DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
U N I V E R S I D A D D E C H I L E

MONOPOLIO NATURAL

Pablo Serra

República 701, Casilla 2777, Santiago – Chile, Junio 1991. Esta versión: Mayo 2002

1. Definición de monopolio natural

Estamos frente a un monopolio natural si para el nivel de demanda existente es más económico que produzca una sola empresa que dos o más. Esta situación se produce cuando las economías de escala no se han agotado para el nivel de demanda de mercado. Dicho de otra forma, en un monopolio natural el costo medio de producción disminuye con la producción en todo el rango relevante.

Una curva de costo medio decreciente requiere que para cualquier nivel de producción el costo adicional de producir la última unidad, es decir, el costo marginal, sea inferior al costo medio. Luego si el costo medio es decreciente en todo el rango relevante, la curva de costos marginales está por debajo de la curva de costos medios, tal como se observa en la figura 1.

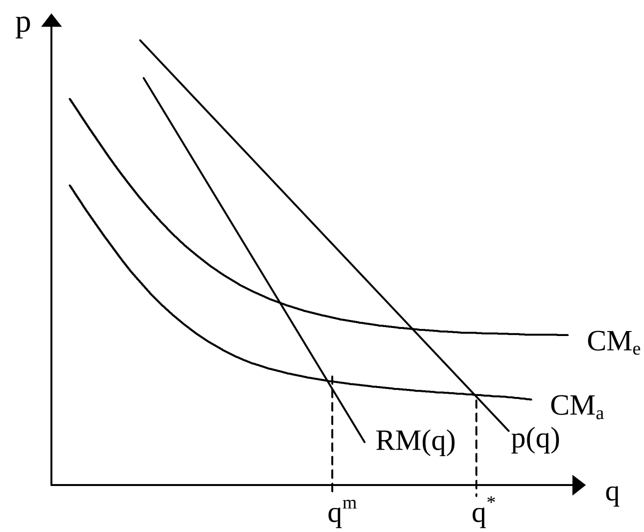

Figura 1: Monopolio Natural

La mayoría de los ejemplos de monopolios naturales están en los servicios públicos. Por ejemplo la telefonía fija, la transmisión y distribución eléctrica, la distribución de agua potable y recolección de aguas servidas, y las carreteras.

Industrias que hoy son monopolios naturales no lo fueron necesariamente en sus comienzos. Por ejemplo, cuando se inició la industria de las comunicaciones, a veces diversas empresas servían una misma zona, pero con el tiempo se dieron cuenta que fusionándose lograban reducir costos.

2. Maximización de utilidades en el monopolio natural

Los monopolios naturales, al igual que las demás empresas, buscan maximizar utilidades. Para caracterizar la solución del problema de maximización de utilidades de un monopolio introducimos el concepto de ingreso marginal. El ingreso marginal corresponde al aumento en los ingresos que experimenta el monopolio al producir y vender una unidad más.

Suponemos que la demanda disminuye con el precio del bien, lo que representamos con una curva de demanda p(q) con pendiente negativa en la figura 1. Luego para vender una unidad más la empresa debe bajar el precio. Por lo tanto, el retorno marginal es igual al precio menos la disminución en el precio que se requiere para vender la unidad adicional multiplicada por el número de unidades vendidas. En consecuencia, la curva de retorno marginal va por debajo de la curva de demanda, tal como se muestra en la figura 1.

Un monopolio maximiza sus beneficios cuando su producción es tal que el costo marginal es igual al ingreso marginal (q^m en la figura 1), y vende al precio que los consumidores están dispuestos a pagar por dicha cantidad (p^m). En efecto, para un nivel de producción menor, el retorno marginal excede al costo marginal, luego al producir una unidad más el retorno crece más que el costo, por lo que conviene aumentar la producción. Al contrario, para un nivel de producción tal que el costo marginal es mayor al ingreso marginal, producir la última unidad reduce el beneficio de la empresa, por lo que disminuyendo la producción aumenta el beneficio.

Formalmente. *Definimos la curva de demanda,*

$$q = D(p), \qquad D'(p) < 0,$$

la que representa la cantidad que los consumidores están dispuestos a comprar para distintos niveles de precio. Suponemos que la demanda decrece con el precio. Asimismo se define la función inversa de demanda,

$$p = D^{-1}(q), \qquad (D^{-1})' = 1/D' < 0$$

la que muestra el precio que puede cobrar el monopolio si desea vender q unidades del producto. Luego si desea vender más unidades, deberá disminuir el precio.
El retorno total es igual a:

$$R(q) = qp(q),$$

y el retorno marginal

$$\frac{dR(q)}{dq} = p(q) + q\frac{dp}{dq} = p + q\frac{1}{D'(p)}$$

Dado que D'(p) es negativo, el retorno marginal es menor al precio para cualquier nivel de producción q. En lo que sigue usaremos p(q) para denotar la función inversa de demanda.

Finalmente el problema de maximización de beneficios de la firma es:

$$\underset{q}{Max}\left(p(q)q - \Phi(q)\right)$$

donde F denota la función de costos. Luego la condición de optimalidad (de primer orden) es:

$$R_0(q) = \Phi_0(q)$$

3. Regulación de monopolios

El bienestar social se maximiza en el nivel de producción donde la curva de demanda corta a la de costo marginal (q* en la figura 1). En efecto, para un nivel de producción menor, el precio que están dispuestos a pagar los consumidores (indicado por la curva de demanda) es mayor al costo que tiene para la sociedad producir una unidad más (costo marginal). Por lo que el beneficio social aumenta con la producción. De manera análoga si la producción excede a q*, la última unidad producida ocasiona un beneficio menor al costo de producirla, lo que produce una pérdida social. Luego, si la empresa no es regulada se produce una pérdida social. El bienestar social se maximiza fijando un precio igual al costo marginal correspondiente al nivel de producción donde la curva demanda corta a la de costo marginal.

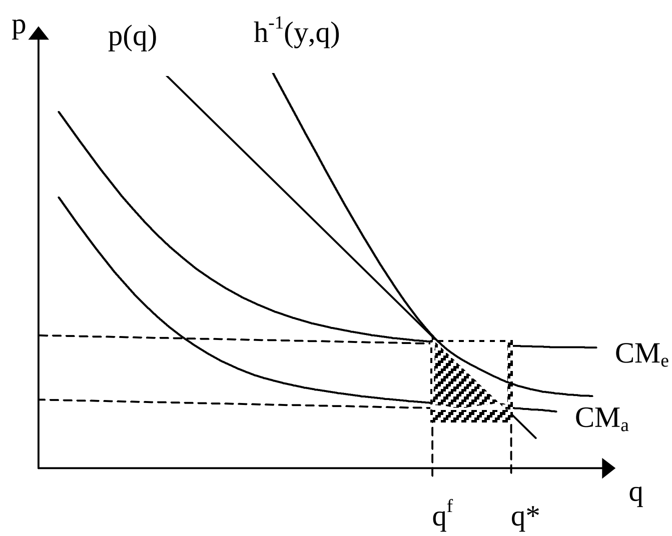

Figura 2: Pérdida social de fijar un precio igual al costo medio

La dificultad de fijar una tarifa igual al costo marginal es que la empresa no se financia porque por cada unidad recibe un pago que es inferior al costo de producirla (costo medio de producción). Una alternativa para lograr el autofinanciamiento de la empresa es fijar un precio igual al costo medio, pero ello genera una pérdida social. Denotemos q^f el nivel de producción para el cual la curva de demanda corta a la de costo medio. Entonces la pérdida social esta dada por el área achurada en la figura 3. Una forma de evitar la pérdida social es recurrir a los planes tarifarios con dos cargos.

***Formalmente**. Sabemos que el excedente social se maximiza cuando el precio es igual al costo marginal. Definiendo q*=q(p*), si se fija un precio igual al costo marginal y ninguna otra compensación, la pérdida L de la empresa estará dada por:*

$$L = \Phi(q^*) - q^* \Phi_0(q^*)$$

Por otro lado, si se fija un precio igual al costo medio, entonces la pérdida de los consumidores está dada por:

$$e(u^0, p^*) - e(u^0, p^f) = \int_{p^f}^{p^*} h(u^*, p)dp$$

donde p^f denota el precio donde la curva de demanda corta a la de costo medio, h la función de demanda hicksiana y u la utilidad de los consumidores cuando el precio del bien es p*.*

4. Sistemas de dos tarifas

En algunas situaciones el monopolio puede tener utilidades mayores que las que logra produciendo la cantidad que iguala el costo marginal al ingreso marginal. Imaginemos que el usuario para poder consumir debe estar "conectado" o bien debe hacerlo dentro de un lugar cuyo acceso está controlado por el monopolista. En este caso la empresa puede usar un sistema de dos precios. Un cargo fijo –cargo de conexión o entrada— y un cargo variable por unidad consumida. Si todos los consumidores tuvieran la misma curva de demanda entonces la solución que maximiza la utilidad del monopolista sería relativamente simple: fijar un cargo variable igual al costo marginal y luego extraer todo el beneficio que el consumidor obtiene por consumir dicho bien a través del cargo fijo. De esta manera, el monopolista se queda con todo el excedente social, el que se maximiza cuando el precio se iguala al costo marginal.

El ejemplo clásico de un sistema de dos tarifas es Disneylandia, que antiguamente cobraba una entrada y luego un valor por cada juego que usaba el visitante. Otro ejemplo interesante es el de Xerox. Esta empresa mientras tuvo el monopolio legal que le daba la patente, no vendía las fotocopiadoras, sino que las arrendaba y luego cobraba por cada fotocopia sacada. Ahora los distintos fabricantes de fotocopiadoras simplemente venden el equipo. En estos días los principales ejemplos de monopolios que pueden usar dos tarifas son los servicios públicos: distribución eléctrica, telefonía básica y agua potable.

Formalmente. Imaginemos que en la economía hay dos bienes. El bien 1 es producido por un monopolio, y el segundo es un bien compuesto que incluye a todo los demás bienes y cuyos precios relativos suponemos permanecen constante. El bien 2 se usa como numerario y puede ser identificados con el dinero.

El monopolio cobra un cargo fijo y un cargo variable. Llamemos t al cargo fijo y mantengamos p para el cargo variable. Definamos u^0 como la utilidad que obtiene el consumidor cuando no consume el bien 1. *Luego el cargo fijo no puede exceder de $T(p) = y - e(u^0, p)$. En efecto con dicho cargo fijo, y dado el precio p, el consumidor obtiene la misma utilidad que cuando no se conecta*

En lo que sigue p^m denota el menor precio para el cual la demanda del bien se hace cero cuando el ingreso es igual a y. Luego,

$$u^0 = v(y, p^m), \qquad y = e(u^0, p^m),$$

luego

$$T(p) = e(u^0, p^m) - e(u^0, p),$$

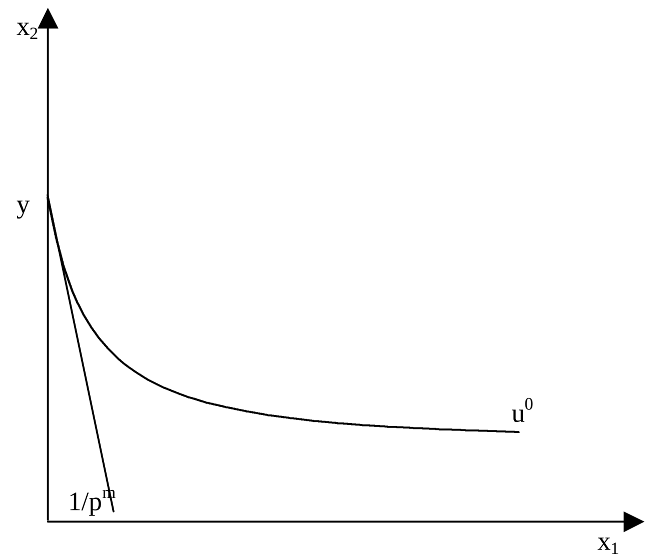

Figura 3: determinación del precio máximo.

Si d designa la demanda marshalliana del bien 1, el beneficio del monopolio es igual a:[1]

$$p = pd(y-t,p) + t - \Phi(d(y-t,p))$$

siempre que el individuo se conecte y pague el cargo fijo. El monopolio maximiza sus utilidades, para lo cual optimiza tanto sobre p como t. Partimos considerando fijo al precio p y buscando para ese valor de p el t óptimo. Primero probaremos que el cargo fijo óptimo es T(p)

Diferenciamos la función p *con respecto a t, obteniendo:*

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -p\frac{\partial d}{\partial y} + 1 + \Phi_0(q)\frac{\partial d}{\partial y}$$

Suponiendo que el costo marginal F_0 *es mayor o igual que cero, y que el bien 2 es normal, lo que implica*

---

[1] Notar que el conjunto S de consumos posibles esta dada por $S \equiv \{(x_1, x_2) | px_1 + x_2 = y - t\} \cup \{(0, y)\}$ ..

$$\frac{\partial(pq)}{\partial y} = p\frac{\partial q}{\partial y} < 1$$

se obtiene que $\partial \mathrm{p}/\partial t > 0$. *En consecuencia, dado p el cargo fijo que maximiza e beneficio del monopolio es T(p).*

Ahora buscamos el cargo variable óptimo. Previamente calculamos la derivada de T(p).

$$T(p) = \int_{p}^{Pm} \frac{\partial e(u^0, x)}{\partial q} dx$$

$$T(p) = \int_{p}^{Pm} h(u^0, x) dx$$

donde h(u, p) designa la demanda hicksiana del bien 1. Luego

$$\frac{dT(p)}{dp} = -h(u^0, p) = -q(e(u^0, p), p) = -q(y - T(p), p)$$

Notar que T(p) corresponde a la variación equivalente, pues indica el ingreso que se debe sustraer del individuo cuando el precio se reduce de p^m *a p para que su nivel de utilidad se mantenga constante*

Ahora derivamos las utilidades del monopolio con respecto al cargo variable p,

$$\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial p} = q(y-t, p) + p\frac{dq(y-t, p)}{dp} + \frac{dT(p)}{dp} - \Phi_0(q(y-t, p))\frac{dq(y-t, p)}{dp}$$

$$\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial p} = (p - \Phi_0)\frac{dq(y-t, p)}{dp} = 0$$

Entonces el cargo variable que maximiza el beneficio del monopolio es igual al costo marginal.

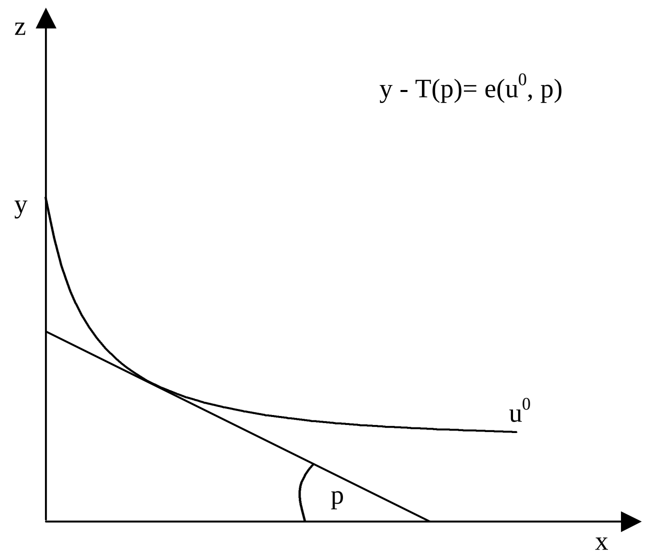

Figura 4: Determinación del cargo variable.

El monopolista cuando usa un sistema de dos precios debe resolver un problema más complejo del que hemos visto hasta este punto. En efecto, los consumidores difieren en distintas dimensiones, por lo que derivan distintos excedentes del consumidor para un mismo precio. Luego si el monopolista coloca un cargo fijo muy alto, muchos consumidores pueden decidir no conectarse. Cuando el cargo disminuye, aumenta el número de clientes que se conecta, pero las utilidades del monopolista pueden disminuir. La solución ideal del monopolista sería cobrar a cada consumidor un cargo fijo distinto igual al excedente correspondiente (discriminación de primer grado). Pero esta solución tiene dos problemas, la imposibilidad de conocer el excedente de cada consumidor, y además puede ser sancionada por la comisión antimonopolios. Una posibilidad es tener cargos fijos distintos por grupo de consumidor (discriminación de tercer grado).

Ejemplo. Están de moda las llamadas "barra al costo" en los bares y pubs. Se paga un *cover* por entrar al lugar y luego se consumen tragos (supuestamente) al costo. Es exactamente la idea de usar dos precios. El precio variable por unidad consumida es igual al costo, y se extrae el excedente del consumidor a través del *cover*[2]. Pero en promedio las mujeres consumen menor cantidad de alcohol que los hombres por lo que probablemente derivan un excedente menor de consumir tragos al costo. Por ello muchos lugares cobran una entrada distinta a hombres y mujeres.

[2] Cada bar o pub es distinto y en ese sentido tiene poder monopólico. Pero existe algún grado de competencia con otros lugares similares. Luego es posible que no puedan extraer todo el excedente del consumidor, a diferencia de los monopolios que no enfrentan competencia.

Normalmente las discriminaciones de primer y tercer grado son engorrosas porque es difícil impedir que una persona use la tarifa destinada a otro segmento.[3] Además estas prácticas suelen estar prohibidas por las legislaciones antimonopolios. Por ello algunas empresas recurren a los menús de tarifas. Se ofrecen distintos planes tarifarios y los propios consumidores eligen el que prefieren (discriminación de segundo grado). En general hay planes con bajo cargo fijo y alto cargo variable y planes con alto cargo fijo y bajo cargo variable. Un ejemplo es la telefonía móvil, donde las personas que realizan muchas llamadas eligen planes con mayor cargo fijo y menor cargo variable. El caso extremo son los teléfonos con tarjetas que no tienen cargo fijo, pero con un cargo variable más de tres veces mayor que en el caso de los planes contratados.

Formalmente. Todo el desarrollo anterior ha sido para el caso de un sólo consumidor. En lo que sigue se esboza el análisis cuando hay varios, digamos K, consumidores. La utilidad del monopolio es:

$$p = pD + KT_1(p) - \Phi(D)$$

donde $T_1(p)$ representa la máxima tarifa que estaría dispuesto a pagar la persona menos interesada en ir a Disneylandia, y D es la demanda total por juegos, es decir,

$$D = \sum_{k=1}^{K} d^k (y^k - T_1(p), p)$$

donde y^k corresponde al ingreso del individuo k. Diferenciando π con respecto a p se obtiene:

$$\frac{\partial p}{\partial p} = D + p\frac{\partial D}{\partial p} + d^1 \sum_k \frac{\partial d^k}{\partial y} - Kd^1 - \left(\sum_k d^1 \frac{\partial d^k}{\partial y} + \frac{\partial D}{\partial p} \right) \Phi_0$$

luego:

$$\Phi_0 = p \frac{D - Kd^1}{p\frac{\partial D}{\partial p} + \sum_k \frac{\partial d^k}{\partial y^k}}$$

definiendo:

$$s = \frac{p}{D}\frac{\partial D}{\partial p} \qquad t^k = \frac{pd^k}{y^k} \qquad m_k = \frac{y_k}{d^k}\frac{\partial d^k}{\partial y}$$

$$s = \frac{d^1}{D}$$

se llega a:

[3] Por ejemplo, los diarios tienen descuentos de 50% para estudiantes universitarios. Pero no se hace publicidad a esta tarifa rebajada, y sólo se ofrece en los recintos universitarios a estudiantes que residan en hogares que no han estado suscritos al diario.

$$\Phi_0 = p + p\frac{1 - Ks}{s + s\sum_k t_k m_k}$$

5. Regulación de planes tarifarios con dos cargos

Para evitar la pérdida social que se produce al fijar una tarifa igual al costo medio, el regulador puede establecer una tarifa variable igual al costo marginal más un cargo fijo que deben pagar todos los usuarios. Una alternativa es dividir la cantidad que se requiere para financiar a la empresa por el número de usuarios y cobrar a todos el mismo cargo fijo. La ventaja de esta fórmula es su simplicidad, pero tiene dos graves inconvenientes. El primero es que es una carga regresiva. Un cargo fijo igual para todos los usuarios afecta más a las familias más pobres que consumen menos, las que al final terminan pagando un precio mayor por unidad consumida. También es ineficiente porque deja fuera de mercado a familias que estaban dispuestas a pagar el precio variable más un cargo fijo algo menor. La salida de dichas familias tiene un costo para las demás: cae la producción y con ello aumenta el costo medio.

En teoría la solución eficiente y equitativa es que cada familia pague un cargo fijo proporcional (no igual!) al excedente que obtienen de consumir dicho producto. Es eficiente porque no deja afuera a ningún hogar que pueda contribuir a financiar la parte de los costos de la empresa que no son cubiertos por el cargo variable. Y es equitativo porque los que más se benefician con el consumo del bien realizan una contribución mayor.

Si bien determinar el excedente de cada consumidor es una tarea imposible de realizar, se puede recurrir a distintas aproximaciones. Una es usar el consumo histórico promedio para determinar el cargo fijo. Notar que si se usase el consumo corriente en vez del promedio histórico sería equivalente a realizar un cargo variable igual al costo medio. El uso del consumo histórico presenta algunas dificultades. Por ejemplo, ¿qué cargo fijo usar para los nuevos consumidores? Probablemente los cargos se deberían ir reajustando cada cierto número de años para reflejar los cambios ocurridos en el intertanto en los distintos hogares. Otra posibilidad es que el monto del cargo fijo de cada familia se vincule al ingreso familiar medido por ejemplo por la ficha CAS. En otros casos el camino elegido es tener un cargo fijo único, pero subsidiar el consumo de los más pobres.

Otra alternativa es la *autoselección,* donde los clientes eligen entre distintas opciones tarifarias la que más les convenga. La mayor parte de los beneficios de tener un menú de planes tarifarios se debiera alcanzar con dos planes. Por ejemplo, se podrían ofrecer una tarifa que consiste exclusivamente en un cargo variable igual al costo medio y otro plan tarifario en que el costo variable es igual al costo marginal y además hay un cargo fijo necesario para lograr el autofinanciamiento de la empresa. La ventaja de este sistema con respecto a tarificar a costo medio es que evita para el grupo de consumidores con mayor demanda la pérdida social de tarificar a costo medio en vez de costo marginal.

Un inconveniente de usar varios planes tarifarios sería la mayor dificultad para determinar las tarifas, pues habría que calcular dos tarifas y además anticipar cuáles consumidores elegirían una u otra. Sin embargo, no tiene que ser necesariamente así. En un primer proceso regulatorio se podría estimar sólo el costo medio suponiendo que todos los usuarios usan dicha tarifa y dar libertad a la compañía para ofrecer otros planes tarifarios. La posibilidad de ofrecer nuevos planes, además de favorecer a un grupo de consumidores, aumentaría las utilidades de la empresa. Pero este sería el atractivo para que la empresa introdujese nuevos planes tarifarios. En el siguiente proceso tarifario se podrían usar las utilidades adicionales para reducir el cargo variable del plan básico sin cargo fijo.

Notar que existe una segunda razón para que los monopolios naturales cobren un cargo fijo. En efecto, hay costos que no son función de la producción total sino que del número de clientes. En electricidad y agua potable los gastos de facturación: mantención de medidor, medición del consumo, emisión de la boleta, reparto de la boleta y el cargo del banco por recibir el pago (o bien el costo de la oficina comercial donde se recibe el pago). Pero no sólo están estos costos, también en el caso del agua potable está la cañería que va desde la red pública hasta el domicilio. Todos estos costos son evitables si no se da servicio a un consumidor, luego siempre es socialmente óptimo cobrar estos costos como un cargo fijo, independientemente de cómo se tarifiquen los restantes costos.

Precios de punta y fuera de punta

Los servicios públicos tienen una característica especial. Las familias no almacenan estos productos, los consumen en el momento que los demandan. Luego el producto debe ser distribuido en el instante que se consume[4]. Ello implica que el sistema de distribución debe estar diseñado para satisfacer la demanda de punta. Consideremos el caso del agua potable, donde la demanda fluctúa fuertemente entre verano e invierno. Luego las instalaciones deben ser dimensionadas para satisfacer la demanda de verano, y es posible que durante el invierno exista capacidad ociosa. Estamos suponiendo que el capital físico no puede sustituir otros factores productivos, por ejemplo, el agua cruda.

Cuando existen fuertes fluctuaciones en la demanda es óptimo distinguir entre una tarifa de punta y una de no-punta. En el período fuera de punta el costo marginal sólo incluye costos operativos, porque dado que existe capacidad ociosa, producir una unidad más no requiere aumentar la capacidad instalada $\overline{q}$, tal como se muestra en la figura 5. En verano el costo marginal, además de los costos operativos, incluye los costos de operación, pues para producir una unidad más se requiere aumentar la capacidad.

Luego, para que los consumidores reciban las señales correctas el cargo variable de verano debe incluir el costo de inversión más de operación, pero en invierno sólo se debe cobrar el costo operacional. Este criterio es a grandes rasgos correcto, pero es necesario realizar dos precisiones. Si en invierno sólo se cobrasen los costos operativos, el cargo variable podría ser tan bajo que a dicho precio se podría exceder la capacidad instalada. En este caso, parte del costo de inversión debería ser prorrateado en el consumo de invierno.

[4]La electricidad la energía además debe ser generada en el momento de ser consumida porque no es económico almacenarla. Por su parte, el agua potable si puede ser almacenada luego de producida. Asimismo, hay ciudades donde la capacidad de distribución de agua potable no permite satisfacer la demanda de punta, en cuyo caso las familias deben tener estanques para almacenar agua en su propia vivienda.

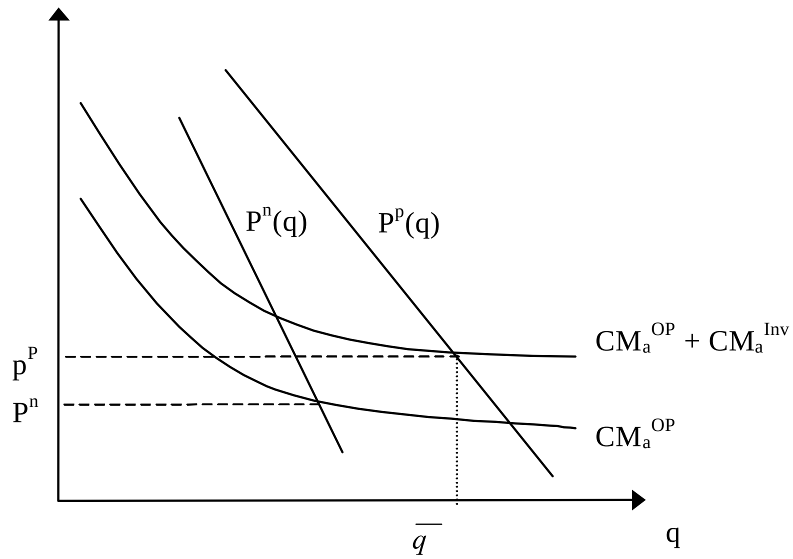

Figura 5: Tarificación en períodos punta y fuera de punta.

La segunda precisión es que es posible que parte del costo de inversión sea absorbido en la tarifa de invierno sin que por ello sea ineficiente. En efecto, la tarificación óptima indica que el cargo variable debe ser fijado igual al costo marginal, que en invierno incluye sólo el costo marginal de operación y en verano tanto el costo marginal de operación como de inversión. Pero dado que hay economías de escala en inversión, incluir en el cargo marginal de verano el costo marginal de inversión no permite recuperar todo el costo de inversión. La diferencia que se produce por tarificar a costo marginal en vez de costo medio, debe ser financiada a través de los cargos fijos, pero *a priori* no hay ninguna razón para que sólo se incluyan en el cargo fijo de verano.

Formalmente. *Por simplicidad suponemos que los períodos de punta y no-punta tienen igual duración (un semestre) y que no existe sustitución entre el capital físico y los otros factores productivos. Usamos K(q) para denotar la cantidad de capital que se requiere para producir q unidades en un* semestre, p^i (p^v) el precio durante el semestre de invierno (verano), p^{im} (p^{vm}) el precio máximo que los consumidores están dispuesto a pagar durante el semestre de invierno (verano), G^i (G^v) el costo de explotación en invierno (verano), d^v (d^i) las funciones de demanda de invierno y verano, q_i (q_v) el consumo en invierno (verano), y^v (y^i) el ingreso en verano (invierno) y v^v (v^i) *la función de utilidad indirecta en verano.* Luego el problema de maximización *del excedente social es:*

$$\underset{p^v,p^i}{Max}\left[v^v(y^v,p^v)+v^i(y^i,p^i)+p^v q_v+p^i q_i-A-G^i(q_i)-G^v(q_v)-rK(q_v)\right]$$

$$s.a.: q_i \le q_v$$

El lagrangeano del problema es:

$$L = v^v(y^p, p^v) + v^i(y^i, p^i) + p^v q_v + p^i q_i - A - G^i(q_i) - G^v(q_v) - rK(q_v) - l(q_i - q_v)$$

donde λ designa el multiplicador de Lagrange Suponiendo una solución interior (es decir, que se consume tanto en punta como fuera de punta), las condiciones de Kuhn-Tucker del problema de maximización del excedente social son:

$$\frac{\partial v^i(y^i, p^i)}{\partial p^i} = G^i{}'(q_i) + l$$

$$\frac{\partial v^v(y^v, p^v)}{\partial p^v} = G^v{}'(q_v) + rK'(q_v) + l$$

$$\frac{\partial L}{\partial l} = q_i - q_v \leq 0, \qquad l\frac{\partial L}{\partial l} = 0.$$

Suponemos que la autoridad da igual peso al ingreso que va a los consumidores o a la empresa, lo que equivale a suponer que la utilidad marginal del ingreso es 1. Otra manera de interpretarlo es considerar que las utilidades de la empresa son parte del ingreso de los consumidores. Luego usando el lema de Roy, las dos condiciones iniciales se transforman en:

$$p^i(q_i) = G^i{}'(q_i) + l$$

$$p^v(q_v) = G^v{}'(q_v) + rK'(q_v) + l$$

Si en invierno no se copa la capacidad, el cargo variable de invierno debiera ser igual al gasto marginal de explotación, y el cargo variable de verano debiera ser igual al cargo marginal de explotación más el cargo marginal de capital. Si suponemos que hay economías de escala, entonces es necesario recaudar una cantidad B a través de cargos fijos, la que está dada por:

$$B = A + G^i(q_i) + G^v(q_v) + rK(q_v) - q_i G^i{}'(q_i) - q_v G^v{}'(q_v) - rq_v K'(q_v)$$

Notar que no hay razón para asignar todo el cargo fijo al período de punta, ni siquiera la parte explicada por las economías de escala en inversión ($r(K(q_v) - q_v K'(q_v))$, a diferencia de lo que se supone habitualmente.

Corto y largo plazo

Hasta este punto hemos visto que es socialmente óptimo fijar el cargo variable igual al costo marginal. Sin embargo, no hemos indicado si se trata del costo marginal de corto o largo plazo. En principio no debiera haber diferencia. En efecto, se define como corto plazo el período de tiempo para el cual al menos un factor productivo está fijo. Normalmente se supone que el factor fijo es el capital, suposición que mantenemos en esta presentación[5]. Más aún para efectos de esta exposición supondremos que en el corto plazo la producción no puede exceder una cierta capacidad instalada $\bar{q}$. Esta condición implica que la función de producción tiene la forma de Leontieff, como se muestra más adelante.

El costo marginal de corto plazo (CM_a^{CP}) es inferior al costo marginal de largo plazo (CM_a^{LP}) mientras no se exceda la capacidad instalada. Básicamente el costo marginal de corto plazo corresponde a los costos operacionales, mientras que el de largo plazo, además incluyen los costos de inversión. Sin embargo, si se llega al límite de capacidad el costo marginal toma un valor que va entre el costo marginal operativo e infinito, dependiendo de la demanda. Cuando la capacidad instalada es tal que la curva de costo marginal de corto plazo pasa por el punto donde la curva de costo marginal de largo plazo corta a la de demanda, tal como lo muestra la figura 6.a, entonces se dice que la capacidad está adaptada. En este caso podemos decir sin ambigüedades que el precio socialmente óptimo es igual al costo marginal.

Consideremos la situación cuando la capacidad no está adaptada. Aquí hay 2 posibilidades. La primera es que la curva de costo marginal de corto plazo pase a la derecha del punto donde la curva de costo marginal de largo plazo corta a la curva de demanda, como lo muestra la figura 6.b. Si se fija un cargo variable igual al costo marginal de largo plazo la demanda será inferior a la capacidad instalada (y habrá capacidad ociosa). Para dicho nivel de producción q^1, el costo de producir una unidad más (costo marginal de corto plazo) es menor que lo que están dispuestos a pagar los consumidores por esa unidad (dado por la curva de demanda). Luego hay una pérdida social cuando se fija un precio igual al costo marginal de largo plazo.

[5] No necesariamente es así. Por ejemplo, en la industria del teñido de géneros es muy fácil comprar maquinarias, las que pueden llegar a estar instaladas en menos de dos meses. Sin embargo, es muy difícil encontrar técnicos especializados en el teñido de telas. Demoran a en formarse, por lo que aumentar la producción (manteniendo la calidad) también demora años.

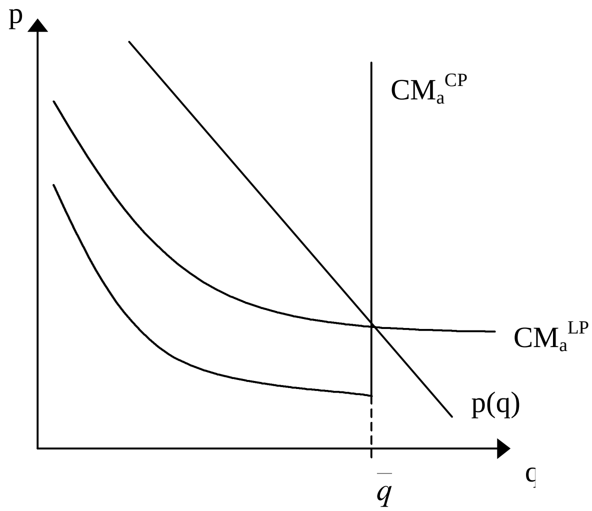

Figura 6.a : Capacidad adaptada

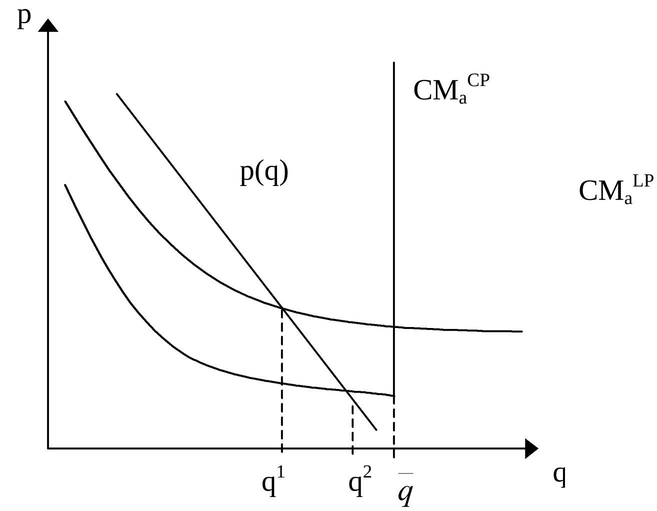

Figura 6.b : Capacidad desadaptada

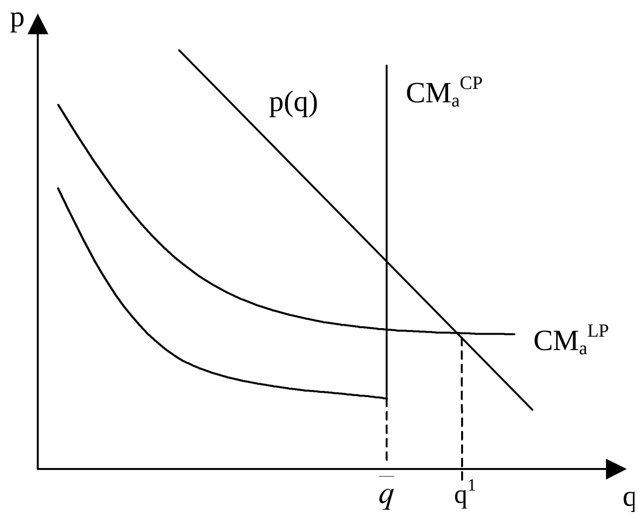

Figura 6.c : Capacidad desadaptada

La tarifa apropiada es el costo marginal de corto plazo para el nivel de producción q^2 donde la curva de costo marginal de corto plazo corta a la de demanda. Notar que en la figura 6.b para una producción q^2 aún existe capacidad ociosa, pero no es conveniente aumentar la producción porque lo que está dispuesto a pagar la sociedad por una unidad más es inferior al costo de producirla. Por cierto es posible imaginar una situación donde la curva de demanda corta a la de costo marginal de corto plazo en su parte vertical. En este caso habrá pleno uso de la capacidad instalada y la tarifa además de pagar por los costos de operación contribuirá en algo a pagar el costo de la inversión.

Un caso distinto es aquel en que la curva de costo marginal de corto plazo pasa a la izquierda del punto donde la curva de costo marginal de largo plazo corta a la de demanda.

En este caso no se puede fijar un precio igual al costo marginal de largo plazo porque la demanda excedería a la oferta. La única solución es fijar el precio de modo que la demanda sea igual a la capacidad instalada. Este precio corresponde al punto donde la demanda inversa corta a la parte vertical de la curva de costo marginal de corto plazo. Luego, al menos formalmente, corresponde al costo marginal de corto plazo.

En resumen se debiera fijar el cargo variable igual al costo marginal de corto plazo. Pero, a primera vista, ésta parece una distinción ociosa. Sabemos que es socialmente óptimo que la capacidad esté adaptada. Cuando la capacidad no está adaptada el costo de producir una unidad más, incluyendo los costos de inversión, difiere del valor que la sociedad asigna a dicha unidad. En consecuencia, las empresas debieran diseñar sus capacidades de modo que estén adaptadas.

La realidad, sin embargo, es más compleja. La demanda crece permanentemente, pero dado que existen indivisibilidades en producción, sería muy ineficiente aumentar la capacidad de año en año. Por ejemplo, no sería económico aumentar el diámetro de una matriz periódicamente. Normalmente se hacen inversiones que soporten el crecimiento de la demanda durante varios años. Luego podemos esperar que la mayor parte del tiempo la capacidad no esté adaptada, es decir, que para un cargo variable igual al costo marginal de largo plazo, la capacidad instalada exceda a la demanda. Pero, tarificar el costo variable a costo marginal de corto plazo requeriría cobrar un cargo fijo bastante mayor para que la empresa se autofinanciase. En esta situación un cargo fijo igual para todos los consumidores agravaría los problemas de eficiencia y equidad señalados anteriormente.

> ***Formalmente.*** *Suponemos que no existe sustitución entre el capital y los otros factores productivos. Luego podemos descomponer el costo de producción en dos partes: el costo operacional y el costo de capital. El costo operacional tiene una parte fija, los gastos de administración y ventas, y una parte variable, los costos de explotación. Luego el costo de producir q unidades está dado por:*
>
> $$C(q) = A + G(q) + rK(q)$$
>
> *donde A es el gasto de administración y ventas, G el de explotación, r la tasa de interés, K(q) la cantidad de capital que se requiere para producir q unidades,* $\overline{q}$ *la capacidad instalada y u la utilidad cuando el precio del producto es p. Luego el problema de maximización del excedente social es:*
>
> *Luego el lagrangeano del problema es:*
>
> $$\underset{p}{Max}\left[v(y,p) + pq - A - G(q) - rK(\overline{q})\right]$$
>
> $$s.a.: q \le \overline{q}$$

El lagrangeano del problema es:

$$L = v(y, p) + pq - A - G(q) - l\,(q - \bar{q})$$

Dado que la capacidad instalada $\bar{q}$ *está fija, la condición de optimalidad es:*

$$p = G'(q(p)) + l$$

Notar que si la capacidad se ocupa totalmente, el precio excede al costo marginal de operaciones. Incluso puede ser mayor al costo marginal de largo plazo cuyo valor es $G'(q) + rK'(q)$*. Si se diese esta última situación diríamos que la capacidad es insuficiente.*

Cuando hay capacidad ociosa, el costo marginal de corto plazo es igual al costo marginal operacional, y es necesario recaudar una cantidad B a través de cargos fijos, la que está dada por:

$$B = A + G(q) + rK(\bar{q}) - qG'(q)$$

que es mayor que la que se requiere recaudar cuando se tarifica a costo marginal de largo plazo.

Tarificación del sector sanitario

La legislación del sector sanitario indica que cuando la demanda crece el precio debe ser tal que los proyectos de expansión necesarios para satisfacer los aumentos de demanda se autofinancien. Sea q_0 la demanda inicial. Luego si se debe satisfacer un aumento de demanda Δq, el precio p^e debe cumplir.

$$p^e \Delta q - (C(q_0 + \Delta q) - C(q_0) = 0$$

Reordenando términos se tiene:

$$p^e = \frac{C(q_0 + \Delta q) - C(q_0)}{\Delta q}$$

Notar que cuando la expansión Δq tiende a cero, el precio p^e se iguala al costo marginal. La tarifa p^e es, en la práctica, una aproximación del costo marginal. La producción aumenta a través de proyectos de expansión de cierto monto y por lo tanto el costo marginal en la práctica corresponde calcularlo con este tipo de proyectos.

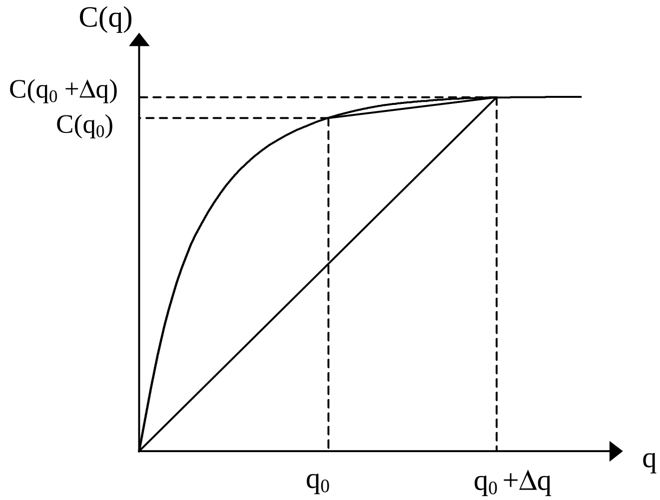

Figura 7: Costo medio incremental

Si se trata de un monopolio natural hay retornos crecientes a escala en todo el rango relevante, es decir, el costo marginal CM_a es decreciente. Luego, tal como se observa en la figura 7, el precio p^e es menor que el costo medio de la empresa. En efecto el costo medio de toda la empresa es igual a la pendiente de la recta que pasa por el origen y el punto ($q_0+\Delta q$, $C(q_0+\Delta q)$), mientras que p^e es igual a la pendiente de la recta que une los puntos (q_0, $C(q)$) y ($q_0+\Delta q$, $C(q_0+\Delta q)$). Como con la tarifa p^e la empresa no se financia, el precio se expande hasta lograr el autofinanciamiento, es decir, se define un precio final p^f que satisface:

$$p^f = \frac{C(q_0 + \Delta q)}{q_0 + \Delta q}$$

Luego el precio es igual al costo medio. Sería más eficiente mantener el precio p^e y alcanzar el autofinanciamiento a través de un cargo fijo. En todo caso, el cargo fijo no debería ser igual para todos los usuarios para evitar problemas de eficiencia y equidad.

El enfoque ha sido estático. Sin embargo los ingresos y gastos están distribuidos a lo largo del tiempo. Para considerar el costo del capital, trabajamos con el valor presente de los ingresos, costos de operación e inversión. Usamos el horizonte de 35 años que está en la ley, luego:

$$p^e \Delta q = \sum_{t=1}^{35} \frac{p^e (q_t - q_o)}{(1+r)^t}$$

$$C(q_t) - C(q_o) = \sum_{t=1}^{35} \frac{(G(q_t) - G(q_o)) - I_t}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^{35}}$$

donde r es el costo de capital de la industria, G(q) el costo operativo de producir q unidades, q_t la demanda en el período t y R el valor residual de la inversión realizada durante los 35 años. Luego la condición de autofinanciamiento de los proyectos de expansión, es decir VAN=0, la reescribimos:

$$\sum_{t=1}^{35} \frac{p^e (q_t - q_o) - (G(q_t) - G(q_o))}{(1+r)^t} - \left[\sum_{t=1}^{35} \frac{I_t}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^{35}} \right] = 0$$

La inclusión de impuestos modifica la condición que los proyectos de expansión se autofinancien. A grandes rasgos los impuestos gravan las utilidades contables, las que son iguales al margen operacional (ingresos operacionales memos costos operacionales) menos la depreciación de período. Luego la condición de VAN=0, queda como sigue:

$$\sum_{t=1}^{35} \frac{(1-t)\left[p^e (q_t - q_o) - (G(q_t) - G(q_o)) - D_t\right] + D_t}{(1+r)^t} - \left[\sum_{t=1}^{35} \frac{I_t}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^{35}} \right] = 0$$

Reordenando términos se tiene:

$$p^e \sum_{t=1}^{35} \frac{q_t - q_o}{(1+r)^t} = c \sum_{t=1}^{35} \frac{G(q_t) - G(q_o)}{(1+r)^t} + \frac{1}{1-t} \sum_{t=1}^{35} \frac{I_t}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^{35}} - \frac{t}{1-t} \sum_{t=1}^{35} \frac{D_t}{(1+r)^t}$$

Luego el precio que hace el VAN igual a cero es:

$$p^e = \frac{\displaystyle\sum_{t=1}^{35} \frac{G(q_t) - G(q_o)}{(1+r)^t} + \frac{1}{1-t} \sum_{t=1}^{35} \frac{I_t}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^{35}} - \frac{t}{1-t} \sum_{t=1}^{35} \frac{D_t}{(1+r)^t}}{\displaystyle\sum_{t=1}^{35} \frac{q_t - q_o}{(1+r)^t}}$$

El sistema tarifario distingue entre los costos operacionales fijos y los variables. El costo fijo tiene una parte que depende del número de usuarios y otra parte que no. Esta última corresponde básicamente a costos administrativos y de ventas. Luego,

$$G(q_t) = cN_t + A_t + F(q_t)$$

donde c es el costo operacional fijo por cliente, A los gastos de administración y ventas y $F(q_t)$ los gastos de explotación.

En el sistema tarifario cargo fijo que es el mismo en punta y fuera de punta, e incorpora los costos fijos de operación:

$$CF = c \quad + \quad \frac{\sum_{t=1}^{35} \frac{A_t - A_0}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{35} \frac{N_t - N_0}{(1+r)^t}}$$

donde N es el número de clientes.

El sistema tarifario también distingue entre cargos variables de punta y no-punta, donde la punta corresponde a los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Fuera de punta sólo se pagan los costos de operación y mantención, mientras que en punta además se suman los costos de inversión, es decir,

$$p^{en} = \frac{\sum_{t=1}^{35} \frac{F(q_t^n) - F(q_0^n)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{35} \frac{F(q_t^n) - F(q_0^n)}{(1+r)^t}}$$

$$p^{ep} = \frac{\sum_{t=1}^{35} \frac{F(q_t^p) - F(q_0^p)}{(1+r)^t} + \frac{1}{1-t} \sum_{t=1}^{35} \frac{I_t}{(1+r)^t} - \frac{R}{(1+r)^{35}} - \frac{t}{1-t} \sum_{t=1}^{35} \frac{D_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{35} \frac{q_t^p - q_0^p}{(1+r)^t}}$$

Ajuste de autofinanciamiento. Si los cargos anteriores fuesen insuficientes para que la empresa se financie, entonces todos se expanden en una misma proporción. Ello determina que el plan tarifario corresponda aproximadamente al costo medio. Por cierto, sería más eficiente que los cargos aumentasen en forma inversamente proporcional a la elasticidad precio por ese servicio[6]. Ahora probablemente la demanda más elástica es el sobreconsumo de verano y la demanda más inelástica es por conexión cuyo precio es el cargo fijo. Luego sería más eficiente aumentar menos la tarifa por sobreconsumo de verano y aumentar más el cargo fijo. Pero esta solución es regresiva. La solución eficiente sería que el autofinanciamiento se lograse a través del cargo fijo, pero que el cargo fijo no fuese único.

[6] La intuición del principio de Ramsey es directa. Al aumentar el precio y alejarse del costo marginal se produce una pérdida social porque las personas consumen menos del nivel socialmente óptimo. Pero si la demanda es muy inelástica al precio, un aumento en el precio no tiene gran efecto sobre el consumo. Por ello es más apropiado aumentar el precio de los productos cuya demanda es más inelástica.