



## **Privatización de las telecomunicaciones en Sudamérica, un análisis de su eficiencia**

**Autores y e-mail de la persona de contacto: Julieta Llungo-Ortiz**

**Departamento: Dpto. Economía y Dirección de Empresa**

**Universidad: Universidad de Alcalá**

**Área Temática:** *Transporte, movilidad e infraestructuras*

### **Resumen:**

El presente trabajo evalúa la eficiencia en el sector de las telecomunicaciones en Latinoamérica. El gran dinamismo adquirido por este sector se ha debido a factores externos de cambio, tales como, los procesos de privatizaciones emprendidos principalmente en los años noventa, los cambios tecnológicos, la liberalización del mercado, y la internacionalización de los servicios y de las compañías que las prestan. Es en este contexto en el que se pretende evaluar la evolución de las telecomunicaciones valorando los dos principales factores de su evolución: las privatizaciones y los avances tecnológicos.

Para tratar de entender las privatizaciones en las políticas económicas de América Latina y si han sido un elemento dinamizador y de eficiencia en el caso de las telecomunicaciones, este trabajo se divide en tres partes: la primera trata de las privatizaciones como elemento del giro de las políticas económicas en América Latina, en la segunda, se desarrolla los casos de privatizaciones de las telecomunicaciones en América Latina y sus motivaciones y en la última parte, la medición de los resultados de las privatizaciones en términos de eficiencia.

**Palabras Clave:** *Telecomunicaciones, privatización, eficiencia, productividad*

**Clasificación JEL:** L96, M21, D24

## **1.- Introducción**

La mejora de la eficiencia productiva y el crecimiento de la economía han sido los argumentos fundamentales para realizar reformas en el sector de las telecomunicaciones en la mayor parte de América del Sur.

La creencia de que los mercados de libre competencia mejorarían la prestación de los servicios de telecomunicaciones motivó a los gobiernos a realizar una fuerte ola de liberalización del sector de las telecomunicaciones a finales de la década de los ochenta y principios de los noventa.

El sector de las telecomunicaciones en los países de América del Sur ha adquirido un gran dinamismo, debido a factores externos de cambio como la internacionalización, la liberalización y los cambios tecnológicos; es en este contexto que se pretende estudiar la evolución del sector de telecomunicaciones en los países de América del Sur.

Esta industria ha sido sacudida por fuerzas económicas, tecnológicas, y políticas regulatorias que han generado más y mejores servicios a los usuarios, incrementando el nivel de bienestar y permitiendo el desarrollo de las economías.

Durante décadas, la estructura del sector de telecomunicaciones fue considerada como un “monopolio natural”, y con más frecuencia un monopolio del Estado.

Los cambios tecnológicos, económicos e institucionales que han transformado el sector de las telecomunicaciones han permitido la reducción de los costes en la provisión de servicios, elevando la productividad del sector.

La convergencia tecnológica llevó a la digitalización de las telecomunicaciones y posteriormente el incremento de las capacidades de esta digitalización llevaría a incorporar los servicios de banda ancha. Dicha evolución se ha debido a la regulación de los servicios prestados en el sector de las telecomunicaciones que han llevado del monopolio estatal al privado, de la transición a la competencia para terminar con una competencia efectiva.

En este sector se ha observado que han existido un creciente número de fusiones y alianzas para enfrentar el entorno cambiante. En los últimos años, en la región se ha desarrollado un importante movimiento de las empresas en este sentido, por ejemplo: fusiones y adquisiciones de compañías dedicadas a servicios móviles, televisiones de

pago (de cable y satelital), a tal punto que se observa una concentración en móvil de dos grandes competidores a nivel de la región: Grupo Telefónica y el Grupo Carso Telecom (Telmex).

Algunas investigaciones desarrolladas para el sector de las telecomunicaciones analizan la medición de la eficiencia y muestran que los cambios tecnológicos y regulatorios han sido beneficiosos para el sector de las telecomunicaciones.

Madden & Savage (1999) analiza la productividad de las telecomunicaciones, la tecnología e innovación para 74 países (periodo 1991-1995). La descomposición del Índice de Malmquist muestra una evidencia preliminar de que los países en desarrollo pueden mejorar la productividad a través del catch-up. Las estimaciones del modelo desarrollado para este caso apoyan las hipótesis de Schumpeter de que el tamaño del mercado favorece la innovación.

Calabrese, Campisi & Mancuso (2002) usan la metodología DEA para medir el índice de Malmquist y así estudiar la evolución de la productividad total de los factores y la productividad laboral de 13 países de la OCDE para el periodo 1979-1998.

Fink, Mattoo & Rathindran (2003) usando un modelo econométrico evalúa un conjunto de 86 países en desarrollo de diferentes continentes para el periodo 1985-1999, analizando el impacto de las reformas políticas en telecomunicaciones. Como resultado obtuvieron que la privatización y la competencia conducen a mejoras en el desempeño.

Li & Xu (2004) desarrollan un análisis con datos de panel para el sector de las telecomunicaciones entre países de todo el mundo para los años 1990-2001, investigando el impacto de las privatizaciones y la competencia en el sector de las telecomunicaciones. Obteniendo como resultado que, las privatizaciones han contribuido en gran medida a mejorar la asignación del trabajo, el capital, la expansión de los servicios y la penetración de la red, también mejoran la productividad del trabajo y la productividad total de los factores, pero cuando la privatización es parcial, es decir, el estado conserva derechos de control, el impacto no es significativo. Otro hallazgo importante es que la complementariedad entre la privatización y la competencia hacen posible una mayor penetración de la red y exista una mayor contención en el aumento de los precios.

En Inklaar, Timmer & Ark (2008) se afirma que la liberalización del mercado ha sido beneficiosa para el crecimiento de la productividad de las telecomunicaciones, aunque esto no suceda en otros sectores de los servicios. También indica que una mayor inversión en tecnologías de la información y la comunicación, así como, el crecimiento del capital humano ha contribuido en el crecimiento de la productividad laboral en el mercado de servicios en los países europeos y los Estados Unidos.

Lam & Shiu (2008) miden el desempeño de la productividad del sector de las telecomunicaciones en el ámbito de las provincias de China, para ello usan la metodología DEA, como resultado índices de eficiencia diversos, debiéndose principalmente a la diferencia en los entornos operativos que existen.

Ariff, Cabanda & Sathye (2009) evalúan 40 firmas de África, Norteamérica, Asia, Australia y Europa usando la base de datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para determinar si el cambio de propiedad influye en la mejora del desempeño de las empresas analizadas. Como conclusión general indican que existen mejoras significativas en el rendimiento financiero y productivo después de la privatización.

Kang (2009) hace uso de la metodología DEA para evaluar la eficiencia de la industria de las telecomunicaciones de Taiwán antes y después de la privatización (periodo 1966-2007), determinando que las eficiencias a lo largo de todo el periodo estudiado son ineficientes.

Lam & Shiu (2010) estudian el sector de telecomunicaciones en diferentes países teniendo como objetivo principal estudiar las relaciones que existen entre el crecimiento económico, el desarrollo de las telecomunicaciones y el crecimiento de la productividad. Entre las conclusiones a las que llegaron, esta que la difusión de los servicios de las telecomunicaciones móviles es un factor significativo en el crecimiento de la productividad total de los factores.

## **2. Metodología y datos**

Con la finalidad de caracterizar la función de producción se ha escogido un modelo de una única salida y múltiples entradas; se pretende medir la eficiencia técnica de la industria de manera agregada, es decir, se quiere hacer inferencia tanto sobre el

desarrollo de las telecomunicaciones como del valor agregado. Por ello, las variables a usar, tanto las de insumos como las de servicios prestados, pretenden ser representativos del agregado total del sector. La eficiencia a calcular medirá la eficiencia en el uso del capital, de la capacidad instalada y la fuerza laboral del sector para proveer un volumen de servicios en telecomunicaciones.

## 2.1. Análisis envolvente de datos-DEA

El método no paramétrico más conocido es el Análisis Envolvente de Datos– DEA (son las siglas en inglés de *Data Envelopment Analysis*) desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). Este método generaliza las medidas de Farrell (1957).

El método DEA es una técnica de optimización construida para medir la eficiencia relativa de un grupo de unidades organizacionales llamadas en la literatura unidades de toma de decisión (“*Decision Making Units*” – DMUs) en las cuales la presencia de múltiples insumos y productos hacen difícil la comparación de su desempeño. El Análisis Envolvente de Datos proporciona un método para comparar la eficiencia relativa sin el conocimiento de la función de producción, esto es, sin la necesidad de conocer una relación funcional de recursos y productos. El resultado de eficiencia en la presencia de múltiples recursos (*inputs*) y productos (*outputs*) se define de la siguiente forma:

$$Efficiency = \frac{\text{weighted sum of the outputs}}{\text{weighted sum of the inputs}}$$

Cabe también precisar que una DMU es eficiente siempre que no se obtengan los siguientes resultados:

- Orientación de *output*: una DMU no es eficiente si es posible aumentar cualquier *output* sin que se incremente cualquier *input* y sin que se disminuya cualquier otro *output*.
- Orientación de *input*: una DMU no es eficiente si es posible disminuir cualquier *input* sin que se aumente cualquier otro *input* y sin que se disminuya cualquier *output*.

Los modelos DEA más utilizados para el análisis de eficiencia son:

- Modelo CCR (1978): desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes que permite una evaluación objetiva de la eficiencia global e identifica las fuentes de ineficiencia; este modelo trabaja con rendimientos constantes de escala.
- Modelo BCC (1984): desarrollado por Banker, Charnes y Cooper distingue entre ineficiencias técnicas y de escala, estimando la eficiencia técnica pura a una escala dada de operaciones e identifica si están presentes rendimientos de escala crecientes, decrecientes y constantes para una futura exploración. Este modelo trabaja con rendimientos variables de escala, lo que permite que la unidad evaluada sea comparada con unidades de similar tamaño.

La formulación matemática del modelo CCR original puede ser presentada asumiendo primero que existen  $n$  DMUs, cada una con  $m$  *inputs* y  $s$  *outputs*, el resultado de eficiencia relativa de una DMU (denotándose por el subíndice 0) se obtiene resolviendo el modelo fraccionario propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978):

$$\text{Max.} \quad h_o = \frac{\sum_{r=1}^s v_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{i0}};$$

s.t.

$$\frac{\sum_{r=1}^s v_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$v_r, u_i \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

En este modelo,  $y_{rj}, x_{ij} \geq 0$  son constantes que representan las cantidades observadas en el  $r$  – ésimo *output* y en el  $i$  – ésimo *input* de la unidad de toma de decisión  $j$ . Las variables  $v_r, u_i \geq 0$  son los factores ponderadores que permiten obtener la medida escalar de eficiencia. El valor  $h_o$  satisface  $0 \leq h_o \leq 1$  y es el resultado de eficiencia en la cual  $h_o = 1$  indica el máximo de eficiencia y  $h_o < 1$  indica la ineficiencia de la unidad de toma de decisión. Por otro lado,  $h_o$  resulta invariante a las unidades de medida empleadas en las variables de *inputs* y *outputs*.

El programa fraccionario puede convertirse en uno de programación lineal empleando la siguiente transformación:

$$\sum_{i=1}^m u_i x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Remplazando esta última ecuación el modelo se puede escribir así:

$$\text{Max.} \quad h_o = \sum_{r=1}^s v_r y_{r0}$$

s.t.

$$\sum_{r=1}^s v_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m u_i x_{ij} \leq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m u_i x_{i0} = 1$$

$$v_r, u_i \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

La solución de este modelo proporciona las ponderaciones de *inputs* y de *outputs* que maximizan el resultado de eficiencia de la DMU<sub>0</sub> en evaluación. Para encontrar el resultado de eficiencia relativa de todas las DMUs, el modelo debe resolverse tantas veces como DMUs existan.

Para efectos de comparación de eficiencia, DEA identifica el grupo de referencia eficiente. Las DMUs eficientes se encuentran resolviendo el modelo. El dual del modelo (3) es el siguiente:

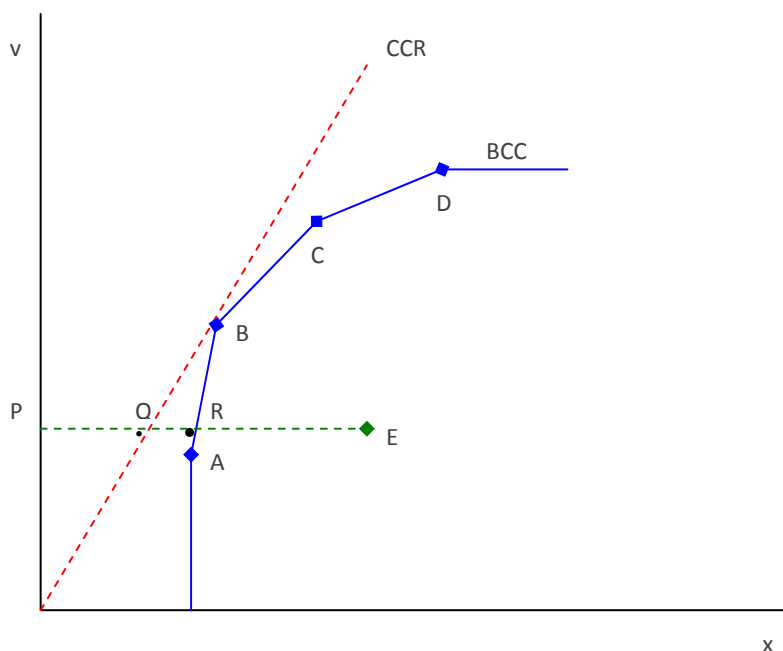
$$\text{Min} \quad \theta_0$$

s.t.

$$\begin{aligned}
\theta_0 x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\geq 0; & i = 1, 2, \dots, m \\
- y_{r0} + \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq 0; & r = 1, 2, \dots, s \\
\lambda_j &\geq 0 & j = 1, 2, \dots, n
\end{aligned} \tag{3}$$

A continuación se representa en la figura 1 las soluciones de la metodología DEA para los modelos CCR y BCC mediante un caso simplificado en el que la tecnología productiva emplea un *input* x y un *output* y, la línea sobre la que se encuentran los puntos A, B, C y D representan el modelo DEA BCC, estos puntos presentan la mejor razón *output / input* y reciben con este modelo un resultado de eficiencia igual a 1. Estas unidades, aunque son técnicamente eficientes, presentan diferentes rendimientos de escala; la línea segmentada, recta que une el origen con la unidad B, representa la frontera de eficiencia determinada por el modelo de CCR y refleja los rendimientos constantes de escala.

Gráfico 1: Fronteras de eficiencia CCR y BCC





## 2.2 Índice de Malmquist

Este índice se desarrolló a partir de las ideas iniciales de Malmquist (1953), cuyo objetivo fue elaborar un índice de cantidad para analizar el comportamiento del consumidor en relación con funciones de distancia.

Caves, Christensen & Diewert (1982) introducen el concepto de índice Malmquist, que se caracterizará por tener la capacidad de medir el cambio en función de productividad total de los factores de una unidad de decisión en diferentes periodos y descomponerlo en eficiencia técnica y cambio de tecnología.

Después Färe, R, Grosskopf, S. & Roos, P. (1998) propone un índice con las mismas características que Caves et al. (1982), pero basado en la composición de resultados de eficiencia generados por el método DEA.

El conjunto de posibilidades de producción, definido por la tecnología de producción; considerando que, para cada periodo  $t=1, \dots, T$ , la tecnología de producción,  $S_t$ , puede ser representada por la transformación del vector de insumos (*inputs*)  $x_t$  en el vector de productos (*outputs*)  $y_t$ , a través de:

$$S_t = \{(x_t, y_t) : x_t \text{ puede producir } y_t\} \quad (4)$$

Para una tecnología de producción dada, la función de distancia orientada por el producto puede ser definida, para el periodo  $t$ , como (Shephard, 1970) (Färe *et al.*, 1994):

$$D_t^o(x_t, y_t) = \inf \left\{ \theta : \left( x_t, \frac{y_t}{\theta} \right) \in S_t \right\} \quad (5)$$

La ecuación (6) es la inversa de la medida de eficiencia técnica propuesta por Farrell (1957):

$$D_t^o(x_t, y_t) = \inf \left\{ \theta : \left( x_t, \frac{y_t}{\theta} \right) \in S_t \right\} = (\sup \{ \theta : (x_t, \theta y_t) \in S_t \})^{-1} \quad (6)$$

siendo (6) una función homogénea de primer grado.

Para el caso de un único producto, la función de distancia-producto puede ser representada por:

$$D_t^o(x_t, y_t) = \frac{y_t}{F(x_t)} \quad (7)$$

donde  $F(x^t)$  es una función de producción representada como:

$$F(x_t) = \max\{y_t : (x_t, y_t) \in S_t\}$$

La función (6) devuelve el menor valor por el cual se puede dividir el producto, de modo que aun pertenezca a la frontera de producción definida por la tecnología  $S_t$ .

Como  $\theta \leq 1$ , al dividir el producto por el menor  $\theta$  posible, se está calculando la mayor expansión del producto  $y_t$ , dado el nivel de insumo  $x_t$  y la tecnología empleada.

El índice de Malmquist necesita que existan funciones de distancia, considerando dos periodos de tiempo diferentes para que se puedan medir los aumentos de la productividad total de los factores. Al igual que en (5) se puede definir una función de distancia para el periodo  $t+1$ . La función distancia en el tiempo  $t+1$  es el máximo cambio proporcional en el producto con la finalidad de que  $(x_{t+1}, y_{t+1})$  sea técnicamente posible, teniendo como referencia la tecnología en  $t$ , es decir:

$$D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1}) = \inf\left\{\theta : \left(x_{t+1}, \frac{y_{t+1}}{\theta}\right) \in S_t\right\} \quad (8)$$

se puede también definir la distancia en relación con la tecnología del tiempo  $t+1$ :  $D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1})$  y  $D_{t+1}^o(x_t, y_t)$ ; donde la distancia entre la observación del periodo  $t$  y la frontera de producción producto-orientado del periodo  $t+1$  está representada por  $D_{t+1}^o(x_t, y_t)$ ; por tanto, el cálculo del índice de Malmquist implica calcular las siguientes funciones de distancia:  $D_t^o(x_t, y_t)$ ,  $D_{t+1}^o(x_{t+1}, y_{t+1})$ ,  $D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})$  y  $D_{t+1}^o(x_t, y_t)$ .

Si la producción es técnicamente eficiente,  $(x_t, y_t)$  están en la frontera tecnológica y  $D_t^o(x_t, y_t) = 1$ ; en el caso que  $D_t^o(x_t, y_t) < 1$ , la producción es tecnológicamente ineficiente y  $(x_t, y_t)$  esta en el interior de la frontera tecnológica, en el instante  $t$ . en particular,  $D_t^o(x_t, y_t) \leq 1$  si y solo si  $(x_t, y_t) \in S_t$  y  $D_t^o(x_t, y_t) = 1$  si y solo si  $(x_t, y_t)$  es eficiente y se encuentra en la frontera tecnológica.

Caves *et al.* (1982) definen el índice de Malmquist orientado al producto usando la tecnología del periodo  $t$  como:

$$M_t^O(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \frac{D_{t+1}^O(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^O(x_t, y_t)} \quad (9)$$

La ecuación (9) mide el cambio de productividad debido a cambios en la eficiencia entre el periodo  $t$  y  $t+1$  dada la tecnología de producción en el periodo  $t$ . Las funciones de distancia para esta ecuación son definidas en el periodo  $t$ .

De esta misma forma, se define otro índice de Malmquist con la tecnología de producción para el periodo  $t+1$ :

$$M_{t+1}^O(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \frac{D_{t+1}^O(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^O(x_t, y_t)} \quad (10)$$

Según Färe *et al.* (1994), el tiempo de referencia de la tecnología es arbitraria y estos índices no necesariamente resultaron en el mismo valor, es decir, no hay que priorizar un índice respecto del otro, se define el índice de productividad de Malmquist como una media geométrica entre ambos índices (forma típica del índice de Fisher)

$$M_O(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \{ [M_t^O(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})] \times [M_{t+1}^O(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})] \}^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

$$M_O(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[ \frac{D_{t+1}^O(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^O(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}^O(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^O(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

La descomposición del índice en dos factores fue propuesto por Färe *et al.* (1989):

$$M_O(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) = \left[ \frac{D_{t+1}^O(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^O(x_t, y_t)} \right] \underbrace{\left\{ \left[ \frac{D_{t+1}^O(x_t, y_t)}{D_{t+1}^O(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}^O(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^O(x_{t+1}, y_{t+1})} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (13)$$

Efficiency change      Technological change

La variación de eficiencia técnica mide el cambio en la distancia a la cual una unidad productiva esta de la producción potencial máxima entre  $t$  y  $t+1$ , con la finalidad de verificar si la producción está más cerca (*catching up*) o más alejada de la frontera de producción. Los valores pueden ser menores, iguales o mayores que uno, lo que nos indica disminución, mantenimiento o mejora en la eficiencia técnica respectivamente.

La variación tecnológica es un índice que detecta los cambios técnicos, es decir, el progreso tecnológico, entre  $t$  y  $t+1$  y representa el desplazamiento de la frontera entre dos periodos de tiempo en relación con el uso de los insumos  $x_t$  y  $x_{t+1}$ .

El avance técnico es medido como una media geométrica de los cambios tecnológicos en relación con  $x_t$  y  $x_{t+1}$ .

Un incremento en el primer componente (variación de la eficiencia técnica) muestra una recuperación de la producción en relación con la frontera eficiente, mientras que, la mejora en el segundo componente indica innovación tecnológica. En consecuencia, el índice de Malmquist hace posible que se separe el *catching up* en relación con la frontera de los desplazamientos de la frontera. Es así, que la productividad puede ser influenciada por el progreso tecnológico y por el cambio en el indicador de eficiencia técnica, que ir en sentidos opuestos, anulando el uno al otro, o actuar en el mismo sentido, sumándose uno al otro.

### **2.3 Cálculo de los Índices de Malmquist a partir de la metodología del Data Envelopment Analysis (DEA)**

La medida de los cambios de productividad a lo largo del tiempo, puede ser obtenidos mediante diferentes técnicas, dependiendo del enfoque pueden ser mediante técnicas paramétricas o no paramétricas. La técnica que desarrollaremos a continuación es la que está basada en fronteras no-paramétricas determinísticas aplicado a la metodología DEA.

Los primeros en evaluar los cambios de productividad a través de la metodología DEA fueron Färe *et al.* (1989), usando esta para calcular el índice de productividad de Malmquist. Partieron de la idea de que el cambio en la productividad puede ser resultado de una combinación entre el cambio en la tecnología a lo largo del tiempo y el cambio en la eficiencia de la unidad individualmente, es así que descomponen el índice multiplicativamente con la finalidad de obtener los dos componentes.

Färe *et al.* (1989) se basaron en el hecho de que la función de distancia es idéntica a la inversa de la medida de eficiencia técnica de Farrell (1957), calculando las cuatro funciones distancias que constituyen el índice como soluciones de problemas de

programación lineal, siendo que estos algoritmos no requieren una especificación de una forma en particular para la función distancia.

La metodología DEA Malmquist es la combinación de los dos métodos, la medida de los cambios de productividad es hecha en dos etapas. En primer lugar, la frontera tecnológica es construida a través de la aplicación de la metodología DEA, lo que permite la obtención de las funciones de distancia y a partir de estas se obtiene el índice de productividad de Malmquist.

Por tanto, los siguientes problemas de programación lineal deben ser resueltos para el cálculo de  $M_{\theta}(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1})$ :

i.  $[D_t^o(x_t, y_t)]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta$

s.t.

$$-\theta y_{t,c} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$x_{t,c} - X_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

ii.  $[D_{t+1}^o(x_t, y_t)]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta$

s.t.

$$-\theta y_{t,c} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$x_{t,c} - X_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

iii.  $[D_t^o(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta$

s.t.

$$-\theta y_{t,t+1} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$x_{t,t+1} - X_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

iv.  $[D_{t+1}^0(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta$

s.t.

$$-\theta y_{t,t+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$x_{t,t+1} - X_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

## 2.4 Datos

Las variables consideradas fueron tomadas de *World Telecommunication Indicators Database* 2004, 2006, 2007 y 2009, construida por la ITU (*International Telecommunications Union*) con base en cuestionarios que envía la BDT (*Telecommunications Development Bureau*) de la ITU a los ministerios de telecomunicaciones y organismos de control de los países miembros. También se usó *Yearbook of Statistics de los años 2001-2006 y 2009 -2011*.

Además, de recurrir a la base de datos antes mencionada se ha hecho uso de estadísticas proporcionadas por los Organismos reguladores.

Los datos disponibles para este estudio cubren el periodo 1995 – 2007, información obtenida de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, complementados con datos de los organismos reguladores de cada país incluido en el estudio.

Los datos usados han sido tomados de bases de datos ITU<sup>1</sup>

- Ingresos totales de los servicios de telecomunicaciones

Esta expresado en millones de dólares a tasa de cambio media anual por US\$.

Son los ingresos obtenidos de la provisión directa de instalaciones para proporcionar servicios de telecomunicaciones al público (es decir, sin incluir los ingresos de los revendedores). Se incluyen los ingresos procedentes del servicio telefónico fijo, de las comunicaciones móviles, de las comunicaciones de texto (télex, telégrafo y fax), de circuitos arrendados y de datos.

- Número de líneas telefónicas principales en función

Es el número de líneas telefónicas que conectan el equipo de terminal del abonado a la red pública con conmutación y que disponen de un puerto especializado en el equipo de la central telefónica. Este término es sinónimo de estación principal o línea telefónica de abonado, que se utilizan habitualmente en los documentos de telecomunicaciones. Esta expresado en miles de unidades.

Su significado no es necesariamente idéntico a línea de acceso o abonado. La definición de línea de acceso varía según los países. En algunos casos, se trata de la capacidad total instalada (y no de líneas en servicio). En otros casos, el término se refiere a todos los puntos de acceso a la red, incluidos los abonados móviles celulares. En la categoría de abonados telefónicos no se incluyen generalmente los teléfonos públicos, que sí se incluyen en las líneas principales.

- Personal de telecomunicaciones a tiempo completo

Indica el número de efectivos del sector de los servicios de telecomunicaciones.

Se contabiliza el personal a tiempo completo contratado por los operadores de redes de telecomunicaciones en el país para la provisión de servicios públicos de telecomunicaciones. En general, el personal a tiempo parcial se contabiliza en términos de personal equivalente a tiempo completo.

- Inversiones anuales en telecomunicaciones.

Esta expresado en millones de dólares a tasa de cambio media anual por US\$.

---

<sup>1</sup> Las definiciones de los datos están establecidos por la ITU. (DEFINITIONS OF WORLD TELECOMMUNICATION/ICT INDICATORS)

Son los gastos asociados a la adquisición de la propiedad de infraestructura de equipo de telecomunicaciones (incluidos los terrenos y los edificios, así como la propiedad intelectual no tangible, como los programas informáticos). Se cuentan aquí los gastos en instalaciones iniciales y en ampliación de las instalaciones existentes.

### **3. Eficiencia de las telecomunicaciones en Sudamérica**

En el ámbito regional se plantea estudiar la eficiencia en el desarrollo de las infraestructuras de las telecomunicaciones durante el proceso regulatorio vivido, en el periodo 1991 – 2007. Además, también se hará uso de este modelo para sustentar la hipótesis sobre la convergencia en el desarrollo de las infraestructuras de telecomunicaciones en Sudamérica.

#### *Inputs:*

- Inversión en telecomunicaciones, son los gastos asociados a la adquisición de la propiedad de infraestructura de equipo de telecomunicaciones, expresado en dólares a tasa de cambio media anual por US\$, este input es de tipo capital.
- Personal a tiempo completo: es aquel que se dedica a tiempo completo y está contratado por los operadores de redes de telecomunicaciones en cada país para la provisión de servicios públicos de telecomunicaciones. Si existe personal a tiempo parcial se contabiliza en términos de personal equivalente a tiempo completo. Input de tipo trabajo.

#### *Outputs:* Se especifica de acuerdo a cada modelo a ser usado:

- Modelo 1: Número de líneas telefónicas principales, se usa para evaluar la eficiencia con que se proporciona la infraestructura de telecomunicaciones fijas.
- Modelo 2: Número de líneas telefónicas principales y porcentaje de líneas principales digitales, con este modelo se pretende evaluar la calidad de la infraestructura de las telecomunicaciones fijas).
- Modelo 3: El número de líneas telefónicas principales, el número de



suscriptores de telefonía móvil y el porcentaje de líneas digitales principales; en este modelo consta de tres aspectos de *outputs* de operadores de telecomunicaciones, evaluando cantidad y calidad de telecomunicaciones fijas y cantidad de servicios móviles provistos.

**Cuadro 1:** Eficiencia del sector de telecomunicaciones en América del Sur

Año	MODELO 1 Media (SD)	MODELO 2 Media (SD)	MODELO 3 Media (SD)
1991	80,75 (27,55)	93,61 (17,73)	
1992	75,02 (28,45)	90,12 (16,67)	
1993	78,07 (28,54)	91,79 (13,18)	
1994	81,22 (26,67)	93,15 (11,69)	94,92 (10,82)
1995	81,88 (22,71)	95,10 (8,53)	97,26 (6,28)
1996	91,08 (14,68)	97,87 (6,75)	100,00 ( )
1997	89,20 (14,7)	95,90 (8,79)	98,28 (5,44)
1998	92,08 (16,78)	96,70 (10,45)	100,00 ( )
1999	87,41 (17,44)	95,96 (9,83)	99,24 (1,61)
2000	79,55 (27,72)	96,84 (6,46)	99,91 (,28)
2001	68,20 (30,59)	96,19 (6,61)	99,63 (1,17)
2002	71,60 (28,21)	96,31 (6,57)	98,64 (2,81)
2003	76,32 (28,49)	98,25 (3,82)	98,48 (3,74)
2004	73,62 (27,67)	96,54 (6,65)	97,33 (4,85)
2005	74,63 (25,39)	97,58 (3,52)	98,13 (3,84)
2006	79,82 (22,49)	99,51 (3,60)	98,33 (1,74)
2007	83,12 (20,15)	98,69 (2,98)	99,65 (2,01)

Sobre el modelo 1 se afirma que a nivel regional la eficiencia al momento de proporcionar la infraestructura para las telecomunicaciones presenta sus mejores resultados para los años 1996 a 1999 que coincide con los años en que la región presenta procesos de privatización en cada uno de los países.

Sobre la calidad de esta infraestructura (modelo 2) se ve a través de los resultados que esta se va afianzando en los años posteriores a 1999 presentando altos valores de eficiencia como media de la región y con una desviación relativamente baja.

Los resultados arrojados del modelo 3, donde los datos son presentados a partir del año 1994 (ingresos de los móviles al mercado de las telecomunicaciones), los resultados de la evaluación son mucho mejores que los anteriores dos modelos, llegando a obtener en los años 1996 y 1998 los mejores resultados de eficiencia para la región. Este hecho nos muestra que el ingreso de la telefonía móvil dio un fuerte impulso a las telecomunicaciones de la región.

**Cuadro 2:** Evolución media de la productividad para el periodo 1994-2007

	País	Índice Malmquist	Cambio tecnológico (TC)	Cambio eficiencia técnica (EC)
1	Argentina	1,0025	1,0511	0,9537
2	Bolivia	1,0141	1,001	1,013
3	Brasil	1,1274	1,2073	0,9338
4	Chile	1,0358	1,000	1,0358
5	Colombia	1,0263	0,9891	1,0376
6	Ecuador	0,9891	1,000	0,9891
7	Paraguay	0,9807	1,1244	0,8721
8	Perú	1,0535	0,9954	1,0583
9	Uruguay	1,0245	0,9911	1,0336
10	Venezuela	0,9671	1,0005	0,9666
	Mean	1,0221	1,0359	0,9893

Los valores medios del índice Malmquist obtenidos para el periodo 1994-2007 indican que el sector de las telecomunicaciones en América del Sur han conseguido un

crecimiento de su productividad, siendo en promedio del 2,21% anual. Siete países presentan una mejora del desempeño, siendo Brasil, el país que mejor desempeño obtuvo, 12,74%; seguido de Perú con un 5,35% , además de Chile (3,58%).

Se observa que el “cambio tecnológico” es el causante del crecimiento en la eficiencia, con una media geométrica del 3,6%. En mitad de los países el “cambio en eficiencia técnica” ha decrecido. Estos resultados indican que se ha realizado esfuerzos para que el sector de telecomunicaciones mejore su desarrollo a través de la innovación tecnológica.

#### **4. Conclusiones**

El cambio tecnológico ha reducido los costos y aumentado la capacidad de las redes de telecomunicación. Ello ha permitido la convergencia del sector de las telecomunicaciones, el audiovisual y los sectores de las tecnologías de la información y la informática. El desarrollo de tecnologías con mayores posibilidades de adaptación vía software permite a los operadores ajustar más fácilmente sus servicios a las necesidades y demandas de sus usuarios. Además de remover las barreras de entrada que presentaba el sector en América del Sur.

Los resultados indican que existe una relación entre países más competitivos y eficiencia técnica. También indican asociación entre innovación y estructuras monopolísticas. Aunque no se puede indicar una relación de causalidad.

La productividad ha avanzado en mayor medida en países que iniciaron pronto la liberalización del mercado de telecomunicaciones frente a otros que han tardado en realizar la liberalización del mercado. Aunque pueden existir otras circunstancias que incrementen la productividad, tales como fusiones, ventas, incentivos, etc.

Aunque las Tecnologías de la Información no son la solución para los problemas que tienen los países Latinoamericanos, si pueden contribuir en cierta medida a su solución, en sectores como la educación, la salud, etc., en razón a ello sería importante evaluar la relación entre el crecimiento de las ICT y el desarrollo económico de estos países, siendo esta una vía aún poco desarrollada en razón a que no se dispone de la suficiente información estadística de la región.

## 5. Bibliografía

- Ariff, M; Cabanda, E; Sathye, M.(2009). Privatization and performance: evidence from telecommunications sector. *The Journal of the Operational Research Society*, 60 (10), 1315-1321.
- Caves, D.W., Christensen, L.R. & Diewert, W.E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, 50 (6), 1393-1414
- Efron, B. (1979). Bootstrap Methods: another Look at the Jackknife. *Annals of Statistics*, 7( 1), 1-26.
- Färe, R., Grosskopf, S. , Lindgren, B. & Roos, P. (1989). Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach. *Discussion Paper*, 89-3. Department of Economics, Southern Illinois University, Carbondale.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. & Zhang, Z. (1994a). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, Vol. 84(1), 66-83.
- Färe, R., Grosskopf, S. & Roos, P. (1998). Malmquist Productivity Indexes: A Survey of Theory and Practice. En Färe, R., Grosskopf, S. & Russell, R. (Eds.), *Index Numbers Essays in Honour of Sten Malmquist* (pp. 127-190). Kluwer Academic Publishers
- Fink, C., Mattoo, M. & Rathindran, R. (2003). An assessment of telecommunications reform in developing countries. *Information Economics and Policy*, 15 (4), 443–466.
- Inklaar, R., Timmer, M. & Ark, B. (2008). Market services productivity across Europe and the US. *Economic Policy*, 53, 140-194.
- Kang, C. (2009). Privatization and production efficiency in Taiwan's telecommunications industry. *Telecommunications Policy*, 33 (9), 495-505
- Lam, P. L. & Shiu, A. (2010). Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: Evidence around the world. *Telecommunications Policy*, 34 (4), 185-199.
- Li, W. & Xu, L. (2004).The impact of privatization and Competition in the Telecommunications Sector around the World., *The Journal of Law and Economic*, 47, (2), 1-40.

Madden, G., & Savage, S. (1999). Telecommunications productivity, catch-up and innovation. *Telecommunications Policy*, 23 (1), 65-81.

Shephard, R. (1970). *Theory of cost and production functions*. Princeton University Press, Princeton, NJ

ITU. (2004). *World Telecommunication/ICT Indicators Database* (8<sup>th</sup> ed.) [CD-ROM]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU. (2006). *World Telecommunication/ICT Indicators Database* (10<sup>th</sup> ed.) [CD-ROM]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU. (2007). *World Telecommunication/ICT Indicators Database* (11<sup>th</sup> ed.) [CD-ROM]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU.(2001). *Yearbook of Statistics Chronological Time Series 1990-1999*. (27<sup>th</sup> ed.). [Acrobat Reader]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU.(2002). *Yearbook of Statistics Chronological Time Series 1991-2000*. (28<sup>th</sup> ed.). [Acrobat Reader]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU.(2003). *Yearbook of Statistics Chronological Time Series 1992-2001*. (29<sup>th</sup> ed.). [Acrobat Reader]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU.(2004). *Yearbook of Statistics Chronological Time Series 1993-2002*. (30<sup>th</sup> ed.). [Acrobat Reader]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU.(2005). *Yearbook of Statistics Chronological Time Series 1994-2003*. (31<sup>th</sup> ed.). [Acrobat Reader]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU.(2006). *Yearbook of Statistics Chronological Time Series 1995-2004*. (32<sup>th</sup> ed.). [Acrobat Reader]. Geneva: International Telecommunication Union.

ITU.(2009). *Yearbook of Statistics Chronological Time Series 1999-2008*. (35<sup>th</sup> ed.). [Acrobat Reader]. Geneva: International Telecommunication Union.