

**METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE  
PROYECTOS RELACIONADOS CON UN SISTEMA INTERCONECTADO  
DE ENERGIA ENTRE DOS PAÍSES**

**por**

**Claudia Botteon y Coloma Ferrá**

**Universidad Nacional de Cuyo**

**Agosto 2002**

# METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS RELACIONADOS CON UN SISTEMA INTERCONECTADO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ENTRE DOS PAÍSES

Claudia Botteon y Coloma Ferrá

## I. Introducción

El objetivo de este trabajo es elaborar metodologías de evaluación socioeconómica que sean aplicables a los siguientes tipos de proyectos relacionados con la exportación-importación de energía eléctrica entre dos países:

- Proyecto de interconexión de sistemas energéticos entre dos países a fin de permitir la importación y exportación de energía eléctrica.
- Proyecto de producción de energía eléctrica en uno de los países involucrados, en el caso en que los mercados de ambos países ya se encuentran interconectados.

La evaluación de este tipo de proyectos, por involucrar en forma directa a dos países, tiene algunas particularidades con relación a la de proyectos similares que se ejecutan totalmente dentro de un país. A lo largo del trabajo sólo se analizan minuciosamente los aspectos metodológicos que son propios de este tipo de proyectos, sin entrar en detalles sobre lo que es estándar en la evaluación socioeconómica de proyectos.<sup>1</sup>

Los puntos de vista a partir de los cuales se puede realizar la evaluación son:

- Privado, para el inversor.
- Socioeconómico, desde el punto de vista de cada uno de los países involucrados, o desde la óptica del conjunto.

En este trabajo se analiza solamente la metodología a seguir para hacer la evaluación socioeconómica desde el punto de vista de cada uno de los países involucrados. La evaluación socioeconómica desde la óptica del conjunto resulta de sumar los resultados obtenidos a partir del punto de vista de cada país, expresados ambos en la misma moneda.

En principio, se consideran dos casos básicos:

- Que el inversor sea nacional, es decir, residente del país en cuestión.
- Que el inversor sea extranjero.

Si el caso real es una situación en la que intervienen inversores nacionales y extranjeros, la evaluación socioeconómica deberá considerar la participación porcentual de cada uno.

Si se concluye que la ejecución del proyecto es socialmente conveniente, la evaluación desde el punto de vista privado es importante para determinar las condiciones en las cuales un inversor privado estaría interesado en hacer la inversión.

Los supuestos generales de estas metodologías son los siguientes:

1. Los mercados no están distorsionados. Esto implica, entre otras cosas, que la curva de demanda doméstica de un bien representa el beneficio marginal social de su consumo, y que la curva de oferta doméstica representa el costo marginal social de producir el bien dentro del país.
2. Salvo que se indique lo contrario, las curvas de demanda y de oferta domésticas tienen elasticidad-precio normales (es decir, ese parámetro no presenta valores extremos).
3. Las curvas de demanda y oferta son rectas en el tramo relevante, lo cual facilita las expresiones matemáticas. Cuando este supuesto no sea adecuado, se indica cómo se debe proceder.
4. Los tipos de cambio no se modifican como consecuencia del proyecto.

5. Se supone lo siguiente respecto de la interconexión:

- Un concesionario construye y opera la interconexión. Puede ocurrir que al cabo de determinado número de años ella sea transferida a los gobiernos de ambos países.
- Ese concesionario puede ser nacional o extranjero con relación a los países involucrados.
- Aunque cada uno de estos países tenga cierto grado de poder monopólico-monopsónico con relación al otro país, actúan en condiciones similares a la competencia perfecta. Esto implica la necesidad de establecer condiciones mínimas de reciprocidad y de simetría entre los mercados mayoristas de los países involucrados.

## II. Aclaraciones preliminares

Dado que la energía eléctrica requiere una determinada infraestructura (líneas de transmisión, etc.) para su transporte, ella puede ser comerciada internacionalmente pero sólo entre países relativamente cercanos. Esto la convierte en un bien comerciable "regionalmente".

Es importante destacar que en este trabajo se hará referencia a país A (exportador) y a país B (importador). Sin embargo, ello no implica que un mismo país sea solo exportador o importador de energía. Un país puede importar energía en cierto período y exportar en otro. En cada una de las metodologías se indica cómo proceder en la evaluación para considerar estas situaciones.

Las metodologías se desarrollan utilizando gráficos que constan de tres partes. Tomando como ejemplo el gráfico N° 1, en la parte (a) se encuentran las curvas de demanda (D) y de oferta (S) domésticas de energía eléctrica (bien X) del país A; en la parte (c), la demanda y la oferta domésticas del país B; y en la (b) el exceso de demanda (o demanda de importaciones) del país B ( $D^{exc}$ ), el exceso de oferta ( $S^{exc}$ ) y la oferta de exportaciones ( $S^{exp}$ ) del país A.<sup>2</sup>

Las curvas de oferta y demanda domésticas de cada país se encuentran originalmente expresadas en sus propias monedas. Consecuentemente, la curva de exceso de demanda y la de exceso de oferta de cada país también están expresadas en moneda local.

Sin embargo, para determinar gráficamente los volúmenes de comercio entre países, las curvas relevantes deben estar expresadas en una misma moneda.

En los gráficos, se ha optado por expresar los precios en moneda del país A (\$A), aunque luego los beneficios y costos para cada país se expresan en su propia moneda. Por otra parte, se utiliza el símbolo  $\pi$  para indicar el precio de la energía (CIF o FOB, según que el país sea importador o exportador, respectivamente) expresado en divisas. La divisa se define como la moneda con la que se comercia con el resto del mundo.

Todo lo anterior implica que existen tres tipos de cambio relevantes:

- $R_A$  (unidades de moneda de A por unidad de divisa)
- $R_B$  (unidades de moneda de B por unidad de divisa)
- $R_{AB}$  (unidades de moneda de A por unidad de moneda de B).

y se cumple que  $R_B \cdot R_{AB} = R_A$ .

Para expresar las curvas de la parte (c) del gráfico en moneda de A, a partir de las curvas de demanda y de oferta domésticas del país B que inicialmente se encuentran expresadas en moneda de B, se procede como sigue: a la ecuación del precio (expresado en moneda de B) en función de la cantidad se la multiplica por  $R_{AB}$ .<sup>3</sup>

Por otra parte, se debe tener en cuenta que el precio doméstico en un país es igual a:

En el país A:  $P^A = \pi^A \cdot R_A$ , expresado en moneda de A.

En el país B:  $P^B = \pi^B \cdot R_B$ , expresado en moneda de B, y

$P^B \cdot R_{AB} = \pi^B \cdot R_B \cdot R_{AB} = \pi^B \cdot R_A$ , expresado en moneda de A.

### III. Proyecto de interconexión de los mercados de energía eléctrica de dos países

En este caso se analizan los efectos de un proyecto que consiste en interconectar los mercados de energía eléctrica de dos países a fin de permitir las operaciones de importación y exportación de ese bien. Es decir, a los efectos del análisis se supone que el proyecto permite iniciar el comercio de energía eléctrica a nivel mayorista entre los países A y B. Su realización implica tener que realizar una serie de inversiones (construcción de líneas, subestaciones, transformadores, etc.) para luego operar el servicio de interconexión.

Tal como se indicó precedentemente, se hará referencia a país A (exportador) y a país B (importador) a fin de realizar una exposición ordenada de los efectos del proyecto. Si un país es exportador en determinada época del año e importador en otra, para efectuar la evaluación socioeconómica desde el punto de vista de ese país, los efectos asociados al primer período se estiman según lo indicado para el país A, mientras que los del segundo se estiman según lo que se desarrolla para el país B.

Esta situación se representa en el gráfico N° 1, que consta de las tres partes indicadas precedentemente.

En la situación sin proyecto, las cantidades consumidas y producidas de energía dentro de cada país son iguales entre sí y se encuentran representadas respectivamente por  $X^c_0$  y  $X^p_0$  en las partes (a) y (c) del gráfico. Los precios vigentes en cada país son los de autarquía:  $P^A_0$  en A y  $P^B_0$  en B.

Para determinar el equilibrio en la situación con proyecto, hay que tener en cuenta que la curva de oferta de exportaciones de A se enfrenta con la demanda de importaciones de B y que existen costos de transporte de la energía.

#### a) Curva de oferta de exportaciones de A

Para el país A, la curva de oferta de exportaciones ( $S^{exp}$ ) no coincide con la curva de exceso de oferta ( $S^{exc}$ ) resultante de la diferencia entre las curvas de oferta y de demanda domésticas.

Esto se debe a que el transporte internacional de energía tiene asociadas pérdidas físicas de energía<sup>4</sup>. Es decir, el excedente exportable de energía del país A (diferencia entre lo que se produce y se consume domésticamente) es mayor que la cantidad que efectivamente recibe el país B. Esta es la cantidad importada por B y se define también como la cantidad efectivamente exportada por A.

La oferta de exportaciones que incluye el efecto de esas pérdidas físicas de energía, se obtiene de la manera que se indica a continuación.

Por una parte, la curva de exceso de oferta indica la máxima cantidad de energía que los productores locales están dispuestos a vender al exterior a cada precio (precio que, en equilibrio, debe ser igual al precio doméstico).<sup>5</sup>

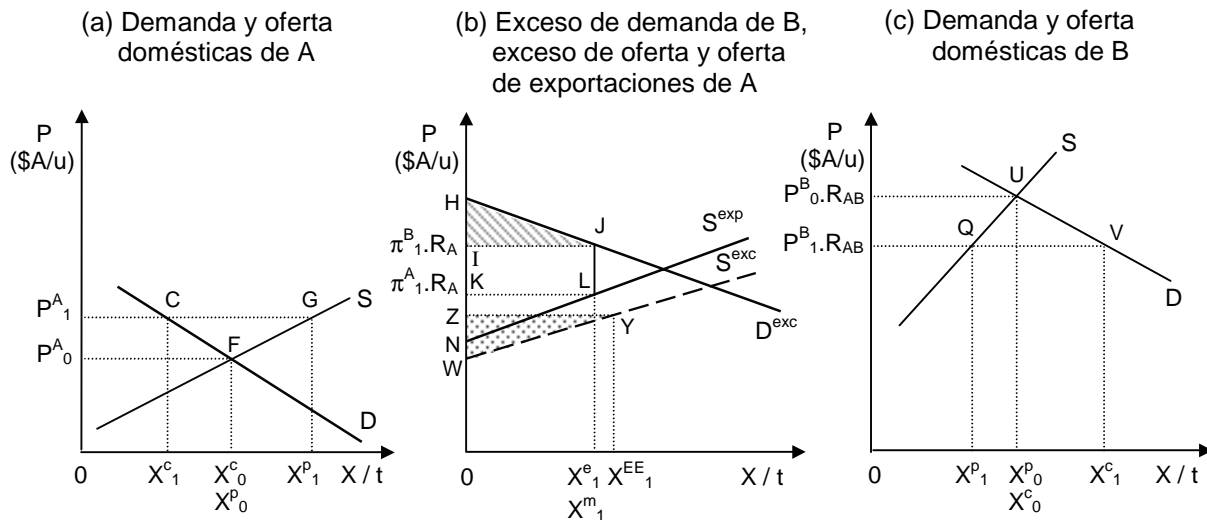
Además, existe una relación física entre la cantidad que representa el excedente exportable ( $X^{EE}$ ) y la cantidad que efectivamente se exporta ( $X^e$ ):

$$X^{EE} = f(X^e)$$

que puede depender también de otras variables y ser o no proporcional.

Sobre la base de estos dos conceptos se concluye que el precio de cada unidad efectivamente exportada debe ser tal que el ingreso total proveniente de exportaciones ( $IT^e$ ) sea igual al ingreso total de vender el correspondiente excedente exportable ( $IT^{EE}$ ). La oferta de exportaciones surge de esta igualdad.

## Gráfico N° 1



El ingreso total en función del excedente exportable puede expresarse como:

$$IT^{EE} = P^A \cdot X^{EE} = P^A \cdot f(X^e) = g(X^e)$$

El ingreso total en función de la cantidad efectivamente exportada es igual al precio FOB en \$A multiplicado por la respectiva cantidad:

$$IT^e = \pi^A \cdot R_A \cdot X^e$$

Entonces, debe cumplirse que:  $\pi^A \cdot R_A \cdot X^e = g(X^e)$

A partir de esta expresión, se obtiene la función de oferta de exportaciones ( $S^{exp}$ ), despejando el precio internacional en moneda de A ( $\pi^A \cdot R_A$ ):

$$\pi^A \cdot R_A = g(X^e) / X^e$$

que gráficamente es la curva  $S^{exp}$  y se encuentra a la izquierda de la curva de exceso de oferta de A.<sup>6</sup>

A título de ejemplo, para que A pueda exportar efectivamente a B la cantidad  $X^e_1$  de la parte (b) del gráfico, es necesario que genere un excedente exportable igual a  $X^{EE}_1$ . Los productores de A sólo estarán dispuestos a vender al país B esa cantidad si el precio es  $\pi^A_1 \cdot R_A$ , ya que con él se aseguran que el ingreso total proveniente de exportar efectivamente  $X^e_1$  (área  $0KLX^e_1$ ) es el mismo que hubiesen obtenido de vender el correspondiente excedente exportable  $X^{EE}_1$  (área  $X^C_1CGX^p_1$  de la parte (a) o su equivalente, de la parte (b),  $0ZYX^{EE}_1$ ).

### b) Costo de transporte de la energía

El proyecto tiene asociados costos de inversión y de operación (fijos y variables) de la interconexión. Se supone que el concesionario, para cubrir los costos, cobra un peaje por unidad de energía efectivamente exportada, el cual está representado por el segmento JL de la parte (b) del gráfico.

La situación de equilibrio con proyecto es la indicada con el subíndice 1, y se obtiene de la siguiente manera:

- Con las curvas de exceso de demanda del país B y la de oferta de exportaciones del A, y teniendo en cuenta el costo unitario de transporte, queda determinada la cantidad efectivamente exportada por A (igual a la cantidad importada por B).
- Se busca el punto sobre la curva de exceso de oferta de A que cumpla con la condición que el ingreso total proveniente de exportaciones sea igual al ingreso total de vender el correspondiente excedente exportable. De esta forma queda determinado el excedente exportable y el precio interno en el país A.

Entonces, como consecuencia del proyecto, ocurre lo siguiente:

- En el país A sube el precio doméstico de la energía hasta  $P^A_1$ , y las cantidades consumidas y producidas pasan a ser  $X^c_1$  y  $X^p_1$ , en la parte (a) del gráfico. La diferencia entre ambas es igual al excedente exportable  $X^{EE}_1$ , el cual puede observarse en la parte (b). La pérdida física de energía debida al transporte es igual a  $X^{EE}_1 - X^e_1$ .
- En el país B baja el precio doméstico de X hasta  $P^B_1 \cdot R_{AB}$ , y las nuevas cantidades consumidas y producidas son  $X^c_1$  y  $X^p_1$ , en la parte (c) del gráfico. La diferencia entre ambas es igual a la cantidad importada ( $X^m_1$ ) desde el país A, en la parte (b).

Los efectos reales a que da lugar el proyecto se dividen en grandes grupos, y cada uno de ellos tiene su propia metodología de evaluación. En forma esquemática estos efectos se clasifican en:

- Cambios en consumo, producción y divisas disponibles debido al comercio
- Ingreso de divisas por el cobro de peaje
- Costos directos del proyecto
- Impuesto a las ganancias y pago de regalías.

A continuación se hace un análisis detallado de cada uno de esos grupos, desde el punto de vista de cada uno de los países involucrados, para los casos de concesionario nacional y extranjero.

### A. Cambios en consumo, producción y divisas disponibles debido al comercio

El análisis de estos efectos se hace desde el punto de vista de los países A y B y es válido tanto para concesionario nacional como extranjero.

#### 1. Punto de vista del país A

Debido a que como consecuencia del proyecto aumenta el precio interno de la energía, ocurren los siguientes efectos:

- Disminución en el consumo doméstico

Constituye un costo igual al área  $X^c_1CFX^c_0$  en la parte (a) del gráfico. Matemáticamente<sup>7</sup>:

$$(X^c_0 - X^c_1) \cdot \frac{P^A_0 + P^A_1}{2}$$

- Aumento en la producción doméstica

Es un costo por uso de recursos, igual al área  $X^p_0FGX^p_1$  en la parte (a) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X^p_1 - X^p_0) \cdot \frac{P^A_0 + P^A_1}{2}$$

En este caso, la suma de ambos costos es igual al área  $0WYX^{EE}_1$  de la parte (b) del gráfico<sup>8</sup>. En el anexo I se demuestra que esta área coincide con  $0NLX^e_1$ , sólo si existe una relación de tipo proporcional entre la cantidad efectivamente exportada y el excedente exportable.

- Cambio en las divisas disponibles debido al comercio

Como consecuencia del proyecto, el bien se vende al precio FOB que el país A cobra por cada unidad que efectivamente exporta al país B (es decir,  $\pi^A_1$ ). Esto implica una entrada de divisas igual a  $X^e_1 \cdot \pi^A_1$ .

El valor social de esas divisas resulta de multiplicar su cantidad por el tipo de cambio social relevante para el país A ( $R^*_A$ ), es decir:

$$X^e_1 \cdot \pi^A_1 \cdot R^*_A$$

Si el tipo de cambio social coincide con el de mercado, gráficamente este beneficio es el área  $0KLX^e_1$ , o su equivalente, área  $0ZYX^{EE}_1$ .

- Suma de los tres efectos

El beneficio neto para A, por período, que resulta de considerar la suma algebraica de los efectos anteriores es:

$$BN_A = -(\Delta X^c + \Delta X^p) \cdot \frac{P_0^A + P_1^A}{2} + X_1^e \cdot \pi_1^A \cdot R_A^*$$

Si el tipo de cambio social en A coincide con el de mercado, ese beneficio neto resulta igual a la diferencia entre las áreas  $0ZYX^{EE}_1$  y  $0WYX^{EE}_1$ , de la parte (b) del gráfico. También puede verse por el área WZY (rellena con puntos) de la parte (b), o su equivalente, FCG de la parte (a).

## 2. Punto de vista del país B

A continuación se indican los efectos del proyecto para el país B, expresados en su propia moneda. Como las áreas del gráfico están expresadas en moneda del país A, para que queden expresadas en moneda de B, deben ser divididas por  $R_{AB}$ . En adelante se hace referencia a las áreas “corregidas” cuando ellas deban ser divididas por  $R_{AB}$ .

Debido a que como consecuencia del proyecto disminuye el precio interno de la energía en el país B, ocurre lo siguiente:

- Aumento en el consumo doméstico

Esto constituye un beneficio igual al área “corregida”  $X^c_0UVX^c_1$  la parte (c) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X_1^c - X_0^c) \cdot \frac{P_0^B + P_1^B}{2}$$

- Disminución en la producción doméstica

Se trata de un beneficio igual al área “corregida”  $X^p_1QUX^p_0$  en la parte (c) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X_0^p - X_1^p) \cdot \frac{P_0^B + P_1^B}{2}$$

La suma de ambos beneficios es igual al área “corregida”  $0HJX^m_1$  de la parte (b).

- Cambio en las divisas disponibles debido al comercio

En la situación con proyecto, el bien se importa al precio CIF que el país B paga por cada unidad que le compra al país A (es decir,  $\pi^B_1$ ). Esto se traduce en un costo para B debido a la salida de divisas.

El valor social de esas divisas resulta de multiplicar su cantidad ( $X^m_1 \cdot \pi^B_1$ ) por el tipo de cambio social en el país ( $R^*_B$ ), es decir:

$$X^m_1 \cdot \pi^B_1 \cdot R^*_B$$

Si los tipos de cambio social y de mercado de B coinciden, este costo es igual al área “corregida”  $0IJX^m_1$ .

- Suma de los tres efectos

El beneficio neto para B, por período, resulta de considerar los efectos anteriores:

$$BN_B = +(\Delta X^c + |\Delta X^p|) \cdot \frac{P_0^B + P_1^B}{2} - X^m_1 \cdot \pi^B_1 \cdot R^*_B$$

Si el tipo de cambio social de B coincide con el de mercado, el beneficio neto para el país resulta ser igual al área “corregida” IHJ (rellena con rayas) de la parte (b) del gráfico, o su equivalente “corregida” QUV de la parte (c).

## B. Ingreso de divisas por el cobro de peaje

Si el concesionario del proyecto es nacional, el ingreso de divisas por el cobro de peaje por transporte de energía es un beneficio para el país. En cambio, si es extranjero, no corresponde computar un beneficio por este concepto, ya que quien recibe las divisas no forma parte de este país.

### 1. Concesionario nacional del país A

Lo que se presenta a continuación debe ser tenido en cuenta cuando se hace la evaluación del proyecto desde el punto de vista del país A. Esto es así porque en el caso en que el concesionario sea nacional de A, este país tiene un ingreso de divisas por cobro del peaje, lo cual constituye un beneficio.

Tal como se indicó precedentemente, el peaje en divisas ( $\pi_X^{PE}$ ) se define por unidad de energía efectivamente exportada entre ambos países, de modo que las divisas que ingresan al país A por este concepto son:  $X_1^e \cdot \pi_X^{PE}$ . La valoración social de esas divisas resulta de multiplicarlas por el tipo de cambio social:

$$X_1^e \cdot \pi_X^{PE} \cdot R_A^*$$

Gráficamente el valor de mercado de esas divisas es igual al área KIJL.

Es importante notar que en la situación con proyecto, A recibe de B una cantidad total de divisas cuyo valor mercado es igual al área  $0IJX_1^e$ . Dado que al computar el cambio en las divisas disponibles debido al comercio se consideró un ingreso que tiene un valor de mercado igual al área  $0KLX_1^e$ , corresponde agregar como beneficio el área KIJL, en concepto de peaje.

### 2. Concesionario nacional del país B

Si el concesionario es nacional de B, al hacer la evaluación del proyecto desde el punto de vista de ese país debe computarse un beneficio por el ingreso de divisas por cobro del peaje. Este beneficio es igual a:

$$X_1^m \cdot \pi_X^{PE} \cdot R_B^*$$

A valores de mercado este beneficio es igual al área “corregida” KIJL del gráfico.

Nuevamente es importante tener en cuenta que en la situación con proyecto, B paga en total al país A una cantidad de divisas cuyo valor mercado es igual al área “corregida”  $0KLX_1^m$ . Como previamente se consideró el costo por salida de divisas debido al comercio, que tiene un valor de mercado igual al área “corregida”  $0IJX_1^m$ , corresponde agregar un beneficio igual el área “corregida” KIJL, en concepto de peaje.

## C. Costos directos de inversión y operación del proyecto

Son los costos que se originan en la construcción y operación del proyecto. A los efectos de la valoración social de estos conceptos, es necesario distinguir entre concesionario nacional y extranjero.

### 1. Concesionario nacional

Si el concesionario del proyecto es nacional del país desde cuyo punto de vista se hace la evaluación, deben considerarse los costos sociales de todos los insumos (comprados dentro y fuera del país) que se requieren para la inversión y para la operación del proyecto:

$$\sum_i CSY_{Inv}^{**} + \sum_i CSY_{Ope}^{**}$$

donde: CSY es costo social de los insumos.

i indica que la suma incluye tanto insumos comprados dentro como fuera del país.

\*\* indica que deben considerarse los costos sociales de los insumos con efectos primarios y secundarios.



## 2. Concesionario extranjero

Si el concesionario es extranjero, en cada uno de los mercados de insumos *comprados dentro del país*<sup>9</sup> se observa un costo y un beneficio:

- El costo está dado por el valor social de esos insumos, para la inversión y para la operación del proyecto:

$$\sum_j CSY_{Inv}^{**} + \sum_j CSY_{Ope}^{**}$$

donde: j indica que la sumatoria incluye sólo los insumos comprados dentro del país.

- El beneficio se debe al ingreso de divisas por el pago que el inversor extranjero hace a quien le provee estos insumos, es decir, el costo privado de los insumos (CPY) corregido por el cociente entre el tipo de cambio social y el de mercado:

$$\frac{\sum_j CPY_{Inv} + \sum_j CPY_{ope}}{R} \cdot R^*$$

En cambio, si el concesionario extranjero compra insumos *fuera del país* no da lugar a ningún efecto para el país, pues los pagos que realiza por este concepto son transferencias entre extranjeros.

## D. Impuesto a las ganancias y pago de regalías

En ciertas situaciones deben ser tenidos en cuenta en la evaluación una serie de impuestos como el impuesto a las ganancias del inversor, el impuesto inmobiliario y a los automotores. Esto también es cierto respecto de las regalías que debe pagar el inversor.

Los pagos por concepto de esos impuestos y/o de regalías tienen distinto tratamiento según si el concesionario es nacional o si es extranjero. El análisis que se presenta a continuación es válido para ambos países.

### 1. Concesionario nacional

Si el concesionario es nacional del país desde cuyo punto de vista se hace la evaluación del proyecto, pueden presentarse dos situaciones:

- Los pagos a entes nacionales no deben tenerse en cuenta en la evaluación socioeconómica del proyecto desde el punto de vista del país, debido a que constituyen transferencias de dinero entre integrantes del mismo país.
- Los pagos a instituciones extranjeras deben considerarse como un costo, dado que se trata de una salida de divisas. El costo para el país es igual al costo privado para el inversor, de esos impuestos (CPI) y de las regalías (CPR), ambos ajustados por la relación entre el tipo de cambio social y el de mercado.

$$\text{Costo} = (\text{CPI} + \text{CPR}) \cdot \frac{R^*}{R}$$

### 2. Concesionario extranjero

También en este caso pueden presentarse dos situaciones:

- Los pagos a entes nacionales constituyen un beneficio para el país debido a la entrada de divisas, el que resulta igual al monto que el inversor paga, corregido por el cociente entre el tipo de cambio social y el de mercado:

$$\text{Beneficio} = (\text{CPI} + \text{CPR}) \cdot \frac{R^*}{R}$$

- Los pagos a entes extranjeros no deben considerarse, por tratarse de una transferencia entre extranjeros.

## E. Resumen

En el siguiente cuadro se resumen los beneficios y los costos, por período, a que da lugar un proyecto de interconexión eléctrica de dos países, en las situaciones analizadas.

**Cuadro N° 1**  
**Beneficios y costos atribuibles al proyecto de interconexión**

Efectos	País A: Exportador		País B: Importador	
	Concesionario nacional	Concesionario extranjero	Concesionario nacional	Concesionario extranjero
<i>Cambios en consumo y en producción domésticos</i>	$-\Delta X^q \cdot (P^A_0 + P^A_1)/2$ $-\Delta X^p \cdot (P^A_0 + P^A_1)/2$	$-\Delta X^q \cdot (P^A_0 + P^A_1)/2$ $-\Delta X^p \cdot (P^A_0 + P^A_1)/2$	$+\Delta X^c \cdot (P^B_0 + P^B_1)/2$ $+\Delta X^p \cdot (P^B_0 + P^B_1)/2$	$+\Delta X^c \cdot (P^B_0 + P^B_1)/2$ $+\Delta X^q \cdot (P^B_0 + P^B_1)/2$
<i>Cambio en divisas debido al comercio</i>	$+X^e_1 \cdot \pi^A_1 \cdot R^*_A$	$+X^e_1 \cdot \pi^A_1 \cdot R^*_A$	$-X^m_1 \cdot \pi^B_1 \cdot R^*_B$	$-X^m_1 \cdot \pi^B_1 \cdot R^*_B$
<i>Ingreso de divisas por el cobro de peaje</i>	$+X^e_1 \cdot \pi^{PE}_X \cdot R^*_A$		$+X^m_1 \cdot \pi^{PE}_X \cdot R^*_B$	
<i>Costos directos de inversión y operación del proyecto (1)</i>	$-\sum_i CSY^{**}_{Inv}$ $-\sum_i CSY^{**}_{Ope}$	$\sum_j (CPY_{Inv} \cdot R^*_A / R_A$ $-CSY^{**}_{Inv}) +$ $\sum_j (CPY_{Ope} \cdot R^*_A / R_A$ $-CSY^{**}_{Ope})$	$-\sum_i CSY^{**}_{Inv}$ $-\sum_i CSY^{**}_{Ope}$	$\sum_j (CPY_{Inv} \cdot R^*_B / R_B$ $-CSY^{**}_{Inv}) +$ $\sum_j (CPY_{Ope} \cdot R^*_B / R_B$ $-CSY^{**}_{Ope})$
<i>Impuesto a las ganancias y regalías</i>				
- Pagados en el país		$+(CPI+CPR) \cdot R^*_A / R_A$		$+(CPI+CPR) \cdot R^*_B / R_B$
- Pagados en el exterior	$-(CPI+CPR) \cdot R^*_A / R_A$		$-(CPI+CPR) \cdot R^*_B / R_B$	

(1) En las sumatorias, i indica que se trata de todos los insumos, mientras que j indica que se deben incluir solamente los insumos comprados dentro del respectivo país.

## IV. Proyecto de producción de energía eléctrica en uno de los países involucrados

En este caso se analizan los beneficios y los costos que se derivan de la realización de un proyecto que consiste en producir energía eléctrica en uno de los países, una vez que los mercados se encuentran interconectados.

Para poder elaborar un análisis ordenado del tema se consideran dos casos posibles:

- El proyecto de producción de energía se realiza en el país exportador.
- El proyecto se lleva a cabo en el país importador.

Los efectos reales a que da lugar el proyecto, en cualquiera de estos dos casos, se dividen en grandes grupos, y cada uno de ellos tiene su propia metodología de evaluación. En forma esquemática se clasifican de la siguiente forma:

- Cambios en consumo, producción y divisas disponibles debido al comercio

- Efectos secundarios asociados al transporte internacional
- Costos directos del proyecto
- Impuesto a las ganancias y pago de regalías.

El tratamiento de los tres últimos efectos es el mismo tanto si el proyecto de producción de energía se lleva a cabo en el país exportador como en el importador. Sin embargo, el primer efecto presenta diferencias según el caso de que se trate.

Como cada país puede exportar o importar energía según la época del año, hay que tener en cuenta lo siguiente para la estimación los cambios en consumo, producción y divisas disponibles debido al comercio ocasionados por el proyecto:

- Si la evaluación se hace desde el punto de vista del país en el cual se lleva a cabo el proyecto, estos efectos se deben considerar de la siguiente manera:
  - Para el período en que el país es exportador: según lo indicado para el país A del caso en que el proyecto es llevado a cabo en el país exportador (Sección IV.A.1.a).
  - Para el período en que el país es importador: según lo indicado para el país B del caso en que el proyecto es llevado a cabo en el país importador (Sección IV.A.2.b).
- Si la evaluación se hace desde el punto de vista del otro país, se debe considerar este grupo de efectos de la siguiente forma:
  - Para el período en que el país es exportador: según lo indicado para el país A del caso en que el proyecto es llevado a cabo en el país importador (Sección IV.A.2.a).
  - Para el período en que el país es importador: según lo indicado para el país B del caso en que el proyecto es llevado a cabo en el país exportador (Sección IV.A.1.b).

El análisis que se desarrolla a continuación supone que existe capacidad ociosa en la infraestructura del transporte internacional de energía eléctrica, de manera que es posible el aumento en la provisión de ese servicio.

A continuación se presenta en forma detallada cada uno de los efectos atribuibles al proyecto, desde el punto de vista de cada uno de los países involucrados, para los casos de inversor nacional y extranjero.

### **A. Cambios en consumo, producción y divisas disponibles debido al comercio**

Los gráficos N° 2 y N° 4 representan los casos en que el proyecto de producción de energía se lleva a cabo en el país exportador e importador, respectivamente.

Para la determinación del equilibrio, cabe recordar que el transporte internacional de energía entre países origina dos costos:

- Por una parte, el costo que implican las pérdidas físicas de energía<sup>10</sup>. En la parte (b) de los gráficos se incorpora la curva de oferta de exportaciones que incluye el efecto de esas pérdidas ( $S^{exp}$ ), que se encuentra a la izquierda de la curva de exceso de oferta de A ( $S^{exc}$ ).
- Por la otra, el cobro de un peaje. En este trabajo se supone que el peaje se cobra por unidad de energía efectivamente exportada y que es igual al segmento KQ en la parte (b) de los gráficos.

En la situación sin proyecto, el equilibrio en el mercado de la energía eléctrica de los países A y B, ocurre con las cantidades consumidas y producidas indicadas con el subíndice 0, y representadas gráficamente en las partes (a) y (c) del gráfico, respectivamente. El excedente exportable de A ( $X^{EE}_0$ ) resulta igual a la diferencia entre la cantidad producida y la cantidad consumida. La cantidad efectivamente exportada ( $X^e_0$ ) por A es menor y coincide con la importada por B ( $X^m_0$ ), lo que puede observarse en la parte (b) del gráfico. Los precios vigentes en A y en B son  $P^A_0$  y  $P^B_0$ .  $R_{AB}$ , respectivamente.

## 1. Proyecto de producción de energía eléctrica en el país exportador

El gráfico N° 2 representa esta situación. Si un proyecto que se lleva a cabo en el país A produce una cantidad  $X^*$  de energía por unidad de tiempo, afecta el equilibrio del mercado. Para simular la introducción de este proyecto, a la curva de oferta sin proyecto de la parte (a) del gráfico (es decir, la de los productores distintos del dueño del proyecto, S) se le suma la cantidad que produce el proyecto, con lo cual se obtiene la curva S'. Esto da origen en la parte (b) a las curvas  $S^{\text{exc}'}$  y  $S^{\text{exp}'}$ .

La situación de equilibrio con proyecto se determina con la curva  $S^{\text{exp}'}$ . El segmento NV representa el peaje por unidad y las cantidades efectivamente exportadas e importadas en esta situación son las indicadas en la parte (b) del gráfico con el subíndice 1.

La situación de equilibrio para ambos países se modifica en el siguiente sentido:

- En el país A baja el precio doméstico de X hasta  $P_1^A$ . Esto permite que A genere el excedente exportable ( $X^{\text{EE}_1}$ ) necesario para poder exportar efectivamente  $X^e_1$ . Las cantidades consumidas y producidas pasan a ser a  $X^c_1$  y  $X^{\text{PT}_1}$ , indicadas en la parte (a) del gráfico. Hay que tener en cuenta que la producción de otros productores se reduce desde  $X^{\text{po}}_0$  a  $X^{\text{po}}_1$ .
- En el país B baja el precio interno de X hasta  $P_1^B \cdot R_{AB}$ , y las cantidades consumidas y producidas pasan a ser  $X^c_1$  y  $X^p_1$ , indicadas en la parte (c) del gráfico.

A continuación se analizan estos efectos y debido a que el tratamiento de algunos de ellos es el mismo para el caso en que el inversor sea nacional o sea extranjero, se indica expresamente cuando sea necesario hacer esta distinción.

### a) Punto de vista del país A

En este caso se utiliza el gráfico N° 3, que es una ampliación de las partes (a) y (b) del gráfico N° 2. Cabe notar que, para simplificar la lectura del este gráfico, en la parte (b) se han omitido algunos elementos que aparecen en la parte (b) del gráfico N° 2.

Al disminuir el precio interno de la energía, como consecuencia del proyecto, ocurren los siguientes efectos:

- Aumento en el consumo doméstico

Esto constituye un beneficio igual al área  $X^c_0CFX^c_1$  en la parte (a) del gráfico. Matemáticamente<sup>11</sup>:

$$(X^c_1 - X^c_0) \cdot \frac{P_0^A + P_1^A}{2}$$

- Disminución de la producción de otros productores domésticos

Esto es un beneficio igual al área bajo su propia curva de oferta (S),  $X^{\text{po}}_1GHX^{\text{po}}_0$ , en la parte (a) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X^{\text{po}}_0 - X^{\text{po}}_1) \cdot \frac{P_0^A + P_1^A}{2}$$

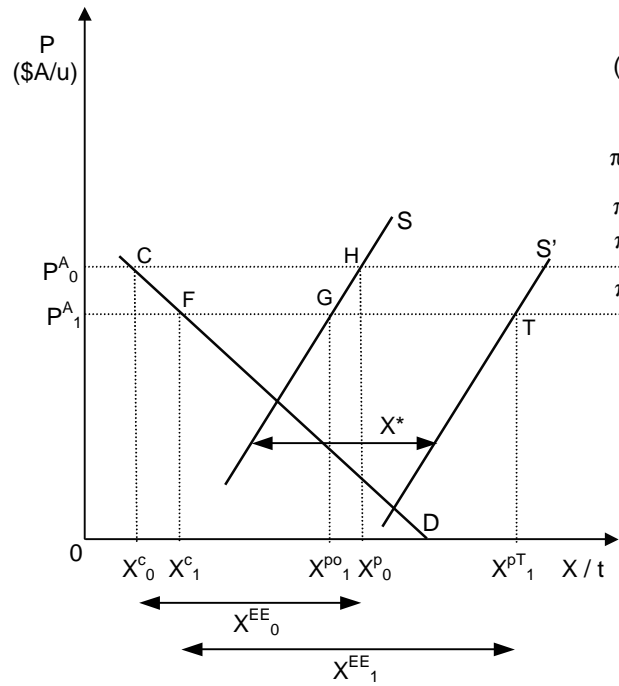
La suma de los dos beneficios anteriores es igual al área  $ZYLX^{\text{EE}}_0$  de la parte (b).

- Cambio en las divisas disponibles debido al comercio

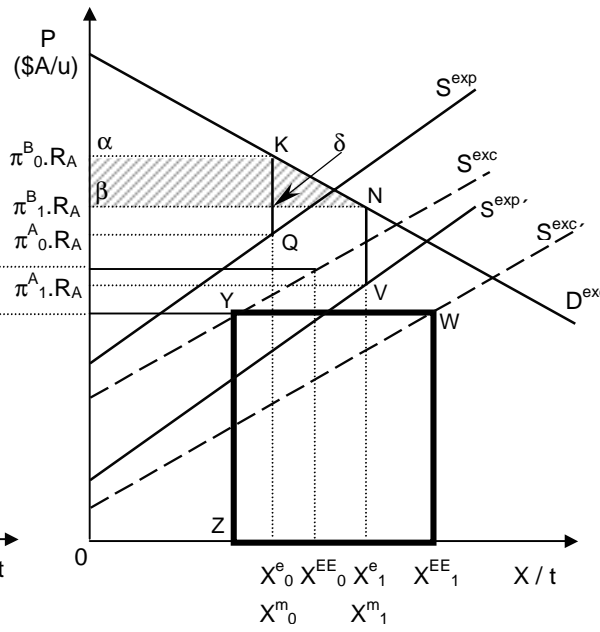
En este caso, se produce un aumento de la cantidad exportada de energía y una disminución del precio FOB que el país A cobra por cada unidad que le vende al país B. Dado que estos efectos constituyen respectivamente un beneficio y un costo, no se puede saber a priori si el resultado neto es positivo, negativo o nulo.

### Gráfico N° 2

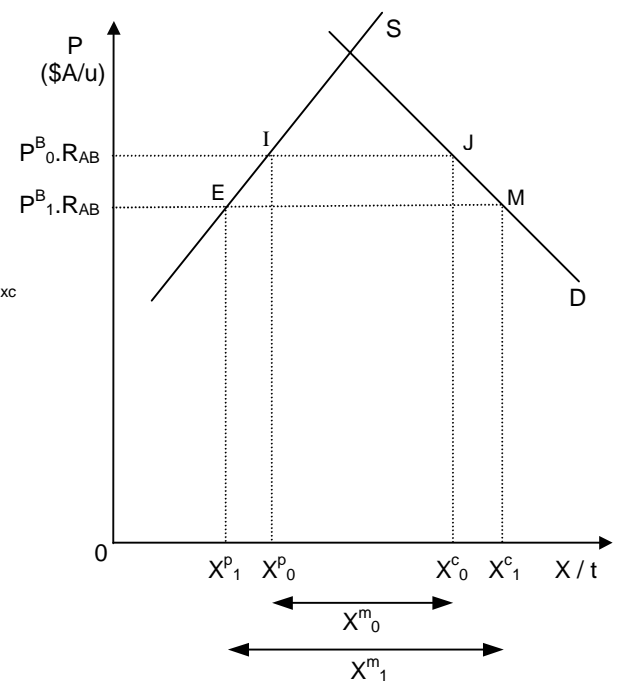
(a) Demanda y oferta domésticas de A



(b) Exceso de demanda de B, exceso de oferta y oferta de exportaciones de A

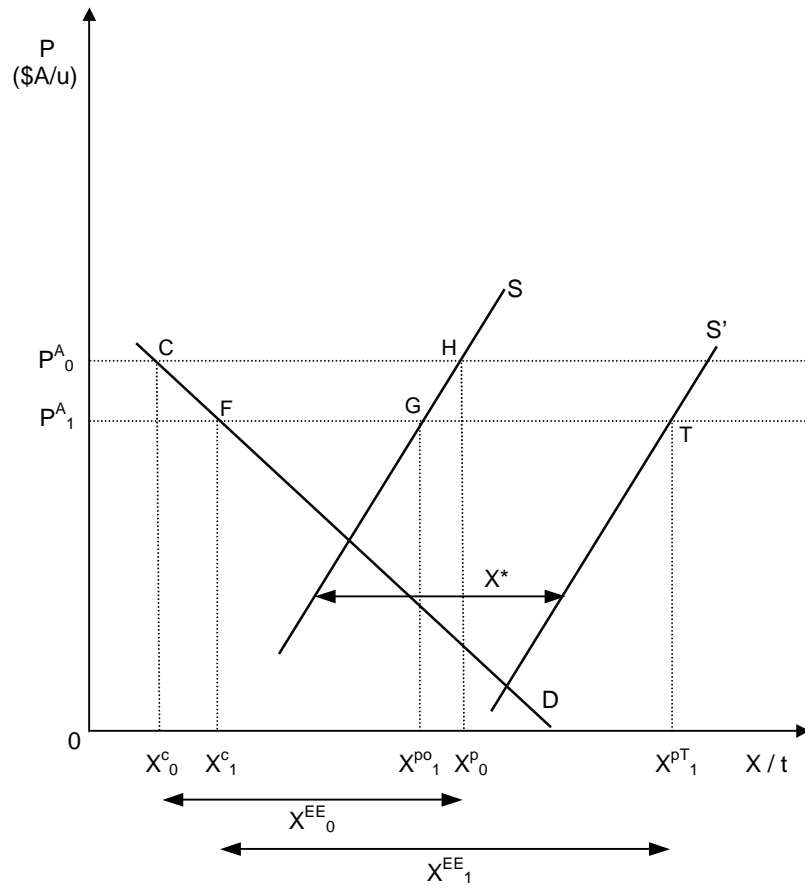


(c) Demanda y oferta domésticas de B

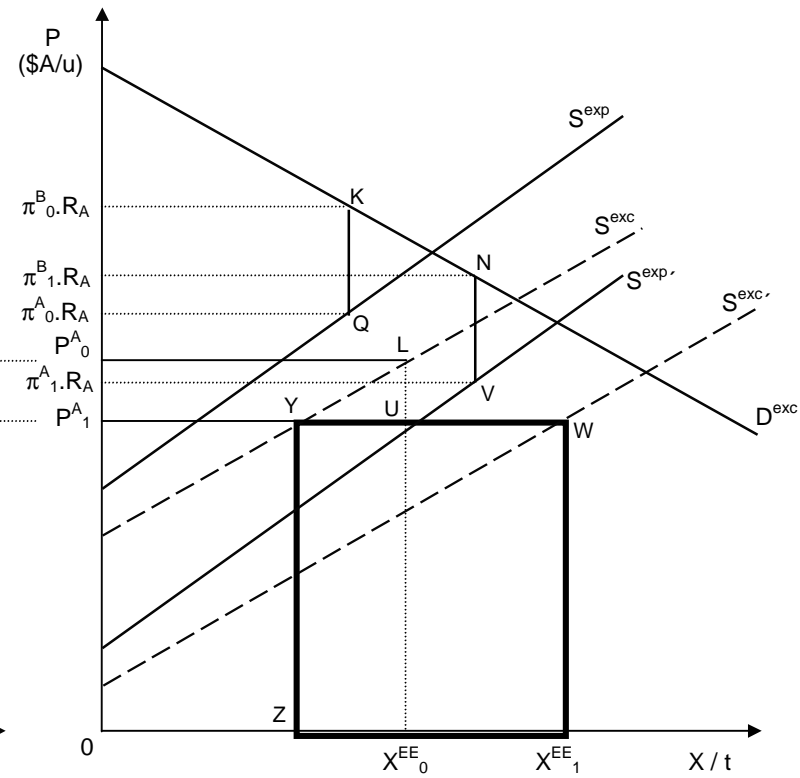


### Gráfico N° 3

(a) Demanda y oferta domésticas de A



(b) Exceso de demanda de B, exceso de oferta y oferta de exportaciones de A



El cambio en las divisas disponibles es igual a la diferencia entre las cantidades que ingresan en la situación con y sin proyecto, es decir,  $X_1^e \cdot \pi_1^A - X_0^e \cdot \pi_0^A$ . La valoración social de ese cambio resulta de multiplicarlo por el tipo de cambio social en el país A:

$$(X_1^e \cdot \pi_1^A - X_0^e \cdot \pi_0^A) \cdot R_A^*$$

Al explicar la forma de obtener la curva de oferta de exportaciones del país A (sección III) se indicó que el ingreso total expresado en función de la cantidad efectivamente exportada coincide con el ingreso total en función del excedente exportable. En consecuencia, el valor social de la diferencia en divisas disponibles también se puede escribir como:

$$(X_1^{EE} \cdot P_1^A - X_0^{EE} \cdot P_0^A) \cdot \frac{R_A^*}{R_A}$$

Si el tipo de cambio social coincide con el de mercado, este resultado es igual a la diferencia entre dos áreas:  $X_0^{EE}UWX_1^{EE} - P_0^A LUP_1^A$ .

Este es el único efecto que ocurre si el inversor es nacional del país A.

Si el inversor es extranjero, además de ese efecto, es necesario considerar el costo por salida de divisas debido al pago que se hace al dueño del proyecto. El valor de mercado de las divisas que salen, expresado en moneda doméstica, es igual a lo que cobra por el bien el dueño del proyecto, es decir, el valor privado de la producción (VPP):

$$VPP = X^* \cdot P_1^A$$

Para expresar ese valor en divisas, se debe dividir por el tipo de cambio de mercado. El valor social que el país asigna a estas divisas resulta de multiplicar esa cantidad por el tipo de cambio social. Así, el resultado de este costo para el país es igual a:

$$\frac{VPP}{R_A} \cdot R_A^* = \frac{(X^* \cdot P_1^A) \cdot R_A^*}{R_A}$$

Si el tipo de cambio social coincide con el de mercado, este resultado es igual a:  $X_0^{P0} GTX_1^{PT}$  de la parte (a) del gráfico o su equivalente  $ZYWX_1^{EE}$  de la parte (b).

- Suma de los tres efectos

De la observación de las partes (a) y (b) del gráfico surge que, a valores de mercado, la suma algebraica de estos efectos es igual a las siguientes áreas:

- Si el inversor es nacional: diferencia entre las áreas  $ZYWX_1^{EE}$  y  $P_0^A LYP_1^A$ . (ambas remarcadas con línea gruesa). Esto resulta de considerar la suma de las áreas  $ZYLX_0^{EE}$  (beneficio por aumento de consumo y disminución de la producción) y  $X_0^{EE}UWX_1^{EE} - P_0^A LUP_1^A$  (beneficio neto por cambio en divisas).
- Si el inversor es extranjero: a lo indicado para el caso de inversor nacional hay que restarle el área  $ZYWX_1^{EE}$  (que representa el costo por salida de divisas debido al ingreso del dueño del proyecto). Por lo tanto, en este caso existirá un costo neto igual al área  $P_0^A LYP_1^A$  (remarcada con línea gruesa).

### b) Punto de vista del país B

En este caso, se utiliza el gráfico N° 2.

Debido a que como consecuencia del proyecto disminuye el precio interno de la energía en el país B, ocurre lo siguiente:

- Aumento en el consumo doméstico

Esto constituye un beneficio igual al área "corregida"<sup>12</sup>  $X_0^c JMX_1^c$  de la parte (c) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X_1^c - X_0^c) \cdot \frac{P_0^B + P_1^B}{2}$$

- Disminución en la producción doméstica

Es un beneficio igual al área “corregida”  $X^p_1 E I X^p_0$  en la parte (c) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X^p_0 - X^p_1) \cdot \frac{P^B_0 + P^B_1}{2}$$

La suma de ambos beneficios es igual al área “corregida”  $X^m_0 K N X^m_1$  en la parte (b).

- Cambio en las divisas disponibles debido al comercio

Debido al proyecto, se produce un aumento de la cantidad importada de energía y una disminución del precio CIF que el país B paga por cada unidad que le compra al país A. Esto implica que no se puede saber a priori el signo del efecto neto, el cual resulta de multiplicar la diferencia entre las cantidades de divisas sin y con proyecto por el tipo de cambio social para el país B:

$$(X^m_0 \cdot \pi^B_0 - X^m_1 \cdot \pi^B_1) \cdot R^*_B$$

Si el tipo de cambio social coincide con el de mercado, este resultado es igual a la diferencia entre dos áreas “corregidas”:  $\alpha K \delta \beta - X^m_0 \delta N X^m_1$ .

El efecto en divisas previamente considerado ocurre si el inversor es extranjero respecto del país B.

Si el inversor es nacional de B, y dado que el proyecto se realiza en el país A, a los efectos anteriores se les debe agregar el beneficio por entrada de divisas debido al pago que recibe el inversor.

Los ingresos del inversor resultan de multiplicar la cantidad producida por el proyecto ( $X^*$ ) por el precio que cobra en el país A:

$$VPP = X^* \cdot P^A_1$$

Esto implica que para expresarlo en divisas, se debe dividir por el tipo de cambio de mercado de A. El valor social que el país B asigna a estas divisas resulta de multiplicar su número por el tipo de cambio social:

$$\frac{VPP}{R_A} \cdot R^*_B = \frac{(X^* \cdot P^A_1) \cdot R^*_B}{R_A}$$

Si en el país B, el tipo de cambio social es igual al de mercado, este resultado es igual al área “corregida”  $X^{po}_1 G T X^{pt}_1$  de la parte (a) del gráfico o su equivalente  $Z Y W X^{EE}_1$  “corregida” de la parte (b).

- Suma de los tres efectos

De la observación de las partes (b) y (c) del gráfico surge que, a valores de mercado, estos efectos dan lugar a un beneficio neto positivo que en términos de áreas resulta igual a:

- Si el inversor es nacional: suma de las áreas “corregidas”  $Z Y W X^{EE}_1$  (remarcada con línea gruesa) y  $\alpha K N \beta$  (con rayas). Esta última resulta de considerar la suma de las áreas “corregidas”  $X^m_0 K N X^m_1$  (beneficio por aumento de consumo y disminución de la producción) y  $(\alpha K \delta \beta - X^m_0 \delta N X^m_1)$  (beneficio neto por cambio en divisas).
- Si el inversor es extranjero: área “corregida”  $\alpha K N \beta$  (con rayas).

## 2. Proyecto de producción de energía eléctrica en el país importador

El gráfico N° 4 es el que representa esta situación.

El equilibrio sin proyecto ha sido indicado con el subíndice 0, y el segmento KQ representa el peaje por unidad efectivamente exportada.

Si un proyecto que se lleva a cabo en el país B produce una cantidad  $X^*$  de energía por unidad de tiempo, afecta el equilibrio del mercado. Para simular su realización, a la curva de



oferta sin proyecto de la parte (c) del gráfico se le suma la cantidad que produce el proyecto, con lo cual se obtiene la curva S'. Esto da origen en la parte (b) a la curva D<sup>exc'</sup>.

Las cantidades efectivamente exportadas e importadas en la situación de equilibrio con proyecto son las indicadas en la parte (b) del gráfico con el subíndice 1. El segmento NV representa el peaje por unidad de energía transportada.

Como consecuencia del proyecto, la situación de equilibrio para ambos países se modifica en el siguiente sentido:

- En el país A baja el precio doméstico de X hasta  $P^A_1$ . Esto permite que A genere el excedente exportable ( $X^{EE}_1$ ) necesario para poder exportar efectivamente  $X^e_1$ . Las cantidades consumidas y producidas pasan a ser a  $X^c_1$  y  $X^p_1$ , indicadas en la parte (a) del gráfico.
- En el país B baja el precio doméstico de X hasta  $P^B_1 \cdot R_{AB}$ , y las cantidades consumidas y producidas pasan a ser  $X^c_1$  y  $X^{PT}_1$ , indicadas en la parte (c) del gráfico. Hay que tener en cuenta que la producción de otros productores se reduce desde  $X^{p0}$  a  $X^{p0}_1$ .

A continuación se analizan estos efectos considerando los casos de inversor nacional y extranjero. Cabe recordar que esta distinción por tipo de inversor sólo es relevante para la consideración de los cambios en divisas debido al pago que se hace al dueño del proyecto.

### a) Punto de vista del país A

En este caso se utiliza el gráfico N° 5, que es una ampliación de las partes (a) y (b) del gráfico N° 4. Tal como se hizo en el proyecto de producción de energía en el país exportador, en esta ampliación se han omitido algunos elementos.

Al disminuir el precio interno de la energía, como consecuencia del proyecto, ocurren los siguientes efectos:

- Aumento en el consumo doméstico

Esto constituye un beneficio igual al área  $X^c_0CFX^c_1$  en la parte (a) del gráfico. Matemáticamente<sup>13</sup>:

$$(X^c_1 - X^c_0) \cdot \frac{P^A_0 + P^A_1}{2}$$

- Disminución de la producción doméstica

Se trata de un beneficio igual al área  $X^p_1GHX^p_0$  en la parte (a) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X^p_0 - X^p_1) \cdot \frac{P^A_0 + P^A_1}{2}$$

La suma de los dos beneficios anteriores es igual al área  $X^{EE}_1W LX^{EE}_0$  de la parte (b).

- Cambio en las divisas disponibles debido al comercio

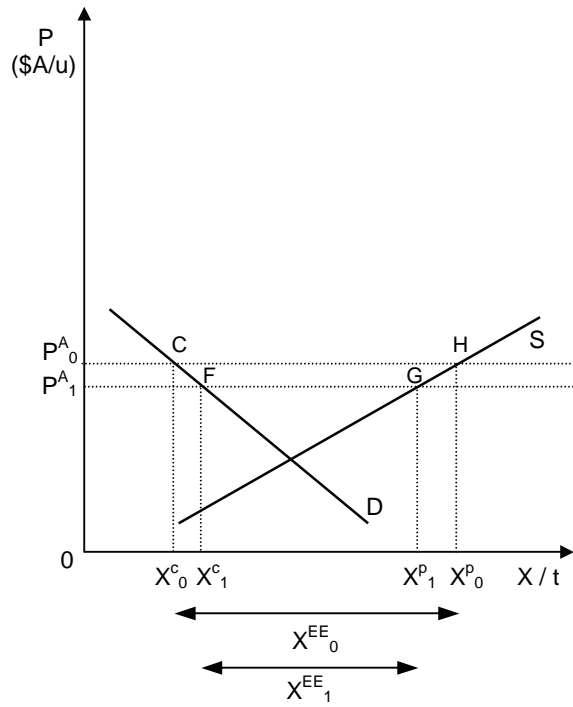
En este caso, se produce una disminución de la cantidad exportada de energía y una disminución del precio FOB que el país A cobra por cada unidad que le vende al país B. Estos dos efectos constituyen costos para A, por lo que el resultado es negativo.

El cambio en las divisas disponibles es igual a la diferencia entre las cantidades que ingresan en la situación con y sin proyecto, es decir,  $X^e_1 \cdot \pi^A_1 - X^e_0 \cdot \pi^A_0$ . La valoración social de ese cambio resulta de multiplicarlo por el tipo de cambio social en el país A:

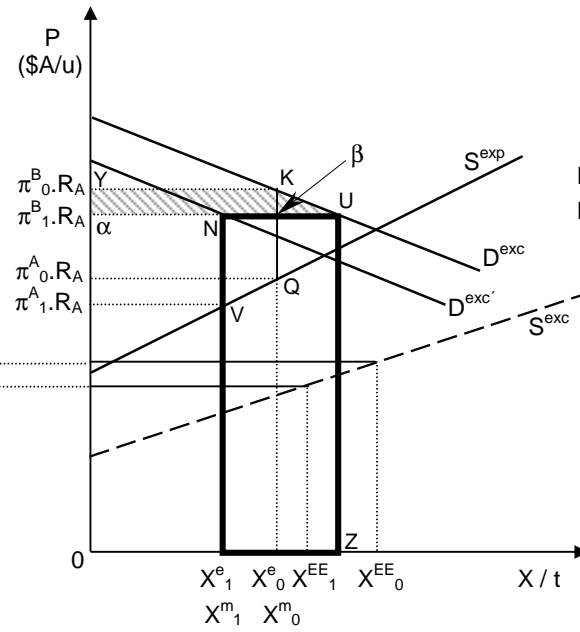
$$(X^e_1 \cdot \pi^A_1 - X^e_0 \cdot \pi^A_0) \cdot R^*_A$$

### Gráfico N° 4

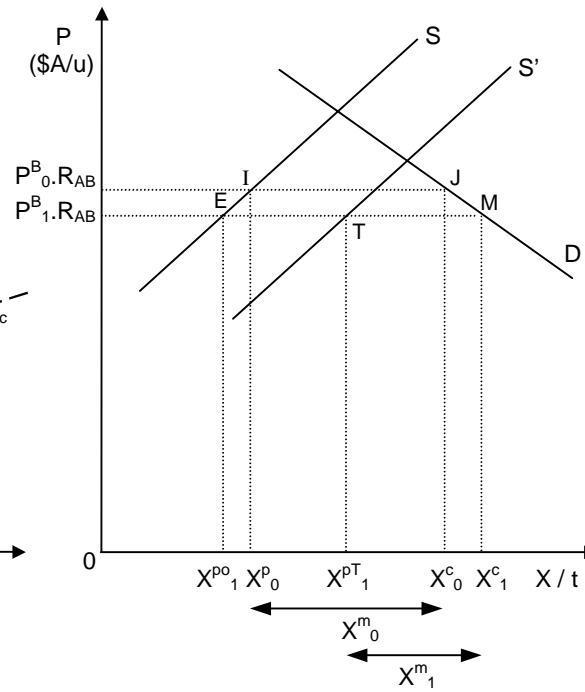
(a) Demanda y oferta domésticas de A



(b) Exceso de demanda de B, exceso de oferta y oferta de exportaciones de A

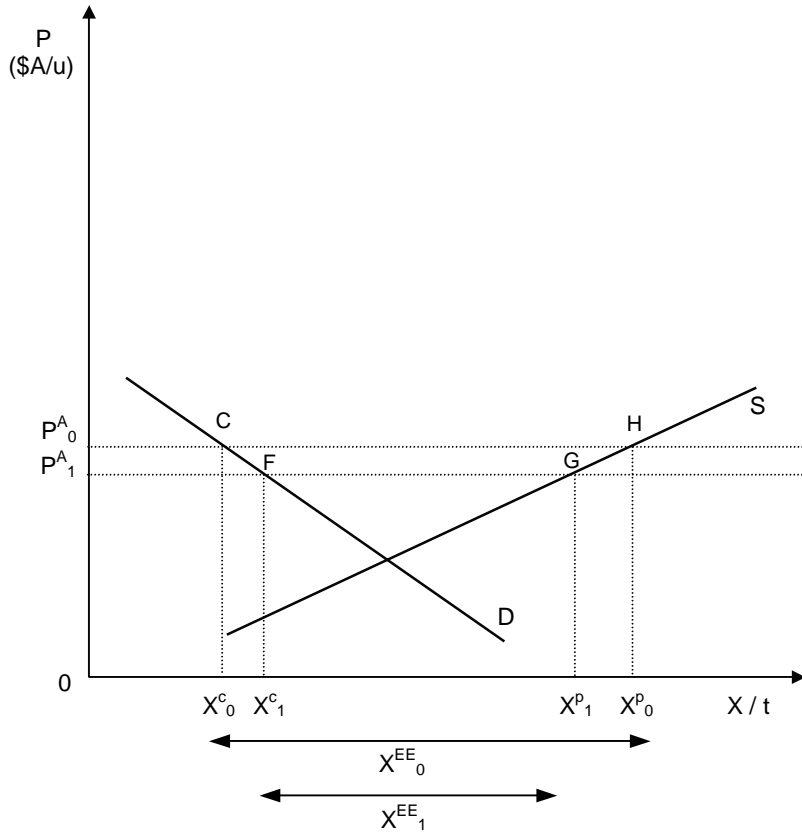


(c) Demanda y oferta domésticas de B

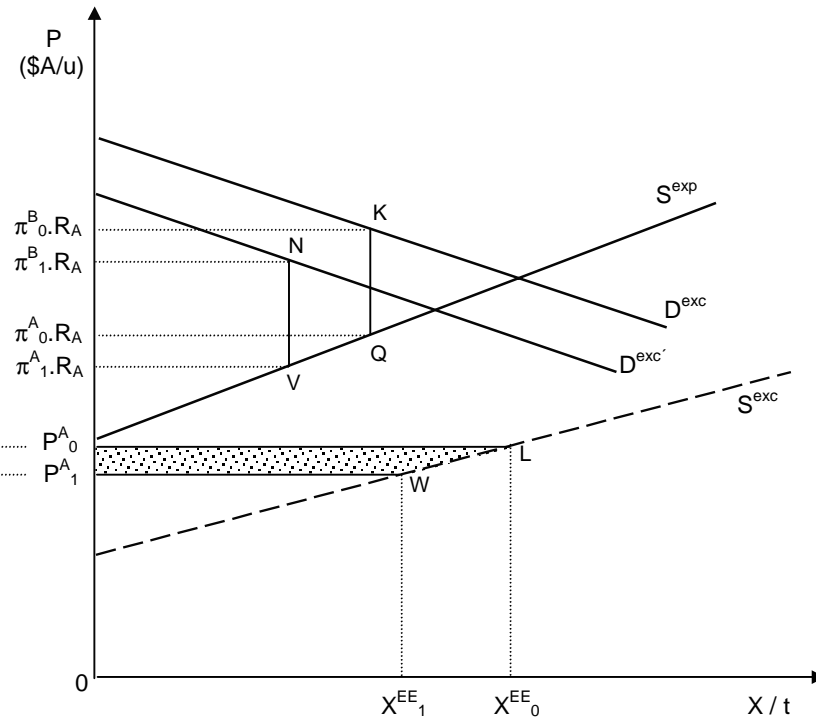


**Gráfico N° 5**

(a) Demanda y oferta domésticas de A



(b) Exceso de demanda de B, exceso de oferta y oferta de exportaciones de A



que también puede escribirse como:

$$(X_1^{EE} \cdot P_1^A - X_0^{EE} \cdot P_0^A) \cdot \frac{R_A^*}{R_A}$$

Si el tipo de cambio social coincide con el de mercado, este resultado es negativo e igual a la suma de dos áreas:  $X_1^{EE}WLX_0^{EE} + P_0^ALWP_1^A$ .

Si el inversor es extranjero, este es el único efecto relacionado con las divisas.

Si el dueño del proyecto pertenece al país A, como éste se lleva a cabo en el país B, es necesario considerar adicionalmente un beneficio por entrada de divisas debido al pago que recibe el inversor.

Los ingresos del inversor resultan de multiplicar la cantidad producida por el proyecto por el precio que cobra en el país B:  $VPP = X \cdot P_1^B$ .

Esto implica que para expresarlo en divisas, se debe dividir por el tipo de cambio de mercado de B. El valor social que el país A asigna a estas divisas resulta de multiplicar su cantidad por el tipo de cambio social de A:

$$\frac{VPP}{R_B} \cdot R_A^* = \frac{(X \cdot P_1^B) \cdot R_A^*}{R_B} = X \cdot \pi_1^B \cdot R_A^*$$

Si el tipo de cambio social es igual al de mercado, este beneficio es igual al área  $X_1^{PO}ETX_1^{PT}$  de la parte (c) del gráfico N° 4.

- Suma de los tres efectos

La suma algebraica de estos efectos, a valores de mercado, es igual a:

- Si el inversor es extranjero: sólo se debe considerar el costo neto igual al área  $P_0^ALWP_1^A$  del gráfico N° 5 (sombreada con puntos), que surge de la diferencia entre:  $X_1^{EE}WLX_0^{EE}$  (beneficio por aumento de consumo y disminución de la producción) y las áreas  $X_1^{EE}WLX_0^{EE} + P_0^ALWP_1^A$  (cambio en el ingreso en divisas).
- Si el inversor es nacional: al área considerada para el inversor extranjero, costo neto igual a  $P_0^ALWP_1^A$  del gráfico N° 5 (sombreada con puntos), se le suma el beneficio  $X_1^{PO}ETX_1^{PT}$  de la parte (c) del gráfico N° 4 (que representa el beneficio por ingreso de divisas debido al ingreso del dueño del proyecto).

### b) Punto de vista del país B

Esta situación se analiza utilizando el gráfico N° 4. Debido a que como consecuencia del proyecto disminuye el precio interno de la energía en el país B, ocurre lo siguiente:

- Aumento en el consumo doméstico

Esto constituye un beneficio igual al área “corregida”  $X_0^cJMX_1^c$  de la parte (c) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X_1^c - X_0^c) \cdot \frac{P_0^B + P_1^B}{2}$$

- Disminución en la producción de otros productores domésticos

Esto es un beneficio igual al área bajo su propia curva de oferta (S), área “corregida”  $X_1^{PO}EIX_0^P$ , en la parte (c) del gráfico. Matemáticamente:

$$(X_0^P - X_1^P) \cdot \frac{P_0^B + P_1^B}{2}$$

La suma de ambos beneficios es igual al área “corregida”  $X_0^mKUZ$  en la parte (b).

- Cambio en las divisas disponibles debido al comercio

Debido al proyecto, se produce una disminución de la cantidad importada de energía y una disminución del precio CIF que el país B paga por cada unidad que le compra al país A. Esto implica que el signo del efecto neto es positivo y su valor resulta de multiplicar la diferencia entre las cantidades de divisas que salen sin y con proyecto por el tipo de cambio social para el país B:

$$(X_0^m \cdot \pi_0^B - X_1^m \cdot \pi_1^B) \cdot R_B^*$$

Si el tipo de cambio social coincide con el de mercado, este beneficio es igual a la suma de dos áreas “corregidas”:  $YK\beta\alpha + X_1^m N\beta X_0^m$ .

Si el inversor es nacional del país B, este es el único efecto en divisas que debe considerarse.

Si el inversor es extranjero, es necesario agregar el cambio en divisas debido al pago que se hace al dueño del proyecto, que constituye un costo por salida de divisas. El valor de mercado de las divisas que salen, expresado en moneda doméstica, es igual a lo que cobra por el bien el dueño del proyecto, es decir, el valor privado de la producción (VPP):  $VPP = X^* \cdot P_1^B$ .

Para expresar ese valor en divisas, se debe dividir por el tipo de cambio de mercado. El valor social que el país asigna a estas divisas resulta de multiplicar esa cantidad por el tipo de cambio social. Así, el resultado de este costo para el país B es igual a:

$$\frac{VPP}{R_B} \cdot R_B^* = \frac{(X^* \cdot P_1^B) \cdot R_B^*}{R_B} = X^* \cdot \pi_1^B \cdot R_B^*$$

Si el tipo de cambio social coincide con el de mercado, este resultado es igual al área  $X_1^{PO} ETX_1^{PT}$  de la parte (c) del gráfico N° 4 o su equivalente  $X_1^m NUZ$  (remarcada con línea gruesa) de la parte (b), ambas “corregidas”.

- Suma de los tres efectos

De la observación de las partes (b) y (c) del gráfico N° 4 surge que, a valores de mercado, la suma algebraica de estos efectos es igual a lo siguiente:

- Si el inversor es nacional: suma de las áreas “corregidas”  $YKU\alpha$  (con rayas) y  $X_1^m NUZ$  (remarcada con línea gruesa). Este resultado surge de considerar la suma entre las áreas “corregidas”  $X_0^m KUZ$  (beneficio por aumento de consumo y disminución de la producción de otros productores) y  $YK\beta\alpha + X_1^m N\beta X_0^m$  (beneficio neto por cambio en divisas) de la parte (b) del gráfico.
- Si el inversor es extranjero: al resultado considerado para inversor nacional hay que restarle el área “corregida”  $X_1^m NUZ$  de la parte (b) del gráfico (que representa el costo por salida de divisas debido al ingreso del dueño del proyecto). El beneficio neto para el país es igual al área “corregida”  $YKU\alpha$  (con rayas).

## B. Efectos secundarios asociados al transporte internacional

Dado que los volúmenes comerciados entre A y B de energía eléctrica se modifican, pueden generarse beneficios y costos adicionales para el país asociados al transporte internacional.

A fin de determinar estos efectos, es importante saber si el concesionario del transporte internacional de energía eléctrica es nacional o extranjero.

Cabe recordar que si el proyecto se realiza en el país exportador los volúmenes internacionalmente comerciados de energía aumentan, y si se lleva a cabo en el país importador ocurre lo contrario. En lo que sigue se indica cómo se determinan los efectos secundarios asociados al cambio en el transporte internacional en el primer caso. Para proceder a estimar estos efectos en el segundo caso, sólo se deben cambiar los signos.

## 1. Concesionario nacional

Si el concesionario del servicio de transporte es nacional del país desde cuyo punto de vista se hace la evaluación, como consecuencia del proyecto, se observan los siguientes efectos:

- Beneficio por aumento en el ingreso de divisas por cobro de peaje. Este es igual a:

$$(X_1^e - X_0^e) \cdot \pi_X^{PE} \cdot R^* = \Delta X^e \cdot \pi_X^{PE} \cdot R^*$$

- Costos debidos al incremento en el uso de insumos por parte del concesionario, ya que como consecuencia del proyecto, se espera que se produzcan aumentos de las demandas de los insumos que se utilizan para transportar energía entre ambos países.<sup>14</sup>

Estos costos dependen de si los insumos son comprados dentro o fuera del país<sup>15</sup> desde cuyo punto de vista se hace la evaluación.

Si se incrementa el uso de un insumo Z comprado *dentro* del país, tanto para el caso en que sea doméstico como transable, debe computarse el “costo social del insumo”, CSZ, asociado a ese incremento.

En cambio, si Z es comprado *fuera* del país, debe computarse un costo social que se estima considerando la cantidad de divisas que por este motivo salen del país (“costo privado del insumo” dividido por el tipo de cambio de mercado, CPZ/R) multiplicada por el tipo de cambio social.

La suma algebraica de esos dos conceptos constituye el efecto secundario asociado al servicio de transporte:

$$ES(Tr) = \Delta X^e \cdot \pi_X^{PE} \cdot R^* - \sum_j CSZ_j - \sum_k CPZ_k \cdot \frac{R^*}{R}$$

donde: los subíndices j y k en las sumatorias se usan para indicar que incluyen insumos comprados *dentro* y *fuera* del país, respectivamente. En lo que sigue, se usa el subíndice i en las sumatorias que incluyen *todos* los insumos.

## 2. Concesionario extranjero

Si el concesionario del servicio de transporte es extranjero para el país desde cuyo punto de vista se hace la evaluación, se debe proceder de la siguiente forma:

- Debido a que los ingresos que recibe un extranjero no constituyen beneficio ni costo para el país, no debe computarse ningún concepto asociado al cobro del peaje.
- Con respecto a los costos por la utilización de insumos adicionales por parte del concesionario extranjero, es nuevamente necesario distinguir si los compra dentro o fuera del país.

Si se incrementa el uso de un insumo Z que compra internamente, existe un costo y un beneficio para el país en su conjunto. Por un lado, debe computarse el “costo social del insumo”, CSZ. Por el otro, el beneficio proveniente del ingreso adicional de divisas debido al pago que el concesionario extranjero efectúa al proveedor de ese insumo. El valor de este beneficio se estima considerando la cantidad adicional de divisas que ingresan al país (CPZ dividido por R) multiplicada por el tipo de cambio social. El efecto neto resulta de la suma algebraica de los dos conceptos anteriores:

$$BN(Z) = CPZ \cdot \frac{R^*}{R} - CSZ$$

En cambio, si ese insumo es comprado fuera de su territorio, no existe ningún efecto para el país.

En definitiva, los efectos secundarios asociados al servicio de transporte cuyo concesionario es extranjero resultan iguales a<sup>16</sup>:

$$ES(Tr) = \sum_j CPZ_j \cdot \frac{R^*}{R} - \sum_j CSZ_j$$

Para considerar a los “efectos secundarios asociados al transporte” en una fórmula general, esa suma es designada como  $ES(Tr)_A$  o  $ES(Tr)_B$ , según se trate del país A o del B.

#### **D. Costos directos de inversión y operación del proyecto**

El tratamiento de los costos directos de inversión y operación del proyecto es idéntico a lo expresado en el punto III.C. Tal como se indicó, deben considerarse de la siguiente forma:

- Si el dueño del proyecto es nacional del país desde cuyo punto de vista se hace la evaluación, deben considerarse los costos sociales de todos los insumos (comprados dentro y fuera del país) que se requieren para la inversión y para la operación del proyecto.
- Si el dueño es extranjero, en cada uno de los mercados de insumos comprados *dentro* del país (para inversión y operación) se observa un costo y un beneficio. El país pierde el costo social de esos insumos. El beneficio se debe al ingreso de divisas debido al pago que el inversor extranjero hace a quien le provee esos insumos.

#### **E. Impuesto a las ganancias y pago de regalías**

El tratamiento de estos conceptos es idéntico a lo expresado en la sección III.D. Tal como se expuso, los efectos a considerar por estos conceptos dependen de si el dueño del proyecto es nacional o extranjero:

- Si el dueño del proyecto es nacional y efectúa pagos a instituciones extranjeras, existe un costo para el país igual a la suma de los costos privados, para el inversor, del impuesto a las ganancias (CPI) y de las regalías (CPR), ambos ajustados por la relación entre el tipo de cambio social y el de mercado.
- Si el dueño es extranjero y efectúa pagos a entes nacionales, existe un beneficio para el país igual al monto que el inversor paga por impuesto a las ganancias (CPI) y por regalías (CPR), ambos corregidos por el cociente entre el tipo de cambio social y el de mercado.

#### **F. Resumen**

En el siguiente cuadro se resumen los beneficios y los costos, por período, debidos a un proyecto de producción de energía eléctrica. En lo que se refiere a las fórmulas, los resultados son iguales, sea que el proyecto tenga lugar en el país exportador o en el país importador, salvo el efecto de cambio en divisas disponibles debido a los pagos realizados al inversor, tal como surge del cuadro.

**Cuadro N° 2**  
**Beneficios y costos atribuibles al proyecto de producción de energía**

Efectos	Punto de vista del país A: Exportador		Punto de vista del país B: Importador	
	Dueño nacional	Dueño extranjero	Dueño nacional	Dueño extranjero
<i>Cambios en consumo y en producción domésticos (1)</i>	$+ \Delta X^c . P^A$ $+  \Delta X^{p0}  . P^A$	$+ \Delta X^c . P^A$ $+  \Delta X^{p0}  . P^A$	$+ \Delta X^c . P^B$ $+  \Delta X^{p0}  . P^B$	$+ \Delta X^c . P^B$ $+  \Delta X^{p0}  . P^B$
<i>Cambio en divisas debido a:</i> • Cambios en volúmenes y precios internacionales • Pagos realizados al inversor: - Si el proyecto se realiza en A - Si el proyecto se realiza en B	$+ (X^e_{1.} \pi^A_1$ $- X^e_{0.} \pi^A_0) . R^*_A$  $+ X^* . \pi^B_1 . R^*_A$	$+ (X^e_{1.} \pi^A_1$ $- X^e_{0.} \pi^A_0) . R^*_A$  $- X^* . \pi^A_1 . R^*_A$	$- (X^m_{1.} \pi^B_1$ $- X^m_{0.} \pi^B_0) . R^*_B$  $+ X^* . \pi^A_1 . R^*_B$	$- (X^m_{1.} \pi^B_1$ $- X^m_{0.} \pi^B_0) . R^*_B$  $- X^* . \pi^B_1 . R^*_B$
<i>Efectos secundarios (transporte internacional)</i>	$ES(Tr)_A$	$ES(Tr)_A$	$ES(Tr)_B$	$ES(Tr)_B$
<i>Costos directos de inversión y operación (2)</i>	$- \sum_i CSY_{Inv}$ $- \sum_i CSY_{Ope}$	$\sum_j (CPY_{Inv} . R^*_A / R_A$ $- CSY_{Inv})$ $\sum_j (CPY_{Ope} . R^*_A / R_A$ $- CSY_{Ope})$	$- \sum_i CSY_{Inv}$ $- \sum_i CSY_{Ope}$	$\sum_j (CPY_{Inv} . R^*_B / R_B$ $- CSY_{Inv})$ $\sum_j (CPY_{Ope} . R^*_B / R_B$ $- CSY_{Ope})$
<i>Impuesto a las ganancias y regalías</i> - Pagados en el país - Pagados en el exterior	  $- (CPI+CPR) . R^*_A / R_A$	  $(CPI+CPR) . R^*_A / R_A$	  $- (CPI+CPR) . R^*_B / R_B$	  $(CPI+CPR) . R^*_B / R_B$

(1)  $P^A$  y  $P^B$  son los promedios de precios del bien X, con y sin proyecto, en el país A y en el país B, respectivamente.

(2) En las sumatorias, i indica que se trata de todos los insumos, mientras que j indica que se deben incluir solamente los insumos comprados dentro del país.



## ANEXO I: RELACIÓN ENTRE LA OFERTA DE EXPORTACIONES Y EL COSTO MARGINAL DE EXPORTAR

El objetivo de este Anexo es demostrar que el costo marginal de exportar coincide con la curva de oferta de exportaciones si la relación que existe entre excedente exportable ( $X^{EE}$ ) y cantidad efectivamente exportada ( $X^e$ ) es de tipo proporcional.

En la sección III se indicó la forma de obtener la curva de oferta de exportaciones. A continuación se deriva el costo marginal para el país A de exportar energía hacia el país B y luego se relaciona con la oferta de exportaciones.

### 1. Derivación de la curva de costo marginal de exportar

Tal como se indicó en la sección III, el transporte internacional de energía tiene asociadas pérdidas físicas de energía y por lo tanto, el excedente exportable de energía del país A (diferencia entre lo que se produce y se consume domésticamente) es mayor que la cantidad que efectivamente recibe el país B. En consecuencia, para el país A, el costo marginal de exportar será mayor que el indicado por el exceso de oferta resultante de la diferencia entre las curvas de oferta y de demanda domésticas.

El costo marginal de exportar que incluye el efecto de esas pérdidas físicas de energía se obtiene de la manera que se indica a continuación.

En primer lugar, es conveniente aclarar que el costo marginal de generar el excedente exportable coincide con el exceso de oferta, lo que equivale a decir que el costo total de generarlo, para cada cantidad, es igual a la integral de dicha curva entre 0 y la respectiva cantidad. Por ejemplo, tomando como referencia el gráfico N° 1, para que A pueda exportar efectivamente a B la cantidad  $X^e_1$ , es necesario que genere un excedente exportable igual a  $X^{EE}_1$ . El costo total de generar ese excedente exportable es igual a la suma de los costos por disminución de consumo y aumento de la producción, que en términos de áreas es igual a la suma de  $X^c_1CFX^c_0$  y  $X^p_0FGX^p_1$  en la parte (a) del gráfico, y a  $0WYX^{EE}_1$  de la parte (b). Y ese es el costo total de exportar efectivamente la cantidad  $X^e_1$ .

Entonces, la función de costo total de generar el excedente exportable es:

$$CT^{EE} = z(X^{EE})$$

Por otra parte, existe una relación entre el excedente exportable ( $X^{EE}$ ) y la cantidad efectivamente exportada ( $X^e$ ):

$$X^{EE} = f(X^e)$$

Si en la función de costo total se reemplaza la cantidad  $X^{EE}$  por su equivalente en función de  $X^e$ , se tiene el costo total de exportar:

$$CT^e = z(f(X^e)) = q(X^e)$$

Dado que para exportar efectivamente una cierta cantidad se requiere tener un determinado excedente exportable, se puede afirmar que el costo total de exportar esa cantidad es igual al costo total de lograr el correspondiente excedente exportable.

A partir de la función de costo total de exportar, se obtiene la de costo marginal de exportar ( $CMg^e$ ), que gráficamente se encuentra a la izquierda de la curva de exceso de oferta de A.

### 2. Relación entre la función de oferta de exportaciones y el costo marginal de exportar

#### a) *Caso en que la relación que existe entre excedente exportable y cantidad efectivamente exportada es de tipo proporcional*

En este caso particular la función de oferta de exportaciones coincide con la curva de costo marginal de exportar.

Para demostrar esta afirmación se utiliza un ejemplo.

Si la función exceso de oferta del país A es igual a  $P^A = 4 + X^{EE}$ , el costo total de generar el excedente exportable es igual a la integral de esta curva<sup>17</sup>:

$$CT^{EE} = 4 \cdot X^{EE} + \frac{(X^{EE})^2}{2}$$

Si la relación que existe entre el excedente exportable y la cantidad efectivamente exportada es:  $X^{EE} = 1,25 \cdot X^e$ , entonces la función de costo total de exportar ( $CT^e$ ) resultante es:

$$CT^e = 4 \cdot X^{EE} + \frac{(X^{EE})^2}{2} = 4 \cdot (1,25 \cdot X^e) + \frac{(1,25 \cdot X^e)^2}{2} = 5 \cdot X^e + 0,78125 \cdot (X^e)^2$$

Esto implica que la función de costo marginal de exportar resulta igual a:

$$CMg^e = 5 + 1,5625 \cdot X^e$$

Por otra parte, sobre la base del mismo ejemplo en la nota al pie 6 se demostró que la función de oferta de exportaciones del país A resulta igual a:  $\pi^A \cdot R_A = 5 + 1,5625 \cdot X^e$ .

Tal como puede verse, ambas funciones coinciden.

**b) Caso en que la relación entre excedente exportable y cantidad efectivamente exportada no es de tipo proporcional**

En este caso particular la función de oferta de exportaciones no coincide con la curva de costo marginal de exportar.

Para demostrar esta afirmación nuevamente se utiliza un ejemplo. Partiendo de la misma la función exceso de oferta que en el caso anterior:  $P^A = 4 + X^{EE}$ , se determina que el costo total de generar el excedente exportable:  $CT^{EE} = 4 \cdot X^{EE} + \frac{(X^{EE})^2}{2}$

Si ahora la relación que existe entre el excedente exportable y la cantidad efectivamente exportada es:  $X^{EE} = (X^e)^{1,2}$ , la función de costo total de exportar ( $CT^e$ ) resulta ser:

$$CT^e = 4 \cdot X^{EE} + \frac{(X^{EE})^2}{2} = 4 \cdot (X^e)^{1,2} + \frac{(X^e)^{2,4}}{2}$$

Esto implica que la función de costo marginal de exportar es igual a:

$$CMg^e = 4,8 \cdot (X^e)^{0,2} + 1,2 \cdot (X^e)^{1,4}$$

Por otra parte, tal como se explicó en la sección III, la función de oferta de exportaciones surge de igualar el ingreso total en función del excedente exportable con el ingreso total en función de la cantidad efectivamente exportada. Estas funciones resultan ser:

$$IT^{EE} = X^{EE} \cdot P^A = 4 \cdot X^{EE} + (X^{EE})^2 = 4 \cdot (X^e)^{1,2} + (X^e)^{2,4}$$

$$IT^e = \pi^A \cdot R_A \cdot X^e$$

De su igualdad resulta que la oferta de exportaciones es:

$$\pi^A \cdot R_A = 4 \cdot (X^e)^{0,2} + (X^e)^{1,4}$$

que en este caso no coincide con la curva de costo marginal de exportar.

## BIBLIOGRAFÍA

- FERRA, Coloma, *Evaluación socioeconómica de proyectos*, 2ª. ed. (Mendoza, FCE UNCuyo, 2000).
- FERRA, Coloma y BOTTEON, Claudia, *Evaluación socioeconómica de inversiones con capitales nacionales y extranjeros*, en Serie Estudios - Sección Economía, N° 43 (Mendoza, FCE UNCuyo, 2001).

- FONTAINE, Ernesto, *Evaluación social de proyectos*, 12a. ed. (México, Alfaomega, 1999).
- HARBERGER, Arnold, *Tres postulados básicos para la economía del bienestar aplicada: un ensayo interpretativo*, en Serie Traducciones-Sección Economía, N° 118 (Mendoza, FCE UNC, 1983).

<sup>1</sup> Se puede consultar: FERRA, C. y BOTTEON, C., *Evaluación socioeconómica de inversiones con capitales nacionales y extranjeros*, Serie Estudios, Sección Economía, N°43 (Mza., FCE-UNC, 2001).

<sup>2</sup> La diferencia entre estas dos últimas curvas se debe a las pérdidas de energía asociadas al transporte internacional de ese bien. Más adelante se explica el tema.

<sup>3</sup> Esto implica que la posición de las curvas correspondientes al país B depende del nivel de  $R_{AB}$  relevante para convertir las curvas. Si el nivel de ese “traductor” cambiase, se desplazarían las curvas. Dado que en este trabajo se supone que los tipos de cambio no se modifican como consecuencia del proyecto, ese desplazamiento no ocurre.

<sup>4</sup> Estas pérdidas físicas de energía también ocurren en la venta doméstica. Sin embargo, para simplificar el análisis, no se tienen en cuenta. Su exclusión no invalida los resultados del trabajo.

<sup>5</sup> Se supone que los productores no pueden ejercer ningún tipo de poder monopólico y que no pueden discriminar precios entre mercado doméstico y externo. Esto es consistente con el supuesto 5 explicitado en la introducción de este trabajo.

<sup>6</sup> Para clarificar este procedimiento se utiliza un ejemplo. Si la función de exceso de oferta es igual a  $P^A = 4 + X^{EE}$ , el ingreso total asociado al excedente exportable es:  $IT^{EE} = 4 \cdot X^{EE} + (X^{EE})^2$ . Si además, la relación que existe entre el excedente exportable y la cantidad efectivamente exportada es de tipo proporcional, por ejemplo:  $X^{EE} = 1,25 \cdot X^e$ ; se puede escribir:  $IT^{EE} = 4 \cdot X^{EE} + (X^{EE})^2 = 4 \cdot (1,25 \cdot X^e) + (1,25 \cdot X^e)^2 = 5 \cdot X^e + 1,5625 \cdot (X^e)^2$ . Esta expresión debe igualarse con:  $IT^e = \pi^A \cdot R_A \cdot X^e = 5 \cdot X^e + 1,5625 \cdot (X^e)^2$ . Esto implica que la función de oferta de exportaciones resulta igual a:  $\pi^A \cdot R_A = 5 + 1,5625 \cdot X^e$ .

<sup>7</sup> Si las curvas de demanda y oferta no son rectas, los costos son iguales a las integrales entre las cantidades relevantes. Por otra parte, las fórmulas responden al supuesto de que no existen impuestos ni subsidios al consumo ni a la producción de la energía, ni externalidades. Si los hubiera, los cambios en el consumo se deben valorar por el área bajo la curva de beneficio marginal social de consumir, mientras que los cambios en producción se valoran por el área bajo la curva de costo marginal social de producir.

<sup>8</sup> Esta equivalencia de áreas sólo es válida para el caso en que no existan impuestos o subsidios a la producción y/o al consumo.

<sup>9</sup> Es conveniente aclarar que los insumos que se importan al país bajo estudio, se consideran comprados en él (aún cuando el hecho de la compra se concrete en otro país). En este sentido, por ejemplo, son insumos comprados en el país las herramientas importadas que requiera el concesionario. En cambio, si el concesionario enviase a otro país los componentes de una máquina para que allí la armaran, la mano de obra empleada sería un insumo comprado fuera del país.

<sup>10</sup> En la metodología denominada “Proyecto de interconexión de los mercados de energía eléctrica de dos países” que forma parte de este trabajo, se presenta un análisis detallado de este tema. Cabe recordar que si bien estas pérdidas físicas de energía también ocurren en la venta doméstica, para simplificar el análisis, no se tienen en cuenta.

<sup>11</sup> Si hubiera impuestos o subsidios al consumo y/o a la producción del bien X, los cambios en consumo y en producción se valoran por el promedio de precios de demanda y por el promedio de precios de oferta, respectivamente. Si existen externalidades al consumo y/o a la producción, esos cambios se valoran por el beneficio marginal social y por el costo marginal social, respectivamente.

<sup>12</sup> Recordar que el término “corregida” indica que el área al que se hace referencia debe ser dividida por  $R_{AB}$ , de manera que quede expresada en moneda de B.

<sup>13</sup> Aquí también es válido lo indicado en la nota 11.

<sup>14</sup> El procedimiento que se indica en el texto supone que la demanda de esos insumos aumenta. Si en algún caso disminuye, el resultado será el mismo pero con el signo contrario. El efecto conjunto resulta de sumar algebraicamente los resultados obtenidos para cada uno de los insumos.

<sup>15</sup> La explicación de qué se entiende por insumos comprados dentro y fuera del país está en la nota 9.

<sup>16</sup> Aquí también es válida la aclaración de la nota 14.

<sup>17</sup> En las expresiones matemáticas que siguen y que resultan de procesos de integración, no se ha incluido la constante porque no tiene relevancia en el resultado final.