

TITULARIDAD, MERCADO Y EFICIENCIA TÉCNICA EN EL TRANSPORTE AÉREO: UN ANÁLISIS DE FRONTERA *GRAPH* NO PARAMÉTRICO*

MARCELINO MARTÍNEZ
Universidad Complutense de Madrid

JOSÉ LUIS ZOFÍO
Universidad Autónoma de Madrid

El objetivo de este estudio es analizar la influencia que dos variables de naturaleza cualitativa: la titularidad del capital de la empresa, ya sea público, mixto o privado y la estructura del mercado en el que opera, liberalizado o regulado con niveles de competencia restringidos, tienen sobre los niveles de eficiencia técnica alcanzados por un conjunto de líneas aéreas. La metodología empleada se basa en el Análisis Envoltente de Datos y evalúa la eficiencia a través de funciones de distancia definidas sobre una representación *graph* del conjunto de posibilidades de producción. El análisis, pionero en la aplicación de medidas de eficiencia *graph*, muestra cómo en este sector las compañías de titularidad privada, cuando operan en mercados liberalizados y competitivos, presentan niveles de eficiencia superiores a los de las compañías que actúan en mercados regulados. Sin embargo, si el mercado en el que operan las empresas privadas se encuentra relativamente regulado, entonces tienden a mostrar en media unos niveles de eficiencia inferiores a los que exhiben las compañías de capital mixto y público.

Palabras clave: eficiencia técnica, análisis envoltente de datos, titularidad del capital, estructura de mercado, transporte aéreo.

Clasificación JEL: C61, D21, L22, L93.

El objetivo de este estudio es analizar la influencia que la titularidad del capital de la empresa, ya sea público, mixto o privado, y la estructura del mercado en el que opera, liberalizado o relativamente regulado, tienen sobre los niveles de eficiencia técnica de un conjunto de compañías aéreas.

(*) Queremos expresar nuestro agradecimiento a D. Arturo Benito, profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid y Jefe de la Unidad de Planificación de Flotas y Medio Ambiente de Iberia, por sus múltiples sugerencias que han contribuido a mejorar el contenido de este trabajo. Los posibles errores cometidos son responsabilidad exclusiva de los autores.

La industria aérea tiene una gran importancia en el diseño de una red de transporte integrada que coadyuve a la vertebración de todas las regiones tanto a nivel nacional como internacional. Además, en los últimos años esta importancia ha sido creciente. Así, el crecimiento registrado en España por el tráfico de pasajeros y de mercancías entre 1986 y 1995 ha sido de un 70,7% y de un 24,87% respectivamente. Dado el carácter estratégico del sector del transporte aéreo, los gobiernos han mantenido una posición muy proteccionista salvaguardando a sus *compañías de bandera* de los rigores de la competencia en el mercado. Estas compañías actuaban por lo general, en un régimen de monopolio en el mercado nacional y de duopolio u oligopolio en el mercado internacional. El proceso de liberalización del transporte aéreo que se inicia en EE.UU. a partir de 1975, ha actuado como catalizador de procesos similares en otros mercados como en Canadá y la Unión Europea¹. En general, los procesos desreguladores se han visto acompañados de un proceso de privatizaciones y de adquisiciones y fusiones entre las líneas aéreas con objeto de operar en un mercado más competitivo.

Diferentes investigaciones han abordado el objetivo de medir el diferencial de eficiencia entre empresas públicas y privadas en diferentes sectores y con metodologías alternativas. Por ejemplo, Atkinson y Halvorsen (1986) comparan la eficiencia relativa de empresas del sector eléctrico en función de la titularidad de su capital, Caves y Christensen (1980) miden la eficiencia relativa en una muestra de ferrocarriles y Bruggink (1982) en un conjunto de empresas suministradoras de agua. Por otra parte, otro conjunto de investigaciones han concentrado su interés en medir las ganancias en términos de eficiencia que se derivan de la liberalización y desregulación de los mercados, como por ejemplo los trabajos de Encaoua (1991), Mechling (1991) y Good *et al.* (1993) sobre la liberalización en el sector del transporte aéreo. En nuestra investigación, el objetivo será analizar la influencia conjunta que tanto la titularidad del capital como la estructura de mercado tienen sobre la eficiencia de las empresas de transporte aéreo. La técnica que se utiliza para evaluar el rendimiento productivo de las líneas aéreas es el Análisis Envoltante de Datos (DEA). Esta metodología se fundamenta en técnicas de programación matemática y permite caracterizar funciones de producción con múltiples *outputs* e *inputs*. En relación a otro tipo de técnicas, el DEA es capaz de extraer información individualizada del rendimiento de cada unidad productiva, a través de su comparación con aquellas observaciones eficientes que sirven de referencia. Además, el DEA es un método no paramétrico, muy flexible, que no exige especificar una forma funcional explícita para caracterizar la función de producción.

La estructura del trabajo es la siguiente. En la sección 1 se revisan los fundamentos teóricos de la empresa pública. En la sección 2 se analizan las medidas hiperbólicas o *graph* que se han empleado para estimar la eficiencia técnica. En la tercera sección se detallan los indicadores de *output* e *input* que caracterizan la tecnología de producción de las empresas de transporte aéreo. Una vez definido el proceso productivo, se calculan los índices de eficiencia y las variables de holgu-

(1) En la Unión Europea, el primer paquete desregulador data de 1987, como resultado del fallo del Tribunal de Justicia Europeo en el caso *Nouvelles Frontières* en relación a la reducción de tarifas aplicadas por tal agencia de viajes.

ra. Por último, los niveles de eficiencia que exhiben las empresas se relacionan en la cuarta sección con la titularidad de su capital y con las características de la estructura del mercado en el que operan. El análisis de las conexiones entre estas variables nos permite extraer algunas implicaciones de política pública que son recogidas en las conclusiones.

1. TEORÍA DE LA EMPRESA PÚBLICA

La empresa pública ha sido objeto de numerosas críticas por los problemas que plantea su gestión: sus frecuentes resultados negativos suponen una presión sobre el déficit público a la vez que genera efectos distorsionantes sobre la competitividad y el dinamismo económico. Además, existe un convencimiento casi generalizado de que la eficiencia de la empresa pública es inferior a la de la privada por razones intrínsecas a su titularidad. Sin embargo, aducir este planteamiento resulta demasiado simplista por cuanto ni los argumentos teóricos ni la evidencia empírica son concluyentes.

Existen una serie de argumentos que justifican desde el punto de vista normativo la existencia de empresas públicas. El principio general es que ésta debe asumir funciones que la empresa privada no puede acometer eficientemente debido a la existencia de fallos de mercado. Este defectuoso funcionamiento del mercado tiende a producirse como consecuencia de problemas de información asimétrica, la existencia de monopolio natural o como consecuencia de efectos externos. En este escenario, la libre competencia no garantiza una producción eficiente. De esta forma, el análisis de la eficiencia relativa de la empresa en función de su titularidad no puede abstraerse de las características de la estructura de mercado en el cual opera.

En este sentido podemos señalar que cuando existen mercados perfectos, la iniciativa privada orientada por la maximización del beneficio garantiza unos resultados eficientes. Por tanto, no hay forma más eficiente de producir en mercados competitivos que hacerlo mediante empresas privadas. En principio, nada impediría que la empresa pública pudiera alcanzar idéntico resultado. Sin embargo, esto puede resultar bastante improbable, por cuanto en la empresa pública confluyen una serie de características: multiplicidad de objetivos heterogéneos, restricciones presupuestarias *blandas*, controles administrativos, etc. que pueden apartar a la empresa de la condición de eficiencia. Por otro lado, cuando nos alejamos de estructuras de mercado de competencia perfecta, la maximización del beneficio no es condición necesaria, y casi nunca suficiente, de eficiencia. Por consiguiente, una empresa pública podría idealmente producir resultados superiores en términos de eficiencia a los de una empresa privada. Ahora bien, la teoría no permite concluir en la superioridad de un tipo de propiedad sobre otro. La indeterminación del análisis teórico exige acudir a la evidencia empírica de sectores económicos concretos donde coexistan empresas de distinta titularidad para permitírnos descifrar la relación entre propiedad, mercado y eficiencia.

Es relación a la empresa pública es posible enumerar una serie de características que afectan al grado de eficiencia productiva:

1. Multiplicidad de objetivos que pueden ser imprecisos, variables en el tiempo o, incluso, incompatibles entre sí. Por ejemplo, la empresa pública podría convertirse en un instrumento a disposición del gobierno para generar empleo y, posteriormente, la existencia de resultados negativos, podría llevar consigo regulaciones de plantilla. La imprecisión de algunos objetivos favorece una actitud laxa al exigir responsabilidades por los resultados alcanzados y su variabilidad genera problemas de inconsistencia temporal; esto es, un compromiso limitado de los gestores públicos con objetivos de largo plazo.

2. Presiones de los grupos de interés: en la gestión de la empresa pública confluyen intereses muy dispares procedentes de distintos grupos sociopolíticos, como por ejemplo el gobierno central, los gobiernos autonómicos, los gerentes de la empresa y los sindicatos. Los comportamientos estratégicos de cada grupo en la consecución de sus propios objetivos, con frecuencia contrarios a los intereses de otros agentes, supone pérdidas de eficiencia para la empresa pública.

3. Restricción presupuestaria *blanda* [véase Kornai (1986)]: la gestión de la empresa pública, al contrario que la privada, no está sujeta a una restricción presupuestaria que le obligue a equilibrar ingresos y gastos ante la amenaza de quiebra. Esta situación favorece la adopción de decisiones ineficientes que tienden al sobredimensionamiento de las plantillas, a una retribución de salarios no acordes con la productividad, a la ausencia de programación en los planes de inversiones de la compañía o al soslayamiento de procesos de ajuste que se revelan inevitables.

4. Estructura de incentivos: los objetivos múltiples, heterogéneos e imprecisos que caracterizan la empresa pública representan una complejidad adicional a la hora de evaluar la productividad de los gestores de la compañía. Aún cuando el objetivo de la empresa pública sea maximizar el bienestar social, la cuantificación de la productividad marginal social no está exenta de importantes complicaciones. Por tanto, la dificultad existente para vincular la remuneración de la dirección a su productividad –*e.g.* consecución de objetivos– resulta determinante del nivel de eficiencia en la empresa pública. Además, en la empresa pública es frecuente la existencia de topes salariales que toman como referencia las remuneraciones en la Administración Pública, así como la ausencia de términos de comparación con otras empresas. Una particularidad adicional es que la elección de los directivos de empresas públicas puede venir motivada por criterios de representación política en lugar de capacidad de gestión. Finalmente, su estructura de incentivos no facilita que tomen decisiones eficientes de inversión porque tanto éstas como sus rendimientos pueden ser expropiadas por el Gobierno, como tenedor de los derechos residuales, para atender otros objetivos [véase Tirole (1994)].

5. Información asimétrica: la empresa pública también se ve afectada por las ineficiencias que en el marco de la teoría de la agencia se derivan de la información asimétrica entre los propietarios (principal) y los gestores (agencia). En este contexto, la agencia tiene la posibilidad de sesgar información al principal cuando éste determine los objetivos o trate de evaluar su grado de cumplimiento. Así, será preciso diseñar una estructura de incentivos que no haga rentable a la agencia sesgar la información en la persecución de unos objetivos que puedan diferir de aquellos establecidos por el principal.

Ante esta problemática, que en algunos casos también puede presentarse en la empresa privada como, por ejemplo, las situaciones de información asimétrica, la teoría no permite concluir en la superioridad de un tipo de propiedad sobre otro. La indeterminación del análisis teórico exige acudir a la evidencia empírica de sectores económicos concretos donde coexistan empresas de distinta titularidad para descifrar la relación entre eficiencia y propiedad. La revisión de la literatura permite afirmar que cuando se evalúa la eficiencia relativa de empresas públicas y privadas que operan en una estructura de mercado competitiva, éstas últimas se revelan superiores con escasas excepciones [véase Tulkens (1993)]. Boardman y Vining (1989) señalan que las empresas de propiedad mixta no son más eficientes que las públicas. La explicación de este resultado se podría atribuir al conflicto de intereses de los principales público y privado de la empresa mixta. Por otro lado, si el sector de actividad económica está sujeto a imperfecciones de mercado, entonces las empresas privadas operando en forma regulada no muestran, en general, mayor eficiencia que las públicas [véanse Vickers y Yarrow (1988) y Pestiau y Tulkens (1993)]. Como señalan Argimón *et al.* (1997), este resultado puede atribuirse en parte a la existencia de fallos regulatorios.

2. EFICIENCIA RESPECTO AL CONJUNTO DE PRODUCCIÓN *GRAPH*

La medición del nivel de eficiencia de cualquier actividad o empresa se define en términos relativos. En concreto, resulta fundamental determinar un óptimo de referencia respecto al cual poder comparar el nivel de rendimiento de las empresas en términos de la producción obtenida a partir de los niveles de dotación de factores. En este sentido, las propuestas que se han presentado con objeto de definir tal estándar de referencia son diversas, aunque el problema fundamental que subyace en todas ellas es la imposibilidad de observar la función de producción real, lo que exige recurrir a métodos cuantitativos con objeto de definir tal potencial a partir de aquellas observaciones que exhiben un mayor rendimiento productivo. De aquí surge la relatividad del concepto de eficiencia, en la medida que se compara una unidad productiva con aquella que para igual nivel de factores obtiene mayor producción o alternativamente, para un mismo nivel de producción emplea menos recursos. La medición de la eficiencia se realiza respecto a un estándar de referencia observado empíricamente *-best practice*, y por tanto, éste es susceptible de variar al eliminarse o agregarse unidades productivas o conforme transcurre el tiempo de análisis.

2.1. *Funciones de distancia y medidas de eficiencia*

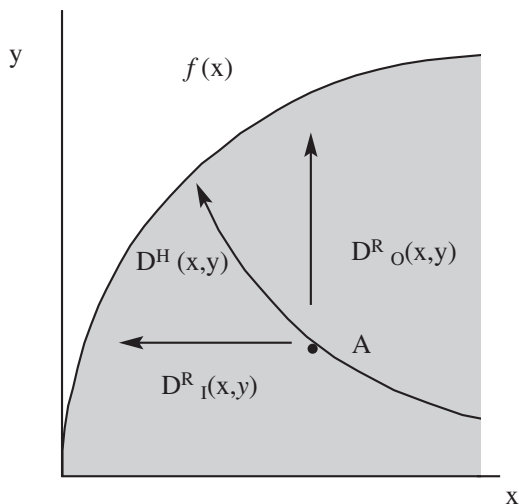
La técnica que se utiliza en esta investigación para medir la eficiencia productiva es el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Esta técnica recurre a la programación matemática con objeto de identificar aquellas unidades que obtienen un mayor rendimiento productivo, haciendo uso del concepto de función de distancia inicialmente propuesto por Shephard (1953) en el contexto de la teoría de la producción. Como señala Lovell (1993), la función de distancia se erige como la piedra angular del análisis moderno de la eficiencia y resulta análoga a las medidas de eficiencia de Debreu (1951) y Farrell (1957). El gráfico 1 muestra el conjunto de posibilidades de producción denominado *graph*, de tal forma que si con-

sideramos $i = (1, \dots, I)$ productores que transforman una serie de factores representados por $x_i = (x_{1i}, \dots, x_{Ni})_{(N \times 1)} \in \mathbb{R}^N_+$ en los siguientes productos $y_i = (y_{1i}, \dots, y_{Mi})_{(M \times 1)} \in \mathbb{R}^M_+$, éste se caracteriza de forma genérica por

$$T(x, y) = \{(x, y) : x \text{ puede producir } y\} \tag{1}$$

donde $T(x, y)$ se asume cerrado, convexo y que verifica fuerte disponibilidad de factores y productos².

Gráfico 1: CONJUNTO *GRAPH* DE POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN Y FUNCIONES DE DISTANCIA



Considerando este conjunto de posibilidades de producción, es posible considerar una función de distancia en términos de *inputs* que se define por $D^R_1(x_i, y_i) = \max \{ \lambda \geq 1 : (x_i / \lambda, y_i) \in T(x, y) \}$, mostrando la máxima contracción radial de factores productivos que puede alcanzarse cuando se produce un determinado nivel de *output*. Análogamente, puede definirse una función de distancia en términos de *outputs*, $D^R_0(x_i, y_i) = \min \{ \varphi \leq 1 : (x_i, y_i / \varphi) \in T(x, y) \}$, que muestra la máxima expansión radial de productos que puede obtenerse a partir de una determinada dotación de factores productivos. En esta investigación se utilizan medidas de efi-

(2) La estructura de producción representada en [1] puede ser expresada equivalentemente a través de los conjuntos de posibilidades de producción de productos y factores, $P(x)$ y $L(y)$, pudiéndose verificar que $(x, y) \in T \Leftrightarrow y \in P(x) \Leftrightarrow x \in L(y)$ [véase Färe (1988)]. Dada esta relación, T satisface fuerte disponibilidad de productos y factores si dado un $(x, y) \in T$, $\forall x' \geq x \Rightarrow (x', y) \in T$ y $\forall y' \leq y \Rightarrow (x, y') \in T$ o, alternativamente, si $x \in L(y)$, $x' \in L(y)$, $\forall x' \geq x$ e $y \in P(x)$, $y' \in P(x)$ $\forall 0 \leq y' \leq y$.

ciencia *graph*, las cuales se fundamentan en el concepto de función de distancia hiperbólica propuesto por Färe *et al.* (1985, 1994) que se define por la siguiente expresión:

$$D^H(x_i, y_i) = \min\{\theta \leq 1 : (x_i/\theta, y_i/\theta) \in T(x, y)\} = \max\{\theta \geq 1 : (x_i/\theta, y_i/\theta) \in T(x, y)\}^{-1} \quad [2]$$

Esta función de distancia mide el incremento de productos y la reducción de factores, equiproporcionales y simultáneos, que siendo consistentes con las posibilidades que ofrece la tecnología de producción permiten alcanzar un rendimiento productivo óptimo.

La diferencia fundamental entre estas funciones, que pueden ser consideradas como medidas del rendimiento productivo, se manifiesta en la dimensión del proceso de producción sobre el que se centran con objeto de calcular la distancia entre una determinada observación y la frontera de producción, por ejemplo la observación A respecto a $f(x)$ en el gráfico 1. Las medidas de eficiencia radiales en términos de *inputs*, tal como recogen sus superíndices, cuantifican la reducción proporcional de factores productivos necesaria para alcanzar la frontera de producción. Si para una determinada observación se verifica que $D^R_I(x_i, y_i) > 1$, tal reducción es factible y la función de distancia provee una medida escalar de eficiencia. Por otra parte, las medidas de eficiencia radiales en términos de *outputs* miden el incremento proporcional de productos necesario para alcanzar la frontera de producción. Siempre que $D^R_O(x_i, y_i) < 1$ es posible incrementar el volumen de producción a partir de una determinada dotación de factores. Frente a estas medidas, la medida hiperbólica cuantifica el incremento de productos y la reducción de factores, equiproporcionales y simultáneos, que resultan necesarios para alcanzar el estándar de referencia, definiendo así una senda hiperbólica sobre el conjunto de posibilidades de producción hasta alcanzar el óptimo. Tal como se puede apreciar en el gráfico 1, que representa una tecnología caracterizada por rendimientos variables, cada una de las medidas de eficiencia descritas podrían ofrecer resultados diferentes. Si tal es el caso, ¿por qué restringir la cuantificación de la eficiencia a una de las dos dimensiones del proceso productivo, productos o factores, cuando se podría obtener una medida única que tomase en consideración ambas vertientes del proceso productivo?

Asociada a una determinada orientación parcial, *output* o *input*, hay una presunción respecto a la endogeneidad o exogeneidad de productos o factores en los procesos productivos. En el caso de las medidas de productos (factores), los factores (productos) se considerarían exógenos, teniendo los productores discrecionalidad respecto a la combinación y cuantía de productos (factores) que generan (emplean). Cualquiera de estas orientaciones parciales puede venir justificada en casos en que o bien los factores utilizados (por ejemplo de existir un fuerte poder de negociación por parte de los sindicatos) o bien los productos obtenidos (industrias con producción regulada) sean ajenos al productor y la única forma de incrementar su eficiencia y productividad sea actuando en la dimensión sobre la que tiene control. Sin embargo, en el caso de la actividad de transporte aéreo donde las compañías tienen libertad para ajustar los servicios que prestan y el volumen de factores que utilizan, la decisión de adoptar una única orientación ya sea de productos o factores no sería adecuada y daría como resultado unos valores de efi-

ciencia pasivos en relación a la dimensión del proceso de producción alternativa sobre la que el productor sí dispone de control. Estas consideraciones ponen de manifiesto la importancia de contemplar una medida como la hiperbólica, que tiene en cuenta ambas dimensiones del proceso productivo, así como la necesidad de definir aquellos programas matemáticos necesarios para calcular los índices de eficiencia dentro de la metodología DEA.

2.2. *Cálculo de las funciones de distancia hiperbólicas*

La aplicación empírica de la medida de eficiencia asociada a la función de distancia hiperbólica considerada en [2] exige la construcción de la tecnología de referencia respecto a la cual evaluar el rendimiento relativo de las unidades productivas. Si bien la tecnología verdadera, $T(x,y)$, resulta desconocida, se puede recurrir al Análisis Envolverte de Datos con objeto de construir una aproximación tecnológica lineal (ATL), que permita identificar la mejor tecnología entre las empresas observadas. Tal tecnología queda caracterizada por la siguiente expresión:

$$T(x,y) = \{(x,y) : x \text{ puede producir } y\} \xrightarrow{ATL} \left\{ (x,y) : x_{mi} \geq \sum_{i=1}^I z_i x_{mi}, y_{mi} \leq \sum_{i=1}^I z_i y_{mi}; z_i \in \mathfrak{R}_+^1 \right\} = \{(x,y) : \quad \quad \quad \in \mathfrak{R}_+^1\}, \quad [3]$$

donde $X_{(N \times I)}$ e $Y_{(M \times I)}$ son las matrices de factores y productos observadas mientras que el vector z permite definir la naturaleza de los rendimientos a escala que se asume en el análisis. Un vector z como el considerado en [3] impone rendimientos constantes a escala sobre la tecnología aproximada de forma lineal. Sin embargo, dicha restricción puede relajarse, permitiendo que los rendimientos a escala sean variables cuando se impone como restricción alternativa $\sum_{i=1}^I z_i = 1$.

Con objeto de calcular la medida de eficiencia hiperbólica resulta necesario resolver i programas lineales, uno para cada compañía aérea, como el que a continuación se presenta:

$$D^H(x_i, y_i) = \min \{ \theta_i : (x_i \theta_i, y_i / \theta_i) \in T(x, y) \}$$

s.a

$$x_i \theta_i \geq X z,$$

$$y_i / \theta_i \leq Y z,$$

$$z \in \mathfrak{R}_+^1,$$
[4]

donde $D^H(x_i, y_i) \leq 1$, siendo la unidad analizada ineficiente cuando se verifica en forma de desigualdad estricta. El programa [4] resulta no lineal en θ_i por lo que resulta posible seguir la propuesta de cambio de variable realizada por Färe, Grosskopf y Lovell (1994, pág. 204) con objeto de proceder a su linealización. Tal transformación resulta válida en el caso de rendimientos constantes a escala; sin embargo, en el caso de una tecnología caracterizada con rendimientos variables –añadiendo la restricción $\sum_{i=1}^I z_i = 1$ a [4]–, el programa a resolver es:

$$\begin{aligned}
 & D^H(x_i, y_i) = \min\{\Gamma_i : (x_i \Gamma_i, y_i) \in T(x, y)\} \\
 & \text{s.a} \\
 & x_i \Gamma_i \geq Xz', \\
 & y_i \leq Yz', \\
 & \sum_{i=1}^I z'_i = \theta_i, \\
 & z' \in \mathfrak{R}_+^I,
 \end{aligned} \tag{5}$$

donde $\Gamma = \theta_i^2$ y $z' = \theta_i z$. La última restricción en [5] comprende la función objetivo original de forma que su resolución no es factible dado que su valor es desconocido. Así, con objeto de calcular [5] es necesario realizar el cambio de variable propuesto sustituyendo la última restricción por su expresión equivalente, $\sum_{i=1}^I z'_i = \Gamma_i^{1/2}$. Es decir, en el caso de rendimientos variables a escala la transformación propuesta por estos autores no permite la linealización del problema a resolver. Con el objetivo de evitar cualquier transformación resulta posible simplificar la estimación de [4] a través de la inversión del segundo grupo de $m = 1, \dots, M$ restricciones obteniendo $(y_m / \theta_i)^{-1} \geq (\sum_{i=1}^m y_{mi} z_i)^{-1}$ [véase Zofío y Lovell (1997)]. Esta formulación permite obtener los índices de eficiencia sin necesidad de recurrir a transformación alguna³.

Dada una observación (y_i, x_i) , un valor unitario de θ_i al resolver el problema [4] no permite catalogar a una observación como eficiente dado que ésta es condición necesaria, pero no suficiente, para pertenecer al subconjunto eficiente de la frontera de producción. Tal subconjunto queda representado por $Efic T(x, y) = \{(x, y): (x, y) \in T, (x, -y) \geq (x', -y') \Rightarrow (x', -y') \notin T(x, y); (x, y) \neq (x', y')\}$. Es decir, dada una observación (y_i, x_i) , ésta puede revelar un valor $\theta_i = 1$ que indica la pertenencia de esta observación al subconjunto $Isoc T(x, y) = \{(x, y): (x, y) \in T, (\lambda x, y \lambda^{-1}) \notin T(x, y), 0 < \lambda < 1\}$, pudiendo ser factibles reorganizaciones adicionales no equiproporcionales que supondrían reducciones de factores o incrementos de productos hasta alcanzar la pertenencia a $Efic T(x, y)$. En el caso de que tales reorganizaciones no proporcionales sean factibles, la observación evaluada no es eficiente en el sentido de Koopmans (1957) y presenta holguras en alguna de las variables de factores o productos consideradas. Con objeto de verificar empíricamente si tales reestructuraciones adicionales son factibles, es posible calcular las variables de holgura a través del programa [6], definiendo las restricciones en forma de igualdad e introduciendo tales variables de forma aditiva respecto a los productos y negativa respecto a los factores.

(3) La inversión de las $m = 1, \dots, M$ restricciones en [4] no persigue su linealización. El objetivo de tal inversión es facilitar el cálculo de la variable objetivo θ_i a través de optimizadores no lineales. Así, el modelo exige para su resolución la utilización de métodos de optimización como el aquí utilizado del gradiente reducido generalizado (GRG) [véase Lasdon y Smith (1992)]. Una visión general de los métodos de programación no lineal puede encontrarse en Gill *et al.* (1981) y Fletcher (1987).

$$\begin{aligned} & \max \left\{ \sum_{n=1}^N e_{ni} + \sum_{m=1}^M s_{mi} \right\} \\ & \text{s.a} \\ & x_i \theta_i^* - e_i = X z, \\ & y_i / \theta_i^* + s_i = Y z, \\ & z \in \mathfrak{R}_+^1, \end{aligned} \tag{6}$$

donde el vector de variables de holgura de los factores productivos se denota por e , y el de productos por s , y θ^*_i representa la solución óptima obtenida al resolver el problema [4].

Las variables de holgura permiten cuantificar la posible existencia de producción por defecto que todavía no ha sido generada pese a que la empresa revele un índice de eficiencia unitario. Así mismo, las variables de holgura respecto a los factores productivos cuantifican el exceso de consumo en un *input* específico respecto al nivel óptimo. Por tanto, la eficiencia de una determinada unidad productiva se alcanza cuando no son factibles reestructuraciones productivas, ya sea a través de la componente equiproporcional, θ_i , o en las variables de holgura representadas por los vectores e y s . Estas condiciones de eficiencia vendrían dadas por $\theta^*_i = 1$ y $\sum_{i=1}^M s_i = \sum_{i=1}^N e_i = 0$ [véase Prieto y Zofío (1996)].

Una de las propiedades más atractivas de la medida de eficiencia hiperbólica, θ_i , es que resulta invariante ante cambios de escala en los productos y factores. Sin embargo, el cálculo de los vectores de holgura no satisface tal propiedad. Lovell y Pastor (1995) proceden a la normalización de la función objetivo en [6] con objeto de que ésta resulte invariante ante cambios de escala. Tal transformación puede realizarse a través de cualquier medida de dispersión de primer orden, como por ejemplo la desviación típica de las variables observadas. Así, con objeto de obtener resultados adimensionales, es posible reexpresar la función objetivo en [6] de la siguiente forma:

$$\max \left\{ \sum_{n=1}^N e_{ni} / \sigma_n + \sum_{m=1}^M s_{mi} / \sigma_m \right\} \tag{7}$$

donde σ_n y σ_m representan respectivamente, las desviaciones típicas de los $n = 1, \dots, N$ factores, y los $m = 1, \dots, M$ productos considerados en el análisis.

El objetivo del programa [6] es conocer los incrementos en los productos y las reducciones en los factores necesarios para que la unidad productiva resulte eficiente una vez consideradas las variaciones equiproporcionales. Por consiguiente, las holguras pueden ser expresadas en porcentajes respecto a los niveles de producción y factores observados para cada unidad, $(e_{ni}/x_{ni}) \cdot 100$ y $(s_{mi}/y_{mi}) \cdot 100$.

3. ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN LAS LÍNEAS AÉREAS

3.1. Fuentes estadísticas y variables seleccionadas

La muestra objeto de estudio está constituida por 36 líneas aéreas internacionales. Por áreas geográficas se dispone de 10 compañías norteamericanas, 3 latinoamericanas, 7 asiáticas y 16 europeas, de las cuales 3 son españolas: Iberia, Aviaco y Viva Air. La estimación de la eficiencia técnica se ha realizado con datos del ejercicio 1994. Las fuentes estadísticas empleadas son las que proceden de la *International Civil Aviation Organisation (ICAO)* y de la *Association of European Airlines (AEA)*, habiéndose seleccionado dos indicadores de *output* y cinco de *input* que permiten caracterizar el proceso productivo de las líneas aéreas.

Los indicadores de *output* seleccionados son RPK y RTK. Estas variables reflejan respectivamente el tráfico de pasajeros y de carga realizado por la línea aérea ponderado por la distancia en kilómetros que ha sido transportado. Más concretamente, RPK (*Revenue Passenger Kilometres*) representa la suma de los productos obtenidos al multiplicar el número de pasajeros de pago transportados en cada etapa de vuelo por la distancia de etapa. Según la *ICAO*, un pasajero de pago es aquél que paga el 25% o más de la tarifa normal aplicable. La variable RTK (*Revenue Tonne Kilometres*) representa la suma de los productos obtenidos al multiplicar el número de toneladas de carga pago transportadas en cada etapa de vuelo por la distancia de la etapa. Estas variables definen los *outputs* que caracterizan la tecnología de producción de las líneas aéreas y han sido ampliamente utilizadas en la literatura especializada [véanse Encaoua (1991) y Good *et al.* (1993)].

Las variables que representan los *inputs* utilizados en el proceso productivo son FLEQ, GRPREQ, LABOR, FUEL y M&O. La variable FLEQ (*Flight Equipment*) representa el *stock* de capital en equipos de vuelo (aeronaves, motores, accesorios) en términos netos de su depreciación. GRPREQ (*Ground Property and Equipment*) representa el equipo de comunicaciones en las estaciones, el de los hangares, talleres y rampas, etc., y también está expresado en términos netos. Mientras estos dos indicadores aproximan el flujo de servicios prestados por el *stock* de capital de la compañía, las tres variables restantes identifican los gastos de explotación de la línea aérea. La variable LABOR representa los sueldos y gastos en tripulación de vuelo: pilotos, copilotos, auxiliares de vuelo y otra tripulación, dado que la agregación de estas categorías de personal sólo puede realizarse en términos monetarios. La variable FUEL comprende el gasto en combustible y aceite de las aeronaves. Hay que señalar que no está disponible el dato del consumo efectivo de combustible en volumen, por ejemplo en galones. Al analizar los datos que suministra la agencia *Reuters* sobre el precio del galón de combustible hemos apreciado que existen disparidades en función del área geográfica. Estas diferencias pueden introducir distorsiones en la estimación de la eficiencia técnica, en la medida en que constituye un factor no directamente controlable por la gestión de la empresa, sino atribuible simplemente al área geográfica en la que la compañía concentra la mayor parte de sus rutas. Por lo tanto, hemos calculado los valores medios del precio del combustible en los aeropuertos de mayor tráfico de cada una de las grandes áreas geográficas que integran la muestra: Norteamérica, Asia, Europa y Latinoamérica. Las disparidades reflejan que el precio medio del

combustible era de 52,5 centavos de dólar por galón en Norteamérica, 64,1 en Asia, 62,64 en Europa y 65 en Sudamérica. Con el valor medio total y los valores medios por área geográfica ajustamos el gasto en combustible de cada aerolínea. De esta forma, al emplear un precio homogéneo, el gasto en combustible de cualquier compañía recogerá el consumo real en galones realizado, aislando por tanto el componente monetario atribuible exclusivamente al área geográfica en la que mayoritariamente se opera. Por último, la variable M&O (*Maintenance and Overhaul*) comprende el coste del mantenimiento para conservar las aeronaves, motores, accesorios y repuestos en condiciones de buen funcionamiento, así como el coste de reparaciones y revisión general. El cuadro 1 ofrece los estadísticos descriptivos de los *outputs* e *inputs*.

Cuadro 1: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE *OUTPUTS* E *INPUTS*

	Unidades	Media	Desv. Típ.	Máximo	Mínimo
RPK	Miles	40034,42	42833,04	174250,72	1107,77
RTK	Miles	5155,65	5000,53	18841,67	97,01
FLEQ	Mill. \$U.S.	2598,00	2478,16	10606,10	95,80
GRPREQ	Mill. \$U.S.	513,70	557,79	2074,90	3,90
LABOR	Miles \$U.S.	360,56	398,22	1468,80	5,60
FUEL	Mill. \$U.S.	492,36	479,25	1754,08	14,91
M&O	Miles \$U.S.	407,74	388,91	1624,50	21,70

Fuente: AEA, ICAO y elaboración propia.

En esta investigación se exploran las conexiones que pueden existir entre los índices de eficiencia que revelan las líneas aéreas y las variables de naturaleza cualitativa relativas a la titularidad y estructura del mercado.

En relación a la estructura del mercado podemos señalar que EE.UU. y Canadá han optado por una política de transporte aéreo caracterizada por la desregulación. Así por ejemplo, desde 1982 la entrada a cualquier ruta está abierta a la compañía aérea nacional que esté dispuesta y sea capaz de operar en ella. En los mercados relativamente más regulados, los gobiernos han mantenido una estrategia muy proteccionista, salvaguardando a las compañías de bandera de la competencia en el mercado doméstico. Mientras, en las rutas internacionales, el transporte aéreo está regulado por un sistema basado en acuerdos bilaterales entre los respectivos gobiernos⁴. En estos acuerdos se especifican las rutas a cubrir entre ambos países, las compañías aéreas que van a ofrecer el servicio, así como la capacidad con la que van a operar y la estructura tarifaria. De esta forma, el marco regulador incide sobre el control de acceso al mercado, los precios y las cantida-

(4) El origen de este marco regulador se remonta a los acuerdos adoptados en la Convención de Chicago de 1944.

des ofrecidas, mermando las posibilidades de competencia, y por tanto el grado de eficiencia productiva. En los mercados más regulados, las relaciones establecidas favorecen un monopolio a nivel doméstico que se convierte en duopolio a nivel internacional. Como señalan Betancor y Calderón (1994), en Europa todavía se mantienen los controles para el acceso a las rutas, si bien el Reino Unido ha liberalizado considerablemente su mercado doméstico. La Unión Europea está impulsando desde 1987 un proceso desregulador, en aras de aumentar el grado de competencia y optimizar la eficiencia en la asignación de los recursos. Este proceso ha conducido a la creación del Mercado Común de Transporte Aéreo en Abril de 1997⁵.

En relación a la propiedad del capital, el supuesto adoptado es que una empresa se considera pública cuando el porcentaje de participación del Sector Público en la compañía supera el 80%. Si dicho porcentaje es inferior al 20% la compañía es de propiedad privada y en otro caso la titularidad será mixta. Estas horquillas son suficientemente amplias como para evitar cualquier posible *error de salto*. Así por ejemplo, de las 9 empresas catalogadas como públicas, las 2 compañías con una menor participación estatal son Alitalia con un 86,4% seguida de la tailandesa Thai Airways con un 92%.

3.2. Índices de eficiencia y holguras

Dada la muestra de 36 compañías aéreas y las variables de producción consideradas, el cuadro 2 recoge los índices de eficiencia obtenidos como resultado de solucionar los programas matemáticos presentados en (4). Tal como se puede apreciar, las compañías que destacan por su elevada eficiencia son las norteamericanas y asiáticas que se sitúan sensiblemente por encima de la media global tanto bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala (RCE) como bajo rendimientos variables a escala (RVE), 90% y 93% respectivamente. Respecto a la ineficiencia de escala, que compara los rendimientos obtenidos respecto a fronteras de producción definidas bajo cada uno de los supuestos anteriores, ésta resulta reducida para el conjunto de las observaciones al situarse en un 97% y presenta una variación mínima. Por otra parte, los diferenciales de ineficiencia no son excesivamente elevados aunque el rango se ve incrementado notablemente por los reducidos índices de las aerolíneas japonesas.

Considerando una agrupación de las compañías por áreas de actuación geográfica, el cuadro 3 muestra las medias de ineficiencia en las cuatro regiones. Como se puede observar las compañías estadounidenses y canadienses tienden a definir la frontera de producción. Tal posición sería compartida por Asia si no fuera porque su rendimiento conjunto se ve fuertemente reducido por las compañías japonesas: Jal, All Nipon y Jas. De hecho, la actuación de estas compañías relega al último lugar del *ranking* a Asia. Si no se diese esta circunstancia, Europa ocuparía la última posición con unos niveles de eficiencia del 6% y 4% inferior a la norteamericana en términos de rendimientos constantes y variables a escala res-

(5) Un análisis de los efectos de las políticas de liberalización en el mercado del transporte aéreo, la experiencia de sistemas comparados y las etapas del proceso de desregulación europeo puede consultarse en Carbajo y De Rus (1990), De Rus (1992) y en Betancor y Calderón (1994).

Cuadro 2: ÍNDICES DE EFICIENCIA DEA Y PERTENENCIA A GRUPO (1994)

AEROLÍNEA	RCE	RVE	Inef. Escala	Mercado	Titularidad	Área
American (EE.UU.)	1,00	1,00	1,00	1	1	América del Norte
America West (EE.UU.)	1,00	1,00	1,00	1	1	América del Norte
Continental (EE.UU.)	1,00	1,00	1,00	1	1	América del Norte
Delta (EE.UU.)	0,89	1,00	0,89	1	1	América del Norte
Northwest (EE.UU.)	1,00	1,00	1,00	1	1	América del Norte
TWA (EE.UU.)	1,00	1,00	1,00	1	1	América del Norte
United (EE.UU.)	1,00	1,00	1,00	1	1	América del Norte
Usair (EE.UU.)	0,80	0,84	0,96	1	1	América del Norte
Air Canada (Canadá)	0,88	0,89	0,98	1	1	América del Norte
Canadian (Canadá)	0,89	0,90	0,99	2	1	América del Norte
AeroMexico (México)	1,00	1,00	1,00	2	3	América Central y Sur
Mexicana (México)	0,87	0,95	0,92	2	2	América Central y Sur
A.Argent. (Argentina)	0,86	0,89	0,97	2	2	América Central y Sur
Jal (Japón)	0,76	0,85	0,89	2	1	Asia
All Nipon (Japón)	0,59	0,66	0,89	2	1	Asia
Jas (Japón)	0,48	0,49	0,99	2	1	Asia
Pal (Filipinas)	1,00	1,00	1,00	2	2	Asia
Korean Air (Korea)	1,00	1,00	1,00	2	1	Asia
Sia (Singapur)	1,00	1,00	1,00	2	2	Asia
Thai (Tailandia)	1,00	1,00	1,00	2	3	Asia
Cathay Pacific (H.K.)	1,00	1,00	1,00	2	1	Asia
Iberia (España)	0,86	0,87	1,00	2	3	Europa
Aviaco (España)	0,82	0,85	0,97	2	3	Europa

Cuadro 2: ÍNDICES DE EFICIENCIA DEA Y PERTENENCIA A GRUPO (1994) (continuación)

AEROLÍNEA	RCE	RVE	Inef. Escala	Mercado	Titularidad	Área
Viva Air (España)	0,93	1,00	0,93	2	3	Europa
Air France (Francia)	0,95	0,97	0,99	2	3	Europa
Alitalia (Italia)	0,82	0,83	1,00	2	3	Europa
British Airways (U.K.)	0,91	1,00	0,91	2	1	Europa
Lufthansa (Alemania)	1,00	1,00	1,00	2	2	Europa
SAS (Suecia)	0,88	0,89	1,00	2	2	Europa
KLM (Holanda)	1,00	1,00	1,00	2	2	Europa
Austrian (Austria)	0,73	0,80	0,92	2	2	Europa
Finnair (Finlandia)	0,92	0,95	0,97	2	2	Europa
Sabena (Bélgica)	0,78	0,81	0,96	2	2	Europa
Swissair (Suiza)	0,89	0,90	0,99	2	2	Europa
Tap (Portugal)	1,00	1,00	1,00	2	3	Europa
Air Lingus (Irlanda)	0,89	0,98	0,90	2	3	Europa
Media	0,90	0,93	0,97		Mercado	1. Liberalizado
Desviación Típica	0,12	0,11	0,04			2. Regulado
Máximo	1,00	1,00	1,00		Titularidad	1. Privada
Mínimo	0,48	0,49	0,89			2. Mixta
Media Ineficientes	0,83	0,85	0,95			3. Pública

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3: ÍNDICES DE EFICIENCIA POR ÁREA GEOGRÁFICA DE ACTUACIÓN

Área	RCE	RVE	Inef. Escala	Observaciones
América del Norte	0,95	0,96	0,98	N = 10
América Central y Sur	0,91	0,95	0,96	N = 3
Asia	0,85	0,87	0,98	N = 8
Europa	0,89	0,92	0,97	N = 15

Fuente: elaboración propia.

pectivamente. Respecto a las compañías españolas consideradas en el análisis, la compañía de bandera, Iberia, se encuentra por debajo de la media europea y por debajo de una de sus filiales, Aviaco. Otra de las compañías del grupo Iberia, Viva Air, presenta unos niveles de ineficiencia considerables respecto a una tecnología con rendimientos constantes a escala, pero se revela como eficiente bajo rendimientos variables. Esto no sorprende dado que su volumen relativo y escala de operaciones es el más reducido de todas las observaciones.

En el cuadro 4 se muestra la frecuencia con que una aerolínea eficiente aparece en el grupo de referencia óptimo de las compañías ineficientes tanto en nive-

Cuadro 4: FRECUENCIA DE LAS COMPAÑÍAS EFICIENTES EN LA FRONTERA DE REFERENCIA DE LAS COMPAÑÍAS INEFICIENTES

Aerolíneas eficientes	Frecuencia en la frontera de referencia		Porcentaje	
	RCE	RVE	RCE	RVE
American (EE.UU)	0	1	0,00	5,56
America West (EE.UU)	14	12	66,67	66,67
Continental (EE.UU.)	19	16	90,48	88,89
Northwest (EE.UU)	0	2	0,00	11,11
United (EE.UU)	0	2	0,00	11,11
Korean Air (Korea)	4	3	19,05	16,67
Sia (Singapur)	0	1	0,00	5,56
Thai (Tailandia)	12	7	57,14	38,89
Viva Air (España)	1	10	4,76	55,56
British Airways (U.K.)	0	2	0,00	11,11
Lufthansa (Alemania)	9	8	42,86	44,44
KLM (Holanda)	6	7	28,57	38,89
Tap (Portugal)	2	1	9,52	5,56

Fuente: elaboración propia.

les absolutos y en porcentajes. Este análisis considera que aquellas unidades productivas eficientes que forman parte de los grupos de referencia con una alta frecuencia revelan una superioridad en términos comparativos, mientras que si esta frecuencia es baja podría indicar una cierta especialización de la unidad productiva [véase Smith y Mayston (1987)]. En este sentido, se observa que las compañías estadounidenses Continental y America West son las que ofrecen una frecuencia más elevada en los grupos de referencia respecto a los cuales las unidades productivas ineficientes evalúan su nivel de eficiencia.

Una vez calculada la reducción e incremento equiproporcional en los factores y los productos es posible cuantificar las variables de holgura. De acuerdo a lo establecido en la sección 2.2, la existencia de variables de holgura asociadas a factores o productos implica la posibilidad de reducir los primeros o incrementar los segundos de forma tal que la unidad de referencia eficiente se alcanza sin que tal ajuste productivo sea equiproporcional, sino único a la variable específica en cuestión. El cuadro 5 muestra los porcentajes medios de holgura para el conjunto de observaciones de la muestra. Se observa que los factores productivos en los que las compañías presentan un mayor sobredimensionamiento son los de propiedad y equipamiento en tierra (GRPREQ) y empleo (LABOR), con unos porcentajes sobre las cuantías observadas de tales variables que superan el 9%. Otro factor productivo que presenta una dotación adicional algo excesiva es el equipo de vuelo (FLEQ), con un porcentaje superior al 5%. En relación a los *outputs*, las posibilidades de incrementar el pasajero de pago por kilómetro (RPK) o las toneladas por kilómetro transportada (RTK) con objeto de alcanzar el subconjunto eficiente de la frontera de producción resultan escasas, no superando en ningún caso el 1%. En el anexo 1 se detallan los porcentajes de holgura medios para cada compañía cuando la tecnología de producción exhibe rendimientos variables a escala.

Cuadro 5: PORCENTAJES MEDIOS DE HOLSURAS

Rendimientos	RPK	RTK	FLEQ	GRPREQ	LABOR	FUEL	M&O
RCE	0,00	0,73	6,31	15,29	12,06	0,10	0,85
RVE	0,00	0,75	5,70	15,45	9,65	1,46	1,73

Fuente: elaboración propia.

3.3. Titularidad, estructura de mercado y eficiencia

Uno de los objetivos de esta investigación es determinar las conexiones que existen entre el rendimiento productivo de las aerolíneas y dos variables discretivas al Sector Público como son el grado de liberalización y de competencia que caracteriza la estructura del mercado y la titularidad del capital de las compañías aéreas. La relevancia estratégica del sector de transporte aéreo explica que tradicionalmente haya estado sujeto a una legislación claramente intervencionista que definía un mercado regulado en términos de asignación de rutas, tarifas, etc.

Estas iniciativas legislativas del marco de actuación venían acompañadas en numerosos países por la creación de una compañía de bandera. Los procesos de liberalización de los mercados tuvieron su inicio en la década de los ochenta a partir de la iniciativa de *cielos abiertos* de EE.UU. y en los últimos años este proceso se está extendiendo al resto de las áreas mundiales y con especial importancia en Europa. Además, la liberalización de los mercados ha sido simultánea en algunos casos a la privatización de las compañías nacionales. Aunque la presencia de empresas privadas en 1994 era todavía limitada en Europa y en otras áreas, sin embargo ya era posible presenciar numerosos casos de compañías con capital mixto y una compañía totalmente privada como British Airways.

Nuestra aportación empírica se centra en la contrastación del efecto que sobre el rendimiento productivo de las aerolíneas tienen las dos variables cualitativas mencionadas. Si el cuadro 2 muestra las características de cada aerolínea atendiendo a si el mercado en el que opera se encuentra liberalización o regulado y su titularidad (pública, mixta o privada), en el cuadro 6 se presenta la eficiencia media para cada grupo de líneas aéreas en función de estas variables características de la estructura de mercado y la propiedad del capital.

Cuadro 6: EFICIENCIA SEGÚN LA ESTRUCTURA DE MERCADO Y TITULARIDAD DEL CAPITAL –RENDIMIENTOS CONSTANTES (VARIABLES) A ESCALA–

Mercado\Titularidad	Privada	Mixta	Pública
Liberalizado	0,95 (0,97)	–	–
Regulado	0,80 (0,84)	0,90 (0,93)	0,91 (0,94)
Media Global:	0,90 (0,93)		

Fuente: elaboración propia.

La combinación de un mercado liberalizado y titularidad mixta o pública no se observa en ninguna compañía. Esto es debido a que el proceso liberalizador se desarrolló inicialmente en mercados caracterizados por la iniciativa privada donde se habían desarrollado prácticas que tendían al monopolio. Al comparar el rendimiento productivo de las aerolíneas por categorías, se aprecia como las compañías de capital privado que operan en mercados liberalizados (fenómeno que sólo se observa en América del Norte) son claramente superiores al resto de categorías. La contrastación estadística de este resultado se ha realizado a través del Análisis de la Varianza (ANOVA), confirmando la diferencia en los índices de eficiencia obtenidos en el mercado liberalizado frente al regulado. El valor del estadístico $F_{1,34} = 2,296$, permite rechazar la hipótesis nula de ausencia de diferencias entre los grupos a partir de un nivel de significación $\alpha = 0,139$. Si abandonamos esta situación óptima en términos de eficiencia técnica, caracterizada por capital privado y mercados liberalizados, podemos plantearnos cuál sería, de encontrarse el mercado regulado en alguna extensión, aquella titularidad que favorecería una mayor

eficiencia. Al observar los índices de eficiencia obtenidos, se aprecia que la eficiencia en los mercados regulados se incrementa conforme la titularidad pasa de privada a pública. Además, la eficiencia media entre el grupo de empresas mixtas y públicas apenas difiere. La diferencia de medias entre las empresas privadas y el resto de empresas tanto mixtas como públicas que actúan en mercados regulados es estadísticamente significativa a partir de un nivel de significación $\alpha = 0,038$ y un valor del estadístico $F_{1,24}$ igual a 4,826. Estos resultados ponen de manifiesto que en los mercados regulados la propiedad pública tiende a ser la forma más adecuada de explotación. Esta superioridad se ve fuertemente influenciada por la elevada ineficiencia de las compañías japonesas que, aunque operan en mercados regulados, sin embargo son detentadas por capital privado. En este caso, la continuidad de las compañías está garantizada pese a presentar estos resultados negativos, gracias a la protección pública que les reserva exclusividad en sus áreas de operaciones.

4. CONCLUSIONES

En esta investigación se ha evaluado la eficiencia de una muestra de líneas aéreas a través del Análisis Envoltante de Datos. Desde el punto de vista metodológico la novedad fundamental ha consistido en medir la eficiencia técnica a través del cálculo de funciones de distancia hiperbólicas. La eficiencia media de toda la muestra ha sido de un 0,90 o un 0,93 según se estime con rendimientos constantes o variables a escala respectivamente. De considerarse únicamente las unidades productivas ineficientes, la eficiencia media se reduce a un 0,83 o un 0,85. El análisis realizado permite concluir que en la evaluación de la eficiencia técnica de toda la muestra, las empresas privadas que operan en una estructura de mercado liberalizada y competitiva revelan los índices de eficiencia más elevados. Por otro lado, si el mercado en el que operan las compañías se encuentra relativamente regulado y no se rige por las leyes de la competencia, entonces las empresas privadas presentan en media una eficiencia inferior a las de capital mixto y éstas a su vez, revelan una menor eficiencia que las empresas públicas. Estos resultados están en consonancia con las conclusiones obtenidas por Vickers y Yarrow (1988) y por Pestieau y Tulkens (1993). Buscando una justificación teórica a esta situación, es posible atribuir su existencia a la presencia de fallos regulatorios [véase Argimón *et al.* (1997)]. Por otra parte, las escasas diferencias que existen entre los niveles de eficiencia de la empresa pública (0,91 ó 0,94 según sean rendimientos constantes o variables a escala) y mixta (0,90 ó 0,93), no permiten corroborar con certeza la hipótesis de Boardman y Vining (1989) que atribuye el menor nivel de eficiencia de la empresa mixta al conflicto de intereses entre sus principales público y privado. Por áreas geográficas, los resultados revelan que las compañías norteamericanas son las que exhiben un mayor nivel de eficiencia con un valor medio del 0,95 ó 0,96, mientras que las compañías asiáticas son las que muestran los niveles más bajos con un valor del 0,85 ó 0,87 debido a la reducida eficiencia de las aerolíneas japonesas. Por tanto, la iniciativa privada de las compañías norteamericanas y los procesos de liberalización del mercado en el que operan se han traducido en unos niveles de eficiencia superiores al de otras áreas geográficas como Asia, Europa o América Central y del Sur.

La conclusión genérica que se puede extraer es que, bajo entornos competitivos, existe una primacía de la titularidad privada sobre la pública en términos de la eficiencia obtenida, mientras que en mercados regulados tal característica no es definitiva. Así, la desregulación y la liberalización deben contribuir al objetivo de eficiencia. En consecuencia, si se verificasen procesos de privatización no acompañados de medidas que traten de garantizar la competencia, sus ventajas podrían verse disipadas. La evidencia empírica que aporta esta investigación permite concluir, que atendiendo a un objetivo de eficiencia resulta más importante el logro de la competencia que el de la privatización *per se*. En efecto, en mercados en los que la competencia no opera, los sectores privados y públicos pueden ofrecer similares cotas de eficiencia. Al aumentar el grado de competencia, también lo hace el diferencial de eficiencia del sector privado frente al público.

ANEXO 1: PORCENTAJES DE HOLGURA —RENDIMIENTOS VARIABLES A ESCALA—

AEROLÍNEA	PKT	TKP	FLEQ	GRPREQ	LABOR	FUEL	M&O
American (EE.UU.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
America West (EE.UU.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Continental (EE.UU.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Delta (EE.UU.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Northwest (EE.UU.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TWA (EE.UU.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
United (EE.UU.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Usair (EE.UU.)	0,00	0,19	29,86	0,00	29,42	0,00	0,00
Air Canada (Canada)	0,00	0,00	0,00	10,02	0,00	8,77	0,00
Canadian (Canada)	0,01	0,00	0,00	0,58	12,43	0,00	0,00
AeroMexico (México)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexicana (México)	0,00	10,15	65,61	77,41	39,58	15,48	0,00
A.Argentinas (Argentina)	0,00	0,00	34,85	0,00	8,54	0,00	0,00
Jal (Japón)	0,00	0,00	0,00	30,44	0,00	9,43	0,00
All Nipon (Japón)	0,00	0,64	0,00	49,68	0,00	16,12	0,41
Jas (Japón)	0,00	14,40	0,00	32,07	0,00	0,00	5,89
Pal (Filipinas)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Korean Air (Korea)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sia (Singapur)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Thai (Tailandia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cathay Pacific (H.K.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO 1: PORCENTAJES DE HOLGURA –RENDIMIENTOS VARIABLES A ESCALA– (CONTINUACIÓN)

AEROLÍNEA	PKT	TKP	FLEQ	GRPREQ	LABOR	FUEL	M&O
Iberia (España)	0,00	0,00	0,00	16,13	45,49	0,00	0,00
Air France (Francia)	0,00	0,00	18,95	25,35	16,55	0,00	33,28
Alitalia (Italia)	0,00	0,00	0,00	0,00	26,63	0,00	0,00
British Airways (U.K.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lufthansa (Alemania)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SAS (Suecia)	0,00	0,00	6,91	37,07	64,61	0,00	0,00
KLM (Holanda)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Austrian (Austria)	0,00	0,00	10,45	55,20	36,19	0,00	0,00
Finnair (Finlandia)	0,00	0,00	0,00	62,94	25,89	0,00	0,00
Sabena (Bélgica)	0,00	0,00	0,00	17,75	0,00	0,00	0,00
Swissair (Suiza)	0,06	0,00	0,00	26,26	22,74	0,00	0,00
Tap (Portugal)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Air Lingus (Irlanda)	0,00	0,00	27,07	84,51	0,00	0,00	19,16
Media	0,00	0,75	5,70	15,45	9,65	1,46	1,73
Media Ineficientes	0,01	6,35	27,67	37,53	29,82	9,96	14,69

Fuente: elaboración propia.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albi, E., J.M. González-Páramo y G. López-Casanovas (1997): *Gestión pública: Fundamentos, técnicas y casos*, Ed. Ariel, Barcelona.
- Argimón, I., C. Artola y J.M. González-Páramo (1997): “Empresa pública y empresa privada: Titularidad y eficiencia relativa”, Documento de Trabajo n.º 9723, Banco de España.
- Association of European Airlines, AEA, (1995): “Yearbook 1995”. “Financial Statements of AEA Airlines. RB9 1992-1994”, “Operating Economy of AEA Airlines. RB8 1991-1994”.
- Atkinson, S. y R. Halvorsen (1986): “The Relative Efficiency of Public and Private Firms in a Regulated Environment: The Case of US Electric Utilities”, *Journal of Public Economics*, n.º 29, págs. 281-294.
- Barrow, M. y A. Wagstaff (1989): “Efficiency Measurement in the Public Sector: An Appraisal”, *Fiscal Studies*, vol X, págs. 73-95.
- Betancor, O. y J. Calderón (1994): “Efectos de la Desregulación del Transporte Aéreo en España”, Documento de Trabajo 94-18, FEDEA.
- Boardman, A. y A. Vining (1989): “Ownership and Performance in Competitive Environments: A Comparison of the Performance of Private, Mixed, and Public Enterprises”, *Journal of Law and Economics*, n.º 32, págs. 1-33.
- Böss, D. (1988): “Introduction: Recent Theories on Public Enterprise Economics”, *European Economic Review*, n.º 32, págs. 409-414.
- Carbajo, J.C. y G. de Rus (1990): “La desregulación del transporte”, *Papeles de Economía Española*, n.º 42, págs. 262-291.
- Debreu, G. (1951): “The Coefficient of Resource Utilization”, *Econometrica*, 19:3, págs. 273-292.
- De Rus, G. (1992): “Elementos de una política global de transporte”, *Papeles de Economía Española*, n.º 50, págs. 318-321.
- Encaoua, D. (1991): “Liberalizing European Airlines. Cost and Factor Productivity Evidence”, *International Journal of Industrial Organization*, 9, págs. 109-124.
- Färe, R. (1988): *Fundamentals of Production Theory*, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Färe, R., S. Grosskopf y C.A.K. Lovell (1985): *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer Nijhoff Publishing, Boston.
- Färe, R., S. Grosskopf y C.A.K. Lovell (1994): *Production Frontiers*, Cambridge University Press, New York.
- Farrell, M. (1957): “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society. Serie A, General*, 120:3, págs. 282-284.
- Fletcher, R. (1987): *Practical Methods of Optimization*, John Wiley, New York.
- Gill, P., W. Murray y M. Wright (1981): *Practical Optimization*, Academic Press, New York.
- Good, D.H., M.I. Nadiri, L. Röller y R.C. Sickles (1993): “Efficiency and Productivity Growth Comparisons of European and U.S. Air Carriers: A First Look at the Data”, *Journal of Productivity Analysis*, 4, 1/2, págs. 111-121.
- González-Páramo, J.M. (1995): “Privatización y eficiencia: ¿Es irrelevante la titularidad?”, *Economistas*, n.º 63, págs. 32-43.
- International Civil Aviation Organisation, ICAO, (1994): “Fleet and Personnel”, Montreal, “Financial Data”, Montreal, “Comercial Airline Traffic Series”, Montreal.
- Kornai, J. (1986): *Contradictions and Dilemmas*, MIT Press, Cambridge.

- Koopmans, T.C. (1977): "Examples of Production Relations Based on Microdata", en Koopmans, T.C. (ed.), *The Micro foundations of Macroeconomics*, vol 6. Macmillan Press, London
- Lasdon, L.S. y S. Smith (1992) "Solving Sparse Nonlinear Programs Using GRG", *ORSA Journal on Computing* 4, n.º 1, págs. 2-15.
- Lovell, C.A.K. (1993): "Production Frontiers and Productive Efficiency", En Fried, H., Knox Lovell, C.A.K. y Schmidt, S. (ed.), *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York.
- Lovell, C.A.K. y J.T. Pastor (1995): "Units Invariant and Translation Invariant DEA Models", *Operations Research Letters*, 18, págs. 147-151.
- Ng, C. y P. Seabright (1995): "Regulation, Competition and Cost Efficiency of European Flag Carriers", Ponencia presentada en la New England Conference on Efficiency and Productivity, University of New England.
- Perelman, S. y P. Pestieau (1988): "Technical Performance in Public Enterprises: A Comparative Study of Railways and Postal Services", *European Economic Review*, 32, págs. 187-202.
- Pestieau, P. y H. Tulkens (1993): "Assesing and Explaining the Performance of Public Enterprises", *Finanz. Archiv*, 50, n.º 3, págs. 293-323.
- Prieto, A. y J.L. Zofío (1996): "Modelización de los efectos de la regulación ambiental con fronteras tecnológicas DEA", *Revista Española de Economía Agraria*, 175 (1), págs. 63-86.
- Raymond, J.L. y J.M. González-Páramo (1989): "El papel de la empresa pública", *Papeles de Economía Española*, n.º 38, págs. 18-29.
- Segura, J. (1989): "La empresa pública: Teoría y realidad", *Papeles de Economía Española*, n.º 38, págs. 2-17.
- Shephard, R. (1953): *Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton.
- Smith, P. y D. Mayston (1987): "Measuring Efficiency in the Public Sector", *OMEGA International Journal of Management Science*, 15 (3), págs. 181-189.
- Oum, T.H. y C. Yu (1995): "A Productivity Comparison of the World's Major Airlines", *Journal of Air Transport Management*, 2, 3/4, págs. 181-195.
- Tirole, J. (1994): "The Internal Organization of Government", *Oxford Economic Papers* 46, págs. 1-29.
- Tulkens, H. (1993): "On FDH Efficiency Analysis: Some methodological Issues and Apágslication to Retail Banking, Courts and Urban Transit", *Journal of Productivity Analysis*, 4.
- Vickers, J. y G. Yarrow (1988): *Privatization: An Economic Analysis*, MIT Press, Cambridge.
- Windle, R.J. (1991): "The World's Airlines. A Cost and Productivity Comparison", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. XXV, n.º 1, págs. 31-49.
- Zofío, J.L. y C.A.K. Lovell (1997): *Graphyperbolic Efficiency and Productivity Measures*. Ponencia presentada en el Fifth European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis. Copenhagen, Dinamarca.

Fecha de recepción del original: julio, 1998

Versión final: abril, 2000

ABSTRACT

In this paper we analyze the effect of the type of ownership –private, mixed, and public– as well as the market structure –liberalized and regulated– on the technical efficiency levels of a set of commercial airlines. In order to calculate these efficiency scores, we use Data Envelopment Analysis and define hyperbolic efficiency measures on a graph representation of the technology. This research, a pioneer in the empirical projection and analysis of such measures, shows how private ownership, along with a liberalized market, tends to improve efficiency as compared to those companies that operate in regulated markets. However, given a regulated market structure, private companies exhibit greater inefficiency than mixed capital companies and these, like the first, are more inefficient than public ones.

Keywords: technical efficiency, DEA, firm ownership, market structure, airline industry.

JEL classification: C61, D21, L22, L93.