

**VOLUMEN IV**

**CAPITULO 3**

**METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LAS  
CURVA DE COSTOS ÓPTIMOS DE RACIONAMIENTO DE  
ELECTRICIDAD Y GAS NATURAL**

### **3. METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LAS CURVA DE COSTOS ÓPTIMOS DE RACIONAMIENTO DE ELECTRICIDAD Y GAS NATURAL**

A continuación se presenta la metodología desarrollada para actualizar periódicamente los costos de racionamiento óptimos obtenidos en el presente estudio. Se basa en el concepto conocido como “número índice” (o en lenguaje económico “índice de precios”), ampliamente tratado en las disciplinas de la estadística y la economía<sup>1, 2</sup>.

Para comenzar, considérese las siguientes definiciones de variables y notación:

| <b>Variable</b> | <b>Significado</b>  |
|-----------------|---|
| $i$             | = Segmento de demanda o de mercado. $i = 1, \dots, n$   |
| $n$             | = Número de segmentos que participan en el racionamiento  |
| $t$             | = Período de tiempo de la actualización   |
| $C_t^i$         | = Costo unitario de racionamiento del energético que se raciona (electricidad o gas) al final del período $t$ (por ejemplo mes) del segmento de demanda (o de mercado) $i$  |
| $C_t$           | = Costo unitario promedio de racionamiento del energético que se raciona (electricidad o gas) al final del período $t$ . Corresponde al promedio ponderado de los costos de los segmentos que participan en el racionamiento. |
| $Q_t^i$         | = Consumo normal (i.e. sin corte) del energético que se raciona durante el período $t$ por parte del segmento de demanda $i$  |
| $Q_t$           | = Consumo total normal (i.e. sin corte) del energético que se raciona durante el período $t$ . Corresponde a la suma de los consumos de los segmentos de demanda envueltos en el corte  |
| $I_t^i$         | = Índice de precios aplicable al costo de racionamiento del segmento $i$ . Corresponde a la variación del costo unitario de racionamiento de dicho segmento entre el fin del período $i-1$ y el fin del período $i$           |
| $I_t$           | = Índice de precios aplicable al costo de racionamiento promedio.   |

<sup>1</sup> Para una explicación simple de los números índices (Laspeyres, Paasche, media geométrica, Ideal de Fisher y Tornqvist) y de su aplicación a índices de precios ver “PROBLEMAS EN LA MEDICIÓN DEL IPC, EL CASO COLOMBIANO” por Edgar Caicedo. Banco de la República de Colombia. 1999.

<sup>2</sup> Una explicación de la aplicación de los números índices al PPI (Producer Price Index) está en “PPI MANUAL - Chapter 15. BASIC INDEX NUMBER THEORY” Internacional Monetary Fund. Disponible en el sitio web del Fondo Monetario Internacional

**Variable**

**Significado**

Corresponde a la variación del costo unitario promedio de racionamiento de los segmentos que participan en el corte, entre el fin del período  $i-1$  y el fin del período  $i$

$\alpha_t^i$  = Participación del consumo del segmento  $i$  en el período  $t$  dentro del consumo total de dicho período

Con esta notación se pueden formular las relaciones que se presentan a continuación.

El consumo total de electricidad o gas natural, para un período determinado (un mes o un año por ejemplo), en condiciones normales, es decir, sin aplicar racionamientos, está dado por la suma de los consumos de los segmentos de demanda que participan:

$$Q_t = \sum_{i=1}^n Q_t^i \quad (1)$$

La participación del consumo de un segmento particular de demanda está dado por:

$$\alpha_t^i = \frac{Q_t^i}{Q_t} \quad (2)$$

El costo de racionamiento de un segmento en particular, expresado en cifras corrientes del período  $t+1$ , se obtiene a partir del mismo en el período anterior ( $t$ ) y del índice de precios aplicable a dicho segmento, según la siguiente relación:

$$C_{t+1}^i = I_{t+1}^i C_t^i \quad (3)$$

Nótese que en la relación (3) se ha considerado que los momentos de los costos son  $t$  y  $t+1$ , y que el índice mide el cambio de dichos costos entre tales momentos.

El costo de racionamiento promedio ponderado (por consumo) al final del período  $t$ , del conjunto de segmentos que participan estará dado por:

$$C_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_t^i Q_t^i)}{Q_t} \quad (4)$$

Y para el período  $t+1$  se tiene:

$$C_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{t+1}^i Q_{t+1}^i)}{Q_{t+1}} \quad (5)$$

Consecuentemente, el índice de precios resultante para los costos promedios de racionamiento del conjunto de segmentos resulta ser:

$$I_{t+1} = \frac{C_{t+1}}{C_t} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n I_{t+1}^i C_t^i Q_{t+1}^i}{\sum_{i=1}^n C_t^i Q_t^i} \right) \left( \frac{Q_t}{Q_{t+1}} \right) \quad (6)$$

O, equivalentemente, en términos de las participaciones en los consumos, resulta ser:

$$I_{t+1} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n I_{t+1}^i C_t^i \alpha_{t+1}^i}{\sum_{i=1}^n C_t^i \alpha_t^i} \right) \quad (7)$$

En rigor, el índice para actualizar los costos de racionamiento agregados corresponde al dado por la relación (7), el cual requiere conocer, además de los índices aplicables a cada segmento, las participaciones en el consumo, lo cual evidentemente es muy exigente en información.

Sin embargo, aprovechando las características de estabilidad de los costos unitarios de los distintos segmentos, y teniendo en cuenta que las participaciones de los consumos de los segmentos en el consumo agregado (salvo el consumo de gas para generación de electricidad) permanecen aproximadamente constantes para períodos de tiempo que pueden cubrir varios años, es posible realizar, sin pérdida de exactitud apreciable, simplificaciones que faciliten el uso periódico de la fórmula.

En primer lugar, es posible agrupar los distintos segmentos de mercado en dos grandes categorías a saber: (i) el sector residencial y comercial y de servicios (es decir sectores no transformadores de insumos) y (ii) el resto de sectores (industria y demás sectores transformadores de insumos).

En ausencia de grandes cambios reales en las variables que determinan los costos de los sectores residencial, comercial y de servicios (como los precios de la electricidad y del

gas, el ingreso, los precios de los sustitutos y del resto de la canasta de bienes y servicios), el Índice de Precios al Consumidor total nacional (IPC) es un índice adecuado para la actualización de los costos de racionamiento de estos sectores.

De manera análoga, si no se presentan grandes cambios en las variables que determinan los costos de racionamiento de los sectores diferentes al residencial y comercial y de servicios (precios de los bienes producidos, y costos de los bienes y servicios de consumo intermedio) el Índice de Precios del Productor total IPP es el adecuado.

Con estas simplificaciones,

$$I_{t+1} = IPC_{t+1} \frac{\alpha C^{RS}}{\alpha C^{RS} + (1-\alpha)C^{NR}} + IPP_{t+1} \frac{\alpha C^{NR}}{\alpha C^{RS} + (1-\alpha)C^{NR}} \quad (8)$$

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| $C^{RS}$    | = | Costo unitario de racionamiento del energético que se raciona (electricidad o gas) de los sectores residencial, comercial y de servicios, a diciembre de 2003  |
| $C^{NR}$    | = | Costo unitario de racionamiento del energético que se raciona (electricidad o gas) del sectores distintos al residencial, comercial y de servicios, a diciembre de 2003  |
| $IPC_{t+1}$ | = | Índice de precios al consumidor total al final del período t+1.  |
| $IPP_{t+1}$ | = | Índice de precios del productor total al final del período t+1.  |
| $I_t$       | = | Índice de precios aplicable al costo de racionamiento promedio. Corresponde a la variación del costo unitario promedio de racionamiento de los segmentos que participan en el corte, entre el fin del período t-1 y el fin del período t |
| $\alpha$    | = | Participación del consumo de los sectores residencial, comercial y de servicios en el año 2003.  |

En consecuencia, la fórmula para actualizar los costos de racionamientos agregados óptimos se convierte en:

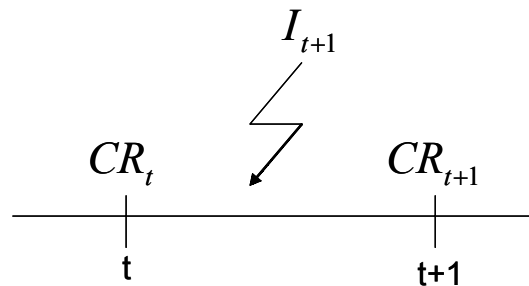
$$CR_{t+1} = CR_t I_{t+1} \quad (9)$$

con el índice de precios dado por (8). Es decir, conocidos los valores mensuales del IPC y del IPP publicados por el DANE y el Banco de la República, respectivamente, es posible actualizar los costos de racionamiento óptimos agregados aplicando la relaciones (8) y (9).

Nótese que el desarrollo del índice (8) y su aplicación en la ecuación (9) supone que los costos de racionamiento CR y el índice de precios del mismo I transcurren a lo largo del

tiempo como se indica en la Figura MA1, con lo cual es preciso iniciar la actualización de los costos obtenidos en este estudio (expresados en precios a finales de diciembre 2003) de manera cuidadosa, tal como se indica a continuación.

**Figura MA1  
Flujo a través del tiempo de los costos de racionamiento y del índice para la actualización**



A partir de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, las Tablas MA1 y MA2 presentan los valores obtenidos para los factores de ponderación del IPP y del IPC de la relación (8), para la electricidad y el gas natural, respectivamente.

**Tabla MA1  
Factores de ponderación del IPC y del IPP para la electricidad**

| Sector                        | CR (\$/kWh) | Particip. | Sector     | CR (\$/kWh) | Particip. |
|-------------------------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|
| Residencial                   | 471.00      | 42.82%    | Industrial | 6,574.00    | 25.82%    |
| Comercial                     | 1,186.70    | 31.22%    | Trasnporte | 3,367.42    | 0.15%     |
| Subtotal                      | 772.78      | 74.03%    | Subtotal   | 6,555.48    | 25.97%    |
| Factor de ponderación del IPC |             |           |            |             | 0.252     |
| Factor de ponderación del IPP |             |           |            |             | 0.748     |

Tabla MA2  
Factores de ponderación del IPC y del IPP para el gas natural

| Sector                        | CR (\$/m3) | Particip. | Sector               | CR (\$/m3) | Particip. |
|-------------------------------|------------|-----------|----------------------|------------|-----------|
| Residencial                   | 750.85     | 15.5%     | Industrial           | 1,957      | 40.0%     |
| Comercial                     | 1,163.00   | 6.2%      | Generación eléctrica | 786.4      | 36.5%     |
| Subtotal                      | 868.88     | 21.7%     | Transporte           | 2,149.21   | 1.7%      |
|                               |            |           | Subtotal             | 1,048.09   | 78.3%     |
| Factor de ponderación del IPC |            |           |                      |            | 0.186     |
| Factor de ponderación del IPP |            |           |                      |            | 0.814     |

La Tabla MA3 presenta el valor de los índices de precios para actualizar los costos de racionamiento de electricidad y gas natural, obtenidos a partir de las cifras publicadas por el DANE y el Banco de la República para el IPC y el IPP, respectivamente, para los meses de diciembre de 2003 a febrero de 2004. Nótese que en esta tabla los índices de racionamiento se han referido a diciembre de 2003, en razón de que los costos de racionamiento están calculados a precios de dicha fecha.

Tabla MA3  
Cálculo del índice de precios del racionamiento para enero y febrero de 2004

| Mes    | IPCt   |                   | IPPt    |                   | It de racionamiento<br>Referidos a dic-03 |             |
|--------|--------|-------------------|---------|-------------------|---|-------------|
|        | DANE   | Referido a dic-03 | Ban Rep | Referido a dic-03 | Electricidad                              | Gas natural |
| Dic-03 | 145.69 | 1.00000           | 147.40  | 1.00000           | 1.00000                                   | 1.00000     |
| Ene-04 | 146.98 | 1.00885           | 148.42  | 1.00692           | 1.00741                                   | 1.00728     |
| Feb-04 | 148.75 | 1.02100           | 149.85  | 1.01662           | 1.01772                                   | 1.01744     |

Fuentes: DANE, Banco de la República y cálculo de los consultores

Finalmente, los costos de racionamiento para los meses de enero a marzo de 2004, se presentan en las Tablas MA4 y MA5 para la electricidad y el gas natural respectivamente. Estos costos deben interpretarse de manera que se explica a continuación. Los costos contenidos en la columna denominada “Ene-04” son los vigentes para el mes de enero de 2004 (nótese que son los obtenidos por el estudio a finales de diciembre de 2003), los contenidos en la columna denominada “Feb-04” son los vigentes para el mes de febrero de 2004 y se obtienen a partir de la variación del índice de precios para enero de 2003, y así sucesivamente.

Tabla MA4

Costos agregados de racionamiento de electricidad para los meses de enero marzo de 2004

| Rango de racionamiento |         | CR (\$/kWh) |          |          |
|------------------------|---------|-------------|----------|----------|
| De                     | a       | Ene-04      | Feb-04   | Mar-04   |
| 0.00%                  | 1.50%   | 268.2       | 270.2    | 273.0    |
| 1.50%                  | 5.00%   | 621.0       | 625.6    | 632.0    |
| 5.00%                  | 10.00%  | 1,766.3     | 1,779.4  | 1,797.6  |
| 10.00%                 | 20.00%  | 3,512.4     | 3,538.4  | 3,574.7  |
| 20.00%                 | 32.50%  | 6,190.0     | 6,235.8  | 6,299.7  |
| 32.50%                 | 40.00%  | 7,598.4     | 7,654.7  | 7,733.1  |
| 40.00%                 | 60.00%  | 9,593.3     | 9,664.3  | 9,763.3  |
| 60.00%                 | 80.00%  | 12,003.5    | 12,092.4 | 12,216.3 |
| 80.00%                 | 100.00% | 15,262.3    | 15,375.3 | 15,532.8 |

Precios corrientes

Tabla MA5

Costos agregados de racionamiento de gas natural para los meses de enero marzo de 2004

| Rango de racionamiento |         | CR(\$/m3) |          |          |
|------------------------|---------|-----------|----------|----------|
| De                     | A       | Ene-04    | Feb-04   | Mar-04   |
| 0.00%                  | 1.50%   | 561.7     | 565.8    | 571.5    |
| 1.50%                  | 5.00%   | 588.9     | 593.1    | 599.1    |
| 5.00%                  | 10.00%  | 627.2     | 631.7    | 638.1    |
| 10.00%                 | 20.00%  | 1,431.4   | 1,441.8  | 1,456.4  |
| 20.00%                 | 32.50%  | 3,355.8   | 3,380.2  | 3,414.3  |
| 32.50%                 | 40.00%  | 4,998.6   | 5,035.0  | 5,085.8  |
| 40.00%                 | 60.00%  | 6,654.2   | 6,702.6  | 6,770.2  |
| 60.00%                 | 80.00%  | 10,223.6  | 10,298.0 | 10,401.8 |
| 80.00%                 | 100.00% | 13,818.0  | 13,918.6 | 14,059.0 |

Precios corrientes