla 4.5. Las medidas agregadas de producto de la forma flujo por distancia para la firma “fusionada” fueron calculadas en forma exacta de acuerdo con la metodología propuesta en la Sección 3.3.3.

- Atributos: Análogamente al caso del producto, las medidas de *ASL* de cada firma fueron obtenidas del mismo trabajo y la medida de *ASL* de la firma “fusionada” fue calculada como un promedio ponderado (ver 3.42), variable necesaria para calcular  $\phi_{RPK}$  de la firma fusionada.

El producto hedónico, que sólo es calculado para el agregado *RPK*, se obtiene como:

$$\phi_{RPK} = \ln(RPK) + \beta \ln(ASL) \tag{4.14}$$

donde  $\beta = 0,262$  y el valor de *RPK* para la firma fusionada proviene de la metodología detallada en la Sección 3.3.3, fórmula (3.41).

**Tabla 4.5. Características de las firmas canadienses en 1980**

	<b>Air Canada</b>	<b>CPAir</b>	<b>PWA</b>	<b>Nordair</b>	<b>EPA</b>	<b>Quebecair</b>
PS	59	32	43	21	18	23
RPK (millones)	2.3767,71	9.335	1.492	703,61	582	290
ASL (km)	1.114,6	1426	361	528,37	387	273
PK-charter	83,15	118	90	60,49	5,2	27,86
RTK(millones)	552,2	212,4	25	24,11	6,5	3,26

Fuente: Gillen et al (1990)

Como ya ha sido explicado (ec. 3.42), para calcular *ASL* de la firma fusionada se debe conocer el parámetro  $\mu$ , el cual requiere información acerca de los parámetros asociados al número de tramos de las firmas, es decir,  $\theta^A$  y  $\theta^B$ . Para obtener una medida de tales parámetros<sup>8</sup>, se dispuso de las redes de las aerolíneas canadienses para el año 1980, de las cuales se extrajo la información presentada en las siguientes tablas. Las redes están disponibles en el anexo A4.1 de este capítulo.

**Tabla 4.6. Características de las redes**

	<b>Air Canada</b>	<b>CPAir</b>	<b>EPA</b>	<b>Nordair</b>
Puntos servidos	56	32	18	22
Nº de tramos	140	53	37	30
Parámetro $\theta$	0,045	0,053	0,121	0,065

**Tabla 4.7. Valores de  $\mu$  entre firmas**

<b>A \ B</b>	<b>Air Canada</b>	<b>CPAir</b>	<b>EPA</b>	<b>Nordair</b>
Air Canada	1	1,175	2,660	1,429
CPAir	0,851	1	2,263	1,215
EPA	0,376	0,442	1	0,537
Nordair	0,700	0,823	1,862	1

**Tabla 4.8. Puntos servidos traslapados**

	<b>Air Canada</b>	<b>CPAir</b>	<b>EPA</b>	<b>Nordair</b>
Air Canada	-	7	9	7
CPAir	7	-	2	4
EPA	9	2	-	2
Nordair	7	4	2	-

<sup>8</sup> El parámetro asociado a los tramos es calculado directamente a partir de la ecuación (3.21).

En la tabla 4.6 se presenta algunos datos relevantes por firma para calcular *ASL*. La tabla 4.7 muestra los valores del coeficiente  $\mu$  que entregan una idea de cuán mayor es el número de tramos que posee una firma con respecto a la otra (*B* con respecto a *A* en este caso). La tabla 4.8 corresponde al número de *PS* que forman parte de las redes de ambas firmas, que serán los que definan los pares *OD* traslapados.

- **Resultados**

**Escala**

Sustituyendo los valores de las elasticidades costo y los ponderadores correspondientes según sea el caso, los resultados de los indicadores son los siguientes:

A partir de la función de costo total (*CT*)

$$RTD' = \frac{1}{0,734 + 0,048 + 0,044} = 1,211$$

$$S = \frac{1}{(0,7701 + -0,147 \cdot -0,262)0,734 + 0,7701 \cdot 0,048 + 0,7701 \cdot 0,044} = 1,505$$

A partir de la función de costo variable (*CV*)

$$RTD' = \frac{1 - 0,081}{0,540 + 0,039 + 0,039} = 1,487$$

$$S = \frac{1 - 0,081}{0,7701 \cdot 0,540 + 0,7701 \cdot 0,039 + 0,7701 \cdot 0,039} = 1,931$$

Los resultados son válidos en la media de la muestra. No fue posible realizar un análisis punto a punto de estos indicadores debido a que sólo se cuenta con medidas de las variables en la media. Lo que se obtiene, a partir de la función de costo de corto y largo plazo, es que hay economías de escala y son mayores que los retornos a densidad, lo que denota la importancia de optimizar la estructura de las rutas ante un aumento de los flujos.

## Diversidad

Aplicando la metodología descrita y usando la información de las tablas 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8, se obtuvo los siguientes resultados para cada uno de los casos.

**Tabla 4.9. Resultados de diversidad bajo el caso 3a**

<b>Firma A</b>	<b>Firma B</b>	<b>SC</b>
Air Canada	CPAir	-0,130
Air Canada	Nordair	-0,043
Air Canada	EPA	-0,033
CPAir	Nordair	-0,086
CPAir	EPA	-0,086
Nordair	EPA	0,104

**Tabla 4.10. Resultados de diversidad bajo caso 3b**

<b>Firma A</b>	<b>Firma B</b>	<b>SC</b>
Air Canada	CPAir	-0,124
Air Canada	Nordair	-0,045
Air Canada	EPA	-0,040
CPAir	Nordair	-0,079
CPAir	EPA	-0,086
Nordair	EPA	0,103

### Comentarios

Es importante destacar que los resultados obtenidos del indicador de diversidad *SC* bajo los casos *A* y *B* (tablas 4.9 y 4.10 respectivamente) son casi idénticos. Lo anterior es consecuencia del bajo nivel de traslape de pares *OD* que tienen las firmas analizadas. Por otro lado, los resultados obtenidos aplicando cualquiera de los dos casos (3a o 3b), no difieren mayormente de los que se obtienen al no considerar la posible existencia de traslape de flujos entre diversos pares *OD*. Este fenómeno queda en evidencia al aplicar directamente la metodología del caso 1, tal como se aprecia en Tabla 4.11.

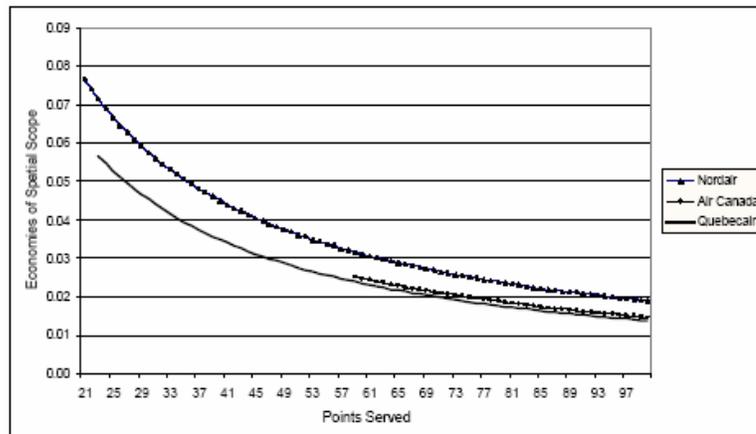
**Tabla 4.11. SC sin pares OD trasladados**

Firma A	Firma B	SC
Air Canada	CPAir	-0,130
Air Canada	Nordair	-0,044
Air Canada	EPA	-0,034
CPAir	Nordair	-0,081
CPAir	EPA	-0,086
Nordair	EPA	0,104

Cabe consignar que pese a la exclusión de los pares *OD* trasladados en este último cálculo, si se consideró una buena medida de  $\mu$ . Lo anterior permite ponderar adecuadamente los *ASL* de *A* y *B*, y por ende obtener una mejor medida de *ASL* de la firma fusionada.

En Basso y Jara-Díaz (2005) se muestra la existencia de *SC* espacial para tres firmas, siendo numéricamente mayores para las firmas más pequeñas y menores para las más grandes, como se puede apreciar en la siguiente figura.

**Figura 4.3. Análisis de SC de tamaño de red para firmas canadienses**



Fuente: Basso y Jara-Díaz (2005)

Específicamente *SC* espacial de Air Canada=0,03, *SC* espacial de Quebecair=0,06 y *SC* Espacial de Nordair=0,08, cuya principal conclusión es que si el tamaño de las redes de las firmas más pequeñas creciera lo suficiente, no tendrían desventajas en costos respecto de una firma grande. Lo anterior fue deducido a partir de incrementar el tamaño de la red en forma unitaria reiteradas veces bajo la condición *IDA*=cte.

*Cost under regulation and deregulation: the case of US passengers airlines* (Formby et al, 1990)

- **Descripción del caso**

En este trabajo la función estimada es de costo total con especificación translog. El autor define las componentes de producto como *ASM* y *ATM*. Los atributos utilizados son densidad de tráfico (*TD*), utilización de aeronaves (*AU*), factor de carga (*LF*), largo promedio de los arcos (*ASL*) y la variable de red, puntos servidos *PS*, que está contenida implícitamente en la definición de *TD*. Para más detalles ver Tabla 2.1.

- **Análisis de escala**

En este trabajo no hay cálculo previo de algún indicador de escala debido a que los autores más bien calculan e intentan explicar diferencias de costos entre periodos para un grupo de firmas.

De acuerdo a los ponderadores derivados en la Sección 3.2.1, el (re)cálculo correcto desde el punto de vista desagregado de los indicadores debe hacerse de la siguiente manera:

$$RTD' = \frac{1}{\alpha_{ASM} \tilde{\eta}_{ASM} + \alpha_{ATM} \tilde{\eta}_{ATM} + \alpha_{TD} \tilde{\eta}_{TD} + \alpha_{LF} \tilde{\eta}_{LF} + \alpha_{AU} \tilde{\eta}_{AU}} \quad (4.15)$$

$$S = \frac{1}{\alpha'_{ASM} \tilde{\eta}_{ASM} + \alpha'_{ATM} \tilde{\eta}_{ATM} + \alpha'_{TD} \tilde{\eta}_{TD} + \alpha'_{LF} \tilde{\eta}_{LF} + \alpha'_{ASL} \tilde{\eta}_{ASL} + \alpha'_{AU} \tilde{\eta}_{AU}} \quad (4.16)$$

Se debe notar que en este trabajo dichos indicadores no fueron calculados, por lo que se desarrollará el cálculo correcto y no un recálculo de lo reportado por los autores.

- **Análisis de diversidad**

El tipo de diversidad estudiado es de tamaño de red, es decir, se estudiará la conveniencia en costos de que la firma promedio norteamericana incremente el tamaño de sus redes. La metodología que se utilizará es la propuesta por Basso y Jara-Díaz (2005) ya explicada en la

Sección 3.3.4. La expresión a calcular en este caso, considerando las variables que tiene la función de costo estimada, es la siguiente:

$$SC_I = \frac{\tilde{C}(ASM^I, ATM^I, TD^I, ASL^I, LF^I, AU^I) + \tilde{C}(ASM^C, ATM^C, TD^C, ASL^C, LF^C, AU^C) - \tilde{C}(ASM^E, ATM^E, TD^E, ASL^E, LF^E, AU^E)}{\tilde{C}(ASM^E, ATM^E, TD^E, ASL^E, LF^E, AU^E)} \quad (4.17)$$

- **Cálculo de variables**

**Escala**

Para las medidas que el autor llama “producto”, como ya se vio en la Sección 3.2.2, el coeficiente  $\alpha_j$  para un agregado como  $ASM$  puede ser expresado en función de los coeficientes  $\alpha_j$  de  $RPM$  y  $LF$  pues  $ASM=RPM/LF$ , entonces  $\alpha_{ASM} = \alpha_{RPM} - \alpha_{LF}$ , y análogamente,  $\alpha_{ATM} = \alpha_{RTM} - \alpha_{LF}$ . En el caso de  $RTD'$ ,  $\alpha_{ATM} = \alpha_{ASM} = 1 - \alpha_{LF}$  mientras que en el caso de  $S$ ,  $\alpha_{ATM} = \alpha_{ASM} = 1 + \alpha_{DM} - \alpha_{LF}$ . El ponderador de  $AU$  no tiene una derivación trivial debido a que depende de la frecuencia con que son usados los aviones, por lo que a fin de contar con una medida del indicador se asumió que las frecuencias permanecían fijas ante cambios en el producto, por lo que el ponderador de  $AU$  es 1.

Los valores de los ponderadores que se usarán son  $\alpha_{ASL} = -0,147$  y  $1 + \alpha_{DM} = 0,7701$ , ambos estimados en Basso y Jara-Díaz (2006a) para un subconjunto de las aerolíneas presentes en Formby et al (1990). El ponderador  $\alpha_{LF}$  fue estimado en Oum y Zhang (1997) cuyo valor resultó ser 0.044. Se usó este valor debido a que no se cuenta con información para estimar otro.

A continuación se presenta las elasticidades costo que fueron estimadas en el trabajo en estudio.

**Tabla 4.12 Elasticidades costo**

Variables	CT
ASM	0,9750
ATM	0,1220
TD	-0,0772
AU	-0,0435
ASL	-0,1773
LF	0,1213

Fuente: Formby et al (1990)

## Diversidad

Bajo la óptica desagregada, se calculará para cada agregado y atributo, los valores de las variables de las firmas  $E$  y  $C$  (expandida y complemento).

- Densidad de Tráfico (TD): Dada la definición en este trabajo, densidad de tráfico es el número de pasajeros promedio por punto servido. Analíticamente,

$$TD = \frac{\sum_i y_i}{PS} \quad (4.18)$$

Equivalentemente, en función de los agregados

$$TD = \left( \frac{RPM}{DM} \right) \frac{1}{PS} \quad (4.19)$$

Por lo tanto, para la firma inicial ( $I$ ), se tiene

$$TD^I = \left( \frac{RPM^I}{DM^I} \right) \frac{1}{PS^I} \quad (4.20)$$

y para la firma Expandida ( $E$ ):

$$TD^E = \left( \frac{RPM^E}{DM^E} \right) \frac{1}{PS^E} \quad (4.21)$$

$IDA$  en este caso puede ser escrito para  $I$  y  $E$  como:

$$IDA^I = \frac{TD^I}{(PS^I - 1)} \quad (4.22)$$

$$IDA^E = \frac{TD^E}{(PS^E - 1)} \quad (4.23)$$

Imponiendo la condición  $IDA = \text{constante}$  (Basso y Jara Díaz, 2005) sobre (3.57) y (3.58) se obtiene

$$TD^E = \left( \frac{PS^I}{PS^I - 1} \right) TD^I \quad (4.24)$$

y para la firma  $C$ ,  $TD$  es:

$$TD^C = \frac{\sum_i y_i^C}{PS^I + 1} \quad (4.25)$$

dato que  $\sum_i y_i^C = \sum_i y_i^E - \sum_i y_i^I$ , para la firma complemento se tiene

$$TD^C = \frac{\sum_i y_i^E - \sum_i y_i^I}{PS^I + 1} \quad (4.26)$$

Separando términos, se obtiene

$$TD^C = \frac{\sum_i y_i^E}{PS^I + 1} - \frac{\sum_i y_i^I}{PS^I + 1} = TD^E - \left( \frac{PS^I}{PS^I + 1} \right) TD^I \quad (4.27)$$

- Asientos- milla disponible (*ASM*): Sea  $LF_p$  el factor de carga de pasajeros. Si esta variable fuera conocida y constante, para las firmas *E* y *C* se obtiene

$$ASM^E = \frac{RPM^E}{LF_p^E} \quad (4.28)$$

$$ASM^C = ASM^E - ASM^I \quad (4.29)$$

- Toneladas- milla disponible (*ATM*): Dado el factor de carga para el transporte de carga,  $LF_f$ , se tiene que

$$ATM^E = \frac{RTM^E}{LF_f^E} \quad (4.30)$$

y para la firma complemento

$$ATM^C = ATM^E - ATM^I \quad (4.31)$$

- Average Stage Length (*ASL*): *ASL* fue calculado de la misma forma que en Cortés, Jara-Díaz y Morales (2005), es decir  $ASL^C$  fue calculado mediante regresión lineal obtenida en Cortés et al y  $ASL^E$  fue calculado como promedio entre  $ASL^I$  y  $ASL^C$ .

- Factor de Carga (*LF*): Se asumirá que *LF* permanece constante ante la expansión de la red (medida que agrega tanto pasajeros como toneladas).

$$LF^I = LF^E = LF^C \quad (4.32)$$

- Utilización de aeronaves ( $AU$ ):  $AU^E$  fue calculado como el promedio de los dos periodos reportados en la Tabla 4.13, esencialmente porque no se encontró información adicional adecuada para poder evaluar esta variable de otra manera.  $AU^C$  se consideró igual a  $AU^E$ .

Información acerca de variables: La información reportada corresponde a las variables reportadas en la siguiente tabla.

**Tabla 4.13. Media de variables por trimestre**

Variable	1976-1977	1979-1981
ASM (000)	6.537.700	8.214.900
ATM carga (000)	307.000	321.600
TD	48,89	37,02
AU	707,94	733,52
ASL (millas)	654,32	695,41
LF (%)	47,68	50,65

Fuente: Formby et al (1990)

Cuatro variables no son reportadas en el trabajo de Formby et al (1990) y son necesarias para efectuar el cálculo de  $SC$ . Estas variables son: el número de puntos servidos inicialmente de las firmas ( $PS^I$ ), cuyo valor medio para firmas troncales es 66 de acuerdo a Caves et al (1984), el factor de carga asociado a pasajeros ( $LF_p$ ), que se asume constante bajo la expansión de red,  $RPM^I$  y  $ASL^I$ . Todos los valores fueron extraídos de Caves et al (1984) cuyos datos son válidos para el corte 1976.

$TD^I$ : Para evaluar (3.55) se usó  $ASL^I$  que fue transformado a  $DM^I$  mediante la relación encontrada en Cortés et al (2005), es decir,  $DM \approx 1,6ASL$ .

$ASM^I$ : despejado de  $RPM^I$  y  $LF_p$ , mediante la relación:

$$LF = \frac{RPM}{ASM} \quad (4.33)$$

$ASM^E$ : Fue despejado de (3.68) una vez calculado  $RPM^E$  bajo la condición  $IDA = \text{constante}$

$$RPM^E = \frac{DM^E}{DM^I} \frac{PS^I + 1}{PS^I - 1} RPM^I \quad (4.34)$$

$ASM^C$  : fue calculado de acuerdo a la expresión (3.65).

$ATM^I$  : fue calculado usando el valor medio de la muestra que abarca 1976-1977.

$ATM^E$  : fue deducido en forma análoga a  $ASM^E$ , usando  $LF$  reportado en el trabajo.

$ASM^C$  : fue calculado de acuerdo a (3.66).

$AU^I$  : se utilizó el valor medio de la muestra entre 1976-1977.

$AU^E$  : fue calculado como el promedio entre los dos períodos. Este mismo valor se utilizó para  $AU^C$ .

## • Resultados

### Escala

Remplazando los valores de las elasticidades y de los ponderadores de producto y atributos en cada una de las expresiones de los indicadores, los siguientes resultados fueron obtenidos:

$$RTD' = \frac{1}{0,956 \cdot 0,98 + 0,956 \cdot 0,12 + 1 \cdot -0,77 + 0,044 \cdot 0,12} = 1,024$$

$$S = \frac{1}{0,726 \cdot 0,98 + 0,726 \cdot 0,12 + 1 \cdot -0,078 + 0,044 \cdot 0,12 + -0,147 \cdot -0,177} = 1,332$$

donde se evidencia que las economías de escala son positivas y que modificar la estructura de rutas es conveniente desde el punto de vista de los costos.

### Diversidad

El valor obtenido para el indicador de diversidad espacial en el año 1976 fue de 0,262 considerando que la firma inicial tiene  $PS = 66$ . Haciendo un pequeño análisis incrementando el número de  $PS$  en una unidad se obtuvo que  $SC = 0,243$  para  $PS = 67$ ,  $SC = 0,229$  para  $PS = 68$  y  $SC = 0,21$  para  $PS = 69$ . Al igual que en otros casos, el grado de economías de diversidad espacial es positivo y decreciente en la medida que aumenta el tamaño de la red.

*The World's Airlines: A Cost and Productivity Comparison* (Windle, 1991)

- **Descripción del caso**

En este trabajo no se estima una función de costo; sin embargo el trabajo permite hacer un estudio de diversidad debido a que se entregan medidas de producto (y atributos) interesantes de los mercados de aerolíneas norteamericanos, canadienses y europeos ya que la función de costo fue estimada en Caves et al (1987) cuya forma funcional es translog. El producto está descrito mediante *IM* y los atributos considerados son *ASL*, *LF* y *PS*.

- **Análisis de escala**

En este trabajo ni *RTD* ni *RTS* fueron calculados, pero pueden serlo. Por otra parte, de acuerdo al enfoque desagregado se puede realizar un cálculo de *RTD'* y *S* a partir de una función de costo variable como:

$$RTD' = \frac{1 - \tilde{\eta}_K}{\alpha_{IM} \tilde{\eta}_{IM} + \alpha_{LF} \tilde{\eta}_{LF}} \quad (4.35)$$

$$S = \frac{1 - \tilde{\eta}_K}{\alpha_{IM} \tilde{\eta}_{IM} + \alpha_{LF} \tilde{\eta}_{LF} + \alpha_{ASL} \tilde{\eta}_{ASL}} \quad (4.36)$$

- **Análisis de diversidad**

Dada la información reportada en este trabajo acerca de las medias de producto y atributos para firmas regionales (firma norteamericana, europea, etc.) se consideró relevante realizar un estudio de diversidad que apunta a reconocer incentivos en costo de fusionar firmas, expandiendo su alcance de regional a intercontinental.

Cabe destacar que esta fusión está sujeta a la existencia de pares *OD* donde ambas firmas tengan presencia. Se asumirá que en términos de producto esto no es relevante debido a que el producto de la firma promedio es representado esencialmente por la operación regional y no interregional.

Por lo tanto, si  $A$  y  $B$  son firmas medias representativas de dos regiones y  $D$  es la firma que representa a la fusión, lo que se evaluará es:

$$SC_A = \frac{\tilde{C}(IM^A, LF^A, ASL^A, PS^A) + \tilde{C}(IM^B, LF^B, ASL^B, PS^B) - \tilde{C}(IM^D, LF^D, ASL^D, PS^D)}{\tilde{C}(IM^D, LF^D, ASL^D, PS^D)} \quad (4.37)$$

Como ya ha sido explicado, el índice de producto ( $IM$ ) es una forma de *agregar agregados* de la forma flujo por distancia, y dado que para calcular algún tipo de economías de diversidad las particiones deben ser realizadas sobre el vector producto desagregado, entonces, en estricto rigor, se debe estimar cada una de las componentes que están dentro de este índice para así obtener una única medida agregada de producto. Sin embargo, en este trabajo no se reporta información alguna de los agregados que conforman este índice (y tampoco de las proporciones de ganancia asociadas a cada agregado), la única medida asociada a producto disponible es el índice multilateral de producto relativo a la firma promedio norteamericana.

No obstante lo anterior, de todas formas aún es posible realizar un cálculo de economías de diversidad, considerando que la mayoría de las aerolíneas consideradas en la muestra están abocadas al transporte de pasajeros según afirman los autores, y por lo tanto, se asumirá que el agregado que tiene mayor importancia dentro del índice de producto es  $RPM$ . Por esta razón se usará  $\alpha_{IM} \approx \alpha_{RPM}$ .

Este supuesto implica analíticamente que el índice de producto relativo reportado en esta publicación es igual a  $RPM$  relativo a la firma norteamericana. Si bien esto puede parecer un supuesto fuerte, el producto  $RPM$  programado es el de mayor volumen la mayoría de las veces, pues las firmas de transporte aéreo están abocadas esencialmente al transporte de pasajeros. La siguiente información será usada para evaluar la función de costo de Caves et al (1987).

**Tabla 4.14. Características de las firmas regionales**

Variable	EE.UU	Europa	Canadá
<i>IM</i>	1	0,522	0,404
<i>ASL</i> (millas)	748	753	772
<i>LF</i> (%)	60,6	64,3	66,3
<i>PS</i>	107	103	52
Stock	1	0,529	0,519
P <sub>mano de obra</sub>	1	0,687	0,817
P <sub>Combustible</sub>	1	1,157	1,098

Fuente: Windle (1991)

- **Cálculo de variables**

**Escala**

El supuesto realizado acerca de la similitud entre *IM* y *RPM* implica que los indicadores de escala serán calculados levemente distintos, es decir:

$$RTD' = \frac{1 - \tilde{\eta}_K}{\alpha_{RPM} \tilde{\eta}_{IM} + \alpha_{LF} \tilde{\eta}_{LF}} \quad (4.38)$$

$$S = \frac{1 - \tilde{\eta}_K}{\alpha'_{RPM} \tilde{\eta}_{IM} + \alpha'_{LF} \tilde{\eta}_{LF} + \alpha'_{ASL} \tilde{\eta}_{ASL}} \quad (4.39)$$

y los ponderadores de *LF* (en el caso de *RTD* y *S*) y *ASL* que se utilizan, son los desarrollados en la Sección 3.2.2. Las elasticidades costo que se usarán son las siguientes:

**Tabla 4.15. Elasticidades costo**

Variables	CV
IM	0,481
LF	-0,175
ASL	0,006
Stock	0,217

Fuente: Caves et al (1987)

Los ponderadores usados para calcular los indicadores son  $\alpha_{IM}=1$ ,  $\alpha_{LF}=0,044$ ,  $\alpha_{ASL}=-0,147$  y  $\alpha_{DM}=-0,2299$ . El ponderador de *LF* fue estimado en Oum y Zhang (1997) para aerolíneas canadienses, pero se usó porque no se cuenta con otra información. Los ponderadores de *ASL* y *DM* fueron estimados para un subconjunto de las aerolíneas consideradas en Windle, existiendo un traslape de 4 años en el periodo de estimación.

## Diversidad

Producto: Índice Multilateral

Dados los índices de producto de las firmas promedios  $A$  y  $B$  ( $IM^A$  y  $IM^B$ ), entonces, al aplicar la metodología descrita en caso 1, se obtiene (4.40) para el producto de la firma fusionada.

$$IM^D = IM^A + IM^B \quad (4.40)$$

Atributos:  $ASL$ ,  $LF$  y  $PS$  fueron calculados exactamente de acuerdo con la metodología descrita en la Sección 3.3.1.

Otras variables: Dado que se está trabajando con una función de costo variable, será necesario calcular una variable asociada al stock de capital. Adicionalmente, se consideró razonable estimar los valores de los precios de la mano de obra y del combustible para la firma fusionada, puesto que los tipos de firmas a fusionar se encuentran muy distantes espacialmente.

- Precio de Mano de Obra: Si  $p_A^L$  y  $p_B^L$  son los precios de la mano de obra de las firmas  $A$  y  $B$  respectivamente, entonces para la firma fusionada se plantea que:

$$p_D^L = \frac{p_A^L IM_A + p_B^L IM_B}{IM_A + IM_B} \quad (4.41)$$

Esto supone que aún cuando el precio de la mano de obra en otra región pudiera ser menor, la firma conseguirá precio por mano de obra en proporción a la magnitud de operación en ambos mercados estudiados.

- Precio de Combustible: Si  $p_A^F$  y  $p_B^F$  son los precios del combustible de las firmas  $A$  y  $B$  respectivamente, entonces:

$$p_D^F = \min(p_A^F, p_B^F) \quad (4.42)$$

Esto supone que la firma puede conseguir (negociando) el precio mínimo para este insumo.

- Stock de Capital: Esta variable también está medida *mediante* un Índice multilateral (que es sólo una forma de agregar variables), y de igual forma que en el caso del producto, no hay información acerca de las variables que conforman este índice. El valor del stock de capital para la firma fusionada se modeló como:

$$IM^D = \kappa(IM^A + IM^B) \quad (4.43)$$

donde  $\kappa$  es un factor que captaría el efecto de sumar índices multilaterales, pues el resultado podría ser mayor o menor que 1. De esta forma, se sensibilizó el valor de  $SC$  con respecto a  $\kappa$ . La idea es calcular el grado de economías de diversidad en el escenario menos favorable, es decir, considerando aquel  $\kappa$  que minimiza el valor del indicador, de esta manera, el valor de  $SC$  no se estaría sobreestimando por efecto de la medida de  $IM$ . Dado lo anterior, los resultados reportados de  $SC$  podrían estar subestimados. Es importante resaltar de todas formas que los resultados con  $\kappa = 1$  no difieren en forma importante de los valores cuando  $SC$  se minimiza. En ambos casos los resultados de  $SC$  son positivos.

- **Resultados**

### **Escala**

De acuerdo con la metodología desarrollada, los valores de los indicadores son los siguientes:

$$RTD' = \frac{1 - 0,217}{0,481 + 0,044 \cdot -0,175} = 1,654$$

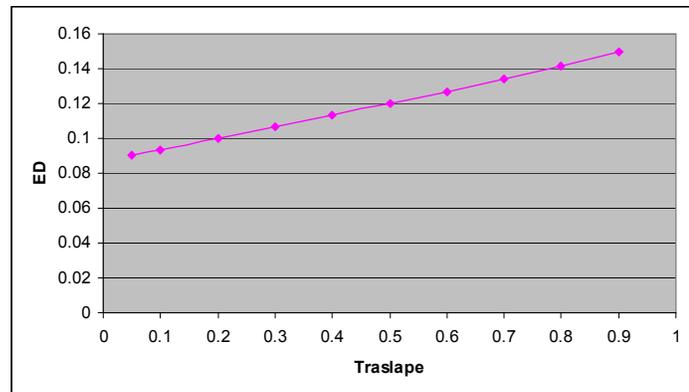
$$S = \frac{1 - 0,217}{0,7701 \cdot 0,481 + 0,044 \cdot -0,175 + -0,147 \cdot 0,006} = 2,164$$

### **Diversidad**

Las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 fueron obtenidas para cada de fusión en estudio, haciendo variar el parámetro  $\tau$  (ec. 3.30) en todo el rango posible. Cabe señalar que previamente se realizó un análisis de sensibilidad sobre  $\mu$  (ec. 3.25), del cual se infirió que variaciones de esta variable no tienen un impacto relevante sobre el valor del indicador de diversidad; hay diferencias recién en

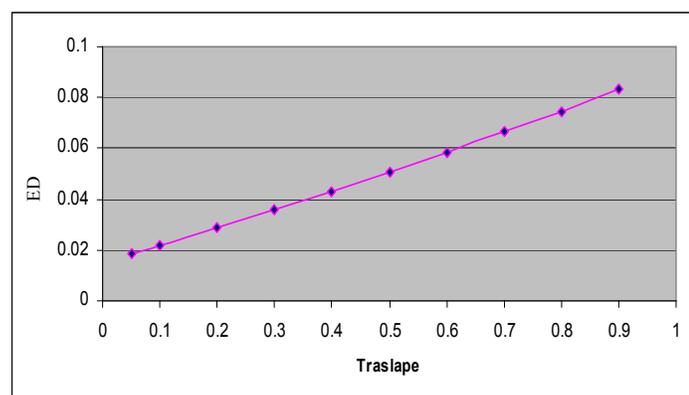
el cuarto decimal. Lo anterior es bastante razonable, dado que los valores de  $ASL$  para los tipos de firma en estudio no son muy distintos, tal como se puede apreciar en la Tabla 4.14.

**Figura 4.4. Economías de diversidad para EE.UU y Canadá**



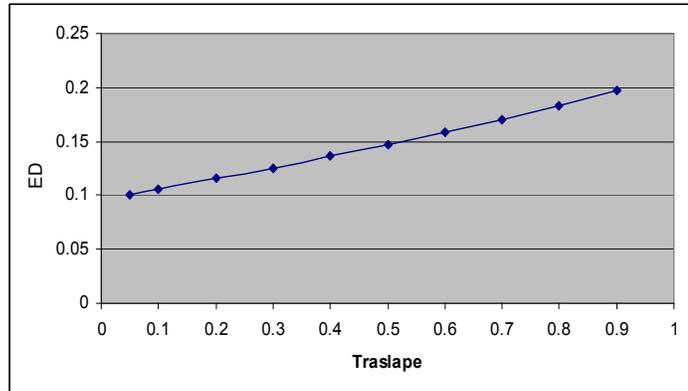
En este caso, para un nivel de traslape pequeño (5% de los puntos servidos de la firma con menor  $PS$ ),  $SC$  es cercano a un 9%. Por lo tanto, este correspondería al mínimo ahorro de costos por fusionar la operación norteamericana con la canadiense.

**Figura 4.5. Economías de diversidad para Canadá y Europa**



Lo que se observa en este caso es que las economías de diversidad varían en un 6% aproximadamente a lo largo de todo el rango de  $\tau$ . Nuevamente, en el caso menos favorable, aún hay economías de diversidad, que son levemente menores a un 2%.

**Figura 4.6. Economías de diversidad para EE.UU y Europa**



En este caso se observa que en el caso menos favorable, las economías de diversidad son bastante altas (10%) y nuevamente en la medida que el traslape aumenta, mayores son los incentivos a promover la fusión.

*Utilisation of Quasi-Fixed Inputs and Estimation of Cost Functions* (Oum y Zhang, 1991)

- **Descripción del caso**

En este trabajo los autores proponen considerar el capital como un insumo cuasi-fijo mediante el uso de una tasa de utilización de éste, pues afirman que al considerarlo directamente como una variable en la función de costo induciría a sesgo. La función de costo estimada es tipo translog para el costo variable. Las medidas de producto son *PK*, *TK* y *TK charter* y el único atributo considerado es *ASL*. Para mayores detalles ver tabla 2.1.

- **Análisis de escala**

El valor calculado por los autores de  $RTD = 1.301$ . Pero, de acuerdo al enfoque desagregado, los indicadores de escala debiesen ser calculados como:

$$RTD' = \frac{1 - \tilde{\eta}_K}{\alpha_{PK} \tilde{\eta}_{PK} + \alpha_{TK} \tilde{\eta}_{TK} + \alpha_{TK_{ch}} \tilde{\eta}_{TK_{ch}}} \quad (4.44)$$

$$S = \frac{1 - \tilde{\eta}_K}{\alpha_{PK} \tilde{\eta}_{PK} + \alpha_{TK} \tilde{\eta}_{TK} + \alpha_{TK_{ch}} \tilde{\eta}_{TK_{ch}} + \alpha_{ASL} \tilde{\eta}_{ASL}} \quad (4.45)$$

- **Análisis de diversidad**

No fue posible realizar ningún cálculo de economías de diversidad debido a la ausencia e imposibilidad de conseguir información acerca de las variables involucradas.

- **Cálculo de variables**

Dado que los agregados son de la forma flujo por distancia, en el caso de *RTD* se tiene que  $\alpha_{PK} = \alpha_{TK} = \alpha_{TK_{ch}} = 1$ , mientras que en el caso de *S* se tiene que  $\alpha_{PK} = \alpha_{TK} = \alpha_{TK_{ch}} = 1 + \alpha_{DM}$ .

El valor de  $\alpha_{ASL} = -0,147$  y  $\alpha_{DM} = -0,2299$  estimados en Basso y Jara-Díaz (2006a). Dado que

no se contaba con información de estos ponderadores para las aerolíneas canadienses, se usaron estos como aproximación, que al menos fueron estimados para el mismo periodo que la muestra de Oum y Zhang (1991). En la tabla 4.16 se muestra las elasticidades costo que son relevantes para calcular  $RTD$  y  $S$ .

**Tabla 4.16 Elasticidades costo**

Variables	CV
PK	0,674
TK	0,081
TK-charter	0,057
ASL	-0,199
Stock	-0,055

Fuente: Oum y Zhang (1991)

- **Resultados**

Reemplazando en (4.44) y (4.45) los valores de la Tabla 4.16 y los valores de los ponderadores de los agregados y atributos mostrados en la Sección 3.2.2, se tiene:

$$RTD' = \frac{1-0,055}{0,674+0,081+0,057} = 1,299$$

$$S = \frac{1-0,055}{(0,674+0,081+0,057) \cdot 0,7701 + -0,147 \cdot -0,1999} = 1,586$$

El resultado anterior devela la existencia de retornos a densidad y de economías de escala (multiproducto), por lo tanto existían incentivos tanto para aumentar la densidad de las redes como para variar la estructura de las redes ante cambios en la densidad.

*Cost Competitiveness of Major Airlines: An International Comparison* (Oum y Yu, 1998)

- **Descripción del caso**

En la muestra se consideró 23 aerolíneas (norteamericanas o no). Los autores afirman que en el caso de las aerolíneas norteamericanas, todas (salvo USAir) son de operación doméstico-internacional. El producto se encuentra descrito mediante *IM* cuyas componentes son: *RPK* (programado), *RTK* (no programado), *RTK* carga, y *RTK* correo. Hay sólo un atributo considerado directamente en la función de costo, que corresponde a *ASL*. La función de costo estimada es de costo variable tipo translog. Más detalles en Tabla 2.1.

- **Análisis de escala**

Si bien en este trabajo no se calcula indicadores de escala, de todas formas es posible obtenerlos. Además siguiendo la metodología Jara-Díaz y Cortés (1996) se puede calcular

$$RTD' = \frac{1 - \eta_K}{\alpha_{IM} \tilde{\eta}_{IM}} \quad (4.46)$$

$$S = \frac{1 - \eta_K}{\alpha_{IM} \tilde{\eta}_{IM} + \alpha_{ASL} \tilde{\eta}_{ASL}} \quad (4.47)$$

- **Análisis de diversidad**

Dado que la mayoría de las aerolíneas son de operación doméstico-internacional, si se considera a *D* como la firma que opera a nivel doméstico, *I* como su contraparte internacional y *DI* como la firma resultante de la fusión de ambas, entonces se puede calcular *SC* de tipo doméstico-internacional de la siguiente manera:

$$SC_I = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}^D, ASL^D, PS^D) + \tilde{C}(\tilde{Y}^I, ASL^I, PS^I) - \tilde{C}(\tilde{Y}^{DI}, ASL^{DI}, PS^{DI})}{\tilde{C}(\tilde{Y}^{DI}, ASL^{DI}, PS^{DI})} \quad (4.48)$$

Por lo tanto, teniendo la información correspondiente a una firma, lo que se hará es particionar cada uno de los agregados y atributos, lo que corresponde a una aplicación del Caso 2 descrito en el capítulo anterior.

- **Cálculo de variables**

**Escala**

Los ponderadores son  $\alpha_{IM} = 1$  (derivado en Sección 3.2.1),  $\alpha_{ASL} = -0,147$  y  $\alpha_{DM} = -0,2299$ , estos últimos estimados en Basso y Jara-Díaz (2006<sup>a</sup>), para aerolíneas norteamericanas presentes en este estudio y cuyos datos se traslapan en 4 años. Las elasticidades costo se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 4.17 Elasticidades costo variable**

Variabes	Elasticidad
IM	1,123
ASL	-0,305
Stock	-0,106

Fuente: Oum y Yu (1998)

**Diversidad**

Para realizar los cálculos, la mayor parte de la información de las variables asociadas a cada una de las firmas fue extraída de Oum y Yu (1995). Paralelamente, para cuantificar los coeficientes  $\lambda$  (ec. 3.31, asociado a la proporción de *RPM* doméstico/*RPM* total) y  $\rho$  (ec. 3.33, coeficiente de *ASL*) se buscó información en fuentes externas como en ATA (*Air Transport Association*), BTS (*Bureau of Transport Statistics*) y IATA (*Internacional Air Transport Association*).

Es importante mencionar que los cálculos fueron realizados sólo para las firmas norteamericanas, debido a no disponer de información acerca de agregados y atributos para el resto de las firmas (no norteamericanas) consideradas en el estudio. La información fue extraída de Oum y Yu (1995), donde después de advertir algunas diferencias entre los datos que fueron publicados en el trabajo de 1995 versus los que son usados en 1998 se compatibilizaron los datos para trabajar con medidas de producto consistentes con las unidades usadas para estimar la función de costo.

Dado que no se pudo disponer de información de los agregados separados por servicio doméstico-internacional, se debió calcular los parámetros  $\lambda$  sólo con información de los niveles de flujo doméstico-internacional de las firmas, como se puede apreciar en la Tabla 4.18. Tal información permite calcular en forma aproximada los valores de  $\lambda$  si se cuenta con

información acerca de  $DM$  doméstico-internacional, debido a que  $\lambda$  está definido como la proporción (doméstica en este caso) de un agregado de tipo *flujo por distancia*, de ahí que relaciona flujo promedio con  $DM$ .

**Tabla 4.18. Flujo de pasajeros en 1993**

<b>Firmas</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Internacional</b>	<b>Total</b>	<b>%dom.</b>	<b>% inter.</b>
American	67.970.786	14.444.997	82.415.783	0,825	0,175
United	58.564.753	8.753.007	67.317.760	0,870	0,130
Delta	76.612.069	7.530.791	84.142.860	0,910	0,090
Northwest	36.503.744	6.136.054	42.639.798	0,856	0,144
US Airways	51.730.300	1.947.612	53.677.912	0,964	0,036
Continental	33.260.523	3.960.403	37.220.926	0,894	0,106

Fuente: Bureau of Transport Statistics

$\lambda$  no es un parámetro directamente calculable de los datos en la tabla. El valor de  $\lambda^D = 0,70$  para American, el cuál fue calculado con precisión usando información que se tiene de la IATA (de  $RPM^D$  y de  $RPM^I$ ). Para el resto de las aerolíneas, los valores de los coeficientes  $\lambda$  fueron deducidos a partir de la proporción promedio del flujo doméstico (presente en tabla 4.18) junto con la información de  $DM^D/DM^{DI}$  para la firma norteamericana promedio, obteniéndose que  $\lambda^D = 0,72$ . Para la única aerolínea que se usó un valor menor fue para US Airways debido a que esta firma opera esencialmente a nivel doméstico (como afirman Ou y Yu, 1995). Para esta firma se usó  $\lambda^D = 0,9$ .

#### Atributos

-  $ASL$ : Para cada partición,  $ASL$  fue calculado de la segunda forma planteada en la Sección 3.3.2, que corresponde al caso cuando no hay información acerca del número de  $PS$  de las firmas, es decir:

$$ASL^D = \rho^D ASL^{DI} \quad (4.49)$$

$$ASL^I = \rho^I ASL^{DI} \quad (4.50)$$

Por lo tanto, a partir de estadísticas de transporte aéreo se calculó un valor aproximado para los coeficientes  $\rho$  definidos en (3.28). En este caso, es importante consignar que, dado el tipo de partición, obviamente  $\rho^D < 1$  y  $\rho^I > 1$ . Debido a que se encontró información por cada aerolínea,

se usó un valor representativo de la firma norteamericana. A partir de reportes de la ATA, se calculó un valor de  $\rho^D = 0,77$  y para  $\rho^I$  se usó un valor promedio entre el valor que tiene este coeficiente para American Airlines, junto con el valor calculado a partir de datos de la firma promedio. Finalmente el valor usado es  $\rho^I = 2,4$ .

Los coeficientes  $\rho$  fueron obtenidos a partir de la información reportada en la tabla 4.19, construido con datos de la ATA. Se debe notar que  $ASL < DM$ . Esto último se verificó para validar los valores de  $ASL$  calculados a partir de la definición de Liu y Lynk (1999).

**Tabla 4.19. Valores calculados de  $ASL$  y  $DM$**

American Airlines	ASL [km]	DM [km]
-Doméstico	1.369	1.610,25
-Internacional	2.791	3.244,94

Fuente: propia

De esta forma, para American Airlines en 1993,  $\lambda = 0,70$ ,  $\rho^D = 0,55$  y  $\rho^I = 1,77$ . Para el resto de las aerolíneas se usó medidas aproximadas que fueron deducidas a partir de valores promedios de las firmas norteamericanas. Cuando no se encontró información acerca de los valores de  $\lambda$  para el producto de charter, se asumió que se reparte equitativamente, es decir, que  $RPK$  charter doméstico es igual a  $RPK$  charter internacional. Lo anterior, que puede parecer un supuesto bastante fuerte, de todas formas es de poca relevancia dadas las magnitudes de este producto en comparación al que está asociado al transporte programado de pasajeros.

- Capital: En cuanto al capital ( $K$ ), éste también fue calculado a partir de un índice multilateral, cuyas variables son: *Flight* y *GPE* (*ground property and equipment*). Lamentablemente, en ninguna de las publicaciones hay un detalle profundo de estas variables como para poder vincularlas con valores razonables respectivos de cada partición. La medida utilizada finalmente en la función de costo corresponde al Stock de capital, ( $IM(K)$ ) multiplicado por la tasa de utilización de éste, que los autores consideraron igual a  $LF$ .

-  $LF$ : A partir del reporte de la ATA del año 1993, se obtuvo información acerca de los valores de  $LF$  asociados al transporte de pasajeros para cada una de las aerolíneas norteamericanas. Los valores considerados fueron  $LF^{DI}$  y  $LF^I$ . El valor de  $LF^D$  fue determinado usando (3.32).

- **Resultados**

Los resultados para los indicadores de escala son:

$$RTD' = \frac{1 + 0,106}{1 \cdot 1,123} = 0,985$$

$$S = \frac{1 + 0,106}{0,7701 \cdot 1,123 - 0,147 \cdot -0,305} = 1,216$$

Los resultados obtenidos al evaluar el indicador de diversidad (4.48) se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 4.20. Resultados de SC de tipo doméstico-internacional**

<b>Firmas</b>	<b>SC</b>
American	0,139
United	0,070
Delta	0,072
Northwest	0,063
US Airways	0,166
Continental	0,066

De estos resultados se pueden hacer los siguientes alcances: primero, la función de costo usada es de costo variable, y, dado que no se cuenta con una medida de los costos fijos, entonces los resultados no son exactos. De todas formas, el costo fijo contribuye a aumentar los valores de  $SC$ , por lo que los resultados aquí debiesen estar subestimados. Segundo, los resultados para la firma American Airlines serían más confiables que los obtenidos para el resto de las firmas, debido a que en ese caso fue posible obtener medidas precisas de los valores de  $\lambda$  y  $\rho$  a partir de los informes de la IATA (donde a diferencia del resto, no se usaron valores promedios). Por último, se analizó qué sucede con  $SC$  cuando el valor de  $\rho^I$  varía. Lo que se observó es que  $SC$  decrece cuando  $\rho^I$  aumenta, ocurriendo lo contrario cuando  $\rho^I$  disminuye.

*A Reexamination of Returns to Scale, Density and Technical Progress in USA* (Kumbhakar, 1990)

- **Descripción del caso**

En este trabajo, la muestra es casi idéntica a la usada en Caves et al (1984) y el autor estima demandas por insumo en vez de la función de costo. La forma funcional de las demandas por insumo es translog y las variables relevantes son *IM*, *ASL*, *LF* y *PS*. Para más detalles, ver tabla 2.1.

- **Análisis de escala**

En este trabajo *RTD* y *RTS* fueron calculados de la misma manera que en Caves et al (1984), es decir, como el inverso de la elasticidad costo-producto en el caso de *RTD* y la suma de las elasticidades costo-producto y costo-punto servidos en el caso de *RTS*.

De acuerdo al enfoque de esta tesis, los indicadores *RTD'* y *S* serán calculados como:

$$RTD' = \frac{1}{\alpha_{IM} \tilde{\eta}_{IM} + \alpha_{LF} \tilde{\eta}_{LF}} \quad (4.51)$$

$$S = \frac{1}{\alpha'_{IM} \tilde{\eta}_{IM} + \alpha'_{LF} \tilde{\eta}_{LF} + \alpha_{ASL} \tilde{\eta}_{ASL}} \quad (4.52)$$

- **Análisis de diversidad**

No se calculó ningún tipo de diversidad. En este trabajo se estimaron las demandas por insumo, las que en conjunto con los precios de insumo, dan origen a los costos. Dado que en este trabajo no se reporta información acerca de las variables, se usó la información contenida en Caves et al, 1984) ya que la muestra es casi idéntica. El problema que surgió es que la demanda por mano de obra para la firma local resulta ser negativa.

Al revisar en detalle esta situación se encontró que el origen del problema reside esencialmente en un término cuyo parámetro estimado es negativo y cuyo peso dentro de todos los términos

que se suman es fuerte. El término asociado a tal parámetro es  $PS^2 \times Y$ . Por otro lado, dentro de los términos positivos, se observó que aquellos con mayor relevancia son los que consideran a *ASL*. Por ejemplo, en el caso de la firma local, un aumento de un 25% en el valor de *ASL* haría que la demanda por mano de obra fuese positiva.

Como posible explicación al problema que ocurre con las demandas se podría argumentar que el uso de la forma funcional escogida no sería apropiado ante diferencias “grandes” entre valores de variables como *ASL* y *PS*, en este caso, de la firma local versus la troncal. *ASL* de la firma troncal triplica aproximadamente al valor de *ASL* de las locales; el índice de producto de una troncal es del orden de 15 veces mayor al de una local y sin embargo, *PS* es casi de la misma magnitud. La forma funcional translog, en tanto, por el hecho de estar expresada en logaritmos hace que diferencias numéricas importantes, en esta métrica, sean pequeñas.

- **Cálculo de variables**

### **Escala**

La única elasticidad reportada en este trabajo fue la elasticidad costo-producto agregado cuyo valor promedio es 0,737 a partir del cual se deriva  $RTD = 1,35$ . En tanto,  $RTS$  promedio es 1,15. Dado que los atributos considerados son *ASL* y *LF*, se tomaron las elasticidades reportadas en Caves et al (1984) para poder realizar cálculos de  $RTD'$  y  $S$ . Lo anterior se justifica debido a que Kumbhakar utilizó la misma muestra que Caves et al, pero ampliada en tres años más. Por otro lado, la elasticidad costo respecto del producto en la media es casi idéntica entre ambos trabajos, por lo que se asumió que en la media las elasticidades costo atributo podrían ser similares.

Los valores de los ponderadores utilizados para calcular los indicadores de escala fueron los mismos que en Caves et al (1984), es decir,  $\alpha_{LM} = 1$  (derivado en Sección 3.2.1),  $\alpha_{LF} = 0,044$  (estimado en Oum y Zhang, 1997),  $\alpha_{DM} = -0,2299$  y  $\alpha_{ASL} = -0,147$ .

- **Resultados**

De acuerdo con los supuestos realizados en cuanto a las elasticidades costo-atributos, los resultados son:

$$RTD' = \frac{1}{1 \cdot 0,737 + 0,044 \cdot -0,264} = 1,379$$
$$S = \frac{1}{0,7701 \cdot 0,737 + 0,044 \cdot -0,264 + -0,147 \cdot -0,148} = 1,732$$

De lo anterior, se observa la existencia de retornos a densidad, por lo que sería conveniente aumentar los flujos a densidad constante, mientras que la existencia de retornos crecientes a escala indicaría además la conveniencia de reestructurar rutas ante expansiones de los flujos.

*Evidence on market structure of the deregulated US airline industry* (Liu y Lynk, 1999)

- **Descripción del caso**

En este trabajo se estiman 3 funciones de costo tipo loglineal (translog trunca) para el mercado norteamericano. Las distintas especificaciones difieren en la inclusión o exclusión de algunos atributos. El producto está expresado en *RPK* y los atributos usados son *ASL* y *LF*, además de *PS*. Más detalles en Tabla 2.1.

- **Análisis de escala**

En cuanto a indicadores, los autores calculan *RTD* y *RTS* de la manera habitual, es decir, *RTD* es calculado como el inverso de la elasticidad costo-*RPK* en este caso y *RTS* es calculado como el inverso de la suma de las elasticidades costo-*RPK* y costo-*PS*. Si bien es cierto que los autores mencionan que sería conveniente considerar en los cálculos medidas como *LF* (que dependen del producto también) no lo hacen. El recálculo de *RTD* (que denominamos *RTD'*) y el cálculo de *S* se hará de la siguiente manera de acuerdo al enfoque desagregado.

$$RTD' = \frac{1}{\alpha_{RPK} \tilde{\eta}_{RPK} + \alpha_{LF} \tilde{\eta}_{LF}} \quad (4.53)$$

$$S = \frac{1}{\alpha'_{RPK} \tilde{\eta}_{RPK} + \alpha'_{LF} \tilde{\eta}_{LF} + \alpha_{ASL} \tilde{\eta}_{ASL}} \quad (4.54)$$

Es conveniente mencionar que los cálculos de los indicadores se harán considerando sólo uno de los modelos especificados, debido a que el resto adolece de ciertos problemas que ya fueron mencionados en el Capítulo 2, como la ausencia de variables relevantes para el análisis de escala y diversidad así como también especificaciones confusas de variables. El modelo que se usará para los cálculos es aquel que tiene todos los atributos (*ASL*, *LF* y *PS*) y el parámetro del producto es lineal en  $\ln RPK$ .

- **Análisis de diversidad**

El cálculo factible de realizar de  $SC$  es del tipo doméstico-internacional para el mercado norteamericano, debido a que  $RPK$  considera tanto el flujo doméstico como el internacional. Cabe señalar que en esta publicación no hay datos ni de  $RPK$  ni de los atributos, así que toda la información necesaria para realizar este cálculo debió ser recopilada a partir de fuentes externas. Lo que se evaluará por lo tanto corresponde a:

$$SC_I = \frac{\tilde{C}(RPK^D, LF^D, ASL^D, PS^D) + \tilde{C}(RPK^I, LF^I, ASL^I, PS^I) - \tilde{C}(RPK^{DI}, LF^{DI}, ASL^{DI}, PS^{DI})}{\tilde{C}(RPK^{DI}, LF^{DI}, ASL^{DI}, PS^{DI})} \quad (4.55)$$

- **Cálculo de variables**

### Escala

Los ponderadores  $\alpha_j$  a usar en el cálculo de los indicadores son  $\alpha_{LF} = 0,044$  que si bien fue estimado en Oum y Zhang (1997) para aerolíneas canadienses, no se posee otra información similar. En tanto,  $\alpha_{ASL} = -0,147$  y  $\alpha_{DM} = -0,2299$ , estimados en Basso y Jara-Díaz (2006a) para una submuestra de las aerolíneas consideradas en este estudio y en un periodo similar.

**Tabla 4.21. Elasticidades Costo Total**

Variables	Elasticidad
RPK	0,861
LF	-0,977
ASL	-0,426

Fuente: Liu y Lynk (1999)

### Diversidad

- Producto: Para calcular los valores de  $RPK^D$  o  $RPK^I$ , primero se debe calcular el coeficiente  $\lambda$ , el cual fue obtenido a partir de datos de flujo de pasajeros ( $Y$ ) y de  $DM$  a través de

$$\lambda = \frac{RPK^D}{RPK^{DI}} = \frac{y^D}{y^{DI}} \frac{DM^D}{DM^{DI}} \quad (4.56)$$

Se encontró información precisa de ambas variables (flujo y distancia media promedio en el mercado norteamericano) a partir del año 1988 en adelante. Los valores de  $\lambda$  de los años precedentes tuvieron que ser aproximados debido a que sólo fue posible recopilar información acerca de flujo promedio de pasajeros.

Para tener una idea de los valores de  $\lambda$ , se calculó el rango de variación de tal parámetro. Como los valores de la proporción de flujo doméstico son conocidos, es decir  $y^D/y^{DI}$ , el valor de  $\lambda$  estaría acotado superiormente cuando  $DM^D/DM^{DI}$  fuese máximo, lo que se obtiene cuando  $DM^D = DM^{DI}$ . Por otro lado, un valor que parece ser razonable para  $\lambda$  resulta de usar el valor de  $DM$  promedio dentro del periodo conocido (1988-1994) multiplicado, de acuerdo a (4.64), por la proporción de flujo doméstico que es dato, como se puede apreciar de la Tabla (4.22). De la Tabla (4.22) se advierte que la proporción de flujo doméstico con respecto al total varía poco en el tiempo y además se aprecia que decrece lentamente. Por otro lado, los valores de  $DM$  calculados a partir de los datos de  $RPM$  y flujo se presentan en la Tabla (4.23).

**Tabla 4.22. Flujo de pasajeros promedio en EEUU**

Año	Doméstico [000]	Internacional [000]	Flujo Total	$y^D/y^{DI}$
1981	265.000	21.000	286.000	0,93
1982	274.000	20.000	294.000	0,93
1983	296.000	23.000	319.000	0,93
1984	320.000	25.000	345.000	0,93
1985	357.000	25.000	382.000	0,93
1986	394.000	25.000	419.000	0,94
1987	416.000	31.000	447.000	0,93
1988	419.210	35.404	454.614	0,92
1989	416.331	37.361	453.692	0,92
1990	423.711	41.846	465.557	0,91
1991	412.360	39.941	452.301	0,91
1992	429.900	43.405	473.305	0,91
1993	443.000	45.000	488.000	0,91
1994	481.302	47.074	528.376	0,91

Fuente: Reportes ATA

**Tabla 4.23. Distancias medias promedio en millas**

Año	DM <sup>D</sup>	DM <sup>I</sup>	DM <sup>DI</sup>	DM <sup>D</sup> /DM <sup>DI</sup>
1988	786	2.655	931	0,84
1989	793	2.750	954	0,83
1990	803	2.805	983	0,82
1991	806	2.889	990	0,81
1992	808	3.008	1.010	0,80
1993	799	3.011	1.003	0,80

Fuente:propia

De la Tabla 4.23 se observa que la proporción  $DM^D/DM^{DI}$  tiende a disminuir. Dado que se debe calcular estas proporciones para el periodo 1980-1987, se asumirá que los valores precedentes de  $DM^D/DM^{DI}$  dentro del periodo 1988-1994 son mayores y que decrecen a una tasa de un 1% anual. De esta forma, los rangos dentro de los que debería variar  $\lambda$  son los siguientes:

**Tabla 4.24. Cotas de  $\lambda$**

Año	$\lambda$ max	$\lambda$ min
1980	0,93	0,86
1981	0,93	0,84
1982	0,93	0,84
1983	0,93	0,83
1984	0,93	0,82
1985	0,93	0,81
1986	0,94	0,81
1987	0,93	0,79
1988	0,92	0,77
1989	0,92	0,76

Fuente: propia

-  $ASL$ : Los valores de  $ASL^{DI}$  son conocidos para cada aerolínea. El valor de  $ASL^D$  fue calculado de acuerdo a (3.33) cuando  $PS$  es conocido. La información de  $PS^D$  y  $PS^I$  fue obtenida para cada aerolínea, donde  $PS^I$  son aquellos aeropuertos localizados fuera del territorio doméstico. No se encontró prácticamente información acerca de variables que permitieran calcular  $\rho$ , coeficiente necesario para calcular  $ASL^I$ . Lo claro es que  $\rho > 1$ . De la IATA, para American Airlines, se tiene que  $\rho$  es del orden de 1,6 en 1993. Dado esto, se asumió que los valores de  $\rho$  serían menores pero cercanos a ese valor. Lo que se advierte en años posteriores es que  $\rho^I$  tiende a crecer debido a la mayor oferta a destinos “lejanos” como el oriente.

-  $LF$ : La información acerca de  $LF$  se estimó a partir de datos de  $RPM$  y  $ASM$  extraídos de la base de tráfico aéreo “TranStats” del Depto. de transporte de Estados Unidos. En este caso, se calculó el valor de  $LF^{DI}$  para cada firma (Tabla 4.25). Los valores de  $LF^I$  se asumieron igual a 0,9 y lo que se calculó fue el valor de  $LF^D$ . El hecho de considerar que  $LF^I = 0,9$  se fundamenta en que  $LF^I$  es mayor que  $LF^D$ . Por otro lado, al considerar un valor menor,  $SC$  decrece. Luego, al hacer este supuesto se estaría subestimando (levemente) el valor de  $SC$ .

**Tabla 4.25. Factores de carga  $DI$**

<b>Firma</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>
American	0,61	0,61	0,63	0,65	0,63	0,65	0,65	0,64	0,63	0,64
Continental	0,58	0,58	0,58	0,6	0,63	0,65	0,63	0,62	0,61	0,62
Delta	0,59	0,53	0,53	0,54	0,53	0,56	0,58	0,56	0,58	0,63
Eastern	0,61	0,56	0,57	0,59	0,57	0,6	0,6	0,64	0,62	0,61
United	0,58	0,6	0,63	0,64	0,6	0,63	0,65	0,65	0,68	0,67

-  $PS$ : A partir de la información recabada (disponible en el anexo A4.2 de este capítulo) se realizó la partición de cada una de las variables (de tipo doméstico-internacional) acorde con la Sección 3.3.2. Sin embargo, debido a como está la información reportada para  $PS$ , es conveniente utilizar una pequeña variante. En este caso, se cuenta con información de  $PS^D$  y  $PS^I$ . Los  $PS$  totales de acuerdo a la base de datos son  $PS^D + PS^I$ , por ende  $PS^I$  son todos aquellos  $PS$  que están fuera del territorio doméstico, luego aquellos flujos con origen doméstico y destino internacional no estarían considerados. Por lo tanto,  $PS^I$  en realidad es  $PS^I$  (reportado) más una cantidad desconocida de los  $PS^D$ .

Diversidad espacial: Las variables fueron calculadas de acuerdo con el enfoque ya explicado de  $SC$  espacial, lo único que varía es la forma de cálculo del valor de  $ASL^C$ , el que fue proyectado mediante una regresión lineal estimada con valores de producto y atributos disponibles en la base de datos que se detalla en el anexo A4.2 de este capítulo. La regresión es función del total de pasajeros y el número de  $PS$ .

- **Resultados**

**Escala**

Al reemplazar los valores de las elasticidades de la Tabla 4.22 junto con los valores de los ponderadores ya usados en los cálculos anteriores, se obtiene:

$$RTD' = \frac{1}{0,861 + 0,044 \cdot -0,977} = 1,222$$

$$S = \frac{1}{0,7701 \cdot 0,861 + 0,044 \cdot -0,977 + -0,147 \cdot -0,426} = 1,316$$

**Diversidad**

SC doméstico-internacional: Un análisis de sensibilidad previo sobre los distintos parámetros permitió advertir que  $\lambda$  era de mayor peso sobre SC. Dado esto, se sensibilizó sobre esta variable (tabla 4.26).

Para cada aerolínea y para cada año se probó dos valores, que corresponden al mínimo y máximo que podría alcanzar  $\lambda$  (Tabla 4.24). Estos valores fueron obtenidos considerando escenarios límites, y lo que se presenta en la siguiente tabla es el promedio obtenido.

**Tabla 4.26. Valores de SC Dom-Int \***

	<b>American</b>	<b>Continental</b>	<b>Delta</b>	<b>Eastern</b>	<b>United</b>
1980	0,044	0,035	0,029	0,035	0,028
1981	0,048	0,041	0,034	0,048	0,039
1982	0,046	0,040	0,034	0,057	0,034
1983	0,045	0,041	0,035	0,053	0,035
1984	0,043	0,048	0,035	0,052	0,035
1985	0,043	0,045	0,035	0,049	0,035
1986	0,043	0,042	0,035	0,051	0,037
1987	0,046	0,041	0,039	0,053	0,038
1988	0,046	0,041	0,039	0,053	0,038
1989	0,052	0,057	0,041	0,059	0,039
<b>Promedio</b>	<b>0,046</b>	<b>0,043</b>	<b>0,036</b>	<b>0,051</b>	<b>0,036</b>

\* Promedios usando  $\lambda_{\min}$  y  $\lambda_{\max}$  de Tabla 4.24.

Con este análisis de sensibilidad, se puede afirmar que en promedio, cada una de las aerolíneas estudiadas en el periodo (1980-1989) presenta  $SC > 0$  doméstico-internacional, cuyo valor mínimo es de un 3%, lo que es considerable en términos de dinero dado el alto volumen de pasajeros que transportan estas firmas.

*SC espacial*: Los resultados de *SC* por aerolínea durante el periodo en estudio no difieren ostensiblemente como se observa en la Tabla (4.27). Cabe destacar que por cada año en estudio se realizó un cálculo de *SC espacial*, asumiendo que anualmente la firma incrementa en sólo un punto servido el tamaño de su red. Esto último fue considerado de esta forma debido a que no se encontró información acerca de la variación anual del número de *PS* por firma.

**Tabla 4.27 Resultados de diversidad espacial ( $PS'=PS+I$ )**

	<b>American</b>	<b>Continental</b>	<b>Delta</b>	<b>Eastern</b>	<b>United</b>
1980	0,17	0,34	0,44	0,41	0,24
1981	0,17	0,35	0,42	0,41	0,23
1982	0,14	0,39	0,41	0,43	0,25
1983	0,18	0,44	0,41	0,42	0,28
1984	0,28	0,30	0,40	0,41	0,32
1985	0,29	0,28	0,39	0,41	0,33
1986	0,26	0,31	0,38	0,39	0,30
1987	0,27	0,35	0,39	0,38	0,29
1988	0,26	0,33	0,37	0,40	0,26
1989	0,26	0,33	0,37	0,44	0,25
<b>Promedio</b>	<b>0,23</b>	<b>0,34</b>	<b>0,40</b>	<b>0,41</b>	<b>0,27</b>

*Economies of Scale in the US Airline Industry after Deregulation: A Fourier Series Approximation* (Creel y Farrell, 2001)

- **Descripción del caso**

En este trabajo se estima para el mercado norteamericano, además de una función de costo tipo translog, una función de costo que corresponde a una expansión en serie de Fourier. El producto está descrito en *RPM* y los atributos considerados fueron *ASL*, *LF* y *PS*.

- **Análisis de escala**

Los autores calculan *RTD* y *RTS* para 10 observaciones, reportando las elasticidades con respecto a *RPM*, *LF* y *ASL* en todos ellos. Sin embargo, tales valores ni varían en forma relevante, por lo que un valor promedio se consideró más que suficiente para poder evaluar *RTD* y *S*.

- **Análisis de diversidad**

Dado el tipo de forma considerado en este estudio, y las variables consideradas en la función de costo, el tipo de economías de diversidad estudiada son

- *SC* doméstico-internacional
- *SC* espacial.

La primera forma de *SC* será evaluada de acuerdo a la metodología usada en Liu y Lynk (1999), pues las variables son las mismas.

Un aspecto importante de mencionar es que los autores afirman haber estimado una función tipo translog, sin embargo cuando reportan los coeficientes omiten *toda* la información acerca de los parámetros de segundo orden. Con el fin de calcular algún tipo de *SC* se trabajó con los coeficientes reportados asumiendo que la función de costo estimada no es translog, sino loglineal.

- **Resultados**

**Escala**

Los valores promedio de las elasticidades costo usadas fueron  $\tilde{\eta}_{RPM} = 0,6767$ ,  $\tilde{\eta}_{ALF} = -0,0553$ ,  $\tilde{\eta}_{ASL} = -0,3786$  y  $\tilde{\eta}_{PS} = -0,0099$ . Los valores de los ponderadores  $\alpha_j$  usados son  $\alpha_{LF} = 0,044$  (estimado en Oum y Zhang, 1997),  $\alpha_{ASL} = -0,147$  y  $\alpha_{DM} = -0,2299$ , estos dos últimos estimados en Basso y Jara-Díaz (2006a) con datos cuyo traslape es de 9 años y para casi las mismas aerolíneas. Al sustituir estos valores en los indicadores se obtuvo:

$$RTD' = \frac{1}{0,6767 + 0,044 \cdot -0,0553} = 1,483$$

$$S = \frac{1}{0,7701 \cdot 0,6767 + 0,044 \cdot -0,0553 + -0,147 \cdot -0,3786} = 1,741$$

**Diversidad**

Los resultados obtenidos de los tipos de economías de diversidad estudiados son reportados en las tablas 4.28 y 4.29.

**Tabla 4.28 Resultados de SC Doméstico-internacional**

	<b>American</b>	<b>Continental</b>	<b>Delta</b>	<b>Eastern</b>	<b>United</b>
1983	0,187	0,185	0,183	0,190	0,184
1984	0,107	0,108	0,101	0,115	0,102
1985	0,106	0,107	0,101	0,110	0,102
1986	0,100	0,098	0,094	0,108	0,096
1987	0,108	0,104	0,104	0,113	0,103
1988	0,123	0,122	0,114	0,141	0,111
1989	0,133	0,140	0,115	0,152	0,112
<b>Promedio</b>	<b>0,123</b>	<b>0,123</b>	<b>0,116</b>	<b>0,113</b>	<b>0,116</b>

**Tabla 4.29 Resultados de SC espacial**

	<b>American</b>	<b>Continental</b>	<b>Delta</b>	<b>Eastern</b>	<b>United</b>
1983	0,27	0,43	0,40	0,40	0,28
1984	0,28	0,32	0,40	0,39	0,31
1985	0,28	0,29	0,38	0,39	0,32
1986	0,29	0,31	0,38	0,37	0,30
1987	0,30	0,34	0,37	0,37	0,29
1988	0,30	0,32	0,36	0,38	0,26
1989	0,29	0,32	0,35	0,42	0,25
<b>Promedio</b>	<b>0,29</b>	<b>0,33</b>	<b>0,38</b>	<b>0,39</b>	<b>0,29</b>

Finalmente, es importante señalar que la diferencia entre los resultados obtenidos en Liu y Lynk (1999) y Creel y Farrell (2001) en los resultados de diversidad doméstico-internacional obedece principalmente a la diferencia de valor de la elasticidad costo-producto. En tanto, los resultados de diversidad espacial tienen la misma tendencia y son considerablemente positivos.

### **Otras publicaciones**

En los trabajos que se mencionarán en lo que sigue no fue posible realizar un recálculo de indicadores debido a problemas en la definición de variables o bien porque no hay aporte de información. En el caso de Baltagi et al (1995), lo esencial es que el autor no detalla la forma como agrega el producto. Es probable que haya usado una medida similar al índice de producto agregado, sin embargo no es claro. En tanto, el trabajo de Caves et al (1988) no aporta algo mayormente nuevo. La función de costo usada para estimar indicadores fue estimada en Caves et al (1984). Lo único nuevo lo constituye una medida de la conveniencia de mantener  $LF$  o no en un contexto de corto plazo, que denominan retornos de utilización ( $RTU$ ). Analíticamente, lo que hacen es considerar o excluir la elasticidad costo con respecto a  $LF$  en el cálculo de  $RTU$ .

### 4.3 Síntesis

En este capítulo se ha aplicado una metodología para calcular indicadores de escala y diversidad desde un punto de vista desagregado del producto. Se revisó 10 artículos, (re)calculando escala en 10 y diversidad en 7.

En cuanto al estudio de escala, lo importante es tener una medida de los coeficientes que ponderan las elasticidades costo. Dichos ponderadores fueron derivados analíticamente, cuando los agregados pueden ser escritos como función del producto desagregado o bien fueron obtenidos a partir de estimaciones econométricas.

Los cálculos de  $RTD'$  y  $S$  resultaron en el orden que se esperaba, es decir, los valores de  $RTD'$  son siempre menores que los de  $S$ , lo anterior debido a la oportunidad de modificar las estructuras de las rutas para ahorrar costos. Cabe mencionar que los resultados de estos indicadores son bastante insensibles, ya que los valores de los ponderadores deberían variar en magnitudes grandes (sobre el 50% al menos en promedio) para que los valores de algunos de estos indicadores cambiaran en el primer decimal.

Por otro lado, los valores de los indicadores calculados por los autores ( $RTD$ ) son efectivamente distintos en general a los calculados en esta tesis. En algunos casos los resultados eran idénticos, pero como se mencionó esto obedece a una coincidencia que proviene del tipo de agregados considerados en la función de costo o simplemente que en la estimación los parámetros de algunas variables relevantes en los cálculos resultaron ser no significativas.

En cuanto a los resultados de diversidad, estos dieron dentro del rango analítico que corresponde (entre -1 y 1), por lo que se reconoce que el trabajo econométrico de los autores fue adecuado, dado el considerable número de aproximaciones y sensibilidad realizado. Finalmente, se adjunta una tabla resumen en la que se presenta los resultados de los indicadores de escala y diversidad.

Tabla 4.37 Resumen de cálculos de indicadores

Autor(es)	Forma de Calcular Indicadores de escala	Forma propuesta	Resultados	Análisis de Sensibilidad	Observaciones																														
Caves et al (1984)	<p>A partir de Costo Total de Largo plazo.</p> $RTD = \frac{1}{\eta_Y^{CT}}$ $RTS = \frac{1}{\eta_Y^{CT} + \eta_{PS}^{CT}}$ <p>A partir de Costo Variable:</p> $RTD = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\eta_Y^{CV}}$ $RTS = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\eta_Y^{CV} + \eta_{PS}^{CV}}$	<p>A partir de Costo Total de Largo plazo. Análisis de escala</p> $RTD = \frac{1}{\alpha_Y \eta_Y + \alpha_{LF} \eta_{LF}}$ $S = \frac{1}{\alpha_Y \eta_Y + \alpha_{ASL} \eta_{ASL} + \alpha_{LF} \eta_{LF}}$ <p>donde el ponderador del índice de producto es:</p> $\alpha_Y = \sum_j \alpha_j \sum_i \alpha_i'$ <p>RTS es reemplazado por Scope</p> $SC_R = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}_R, PS_R) + \tilde{C}(\tilde{Y}_{M,R}, PS_{M-R}) - \tilde{C}(\tilde{Y}_M, PS_M)}{\tilde{C}(\tilde{Y}_M, PS_M)}$	<p>Autores</p> <table border="1" data-bbox="462 693 552 955"> <thead> <tr> <th></th> <th>CT</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RTD</td> <td>= 1,243</td> <td>1,179</td> </tr> <tr> <td>RTS</td> <td>= 1,068</td> <td>0,988</td> </tr> </tbody> </table> <p>Recálculo</p> <table border="1" data-bbox="592 693 673 955"> <thead> <tr> <th></th> <th>CT</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RTD'</td> <td>= 1,262</td> <td>1,189</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>= 1,589</td> <td>1,529</td> </tr> </tbody> </table> <p>Análisis de diversidad</p> <table border="1" data-bbox="714 672 901 955"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>SC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Espacial TL</td> <td>= 0,14</td> </tr> <tr> <td>Troncal-Local</td> <td>≥ 0,03</td> </tr> <tr> <td>Espacial Trunk</td> <td>= 0,043</td> </tr> <tr> <td>Espacial Local</td> <td>= 0,039</td> </tr> <tr> <td>First-Couch (trunk)</td> <td>= 0,26</td> </tr> </tbody> </table>		CT	CV	RTD	= 1,243	1,179	RTS	= 1,068	0,988		CT	CV	RTD'	= 1,262	1,189	S	= 1,589	1,529	Tipo	SC	Espacial TL	= 0,14	Troncal-Local	≥ 0,03	Espacial Trunk	= 0,043	Espacial Local	= 0,039	First-Couch (trunk)	= 0,26	<p>Variando el ponderador de LF en <math>\pm 30\%</math>, se obtiene a partir de la función de CT que <math>RTD \in [1,257; 1,268]</math></p> <p>Variando las elasticidades de LF, ASL y DM en <math>\pm 30\%</math> para S a partir de CT se obtiene respectivamente:</p> <p><math>S \in [1,580; 1,598]</math></p> <p><math>S \in [1,573; 1,606]</math></p> <p><math>S \in [1,460; 1,743]</math></p> <p>Variando el n° de PS entre 80 y 90, SC espacial decrece desde 0,14 hasta 0,038.</p> <p>Variando PS de la firma TL. SC decrece de 0,025 a 0,017.</p>	<p>Los valores de los ponderadores <math>\alpha</math> para LF y ASL no tienen una deducción analítica; fueron obtenidos por regresión.</p> <p>Para obtener un valor para <math>\alpha_{IM}</math> se debe conocer la elasticidad del IM de producto con respecto a cada uno de los agregados considerados dentro de tal índice.</p>
	CT	CV																																	
RTD	= 1,243	1,179																																	
RTS	= 1,068	0,988																																	
	CT	CV																																	
RTD'	= 1,262	1,189																																	
S	= 1,589	1,529																																	
Tipo	SC																																		
Espacial TL	= 0,14																																		
Troncal-Local	≥ 0,03																																		
Espacial Trunk	= 0,043																																		
Espacial Local	= 0,039																																		
First-Couch (trunk)	= 0,26																																		
Caves y Christensen (1988)	<p>RTS y <math>RTD_1</math> calculados igual a Caves et al (1984).</p> $RTD_2 = \frac{1}{\eta_Y^{CT} + \eta_{LF}^{CT}}$ $RTD_2 = \frac{1 - \eta_C^{CV}}{\eta_Y^{CV} + \eta_{LF}^{CV}}$ $RTU_1 = \frac{1}{\eta_Y^{CV}}$ $RTU_2 = \frac{1}{\eta_Y^{CV} + \eta_{LF}^{CV}}$	<p>Calcular directamente RTU como:</p> $RTD_2 = \frac{1}{\alpha_Y \eta_Y^{CT} + \alpha_{LF} \eta_{LF}^{CT}}$ $RTD_2 = \frac{1 - \eta_C^{CV}}{\alpha_Y \eta_Y^{CV} + \alpha_{LF} \eta_{LF}^{CV}}$ $RTU = \frac{1}{\alpha_Y \eta_Y^{CV} + \alpha_{LF} \eta_{LF}^{CV}}$	<p>Autores</p> <table border="1" data-bbox="958 672 1063 955"> <thead> <tr> <th></th> <th>CT</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RTD2</td> <td>= 1,262</td> <td>1,189</td> </tr> <tr> <td>RTU1</td> <td>= -</td> <td>1,391</td> </tr> <tr> <td>RTU2</td> <td>= -</td> <td>1,742</td> </tr> </tbody> </table> <p>Recálculo</p> <table border="1" data-bbox="1112 766 1169 955"> <thead> <tr> <th></th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RTU</td> <td>= 1,403</td> </tr> </tbody> </table>		CT	CV	RTD2	= 1,262	1,189	RTU1	= -	1,391	RTU2	= -	1,742		CV	RTU	= 1,403	<p>Variando el ponderador de LF en <math>\pm 30\%</math>, se obtiene a partir de la función de CV que <math>RTD \in [1,185; 1,192]</math></p> <p>Variando en un 100% el valor de la elasticidad de LF con respecto a Y, se tiene que <math>RTU \in [1,391; 1,412]</math></p>	<p>No se puede hacer cálculo de scope, en este trabajo más bien se habla de RTU (los retornos de utilización). Nada nuevo en relación a Caves et al (1984).</p>														
	CT	CV																																	
RTD2	= 1,262	1,189																																	
RTU1	= -	1,391																																	
RTU2	= -	1,742																																	
	CV																																		
RTU	= 1,403																																		

Autor(es)	Forma de Calcular Indicadores de escala	Forma propuesta	Resultados	Análisis de Sensibilidad	Observaciones																																							
Gillen et al. (1990)	$RTD = \frac{1}{\sum_i \eta_{\bar{Y}_i}^{CT} + \eta_{PS}^{CT}}$ $RTS = \frac{1}{\sum_i \eta_{\bar{Y}_i}^{CT} + \eta_{PS}^{CT}}$ $RTD = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\sum_i \eta_{\bar{Y}_i}^{CV} + \eta_{PS}^{CV}}$ $RTS = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\sum_i \eta_{\bar{Y}_i}^{CV} + \eta_{PS}^{CV}}$	<p>Análisis de escala</p> $RTD' = \frac{1}{\sum_j \alpha_j \eta_{\phi_j}}$ $\alpha_{\phi_j} = 1 + \sum_k \beta_{jk} \epsilon_Y^{dk}$ <p>con</p> $S = \frac{1}{\sum_j (\alpha_{\bar{Y}_j} + \sum_k \beta_{jk} \epsilon_Y^{dk}) \eta_{\phi_j}}$ <p>Análisis de diversidad de tamaño de red: Basso y Jara-Díaz (2005).</p>	<p>Autores</p> <table border="1" data-bbox="407 716 488 989"> <thead> <tr> <th></th> <th>CT</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>RTD'</math></td> <td>= 1,211</td> <td>1,486</td> </tr> <tr> <td><math>RTS'</math></td> <td>= 0,971</td> <td>0,992</td> </tr> </tbody> </table> <p>Recálculo</p> <table border="1" data-bbox="532 716 613 989"> <thead> <tr> <th></th> <th>CT</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>RTD'</math></td> <td>= 1,211</td> <td>1,487</td> </tr> <tr> <td><math>S</math></td> <td>= 1,505</td> <td>1,931</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fusiones de firmas</p> <table border="1" data-bbox="657 695 873 989"> <thead> <tr> <th></th> <th>F2</th> <th>SC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AC</td> <td>CPAair</td> <td>-0,124</td> </tr> <tr> <td>AC</td> <td>Nordair</td> <td>-0,045</td> </tr> <tr> <td>AC</td> <td>EPA</td> <td>-0,040</td> </tr> <tr> <td>CPAair</td> <td>Nordair</td> <td>-0,079</td> </tr> <tr> <td>CPAair</td> <td>EPA</td> <td>-0,086</td> </tr> <tr> <td>Nordair</td> <td>EPA</td> <td>0,103</td> </tr> </tbody> </table>		CT	CV	$RTD'$	= 1,211	1,486	$RTS'$	= 0,971	0,992		CT	CV	$RTD'$	= 1,211	1,487	$S$	= 1,505	1,931		F2	SC	AC	CPAair	-0,124	AC	Nordair	-0,045	AC	EPA	-0,040	CPAair	Nordair	-0,079	CPAair	EPA	-0,086	Nordair	EPA	0,103	<p><math>RTD</math> no cambia dado que ningún atributo es considerado en el cálculo (fueron no significativos en la estimación de la función de costo)</p> <p>Haciendo variar la elasticidad de <math>ASL</math> en <math>\pm 30\%</math> se obtiene que <math>S \in [1,491; 1,527]</math></p> <p>Variando la elasticidad de <math>DM</math> en <math>\pm 50\%</math>, se tiene que <math>S \in [1,299; 1,761]</math>.</p>	<p>Los resultados de los indicadores de escala ante variaciones de los ponderadores no son importantes en términos de política de estructura industrial.</p> <p>Los valores de <math>SC</math> espacial son válidos para 1980.</p> <p>Análisis de diversidad: Fusión de firmas</p> <p>Ver metodología de cálculo en Capítulo 3.</p>
	CT	CV																																										
$RTD'$	= 1,211	1,486																																										
$RTS'$	= 0,971	0,992																																										
	CT	CV																																										
$RTD'$	= 1,211	1,487																																										
$S$	= 1,505	1,931																																										
	F2	SC																																										
AC	CPAair	-0,124																																										
AC	Nordair	-0,045																																										
AC	EPA	-0,040																																										
CPAair	Nordair	-0,079																																										
CPAair	EPA	-0,086																																										
Nordair	EPA	0,103																																										
Kumbhakar (1990)	<p>A partir de Costo Total de Largo plazo.</p> $RTD = \frac{1}{\eta_{\bar{Y}}^{CT}}$ $RTS = \frac{1}{\eta_{\bar{Y}}^{CT} + \eta_{PS}^{CT}}$	<p>A partir de Costo Total de Largo plazo.</p> <p>Análisis de escala</p> $RTD' = \frac{1}{\alpha_{\bar{Y}} \eta_{\bar{Y}} + \alpha_{LF} \eta_{LF}}$ $S = \frac{1}{\alpha_{\bar{Y}} \eta_{\bar{Y}} + \alpha_{ASL} \eta_{ASL} + \alpha_{LF} \eta_{LF}}$	<p>Autores</p> <table border="1" data-bbox="901 800 954 989"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>RTD'</math></td> <td>= 1,36</td> </tr> <tr> <td><math>RTS'</math></td> <td>= 1,19</td> </tr> </tbody> </table> <p>Recálculo (*)</p> <table border="1" data-bbox="998 789 1052 989"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>RTD'</math></td> <td>= 1,379</td> </tr> <tr> <td><math>S</math></td> <td>= 1,732</td> </tr> </tbody> </table>			$RTD'$	= 1,36	$RTS'$	= 1,19			$RTD'$	= 1,379	$S$	= 1,732	<p>Variando el ponderador de <math>LF</math> en <math>\pm 30\%</math>, <math>RTD \in [1,373; 1,386]</math></p> <p>Variando las elasticidades de <math>LF</math>, <math>ASL</math> y <math>DM</math> en <math>\pm 30\%</math> para <math>S</math> se obtiene:</p> <p><math>S \in [1,722; 1,742]</math></p> <p><math>S \in [1,713; 1,752]</math></p> <p><math>S \in [1,592; 1,899]</math></p>	<p>La demanda por un insumo resultó ser negativa, aparentemente por un problema de la forma funcional.</p> <p>* Las elasticidades costo-<math>ASL</math> y costo-<math>LF</math> fueron obtenidas de Caves et al (1984).</p>																											
$RTD'$	= 1,36																																											
$RTS'$	= 1,19																																											
$RTD'$	= 1,379																																											
$S$	= 1,732																																											
Formby et al (1990)	<p>No son calculados explícitamente</p> <p>PS no es directamente una variable en la función de costo; está en DT y es desconocido.</p>	<p>Análisis de diversidad (espacial)</p> $SC_R = \frac{\tilde{C}(\bar{Y}_R, PS_R) + \tilde{C}(\bar{Y}_{M-R}, PS_{M-R}) - \tilde{C}(\bar{Y}_M, PS_M)}{\tilde{C}(\bar{Y}_M, PS_M)}$	<p>Cálculo</p> <table border="1" data-bbox="1149 789 1203 989"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>RTD'</math></td> <td>= 1,024</td> </tr> <tr> <td><math>S</math></td> <td>= 1,332</td> </tr> </tbody> </table> <p>Análisis de diversidad espacial</p> <table border="1" data-bbox="1247 863 1382 989"> <thead> <tr> <th>PS</th> <th>SC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>66</td> <td>0,262</td> </tr> <tr> <td>67</td> <td>0,243</td> </tr> <tr> <td>68</td> <td>0,229</td> </tr> <tr> <td>69</td> <td>0,21</td> </tr> </tbody> </table>			$RTD'$	= 1,024	$S$	= 1,332	PS	SC	66	0,262	67	0,243	68	0,229	69	0,21	<p>Variando el ponderador de <math>LF</math> en <math>\pm 100\%</math>, se obtiene <math>RTD \in [1,018; 1,029]</math></p> <p>Variando el pond. de <math>LF</math> y <math>ASL</math> en <math>\pm 100\%</math> cada uno, se obtiene respectivamente <math>S \in [1,323; 1,342]</math></p> <p><math>S \in [1,287; 1,380]</math></p> <p>Si disminuyera el pond. de <math>DM</math> en más de 60%, <math>S &lt; 1</math>.</p>	<p>El cálculo de <math>SC</math> es en el período 1976-1977.</p> <p>El n° de <math>PS</math> en 1976 fue obtenido de Caves et al (1984).</p> <p>Los cálculos de <math>SC</math> fueron realizados a <math>LF=cie</math>.</p>																							
$RTD'$	= 1,024																																											
$S$	= 1,332																																											
PS	SC																																											
66	0,262																																											
67	0,243																																											
68	0,229																																											
69	0,21																																											

Autor(es)	Forma de Calcular Indicadores de escala	Forma Propuesta	Resultados	Análisis de Sensibilidad	Observaciones																								
Windle (1991)	No son calculados explícitamente	<p>Aplicando el enfoque desagregado para calcular los indicadores, se propone</p> $RTD' = \frac{1 - \eta_K}{\alpha_Y \eta_Y + \alpha_{LF} \eta_{LF}}$ $S = \frac{1 - \eta_K}{\alpha_Y \eta_Y + \alpha_{LF} \eta_{LF} + \alpha_{LF} \eta_{LF}}$ <p>Análisis de diversidad</p> $SC_R = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}_R, PS_R) + \tilde{C}(\tilde{Y}_{M-R}, PS_{M-R}) - \tilde{C}(\tilde{Y}_M, PS_M)}{\tilde{C}(\tilde{Y}_M, PS_M)}$	<p>A partir de la función de CV</p> <table border="1" data-bbox="418 789 474 989"> <tr><td>RTD</td><td>=</td><td>1,628</td></tr> <tr><td>RTS</td><td>=</td><td>1,3</td></tr> </table> <p>Cálculo</p> <table border="1" data-bbox="516 789 571 989"> <tr><td>RTD'</td><td>=</td><td>1,654</td></tr> <tr><td>S</td><td>=</td><td>2,164</td></tr> </table> <p>Análisis de diversidad</p> <table border="1" data-bbox="620 684 753 989"> <thead> <tr> <th>Fusión de operaciones</th> <th>SC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>USA-Canadá</td> <td>[0,09; 0,11]</td> </tr> <tr> <td>USA-Europa</td> <td>[0,10; 0,13]</td> </tr> <tr> <td>Canadá-Europa</td> <td>[0,02; 0,04]</td> </tr> </tbody> </table>	RTD	=	1,628	RTS	=	1,3	RTD'	=	1,654	S	=	2,164	Fusión de operaciones	SC	USA-Canadá	[0,09; 0,11]	USA-Europa	[0,10; 0,13]	Canadá-Europa	[0,02; 0,04]	<p>Variando el ponderador de <math>LF</math> en <math>\pm 30\%</math>, <math>RTD \in [1,646; 1,662]</math></p> <p>Variando las elasticidades de <math>LF, ASL</math> y <math>DM</math> en <math>\pm 30\%</math> para <math>S</math> se obtiene respectivamente:</p> <p><math>S \in [2,150; 2,178]</math></p> <p><math>S \in [2,162; 2,166]</math></p> <p><math>S \in [1,982; 2,382]</math></p> <p>Los resultados de <math>SC</math> son insensibles a <math>\mu</math>. Los valores de <math>\tau \in [0; 0,5]</math></p>	<p>Se asume que las firmas están principalmente abocadas al transporte de pasajeros, así el índice agregado de producto es una buena aproximación de <math>RPK</math>.</p> <p>Se asume que los precios asociados a distancia no son muy distintos.</p>				
RTD	=	1,628																											
RTS	=	1,3																											
RTD'	=	1,654																											
S	=	2,164																											
Fusión de operaciones	SC																												
USA-Canadá	[0,09; 0,11]																												
USA-Europa	[0,10; 0,13]																												
Canadá-Europa	[0,02; 0,04]																												
Oum y Zhang (1991)	$RTS = \frac{1 - \eta_K}{\sum_i \eta_i + \eta_{PS}} \quad \text{con } u=1$ $RTS = \frac{1 - \eta_K}{\sum_i \eta_i} \quad \text{con } u^*$	$RTD' = \frac{1 - \eta_K}{\alpha_{PK} \eta_{PK} + \alpha_{TK} \eta_{TK_f} + \alpha_{TK} \eta_{TK_{cb}}}$ $S = \frac{1 - \eta_K}{(1 + \alpha_{DM})(\eta_{PK} + \eta_{TK_f} + \eta_{TK_{cb}}) + \alpha_{ASL} \eta_{ASL}}$ <p>Supuesto: <math>DM</math> para el transporte de pasajeros es la misma para el transporte de carga.</p>	<p>Autores</p> <table border="1" data-bbox="782 709 857 989"> <tr><td>RTD</td><td>=</td><td>CV</td><td>CV</td></tr> <tr><td>RTS</td><td>=</td><td>1,301</td><td>1,279</td></tr> <tr><td></td><td>=</td><td>0,906</td><td>0,904</td></tr> </table> <p>Recálculo</p> <table border="1" data-bbox="906 684 980 989"> <tr><td>RTD'</td><td>=</td><td>CV-CP</td><td>LP</td></tr> <tr><td>S</td><td>=</td><td>1,299</td><td>1,297</td></tr> <tr><td></td><td>=</td><td>1,612</td><td>1,609</td></tr> </table> <p>Si las elasticidades costo-producto no cambian, se puede analizar el peso de la elasticidad costo-capital sensibilizando.</p>	RTD	=	CV	CV	RTS	=	1,301	1,279		=	0,906	0,904	RTD'	=	CV-CP	LP	S	=	1,299	1,297		=	1,612	1,609	<p>Usando <math>\tilde{\eta}_K \cdot \gamma</math> como la elasticidad costo-capital y <math>\gamma</math> en el rango <math>0,7 - 1</math> se obtuvo que <math>RTD \in [1,279; 1,299]</math></p> <p>Variando el ponderador de <math>DM</math> en <math>\pm 20\%</math> se obtiene <math>S \in [1,522; 1,707]</math></p> <p>Variando la elasticidad de <math>ASL</math> en <math>\pm 20\%</math> se tiene <math>S \in [1,527; 1,626]</math></p>	<p>Los autores no proponen una forma distinta de calcular <math>RTD</math> o <math>RTS</math> sino una forma diferente de tratar el capital, con una tasa de utilización.</p> <p>El valor de <math>u</math> no es reportado y no se menciona si los parámetros estimados cambian cuando <math>u=1</math>.</p> <p><math>S</math> fuera rango <math>20\%</math> para <math>DM</math> varía notablemente.</p>
RTD	=	CV	CV																										
RTS	=	1,301	1,279																										
	=	0,906	0,904																										
RTD'	=	CV-CP	LP																										
S	=	1,299	1,297																										
	=	1,612	1,609																										
Ballagi et al. (1995)	$RTD = \frac{1}{\eta_Y + \eta_K}$ $RTS = \frac{1}{\eta_Y + \eta_K + \eta_{PS} \eta_Y + \eta_{ASL} \eta_Y^{ASL}}$	-			<p>No se puede hacer un recálculo pues en este trabajo no es explicado de qué forma se agrega el producto.</p>																								

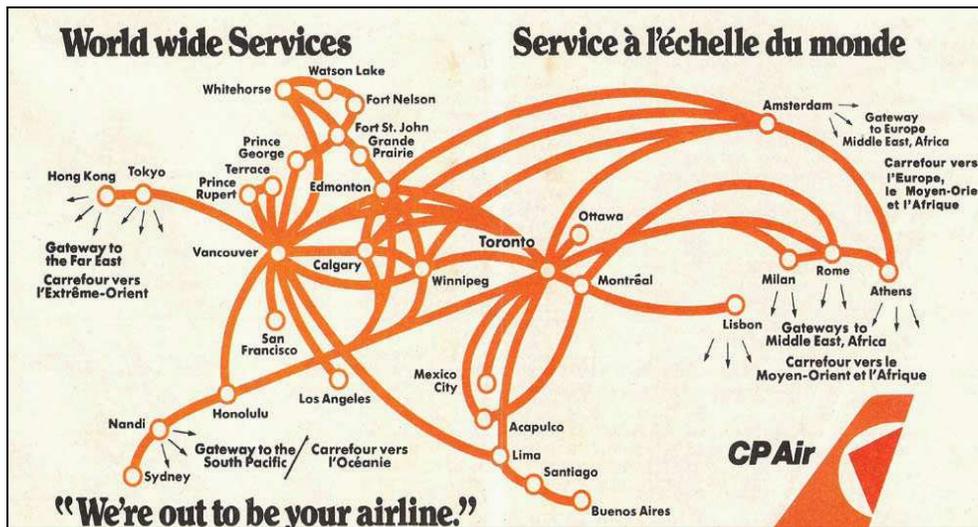
Autor(es)	Forma de Calcular Indicadores de escala	Forma propuesta	Resultados	Análisis de Sensibilidad	Observaciones																																
Oum y Yu (1998)	No explícito	<p><b>Función de costo variable (*)</b></p> $RTD' = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\alpha_{\tilde{Y}} \eta_{\tilde{Y}}^{CV}} + \alpha_{ASL} \eta_{ASL}^{CV}$ $S = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\alpha_{\tilde{Y}} \eta_{\tilde{Y}}^{CV} + \alpha_{ASL} \eta_{ASL}^{CV}}$ <p>Análisis de diversidad</p> $SC_R = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}_R, \underline{Q}_R) + \tilde{C}(\tilde{Y}_{M-R}, \underline{Q}_{M-R}) - \tilde{C}(\tilde{Y}_M, \underline{Q}_M)}{\tilde{C}(\tilde{Y}_M, \underline{Q}_M)}$	<p>Forma Propuesta</p> <table border="1" data-bbox="402 764 461 961"> <tr><td><math>RTD'</math></td><td>=</td><td>0,9851</td></tr> <tr><td><math>S</math></td><td>=</td><td>1,216</td></tr> </table> <p>SC Nacional-Internacional</p> <table border="1" data-bbox="509 709 711 961"> <tr><td>Firmas</td><td>=</td><td>SC</td></tr> <tr><td>American</td><td>=</td><td>0,137</td></tr> <tr><td>United</td><td>=</td><td>0,074</td></tr> <tr><td>Delta</td><td>=</td><td>0,078</td></tr> <tr><td>Northwest</td><td>=</td><td>0,066</td></tr> <tr><td>US Airways</td><td>=</td><td>0,075</td></tr> <tr><td>Continental</td><td>=</td><td>0,07</td></tr> </table>	$RTD'$	=	0,9851	$S$	=	1,216	Firmas	=	SC	American	=	0,137	United	=	0,074	Delta	=	0,078	Northwest	=	0,066	US Airways	=	0,075	Continental	=	0,07	<p>Al variar el ponderador de <i>ASL</i> en <math>\pm 100\%</math>, se tiene que <math>S \in [1,159; 1,279]</math>. Sólo una variación mayor a un 500% haría que <i>S</i> fuera menor que 1.</p> <p>Análogamente, variaciones mayores a un 70% en el valor del ponderador de <i>DM</i> haría que <i>S</i> fuera menor que 1.</p>	<p>Validez en USA, variables desviadas con respecto a media de USA.</p> <p>Los resultados para American Airlines son más confiables y reales; las variables no fueron calculadas, sino que extraídas a partir de datos de la IATA.</p>					
$RTD'$	=	0,9851																																			
$S$	=	1,216																																			
Firmas	=	SC																																			
American	=	0,137																																			
United	=	0,074																																			
Delta	=	0,078																																			
Northwest	=	0,066																																			
US Airways	=	0,075																																			
Continental	=	0,07																																			
Liu y Lynk (1999)	$RTD = \frac{1}{\eta_{RPK}^{CT}}$ $RTS = \frac{1}{\eta_{RPK}^{CT} + \eta_{PS}^{CT}}$ $RTD = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\eta_{RPK}^{CV}}$ $RTS = \frac{1 - \eta_K^{CV}}{\eta_{RPK}^{CV} + \eta_{PS}^{CV}}$	<p>Análisis de diversidad</p> $SC_R = \frac{\tilde{C}(\tilde{Y}_R, PS_R) + \tilde{C}(\tilde{Y}_{M-R}, PS_{M-R}) - \tilde{C}(\tilde{Y}_M, PS_M)}{\tilde{C}(\tilde{Y}_M, PS_M)}$	<p>Autores</p> <table border="1" data-bbox="753 701 834 961"> <tr><td></td><td>M1</td><td>M3</td></tr> <tr><td><math>RTD</math></td><td>=</td><td>1,161</td></tr> <tr><td><math>RTS</math></td><td>=</td><td>1,157</td></tr> <tr><td></td><td>1,27</td><td>1,14</td></tr> </table> <p>Forma Propuesta</p> <table border="1" data-bbox="899 709 980 961"> <tr><td></td><td>M1</td><td>M3</td></tr> <tr><td><math>RTD'</math></td><td>=</td><td>1,22</td></tr> <tr><td><math>S</math></td><td>=</td><td>1,46</td></tr> <tr><td></td><td>1,65</td><td>1,65</td></tr> </table> <p>Tipo</p> <table border="1" data-bbox="997 735 1078 961"> <tr><td></td><td>SC</td></tr> <tr><td>Dom-Int</td><td>≈</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>Espacial</td><td>≈</td><td>0,33</td></tr> </table>		M1	M3	$RTD$	=	1,161	$RTS$	=	1,157		1,27	1,14		M1	M3	$RTD'$	=	1,22	$S$	=	1,46		1,65	1,65		SC	Dom-Int	≈	0,05	Espacial	≈	0,33	<p>Al variar el ponderador de <i>LF</i> en <math>\pm 100\%</math>, se tiene que <math>RTD \in [1,161; 1,290]</math>. <math>S \in [1,378; 1,563]</math>.</p> <p>Al variar el ponderador de <i>ASL</i> en <math>\pm 100\%</math>, se tiene que <math>S \in [1,342; 1,613]</math>.</p> <p>Al variar el ponderador de <i>DM</i> en <math>\pm 100\%</math>, se tiene que <math>S \in [1,136; 2,03]</math>. Sólo una variación mayor a un 160% haría que <i>S</i> fuera menor que 1.</p>	<p>Análisis de escala en Basso y Jara-Díaz (2004).</p> <p>El análisis de sensibilidad es válido para el modelo I.</p> <p>(<i>SC</i> nac-inter en año 1984).</p>
	M1	M3																																			
$RTD$	=	1,161																																			
$RTS$	=	1,157																																			
	1,27	1,14																																			
	M1	M3																																			
$RTD'$	=	1,22																																			
$S$	=	1,46																																			
	1,65	1,65																																			
	SC																																				
Dom-Int	≈	0,05																																			
Espacial	≈	0,33																																			
Creely Farell (2001)	$RTD = \frac{1}{\eta_{RPM}^{CT}}$ $RTS = \frac{1}{\eta_{RPM}^{CT} + \eta_{PS}^{CT}}$	<p>Análisis de diversidad</p> $S = \frac{1}{(1 + \alpha_{DM}) \eta_{RPM}^{CT} + \alpha_{LF} \eta_{LF}^{CT} + \alpha_{ASL} \eta_{ASL}^{CT}}$	<p>Autores</p> <table border="1" data-bbox="1117 810 1166 961"> <tr><td><math>RTD &gt; 1</math></td></tr> <tr><td><math>RTS &gt; 1</math></td></tr> </table> <p>Forma Propuesta</p> <table border="1" data-bbox="1192 743 1273 961"> <tr><td><math>RTD'</math></td><td>=</td><td>1,483</td></tr> <tr><td><math>S</math></td><td>=</td><td>1,741</td></tr> </table> <p>Análisis de diversidad</p> <table border="1" data-bbox="1273 743 1354 961"> <tr><td>tipo</td><td>SC</td></tr> <tr><td>Espacial</td><td>≈</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>Dom-int</td><td>≈</td><td>0,12</td></tr> </table>	$RTD > 1$	$RTS > 1$	$RTD'$	=	1,483	$S$	=	1,741	tipo	SC	Espacial	≈	0,33	Dom-int	≈	0,12	<p>Variando el ponderador de <i>LF</i> en <math>\pm 50\%</math>, se tiene que <math>RTD \in [1,480; 1,486]</math></p> <p>Variando los <math>\alpha</math> de <i>LF</i>, <i>DM</i> (en <math>\pm 40\%</math>) y de <i>ASL</i> (en de <math>\pm 10\%</math>) para <i>S</i> se obtiene respectivamente</p> <p><math>S \in [1,738; 1,744]</math></p> <p><math>S \in [1,695; 1,790]</math></p> <p><math>S \in [1,692; 1,793]</math></p>																	
$RTD > 1$																																					
$RTS > 1$																																					
$RTD'$	=	1,483																																			
$S$	=	1,741																																			
tipo	SC																																				
Espacial	≈	0,33																																			
Dom-int	≈	0,12																																			

El siguiente capítulo trata acerca de las conclusiones de política de estructura industrial óptima que se puede derivar a partir de los resultados en el capítulo anterior, todo esto desde una perspectiva de costos.

## Anexo A4.1: Redes de las aerolíneas canadienses

En este anexo se muestran las redes de las aerolíneas canadienses usadas para contabilizar el número de *PS* y los parámetros introducidos en la fórmula de *ASL*.

Figura A4.1 Red de CPAir en 1979



Para CPAir no se encontró la red de 1980. En su defecto, se encontró la de Abril de 1979. De la figura anterior se contabilizó el número de *PS* junto con el número de tramos para poder obtener una medida de *ASL*. De todas formas, la red en Abril de 1981 es la siguiente:

Figura A4.2 Red de CPAir en 1981

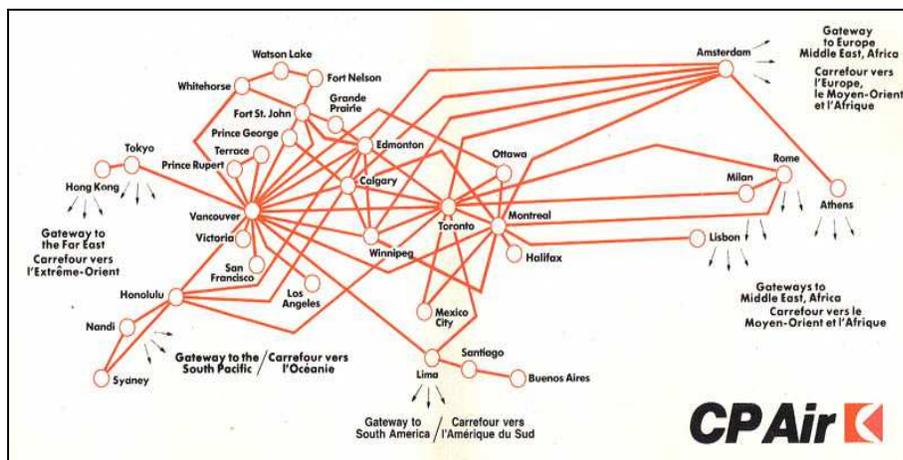


Figura A4.3 Red de Air Canada en 1980

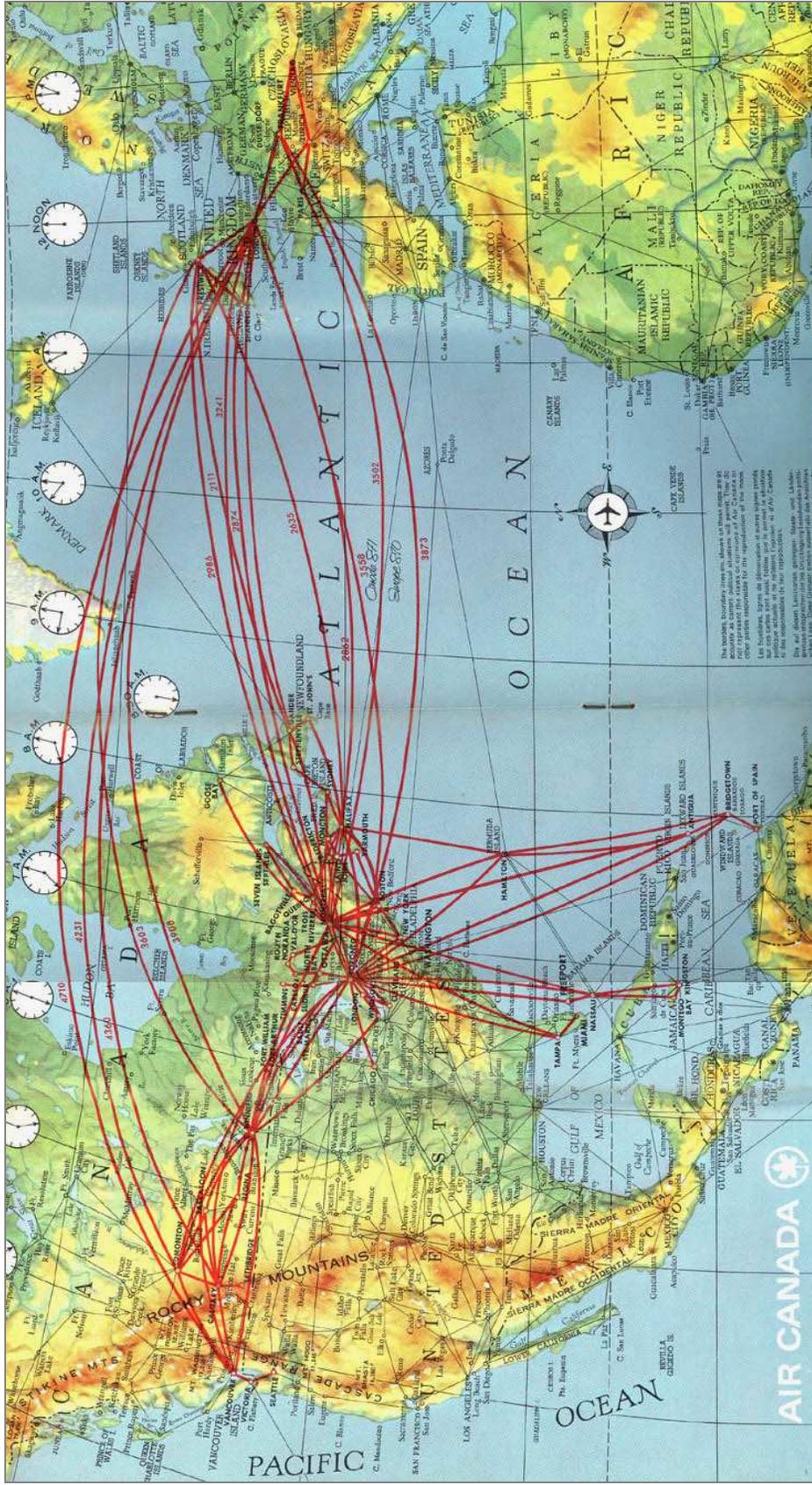
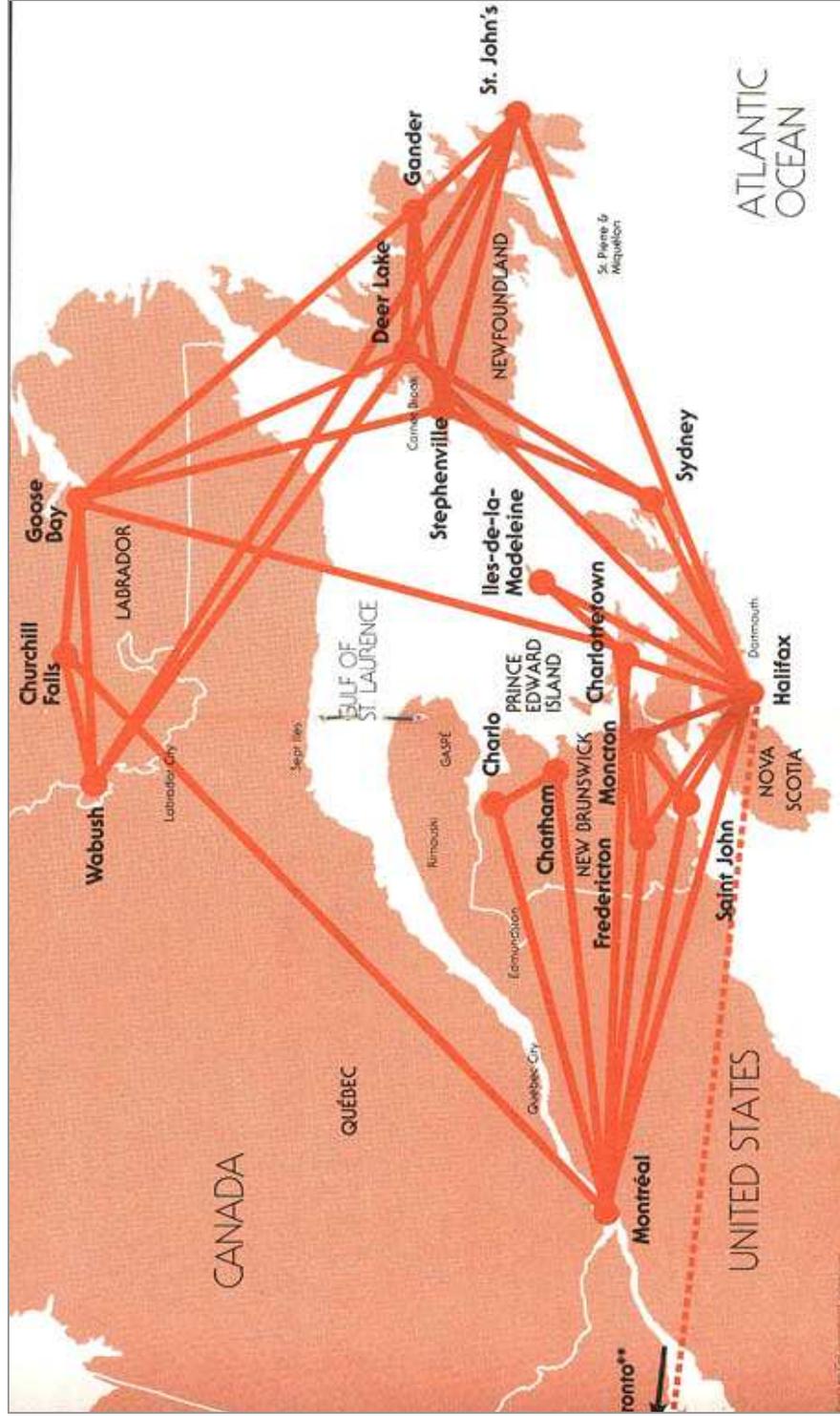


Figura A4. 4 Red de Nordair en Octubre de 1979



Figura A4. 5 Red de EPA en Junio de 1980



## Anexo A4.2: Valores de agregados y atributos

**Tabla A4.1 Datos de American Airlines**

	<b>RPK</b>	<b>Pasajeros</b>	<b>AV-km</b>	<b>Despegues</b>	<b>ASL</b>	<b>DM</b>	<b>Puntos Servidos</b>		
	[000]		[000]		[Km]	[Km]	Total	Dom.	Int.
1980	45.345.801	25.894.461	503.794	342.304	1.471,77	1.751,18	82	60	22
1981	44.732.211	24.871.397	448.640	303.433	1.478,55	1.798,54	95	70	25
1982	49.727.643	27.770.778	456.449	318.153	1.434,68	1.790,65	101	76	25
1983	50.386.409	28.836.745	442.832	319.902	1.384,27	1.747,30	111	85	26
1984	59.064.487	34.237.413	546.031	399.910	1.365,39	1.725,15	118	93	25
1985	70.816.493	40.977.128	617.602	460.930	1.339,90	1.728,20	131	104	27
1986	78.510.739	46.139.172	679.009	520.933	1.303,45	1.701,61	144	112	32
1987	89.891.545	53.853.656	809.000	638.000	1.268,03	1.669,18	161	123	38
1988	104.114.478	64.327.418	942.000	763.000	1.234,60	1.618,51	155	120	35
1989	118.249.492	72.470.371	1.039.000	812.000	1.279,56	1.631,69	172	125	47

**Tabla A4.2 Datos de Continental**

	<b>RPK</b>	<b>Pasajeros</b>	<b>AV-Km</b>	<b>Despegues</b>	<b>ASL</b>	<b>DM</b>	<b>Puntos Servidos</b>		
	[000]		(000)		[Km]	[Km]	Total	Dom.	Int.
1980	13.044.874	8.515.868	154.172	135.466	1.138,09	1.531,83	59	48	11
1981	12.738.691	8.424.586	144.176	122.063	1.181,16	1.512,09	69	57	12
1982	14.729.600	9.505.206	167.038	142.205	1.174,63	1.549,64	100	83	17
1983	14.924.950	10.333.985	177.963	168.481	1.056,28	1.444,26	108	90	18
1984	17.578.597	11.227.377	189.462	144.761	1.308,79	1.565,69	78	59	19
1985	26.401.512	16.251.936	267.564	200.379	1.335,29	1.624,52	80	63	17
1986	33.655.627	20.498.636	338.555	253.820	1.333,84	1.641,85	116	94	22
1987	63.626.679	40.228.750	655.000	544.000	1.204,04	1.581,62	160	134	26
1988	65.186.531	37.044.814	671.000	521.000	1.287,91	1.759,67	168	131	37
1989	62.393.147	35.150.242	626.000	483.000	1.296,07	1.775,04	164	115	49

**Tabla A4.3 Datos de Eastern**

	<b>RPK</b>	<b>Pasajeros</b>	<b>AV-Km</b>	<b>Despegues</b>	<b>ASL</b>	<b>DM</b>	<b>Puntos Servidos</b>		
	(000)		(000)		[Km]	[Km]	Total	Dom.	Int.
1980	45.416.348	39.630.029	503.094	554.968	906,53	1.146,01	97	78	19
1981	41.951.796	36.066.329	487.906	523.338	932,30	1.163,19	107	79	28
1982	41.940.356	35.543.062	466.111	500.773	930,78	1.179,98	116	79	37
1983	45.493.159	37.375.075	486.074	514.042	945,59	1.217,21	116	82	34
1984	47.240.875	38.529.861	523.330	537.995	972,74	1.226,09	119	85	34
1985	53.245.031	42.177.008	534.946	556.489	961,28	1.262,42	120	88	32
1986	56.141.110	43.011.502	556.409	558.373	996,48	1.305,26	124	89	35
1987	58.100.620	45.027.661	536.670	528.455	1015,55	1.290,33	121	86	35
1988	46.330.913	35.935.446	451.781	449.703	1004,62	1.289,28	122	85	37
1989	18.655.722	14.624.899	181.978	182.204	998,76	1.275,61	107	73	34

**Tabla A4.4 Datos de United**

	RPK	Pasajeros	AV-Km	Despegues	ASL	DM	Puntos Servidos		
	[000]		[000]		[Km]	[Km]	Total	Dom.	Int.
1980	60.981.000	32.368.000	660.000	466.000	1.416,309	1.883,99	98	92	6
1981	55.265.000	28.717.000	549.000	377.000	1.456,233	1.924,47	91	75	16
1982	61.931.000	32.817.000	553.000	400.000	1.382,500	1.887,16	98	94	4
1983	69.257.000	37.911.000	603.000	454.000	1.328,194	1.826,83	126	116	10
1984	74.088.000	41.126.000	679.000	536.000	1.266,791	1.801,49	141	131	10
1985	66.821.000	38.209.000	593.000	482.000	1.230,290	1.748,83	141	133	8
1986	95.349.000	50.698.000	815.000	627.000	1.299,841	1.880,73	158	137	21
1987	106.080.000	55.346.000	885.000	666.000	1.328,829	1.916,67	162	142	20
1988	111.077.000	56.657.000	873.000	626.000	1.394,569	1.960,52	152	133	19
1989	112.004.000	55.154.000	887.000	621.000	1.428,341	2.030,75	141	123	18

**Tabla A4.5 Datos de Delta**

	RPK	Pasajeros	AV-Km	Despegues	ASL	DM	Puntos Servidos		
	[000]		[000]		[Km]	[Km]	Total	Dom.	Int.
1980	41.861.883	38.611.558	439.463	536.031	819,846	1.084,18	84	78	6
1981	39.017.355	34.986.539	446.304	517.455	862,498	1.115,21	82	77	5
1982	39.277.272	33.826.970	438.691	493.231	889,423	1.161,12	83	78	5
1983	43.059.259	36.930.728	449.735	509.392	882,886	1.165,95	87	81	6
1984	43.514.995	37.484.659	476.088	519.816	915,878	1.160,87	93	88	5
1985	48.393.272	39.900.013	502.303	536.480	936,294	1.212,86	93	88	5
1986	50.467.322	41.114.644	507.840	533.010	952,778	1.227,48	97	87	10
1987	70.476.123	54.319.916	744.000	733.000	1015,007	1.297,43	143	121	22
1988	83.122.928	60.302.991	838.000	802.000	1044,888	1.378,42	146	123	23
1989	95.507.938	68.511.528	891.000	836.000	1065,789	1.394,04	156	131	25

**Tabla A4.6. Factor de Carga promedio en 1993**

Año	LF [%]
1980	59,0
1981	58,5
1982	59,0
1983	60,7
1984	60,4
1985	61,4
1986	60,4
1987	62,4
1988	62,5
1989	63,2

Regresión estimada para *ASL*

$$\ln(ASL) = 8,215 - 0,147 \ln P + 0,3014 \ln PS$$

## 5 Análisis de resultados

### 5.1 Introducción

La mayoría de los estudios de estructura industrial realizados en la literatura en transporte aéreo han sido efectuado sobre la base de dos indicadores: *RTD* y *RTS*. Ambos indicadores adolecen de ciertas falencias cuando se trabaja con variables agregadas. Sin embargo, cuando las variables son analizadas como agregaciones del vector producto básico, los indicadores de escala se pueden redefinir en forma consistente con la teoría microeconómica (como *RTD'* y *S* reemplazando a *RTD*), agregando riqueza y sustento a las conclusiones de estructura industrial óptima y recomendaciones de política. Adicionalmente, el análisis y conclusiones obtenidas se enriquecen mucho más si se agrega el estudio de *SC* de varios tipos al análisis de escala utilizado tradicionalmente por los especialistas, suprimiendo el de *RTS*.

En el capítulo anterior se ha obtenido resultados de (re)cálculos de *RTD'*, *S* y de diversos tipos de *SC* mediante la forma de análisis propuesta y en la medida que la información disponible lo permitió. En este capítulo, se comparará y analizará los resultados obtenidos de los indicadores desde un punto de vista de estructura industrial versus los que han sido publicados en las diversas publicaciones en transporte aéreo estudiadas. La idea entonces es cuantificar las diferencias en términos de magnitud y esencialmente en términos de estructura industrial óptima.

Adicionalmente, a partir del análisis de diversos tipos de economías de diversidad estudiados en esta tesis, se tendrá una mejor comprensión de la estructura industrial del mercado de las aerolíneas. Lo anterior, junto con los resultados de los indicadores de escala, permitirá explicar de mejor forma lo que ha sucedido en este mercado a través del tiempo. Para facilitar la comprensión y las diversas comparaciones, los resultados de acuerdo a los tipos de economías de diversidad serán agrupados por mercado.

## 5.2 Mercado Norteamericano

La mayoría de los trabajos revisados en esta tesis son estudios sobre el mercado norteamericano. En términos generales es posible afirmar que la existencia de retornos a densidad es indudable durante el periodo cubierto por las distintas publicaciones (inicios de la década de los setenta hasta mediados de la década de los noventa aproximadamente), lo que es reafirmado por los recálculos realizados en esta tesis. Mientras tanto, en cuanto a los cálculos de  $S$ , de la Tabla 2.1 se advierte que las firmas tenían beneficios en costos de hacer modificaciones en su estructura de rutas durante el mismo periodo.

A partir de Caves et al (1984), las economías de diversidad de tipo Troncal-Local sugieren la conveniencia de fusionar la operación de firmas locales y troncales. Esto último en términos reales ocurrió, pues como se sabe la firma típica norteamericana se caracterizó por adoptar una estructura de tipo hub and spoke, en la que los hubs son aquellos aeropuertos donde se concentra el mayor flujo de pasajeros. La conveniencia de fusionar firmas troncales y locales provendría de aprovechar justamente las operaciones terminales conjuntas. De esta manera, la firma fusionada (troncal-local) para aprovechar las economías de diversidad disponibles deberá tratar de aumentar el grado de traslape.

Para que ocurra una variación en el nivel de traslape de dos firmas debe haber un cambio en la disposición espacial de sus puntos servidos ( $PS$ ). Como el  $ASL$  de las firmas locales es del orden de un tercio menor que el de las troncales, entonces para que el grado de traslape aumente, el número de  $PS$  que comparten troncales y locales tiene que aumentar. Para que esto suceda, alguna de las dos firmas tendría que cambiar algunos  $PS$  que posee su red actual. Lo anterior, es absolutamente consistente con la variación del número de  $PS$  que se observa en las firmas locales. En un periodo de 10 años, las firmas locales aumentaron el número de  $PS$  en un 15% aproximadamente logrando con ello aumentar el valor de  $ASL$ . Por ejemplo, en Caves et al (1984) se reporta que las firmas locales al año 1976 tenían en promedio un total de 57 puntos servidos y un  $ASL$  de 193 millas, mientras que al año 1981, el número de puntos servidos era de 67 con un  $ASL$  de 328 millas. De esta forma, el traslape aumentaría y por lo mismo, las economías de diversidad disponibles se empezarían a aprovechar. Se debe notar que estos resultados se obtienen a partir de las características de las firmas al año 1976, considerado como

el inicio de las gestiones conducentes a la desregulación. Finalmente, lo que se deduce es que se fusionarían las firmas que tuvieran pocos *PS* traslapados para así poder aprovechar las economías de diversidad disponibles aumentando el número de traslapes.

Justamente son las firmas troncales las que alimentan los aeropuertos que son *hubs* y las firmas locales las que llevan a los pasajeros a los diversos puntos que se encuentran en torno a los *hubs* (*spokes*). El análisis efectuado en esta tesis permitió comprender que era más conveniente que las firmas troncales y locales se unieran, en vez de que cada una de ellas operara por separado. Como se aprecia a partir de los resultados (Capítulo 4), los valores de diversidad espacial de firmas troncales y locales por separado, si bien son positivos (del orden de un 4%) son bastante menores que los valores de *SC* si primero las firmas optan por fusionarse y luego aumentan el tamaño de la red (para una firma troncal-local promedio sería del orden de un 14% inicialmente). Esto último concuerda con lo que sucedió en la realidad, ya que las firmas locales empezaron a operar en forma coordinada con las troncales bajo la estructura *hub and spoke*.

El hecho de que las firmas locales y troncales trabajaran en forma coordinada, permitía no sólo aprovechar la existencia de los retornos a densidad presentes, sino también las economías de diversidad por el hecho de incrementar la oferta de destinos, lo que beneficia directamente a los pasajeros, pues para ellos sería más cómodo tener acceso a un número mayor de destinos dentro de la misma aerolínea. Por otro lado, el hecho de que ambos tipos de firma trabajen en forma coordinada permite disminuir los tiempos de viaje de los pasajeros.

El análisis de diversidad realizado en esta tesis también permite justificar que las firmas buscaran ampliar la oferta de destinos. Esto último, evidenciado por medio de los dos tipos de economías de diversidad estudiados para el mercado norteamericano: diversidad para la fusión de firmas locales y troncales (a partir del trabajo de Caves et al, 1984) y diversidad de tamaño de red (para la firma Troncal-Local, a partir de Caves et al, 1984 y para las firmas que transportan mayor número de pasajeros a partir de Formby et al, 1990). En ambos casos, los valores del indicador de diversidad son positivos y decaen en la medida que el tamaño de red aumenta, por lo tanto, permite a las firmas ampliar la gama de destinos ahorrando costos.

Adicionalmente, el análisis de diversidad de tipo primera y turista realizado, permite validar un fenómeno observado en la industria de las aerolíneas y corresponde al hecho de transportar en los mismos aviones a los pasajeros que viajan en primera clase y el resto. A partir de la información recabada, se estimó que para una firma troncal llevar a estos dos “tipos de pasajeros” en un mismo avión ahorra costos del orden de un 26% en el año 1976.

Por último, del análisis realizado en Creel y Farell (2001), Liu y Lynk (1999) y Oum y Yu (1998), los resultados de economías del tipo doméstico-internacional revelan que las firmas norteamericanas tenían grandes incentivos en costos de expandir el servicio hacia el extranjero. En particular los resultados obtenidos en los trabajos de Liu y Lynk (1999) y Creel y Farell (2001) son muy parecidos en cuanto a diversidad espacial lo que ayuda a justificar la existencia de incentivos de hacer crecer el tamaño de las redes (esencialmente hacia mercados extranjeros, en conjunto con el resultado de diversidad doméstico-internacional). Lo interesante de esto es que es algo que se observa en la práctica y que, teniendo como base el análisis realizado, a las firmas les convendría hacer esto para ahorrar costos.

### **5.3 Mercado Canadiense**

Dentro de los trabajos analizados, sólo Gillen et al (1990) y Oum y Zhang (1991) estudian el mercado canadiense. En términos de análisis de estructura industrial, el más importante es el de Gillen et al pues a partir de la información reportada fue posible realizar un análisis mucho más profundo en comparación a lo que fue posible hacer en Oum y Zhang.

En el capítulo anterior, se observa que el valor recalculado de *RTD* (denotado como *RTD'* en esta tesis) a partir de la función de costo de Gillen et al (1990) coincide con el publicado por los autores. Lo anterior obedece esencialmente a una coincidencia. Cabe recordar que la especificación de tipo hedónico usada en este trabajo agrupa agregados de la forma flujo por distancia junto con sus respectivos atributos. Sin embargo, sólo una de las tres variables resultó ser hedónica (la que corresponde al transporte de pasajeros), por lo que sólo un atributo fue considerado, el que resultó ser *ASL*, el cual no es considerado en el cálculo de *RTD'* dado que la estructura de rutas se impone fija.

Por otro lado, el valor de  $S$  calculado en esta tesis resulta ser mayor que el de  $RTD'$ , lo que es intuitivamente razonable, ya que  $S$  admite variaciones en la estructura de rutas, lo cual potencialmente permite a las firmas que puedan optimizar la estructura de sus rutas de vuelo. El resultado sugiere que la firma promedio canadiense en el año 1980 podría no haber estado aprovechando las ventajas que se generan de reorganizar rutas. De ser así, la firma canadiense no habría estado operando en los niveles óptimos de producción. Aún cuando no es posible afirmar si las firmas hicieron re-ruteo o no, el hecho de que existiera retornos a densidad, de todas formas las incentivaba a aumentar los niveles de flujo.

En términos del tipo de diversidad estudiado en esta tesis (fusión de operaciones) se observa que los valores de  $SC$  para las distintas fusiones son en su mayoría negativos, sin embargo para el caso de Nordair-EPA,  $SC > 0$ . Como antecedente, en el mercado canadiense antes de los años 80 había una sola gran firma (Air Canada), firmas medianas (como CPair) y firmas pequeñas en términos de producto y  $PS$  (como Nordair y EPA). A partir del análisis de diversidad, se puede afirmar que la fusión era conveniente y aconsejable sólo para las dos firmas más pequeñas. Por lo tanto, desde un punto de vista de costos, las firmas pequeñas buscarían asociarse no sólo para incrementar la oferta de destinos sino también para ahorrar costos, lo que es captado parcialmente por la operación conjunta en terminales.

Por otro lado, del análisis de diversidad espacial incremental de Basso y Jara-Díaz (2005), en el cual el número de puntos servidos se incrementa en forma unitaria, se tiene que de acuerdo a las características que presentaban las firmas pequeñas en 1980, estas mostraban incentivos para aumentar el tamaño de sus redes a densidad constante. Esto último, en conjunto con los valores calculados de  $S$ , permiten afirmar que aún cuando las firmas podrían haber aprovechado los incentivos de escala, podrían hacer aún algo más: reestructurar rutas o aumentar el tamaño de sus redes lo que no puede ser deducido claramente a partir de un análisis efectuado mediante  $RTD$  y  $RTS$ . Esto último, junto con el resultado del análisis de fusiones, se contrapone a lo que fue obtenido por Gillen et al (1990) y Oum y Zhang (1990), pues en ambos trabajos se obtiene un valor de  $RTS$  (por medio del que supuestamente se advierte la conveniencia en costos de incrementar flujos y tamaño de red) cercano a 1, por lo que las firmas no tendrían incentivos de costo para aumentar el tamaño de las redes.

Como antecedente, la desregulación del mercado de las aerolíneas canadienses ocurrió en 1984 aproximadamente, y más tarde en 1987 las firmas pequeñas en conjunto con las firmas medianas se fusionaron para conformar una sola gran firma que fuese capaz de competir con Air Canada (esta firma es Canadian Airlines), por lo que las firmas pequeñas desaparecieron, lo que se desprende del análisis basado en economías de diversidad (con distintas particiones del vector producto), los valores corregidos de  $RTD$  y los calculados de  $S$ .

#### 5.4 Fusión de operaciones de mercados

A partir de la información reportada en el trabajo de Windle (1991), se estudia la conveniencia en costos de realizar fusiones entre firmas promedio representativas de distintos mercados en el mundo como el mercado norteamericano, canadiense y europeo al año 1983.

En lo referente a indicadores de escala, los recálculos bajo el enfoque desagregado develan la presencia de retornos a densidad, lo que coincide con lo calculado por quienes estimaron la función de costo usada en Windle (que corresponde al trabajo de Caves et al, 1987). Lo anterior es casualidad, debido a que fortuitamente, como se vio en la derivación del ponderador del índice de producto, el ponderador de éste agregado en un contexto de rutas fijas es 1. Adicionalmente, el cálculo realizado de  $S$  revela la existencia de incentivos para modificar la estructura de las rutas ya que  $S > RTD'$ .

Por otro lado, en Caves et al (1987)  $RTS \approx 1$  (0.995), por lo que no habrían incentivos para que la firma promedio norteamericana incrementara el tamaño de sus redes, lo que se contrapone con los resultados de diversidad calculados en esta tesis. En efecto, de acuerdo al análisis realizado la firma norteamericana promedio ahorraría costos del orden de un 10% en el caso menos favorable al “fusionar” la operación con la firma canadiense o la europea. A partir de estos resultados se advierte la conveniencia en costos de que existan “fusiones” entre los distintos mercados.

Se debe notar que en el caso de Estados Unidos y Canadá, la existencia de estas economías estaría indicando la conveniencia en costo de que exista este tipo de “fusión” de los mercados. Ahora, en términos reales es evidente que realizar “fusiones” o más bien hacer las gestiones para

que el tamaño de las redes sea mayor, no es tan simple. Lo que se suele hacer son más bien acuerdos comerciales o alianzas debido a que existen regulaciones y restricciones políticas acerca de la entrada de otras firmas en algunos mercados (Balfour, 2004; Oum et al, 2001). En cuanto a las alianzas en Oum, Yu y Zhang (2001) se señala que las alianzas internacionales pueden ser una forma eficiente para que las firmas entren en nuevos mercados, expandan sus operaciones y aumenten el tráfico. Sin embargo, es interesante como a partir de los resultados obtenidos en esta tesis es posible justificar la existencia de tales acuerdos comerciales o incluso la conformación de alianzas como One World (por ejemplo) en todo el mundo.

Cabe consignar que lo que se concluye de este análisis es relevante debido a que es posible explicar lo que efectivamente sucedió. Como antecedente es importante mencionar que Estados Unidos por los años 90 hacía esfuerzos para poder liberalizar el mercado de las aerolíneas hacia el extranjero, motivado por el incremento de tráfico, las políticas de comercio con sus socios comerciales y la importancia que iban tomando las alianzas. Así, en el año 2000 concluyó 45 acuerdos de cielos abiertos (*Open Skies*) lo que significa adquirir derechos de tráfico sin ningún tipo de limitaciones sobre rutas y número de aerolíneas.

Por otro lado, para Canadá y Europa las economías de diversidad de fusionar su operación también son positivas, pero bastante menores (entre 2 y 4 %) en comparación a las que tiene el mercado norteamericano. Si bien este resultado estaría indicando la conveniencia de fusionar la operación europea con la canadiense, es importante mencionar que el flujo de pasajeros entre Europa y Estados Unidos es bastante mayor que el de Europa y Canadá. Por otro lado, dada la cercanía geográfica entre Estados Unidos y Canadá, además del compartimiento de diversos aeropuertos dentro de la operación de las aerolíneas, ayuda a pensar que lo más probable era que existiera algún tipo de acuerdo comercial entre Estados Unidos y Europa que entre Canadá y Europa.

## 6 Síntesis y Conclusiones

El estudio del mercado de las aerolíneas es interesante en términos de estructura industrial por el comportamiento de los agentes a lo largo del tiempo. Después de la desregulación, en todo el mundo, los fenómenos que caracterizaron a este mercado a grandes rasgos son dos: incremento en el número de fusiones y la quiebra de algunas aerolíneas. Si bien es cierto que las características de la regulación en los diversos países no fue la misma, lo claro es que las aerolíneas estaban restringidas para operar en cualquier mercado. En particular, en Estados Unidos previo a 1978 las firmas no podían escoger libremente las tarifas, ni fijar las frecuencias de sus vuelos.

En esta tesis se ha profundizado en el aspecto metodológico en cuanto al análisis de estructura industrial en el sector transporte aéreo, mediante la comprensión de los análisis existentes en la literatura en transporte aéreo basados en indicadores de escala. Sin embargo, tales estudios presentan algunas inconsistencias con la teoría microeconómica involucrada, esencialmente debido a que los indicadores de escala son calculados sobre la base de medidas agregadas del producto, dejando de lado el carácter vectorial de éste. Lo anterior, conlleva a que los indicadores de escala no sean los más apropiados para explicar de manera clara los fenómenos ocurridos en este mercado. Por esta razón, el enfoque desagregado para estudiar economías de diversidad será clave para complementar los estudios efectuados en este sector.

El cálculo de economías de diversidad (además del caso de tamaño de red) abre toda una línea de problemas que pueden ser abordados desde la perspectiva desagregada. Esto es justamente lo que hace interesante este tipo de cálculo, pues la estructura industrial puede ser explicada de una mejor forma mediante el cálculo de este indicador para diversas situaciones de interés. Aspectos como conveniencia en costos de transportar carga además de pasajeros o, si es conveniente ampliar la oferta de destinos puede ser evaluado mediante el cálculo de este indicador. En este sentido, el enfoque desagregado ha mostrado sus fortalezas tanto en la parte de escala como en la de diversidad.

La manera estándar de estudiar estructura industrial comienza con la estimación de una función de costo. La forma funcional escogida generalmente es translog, pues facilita el cálculo de los indicadores de escala y mejora las restricciones de otras formas funcionales que ya han sido usadas en otros medios de transporte. Las variables utilizadas en los diversos trabajos son diversas y es común hablar tanto de producto agregado como de atributos, sin embargo ambas son al fin y al cabo, en su mayoría, funciones implícitas del vector producto básico. Justamente, el carácter vectorial del producto de transporte y su tratamiento agregado en el cálculo de indicadores de escala fue lo que hizo menos claro los cálculos de escala, pudiendo ser muchas veces hasta inconsistentes con la teoría microeconómica desde un punto de vista desagregado. Lo anterior, constituye la base del tipo de análisis efectuado en esta tesis, pues todos estos se realizaron desde un punto de vista desagregado.

Los indicadores de escala *RTD* y *RTS* han sido calculados como el inverso de la suma de las elasticidades costo con respecto a las variables agregadas, incluyendo adicionalmente la elasticidad costo respecto de la variable de red en el caso de *RTS*. Jara-Díaz y Cortés (1996) al reestudiar esta forma de cuantificar escala desde un punto de vista desagregado, descubrieron que las elasticidades de los agregados deberían ir ponderadas por unos coeficientes, los cuales medirían el grado de homogeneidad del producto agregado ante variaciones del vector producto desagregado. Esto les permitió crear un método transparente para calcular escala a partir de una función de costo con producto agregado. De esta manera, su método permite calcular en forma consistente *RTD*. En cuanto a escala, se distinguieron los casos cuando la estructura de rutas permanece fija (*RTD*) y cuando varía (*S*). Específicamente, el aporte del enfoque desagregado al cálculo de *RTD* o de *S* se traduce en calcular correctamente los valores de los ponderadores de las elasticidades costo.

En el caso de *RTS*, se descubrió que cambios en la variable de red no están asociados a un fenómeno de escala, sino a uno de diversidad. Más aún, el cálculo de *RTS* bajo la condición de densidad constante, desde un punto de vista desagregado, se traduce en imponer condiciones inapropiadas sobre el vector producto básico. Dado esto, Basso y Jara-Díaz (2005) plantean que no es apropiado usar *RTS* como indicador de estructura industrial y proponen calcular economías de diversidad espacial para estudiar el comportamiento de los costos ante cambios en el tamaño de red, lo que de alguna manera era lo que se intentaba estudiar mediante *RTS*.

En el análisis de diversidad en tanto, el enfoque desagregado permite modelar un fenómeno observado en forma clara desde un punto de vista analítico y posteriormente, comprender el nexo entre el vector producto desagregado, los agregados y la dimensión del vector producto para calcular el indicador de diversidad.

La propuesta de cálculo de algún tipo de economías de diversidad presentó varias complejidades. Una de ellas, consistió en ver las limitaciones que impone a priori la forma funcional de los costos, además de las que son intrínsecas a la definición de las variables agregadas. Lo anterior requirió comprender bien la relación entre los agregados y el producto desagregado para poder expresarla correctamente en términos analíticos. Otra dificultad resultó de evaluar el indicador de diversidad en sí, para lo cual se debió proponer una forma de realizar cada tipo de cálculo.

De la revisión de los antecedentes en la literatura, se identificaron cuatro casos genéricos para evaluar algún tipo de *SC*. El primero consiste en identificar una partición evidente a partir de los agregados, y se debe cuantificar los agregados asociados a una “fusión”. El segundo caso consiste en estimar los valores de las variables respectivas de una partición en términos desagregados, dada la información de agregados y atributos. El tercer caso consiste en calcular *SC* fusionando firmas cuyos agregados provienen de vectores que no son ortogonales. En tal caso se propuso traspasar de una firma a otra el flujo de los pares *OD* comunes (o traslapados) con el objeto de mantener el flujo total. Finalmente, el último caso corresponde al cálculo de *SC* de tamaño de red, que es un caso particular de cálculo de *SC* espacial.

En cuanto a cálculo de variables dentro de un contexto genérico de economías de diversidad, se habló de tres tipos de firmas: dos cuyo producto de transporte es ortogonal y una (la firma fusionada) cuyo producto es la suma de los productos de las firmas más pequeñas. Bajo esta mirada, la cuantificación de algunas variables presenta dificultades especiales. Así, se planteó una forma de cuantificar la variable *ASL* ante particiones del vector producto, cuya fórmula depende del número de tramos involucrados y obviamente, del número de puntos servidos. De esta manera, *ASL* para la firma fusionada corresponde a un promedio ponderado de los *ASL* de las firmas que conforman la partición. Algo similar se hizo con *LF* (factor de carga), para lo cual fue necesario realizar supuestos acerca de los agregados como asientos-kilómetros por el

problema de doble conteo que ocurre al considerar la oferta por par *OD* sin tener mayor información acerca del modo de operación.

Las metodologías para calcular diversos tipos de economías de diversidad se complementan con los cálculos de *RTD* y *S*. Debido a esto, en las publicaciones donde fue posible, se aplicaron los métodos para el cálculo de indicadores de escala y de diversidad. Varios problemas tuvieron que ser soslayados mediante supuestos ante la carencia de información. En ese sentido, la antigüedad de los datos o bien el nivel de desagregación requerido constituyeron las mayores dificultades para validar la estabilidad de los resultados se realizó un análisis de sensibilidad a partir del cual se desprendió que éstos son estables; las variaciones de los ponderadores deberían ser enormes para que el valor del indicador cambiara en forma significativa, es decir, las conclusiones de estructura industrial se mantienen.

En cuanto al (re)cálculo de indicadores de escala, se puede afirmar que los resultados obtenidos en el caso de *RTD* no difieren significativamente de los que ya habían sido publicados. Lo anterior, se debe a que los agregados considerados en una función de costo en transporte aéreo en general son de la forma flujo por distancia, para los cuales se dedujo que el valor del ponderador es igual a uno si la estructura de rutas permanece fija, como se supone en *RTD*. En términos de estructura industrial, no hay cambios de recomendaciones de política pues las firmas sí presentaban retornos crecientes a densidad. En cuanto al indicador *S*, los resultados muestran que los valores de *S* son mayores que los valores de *RTD*, lo cual era de esperar, ya que en la medida que la magnitud de los flujos crece no necesariamente la estructura de rutas óptima sigue siendo la misma, por lo que las firmas habrían tenido incentivos en costo de modificar la estructura de las rutas.

En relación a los resultados de diversidad, se puede afirmar que la existencia de economías de diversidad espacial, en conjunto con economías del tipo troncal-local e incluso doméstico-internacional muestran de una forma consistente con la teoría microeconómica la existencia de incentivos en costos de que las firmas aumentaran el tamaño de sus redes o bien que convenía que las firmas troncales se unieran a las locales y por último que ampliaran la oferta de viajes, expandiendo las operaciones hacia el extranjero. El análisis realizado en Windle (1990) muestra la conveniencia de que se formen alianzas entre firmas de distintas regiones, por ejemplo. El

análisis del mercado canadiense muestra que las firmas pequeñas si tuvieron incentivos en costo para fusionarse, y de hecho, eso fue lo que sucedió: las firmas pequeñas se unieron para competir contra la firma más grande que existía. Aún cuando el análisis de diversidad no permite afirmar que el motivo de la fusión es competir, se puede afirmar que el enfoque desagregado aplicado al cálculo de economías de diversidad funciona y es potente al momento de realizar un análisis de estructura industrial.

Uno de los mayores obstáculos en cuanto al cálculo de indicadores de diversidad fue evaluar la función de costos en variables agregadas que, desde un punto de vista desagregado, representaran fenómenos interesantes desde un punto de vista de estructura industrial; algún tipo de economías de diversidad cuyos resultados entregarían una noción de la conveniencia en costos de que una firma opera de una forma u otra.

Una complejidad relevante en el cálculo de indicadores de diversidad fue la carencia de información apropiada en las diversas publicaciones, lo que implicó recurrir a fuentes externas de datos para explicar los cálculos consistentemente. Una vez que los datos eran conseguidos de distintas fuentes, se procedía a compararlos a fin de mitigar la incerteza o el sesgo de trabajar con datos de una sola fuente. Lo anterior, sumado a la búsqueda de información acerca de las redes de las aerolíneas (en su estado hace más de veinte años atrás) dan una mayor riqueza y consistencia al análisis.

Los resultados obtenidos de diversidad para el mercado norteamericano indican la existencia de economías de diversidad de distinto tipo y para distintos periodos, que explicaría apropiadamente algunos fenómenos observados que no han podido ser explicados mediante *RTD* y *RTS*. Por ejemplo, en 1976 (previo a la desregulación norteamericana) se encontró que el indicador de diversidad troncal-local es positivo lo que explicaría por qué las firmas comenzaron a operar bajo una estructura tipo *hub and spoke*, lo que representó una clara ventaja en costos de la coordinación de la operación en terminales entre firmas locales y troncales.

Además, del análisis de diversidad de tamaño de red, se puede explicar el comportamiento observado de las aerolíneas en cuanto a la expansión de la oferta de destinos (ver aplicación en Formby et al., 1990). En el tiempo, las firmas norteamericanas deben haber advertido que

ahorraban costos cuando expandían la oferta de servicios, lo que es un resultado avalado por los cálculos de diversidad en conjunto con la evidente existencia de retornos a densidad.

Más aún, de los cálculos de diversidad de tipo doméstico-internacional (Creel y Farrell, 2001; Liu y Lynk, 1999, y Oum y Yu, 1998), se concluye que en la década de los 80's las firmas siempre mostraron incentivos a crecer, dado que las economías de diversidad espacial fueron siempre positivas. Este resultado sugiere la existencia de incentivos para ahorrar costos del comportamiento observado de las firmas cuando forman alianzas poderosas (como la One world) para evitar restricciones de operación en ciertos mercados estratégicos. Este razonamiento es avalado por el cambio observado de atributos relevantes para las firmas como *ASL*, el que tiene un impacto relevante en los costos así como también en el índice *SC*.

En cuanto al mercado canadiense, el cálculo de *SC* revela que no hay incentivos de ahorrar costos al fusionar aerolíneas en la mayoría de los casos (Gillen et al., 1990), salvo Nordair-Epa donde *SC* resulta ser positivo. Como antecedente, se debe notar que en términos de volumen y PS, antes de los 80's había una gran firma (Air Canada), algunas medianas (como CPair) y diversas pequeñas (como Nordair o EPA). Del cálculo de *SC*, se concluye que la fusión era sólo conveniente entre firmas pequeñas, por lo tanto, era de esperar que las firmas pequeñas intentaran crear alianzas, no solo para aumentar la oferta de destinos sino también para ahorrar costos como resultado de la operación conjunta en terminales.

Adicionalmente, Basso y Jara-Díaz (2005) concluyeron de su análisis de diversidad espacial incremental que, indistintamente de la densidad y posibles retornos crecientes a densidad (que son por si mismo un incentivo para la fusión), las firmas con redes pequeñas presentaban retornos crecientes a diversidad espacial, lo que hizo conveniente expandir sus redes a densidad constante. Esta última observación, junto con las conclusiones previas del análisis de fusiones, se contraponen con lo obtenido por Gillen et al (1990) y Oum y Zhang (1990), pues en ambos trabajos el indicador *RTS* es prácticamente igual a uno, lo que indicaría una *aparente* ventaja en costo mantener el tamaño de las redes y aumentar los flujos. Esto último no concuerda con la realidad, pues las firmas pequeñas y medianas desaparecieron (como lo indican los resultados de diversidad obtenidos) y terminaron fusionándose en 1987 conformando una sola gran firma: Canadian Airlines, la que por cierto si podía competir con Air Canada.

Se puede afirmar que la existencia de economías de diversidad espacial, en conjunto con economías del tipo troncal-local e incluso doméstico-internacional, muestran de una forma consistente con la teoría microeconómica la existencia de incentivos en costos que las firmas aumentarían el tamaño de sus redes, o que firmas troncales se unieran a las locales o bien, que ampliarían la oferta de viajes expandiendo las operaciones hacia el extranjero. El análisis realizado en Windle (1990) muestra la conveniencia en costos de que se formen alianzas entre firmas de distintas regiones por ejemplo, mientras que el análisis del mercado canadiense muestra que las firmas pequeñas si tuvieron incentivos para fusionarse, y eso fue lo que sucedió. En resumen, el enfoque desagregado aplicado al cálculo de economías de diversidad funciona y es potente al momento de realizar un análisis de estructura industrial.

Dentro de las líneas de investigación futura se propone realizar un análisis de estructura industrial similar al presentado en esta tesis, pero con las características actuales de las aerolíneas: que operan en forma coordinada con otras o son integrantes de alguna alianza internacional, etc., a fin de poder anticipar cómo sería la estructura industrial de este mercado en el futuro. Si tal fuese el caso, sería interesante ciertamente incorporar supuestos “reales” con el objeto de modelar el uso de la capacidad de las firmas por par  $OD$ , y así poder expresar las medidas de oferta de una buena manera en la función de costo, la que por cierto podría ser estimada también. Dado esto, una de las preguntas que surge es si los costos siguen siendo un buen fundamento para la fusión de firmas o más bien si las fusiones se sustentan sobre aspectos netamente de estrategia u otro.

Finalmente, se puede realizar un análisis análogo aplicado a otro modo de transporte, como el ferroviario por ejemplo, que tiene como característica una variable de red que no es discreta y por ende, el enfoque propuesto por Basso y Jara-Díaz (2005) para evaluar diversidad espacial no puede ser aplicado. Si tal fuese el caso, la metodología para calcular los agregados ante un incremento en el tamaño de la red sería uno de los aspectos relevantes del trabajo, pues se debería entender bien cuál es la variable que representa bien la red. Por otro lado, en transporte ferroviario es usual trabajar con medidas de producto asociadas a oferta, por lo que habría que interiorizarse en la forma de operación de las firmas para cuantificar bien los agregados. Adicionalmente, sería interesante también dentro de este modo (ferroviario) indagar más acerca

de la conveniencia de usar un tipo u otro de estructura de rutas, ya que en este medio las estructuras son más rígidas y por lo mismo más costosas de cambiar.

## Referencias

Air Transport Association of America (1977) The Annual Report of the U.S scheduled airline industry.

Balfour, J. (2004) EC competition Law and Airline Alliances. *Journal of Air Transport Management*, 10, 81-85.

Baltagi, B., J. Griffin y D. Rich (1995) Airline Deregulation: The Cost Pieces of the Puzzle. *International Economic Review*, 36, 245-259.

Basso, L. y S. Jara-Díaz (2006b) Are returns to scale with variable network size adequate for transport industry structure analysis?. *Transportation Science* 40, 259-268.

Basso, L. y S. Jara-Díaz (2006a) Distinguishing multiproduct economies of scale from economies of density on a fixed-size transport network. *Networks and Spatial Economics*, 6, 149-162.

Basso, L. y S. Jara-Díaz (2005) Calculation of economies of spatial scope from transport cost functions with aggregate output with an application to the airline industry. *Journal of Transport Economics and Policy*, 39(1), 25-52.

Cantos, P. (2001) Vertical relationships for the European railway industry. *Transport Policy*, 8, 77-83.

Caves, D., y L. Christensen (1988) The importance of the Economies of Scale, Capacity Utilization and Density in Explaining Interindustry Differences in Productivity Growth. *Logistics and Transportation Review*, 2, 3-32.

Caves, D., L. Christensen, M. Tretheway y R. Windle (1987) An assessment of the efficiency effects of U.S Airline Deregulation via an international comparison. En E.E. Bailey, *ed.*: *Public regulation: New perspectives on Institutions and Policies*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Caves, D., L. Christensen y M. Tretheway (1984) Economies of density versus economies of scale: why trunk and local service airline costs differ. *The Rand Journal of Economics*, 15, 4, 471-489.

Caves, D., L. Christensen y M. Tretheway (1983) Productivity performance of U.S Trunk and local service airlines in the era of deregulation. *Economic Inquiry*, 21(3), 312-324.

Caves, D., L. Christensen y Swanson (1981) Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in U.S railroads, 1955-74. *The American Economic Review*, 71, 5, 994-1002.

Cortés, C. (1995) Análisis crítico del uso de funciones de costo pseudo-vectoriales en transporte. Tesis de Magíster para optar al grado de magíster en ciencias de la ingeniería, mención transporte. Universidad de Chile.

Cortés, C., S. Jara-Díaz y G. Morales (2005) Cálculo de economías de diversidad bajo un enfoque desagregado de producto: Aplicación al mercado aéreo norteamericano. En Actas del XII Congreso chileno de Ingeniería de Transporte.

Creel, M. y M. Farrell (2001) Economies of Scale in the U.S Airline Industry after Deregulation: A Fourier Series Approximation. *Transportation Research E*, 37, 321-336.

Evans, D. y J. Heckman. (1984) A Test for Subadditivity of the Cost Function with an application to the Bell System. *American Economic Review*, 74, 615-623.

Filippini, M y R. Maggi (1992) The cost structure of the swiss private railways. *International Journal of Transportation*, 19, 307-327.

Formby, J.P., P. Thistle y J.P. Keeler (1990) cost under regulation and deregulation: the case of US passengers airlines. *The Economic Record*, 308-321

Gillen, D., T.H. Oum y M.W. Tretheway (1990) Airline Cost Structure and Policy Implications. *Journal of Transport economics and Policy*, **24**, 9-34.

Goetz, A. R. (2002) Deregulation, competition, and antitrust implications in the US airline industry. *Journal of Transport Geography*, **10**, 1-19.

Graham, D., A. Couto, W. Adeney y S. Glaister (2003) Economies of scale and density in urban rail transport: effects on productivity. *Transportation Research E*, **39**, 443-458.

Jara-Díaz, S. y L. Basso (2003) Transport cost functions, network expansions and economies of scope. *Transportation Research E*, **39**, 271-288.

Jara-Díaz, S. (1982) The estimation of transport cost functions: A methodological review. *Transport Review*, **2**, 257-278

Jara-Díaz, S. y C. Cortés (1996) On the Calculation of the Scale Economies from Transport Cost Functions. *Journal of Transport Economics and Policy*, **30**, 157-170.

Jara-Díaz, S., C. Cortés y V. Ponce (2001) Number of Points Served and Economies of Spatial Scope in Transport Cost Functions. *Journal of Transport Economics and Policy*, **35**, 327-342.

Jara-Díaz, S. y L. Basso (2003) Transport Cost Function, Network Expansion and Economies of Scope. *Transportation Research E*, **39**, 271-288.

Keeler, J.P. (2004) Measuring excess capacity in U.S passenger airlines. *International Journal of Transport Economics*, **31**, 2, June, 157-181.

Keeler, J.P y J.P Formby (1994) Cost Economies and Consolidation in the US Airline Industry. *International Journal of Transport Economics*, **21**, 1, Febrero, 21-45.

Kumbhakar, S. (1992) Allocative distortions, technical progress, and input demand in US airlines: 1970-1984. *International Economic Review*, Agosto, 723-737.

Kumbhakar, S. (1990) A Reexamination of Returns to Scale, Density and Technical Progress in USA. *Southern Economics Journal*, 57, 2, 428-442.

Liu, Z. y E. Lynk (1999) Evidence on market structure of the deregulated US airline industry. *Applied Economics*, 3, 1083-1092.

Oum, T.H., M. Tretheway y Y. Zhang (1991) A note of capacity utilization and measurement of scale economies. *Journal of business and economics statistics*, 9, 119-123.

Oum, T.H y C. Yu (1998) Cost Competitiveness of Mayor Airlines: An International Comparison. *Transportation Research A*, 32, 6, 407-422.

Oum, T.H y C. Yu (1995) A productivity comparison of the world's major airlines. *Journal of Air Transport Management*, 2, 181-195.

Oum, T.H, C. Yu y A. Zhang (2001) Global airline alliances: international regulatory issues. *Journal of Air Transport Management*, 7, 57-62.

Oum, T.H y Y. Zhang (1997) A Note on Scale Economies in Transport. *Journal of Transport Economics and Policy*, 31, 3, Septiembre, 309-315.

Oum, T.H y Y. Zhang (1991) Utilisation of Quasi-Fixed Inputs and Estimation of Cost Functions. *Journal of Transport Economics and Policy*, 25, 2, 121-134.

Oum, T.H, M. Tretheway y Y. Zhang (1991) A Note on Capacity Utilization and Measurement of Scale Economies. *Journal of Business & Economic Statistics*, Enero, 9, 1, 119-123.

Savage, I. (1997) Scale Economies in United States Rail Transit Systems. *Transportation Research A*, 31,6, 459-473.

Schipper, Y. (2002) Market Structure and Environmental Costs and Analysis of Air Transport Liberalization. *International Journal of Transport Economics*, **29**, 1, 17-42.

Windle, R.J (1991) The World's Airlines: A Cost and Productivity Comparison. *Journal of Transport Economics and Policy*, **25**, 1, Enero, 31-49.

Xu, K., C. Windle, C. Grimm y T. Corsi (1994) Reevaluating returns to scale in transport. *Journal of Transport Economics and Policy*, **28**, 275-286.