

Control de Emisiones Minimizando los Costos de Abatimiento

Marcelo Caffer¹
Universidad de Montevideo

Curso "Economía de la Fiscalización Ambiental"

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Mayo 2007

¹Por el momento la presente sección es poco más que una traducción de Stranlund (1999)

1 La Función de Costos de Abatimiento de Empresas en Mercados Competitivos

El costo total de alcanzar $e < e^u$ para una firma competitiva está dado por la disminución en los beneficios que la firma sufre para alcanzar e con respecto a la situación sin regulación. Esto es,

$$c(w, p, e) = \pi(w, p, e^u) - \pi(w, p, e)$$

Esta es la *función de costos de abatimiento de una firma perfectamente competitiva*.

Basándonos en las propiedades de la función de beneficios de la firma competitiva, que ya conocemos, podemos establecer que

- $c_e(w, p, e) = -\pi_e(w, p, e) < 0$
- $c_{ee}(w, p, e) = -\pi_{ee}(w, p, e) > 0$.

La función de costos de abatimiento de una firma competitiva $c(w, p, e)$ es estrictamente decreciente y estrictamente convexa en el nivel de emisiones e .

Notar que la función de costos de abatimiento arriba definida no es la función de costos de la empresa $c(w, q, e)$.

Para distintos niveles de e , esta última nos dará los costos de abatimiento condicional a q ($q = \bar{q}$), únicamente.

La función de costos de abatimiento en terminos de abatimiento ($a = e^u - e$) es $c(w, p, a) = \pi(w, p, e^u) - \pi(w, p, e^u - a)$, con

- $c_a(w, p, a) = \pi_e(w, p, e^u - a) > 0$
- $c_{aa}(w, p, a) = -\pi_{ee}(w, p, e^u - a) > 0$.

$c(p, a)$ es estrictamente creciente y estrictamente convexa en el abatimiento

2 La Función de Costos de Abatimiento de Empresas en Mercados no Competitivos

- Para $n = 1$ (el caso de un monopolista), la función de costos de abatimiento tiene las mismas propiedades básicas que una función de costos de abatimiento de una firma competitiva.
- Sin embargo, para firmas idénticas de Cournot ($n > 1$) no podemos decir mucho acerca de la estructura de sus funciones de costos de abatimiento. Necesitamos asumir signos para las derivadas terceras de $c(w, q, e)$ y la inversa de la función de demanda.

3 Estándares de Emisión Minimizadores de los Costos de Abatimiento

Suponga que el regulador quiere alcanzar un nivel total de emisiones E de la forma menos costosa posible.

Supongamos que el contaminante cuyas emisiones se quieren regular se mezcla uniformemente en el ambiente; i.e.: no importa dónde esté localizada la fuente de emisión, el impacto sobre la calidad ambiental objeto de regulación es el mismo.

La cantidad de firmas a regular es n

y las emisiones de la firma i se denotan como e_i .

La función de costos de abatimiento para la i -ésima firma es $c_i(e_i)$.

Asumiremos que $c'_i(e_i) < 0$ y $c''_i(e_i) > 0$ para cada una de las n firmas.

El problema para el regulador es:

$$\begin{aligned} \min_{(e_1, e_2, \dots, e_n)} \quad & \sum_i c_i(e_i) \\ \text{sujeto a} \quad & \sum_i e_i = E \end{aligned} \tag{1}$$

Notar que no incluimos (por el momento) los costos administrativos y de fiscalización del regulador.

El Lagrangeano de este problema es

$$L = \sum_i c_i(e_i) + \lambda \left(E - \sum_i e_i \right)$$

Restringiéndonos a soluciones interiores, y dado los supuestos sobre $c_i(e_i)$, las siguiente condiciones de primer orden son necesarias y suficientes para identificar a una asignación de emisiones que minimice los costos:

$$\begin{aligned} (1) \frac{\partial L}{\partial e_i} &= c'_i(e_i) - \lambda = 0, \text{ para todo } i = 1, \dots, n. \\ (2) \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= E - \sum_i e_i = 0 \end{aligned}$$

De estas condiciones de primer orden se desprenden un par de resultados.

1. Para alcanzar un determinado nivel total de emisiones objetivo minimizando los costos agregados de abatimiento las emisiones deben asignarse tal que se igualen los costos marginales de abatimiento de todas las firmas reguladas.
2. Los costos agregados de abatimiento mínimos son decrecientes en el nivel de emisiones agregado objetivo E . (Ver demostración en las notas).

4 Un Impuesto a las Emisiones

Supongamos que el regulador quiere alcanzar el nivel agregado de emisiones E con un impuesto t por unidad de emisiones.

El objetivo de una firma cuando se enfrenta a un impuesto unitario a las emisiones es minimizar los costos de abatimiento más los pagos por impuesto: $c_i(e_i) + te_i$.

Como esta función objetivo es estrictamente convexa en las emisiones, la condición de primer orden $c'_i(e_i) = -t$ es necesaria y suficiente para identificar un nivel de emisiones que minimiza los costos de la empresa i , $i = 1, \dots, n$.

Como el impuesto es igual para todas las firmas tendremos que éste logra igualar los costos marginales de todas las firmas. por lo tanto el impuesto minimiza los costos agregados de abatimiento.

La suma total de las emisiones de las n firmas es igual a E cuando $t = -\lambda(E)$ (Ver notas por demostración).

5 Permisos de Emisión Comercializables

Supongamos ahora que el regulador implementa un mercado de permisos de emisión comercializables para alcanzar el mismo objetivo E .

Sea l_i^0 la asignación inicial de permisos de la empresa i y

sea l_i el número de permisos en poder de la misma empresa luego del intercambio.

Asumiendo cumplimiento perfecto $l_i = e_i$.

El regulador emite una cantidad total de permisos igual a E

Asumiendo además que el mercado de permisos es competitivo: no hay costos de transacción y ninguna empresa tiene poder de mercado en el mercado de permisos

Llega a un equilibrio

$$\sum_i l_i^0 = \sum_i l_i = \sum_i e_i = E$$

Con a un precio de equilibrio p^l .

La función objetivo de una firma i que participa de un mercado de permisos comercializables es

$$c_i(e_i) + p^l(l_i - l_i^0)$$

Si restringimos nuestra atención a las soluciones interiores la siguiente condición de primer orden será necesaria y suficiente:

$$-c'_i(l_i) = p^l$$

Asumiendo que $l_i = e_i$ las firmas demandarán permisos hasta que sus costos marginales de abatimiento sean iguales al precio de los permisos.

Como supusimos que el mercado es competitivo, cada firma i enfrenta el mismo p^l y por lo tanto los costos marginales de todas las firmas serán iguales entre sí e iguales al precio en equilibrio.

La condición de primer orden implícitamente define la función de demanda de permisos de cada firma i , $l_i(p^l)$. Por el supuesto de equilibrio de mercado sabemos que $\sum_i l_i = E$.

Conclusión: Para cualquier asignación arbitraria de permisos $(l_1^0, l_2^0, \dots, l_n^0)$ que satisfaga $l_i^0 \geq 0$ y $\sum_i l_i^0 = E$, un mercado competitivo de permisos logrará alcanzar E a un costo mínimo.

Aún más, la asignación inicial de permisos no importa en este marco inicial que supusimos. Ésta puede ser usada para otros fines (equidad o viabilidad política, por ejemplo).

¿Cuál será el nivel del precio de los permisos en equilibrio? Un mercado competitivo de permisos establecerá un $p^l = -\lambda(E)$
(Ver demostración en las notas)

El resultado es el mismo que con el impuesto a las emisiones.

Pero hay diferencias.

6 Discusión impuestos vs. permisos

- Con un impuesto el regulador requerirá información sobre los costos de abatimiento de las firmas para fijar el t correcto. Con los permisos comercializables no.
- Con un impuesto a las emisiones se requiere ajustar el impuesto cada vez que entra una nueva firma. Con los permisos no.
- Con los permisos hay que ajustar la cantidad de contaminación permitida a medida que avanza el progreso tecnológico y cambian las preferencias. Con un impuesto no, si éste está indexado.
- Los permisos son un activo para las empresas. Puede ser políticamente más viable. Sobre todo si se entregan sin costo al principio.
- Diferentes impuestos de acuerdo a la localización de las empresas pueden no ser legales.
- "Doble dividendo" de los impuestos: al poner impuestos a las emisiones el regulador puede disminuir los impuestos sobre otros bienes, con lo cuál internaliza externalidades y reduce distorsión de otros impuestos.

7 Emisiones que no se Mezclan Uniformemente

Hasta el momento el lugar en que se originaban las emisiones era indiferentes para el regulador.

En esta sección, vamos a considerar el caso en que sí es importante la localización de las fuentes de emisión para el control ambiental.

7.1 Estándares de Emisión Minimizadores de los Costos de Abatimiento

Dos firmas (1 y 2) emiten un contaminante a un río que fluye hacia una ciudad.

El regulador no está directamente interesado en las emisiones de las firmas sino en la concentración de este contaminante en el río a la altura de la ciudad.

Llamaremos α a esta concentración, tal que

$$\alpha = h_1 e_1 + h_2 e_2$$

Los h_i 's se llaman coeficientes de transferencia (o de impacto). Inversamente relacionados con la distancia desde el punto de emisión de la firma y la ciudad. Suponemos constantes.

El regulador quiere elegir un par de estándares de emisión (s_1, s_2) tal que

$$\begin{aligned} \min c_1(s_1) + c_2(s_2) \\ s.a. \bar{\alpha} \geq h_1 s_1 + h_2 s_2 \end{aligned}$$

siendo $\bar{\alpha}$ la concentración máxima permitida en la ciudad.

Las condiciones de primer orden

$$\begin{aligned}c'_i(s_i) - \lambda h_i &= 0, i = 1, 2 \\ \bar{\alpha} &= h_1 s_1 + h_2 s_2\end{aligned}$$

Llamamos a la solución a este problema $s_1^* = s_1(\bar{\alpha}, h_1, h_2)$, $s_2^* = s_2(\bar{\alpha}, h_1, h_2)$, $\lambda^* = \lambda(\bar{\alpha}, h_1, h_2)$

En el caso de los contaminantes que se mezclan uniformemente en el ambiente la regla para minimizar costos agregados de abatimiento era que los costos marginales de todas las empresas debían ser iguales. Esto ya no es cierto si el lugar de emisión importa. En este caso la regla es,

$$\frac{c'_1(s_1^*)}{c'_2(s_2^*)} = \frac{h_1}{h_2}$$

La asignación de emisiones (o el par de estándares de emisión) que minimiza los costos agregados requiere que el cociente entre los costos marginales sea igual al cociente entre los coeficientes de transferencia.

7.2 Un Impuesto a las Emisiones

De las condiciones de primer orden del problema del regulador planteado más arriba vemos que el impuesto que logre $e_i = s_i(\bar{\alpha}, h_1, h_2)$ para cada i no será único sino que en este caso será un par de impuestos (t_1 y t_2) tal que

$$t_i = -\lambda(\bar{\alpha}, h_1, h_2) * h_i, i = 1, 2$$

Si h_i está inversamente relacionado con la distancia la firma más cerca de la ciudad tiene que enfrentar un impuesto más alto.

$\lambda(\bar{\alpha}, h_1, h_2)$ es el costo marginal agregado de abatimiento de incrementar objetivo de calidad ambiental.

7.3 Sistema de Compensación de Emisiones

Define los permisos transferibles en función de las emisiones pero éstos no se intercambian 1 a 1

Para ilustrar podemos escribir:

$$l_1 = (\bar{\alpha}/h_1) - (h_2/h_1) l_2$$

la que nos da todas las combinaciones de l_1 y l_2 tal que la calidad ambiental en la localidad es igual a $\bar{\alpha}$.

References

- [1] Mas-Colell, A., M.D. Winston y J. R. Green (1995), "Microeconomic Theory", Oxford University Press.
- [2] Stranlund, John (1999), Fundamental Economics of Environmental Policy Design, mimeo.
- [3] Xepapadeas, A. (1997), "Advanced Principles in Environmental Policy", New Horizons in Environmental Economics, Edward Elgar.