

# ESTIMACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL RACIONAMIENTO DE ELECTRICIDAD AL SECTOR PRODUCTIVO ARGENTINO DURANTE EL 2007

Fernández, Rodrigo A. / Muguerza, María E. / Muguerza, Daniel

Universidad Nacional de Misiones

Centro de Estudios de Energía para el Desarrollo (CEED)<sup>1</sup>

Ruta Nacional N° 12, Km 7 ½ , (C.P. 3304), Miguel Lanús, Misiones, Argentina

E-mail: [rafernandez@fce.unam.edu.ar](mailto:rafernandez@fce.unam.edu.ar)

E-mail: [dmuguerza@campus.unam.edu.ar](mailto:dmuguerza@campus.unam.edu.ar)

E-mail: [muguerza@fce.unam.edu.ar](mailto:muguerza@fce.unam.edu.ar)

## RESUMEN

En la Argentina, con un marco regulatorio eléctrico para la jurisdicción federal basado en mecanismos de mercado, las señales de precios y las decisiones económicas, están basadas en valores asignados al Costo de la Energía No Suministrada (CENS). Sin embargo, en la regulación del mercado eléctrico argentino, estos valores han sido fijados hace más de una década y no presentan desagregaciones por regiones o nodos del sistema.

Ya sea en las condiciones vigentes en los 90's cuando se favorecía las soluciones descentralizadas, como en el nuevo paradigma en el cual se observa un Estado presente y con cierta vocación planificadora, el Valor de la Confiabilidad es el parámetro de referencia ineludible para establecer el CENS, y así lograr el ajuste óptimo en los subsistemas de

---

<sup>1</sup> Este trabajo se inscribe en el marco de un Proyecto de Investigación sobre Confiabilidad del Sistema Eléctrico desarrollado en el Centro de Estudios de Energía para el Desarrollo (CEED). Las opiniones expresadas en el mismo corresponden única y exclusivamente a los autores y no a las del CEED.

consumo y abastecimiento de un sistema eléctrico, de forma tal que se pueda alcanzar el máximo beneficio social neto.

Este trabajo tiene como objetivo principal contribuir a la discusión de esta problemática enfocándose principalmente en las consecuencias que la interrupción del servicio, originada en condiciones de racionamiento por insuficiencia de oferta, tiene en la esfera productiva del subsistema de consumo de la Argentina. Para ello se utiliza la técnica de la matriz Insumo-Producto Argentina (MIPAr-97), que ofrece una estimación sobre el valor de la ENS, relacionado con los efectos externos de la falta de suministro en el sector productivo de la economía. En particular se han cuantificado los efectos asociados al racionamiento implementado por el gobierno argentino durante el año 2007.

En la estructura del trabajo se pueden identificar las siguientes partes principales: introducción de la problemática, lineamientos principales para el uso de técnicas de insumo producto, resultados de su aplicación, conclusión con comentario sobre consecuencias e implicancias para el sector eléctrico argentino.

**PALABRAS-CLAVES:** Energía No Suministrada, Matriz Insumo-Producto, Valor de la Confiabilidad, Racionamiento, Mercado Eléctrico Argentino

## **1. INTRODUCCIÓN**

La implementación de una medida económica sectorial, como por ejemplo la decisión de aplicar un esquema de racionamiento de energía, necesita de una sólida fundamentación teórica, como también de un adecuado análisis prospectivo de las posibles consecuencias en el sistema económico.

Durante el año 2007, el gobierno ha implementado un esquema de racionamiento de energía eléctrica, limitando los consumos para usos productivos, por un período de más de dos meses. En el trabajo se ha buscado realizar una primera aproximación a la estimación del impacto, que este racionamiento de energía eléctrica, ha tenido sobre el PBI argentino.

En lo que resta de la introducción se desarrollan algunos conceptos teóricos respecto de la problemática asociada al racionamiento de energía y de la importancia que reviste la adecuada estimación de su impacto para la economía y en particular para el sector eléctrico. En el apartado 2 se describe la metodología utilizada para la estimación del impacto económico, así como la información estadística utilizada en el modelo. En el apartado 3 se resumen los resultados y en el apartado 4 se detallan las conclusiones.

### **1.1. Consumo y Abastecimiento Fuera del Óptimo**

Desde que la Argentina se reinsertara en la senda de crecimiento, se puede observar entre los medios y el gobierno un enfrentamiento en torno a una inminente crisis energética para los primeros y los problemas del crecimiento acelerado para los segundos.

Más allá de los calificativos, las características del sector eléctrico, donde las inversiones tardan como mínimo de dos y tres años en madurar, determinan la necesidad de contar con herramientas para identificar, en forma temprana, los desajustes en dos subsistemas con características dinámicas independientes: el de consumo y el de abastecimiento.

Esta independencia de los subsistemas, implica que las velocidades de crecimiento de la demanda y de la oferta pueden ser diferentes. En este sentido, si la oferta crece más rápidamente que la demanda, los costos son soportados por los inversores, en términos de menores remuneraciones para el capital invertido. Sin embargo, en el caso contrario, se produce un aumento de la vulnerabilidad del sistema, que se puede representar como un

incremento de los precios de electricidad, y en la probabilidad de tener que racionar una parte de la demanda, este racionamiento se conoce como Energía No Suministrada (ENS).

Ante la eventualidad de un desajuste entre oferta y demanda, en cualquier mercado se produciría un ajuste de precios para retornar al equilibrio, en particular ante una demanda excedente se elevaría el precio lo cual redundaría en una baja de demanda, aumento de la oferta, donde las variaciones dependerían fundamentalmente de las elasticidades respectivas. Aún cuando ningún mercado escapa a este esquema de funcionamiento básico, en el caso eléctrico existen otras restricciones, derivadas, por un lado, del carácter que le impone el Artículo 1° de la Ley 24.065 que establece el marco regulatorio del sector:

ARTICULO 1° - Caracterízase como servicio público al transporte y distribución de electricidad. La actividad de generación, en cualquiera de sus modalidades, destinada total o parcialmente a abastecer de energía a un servicio publico será considerada de interés general, afectada a dicho servicio y encuadrada en las normas legales y reglamentarias que aseguren el normal funcionamiento del mismo.

El carácter de servicio público, posee connotaciones de tipo jurídico, con impacto en el funcionamiento económico, se puede citar a MATA (1995):

“... para los doctrinarios de la escuela del servicio público las actividades destinadas a satisfacer el interés general son sustancialmente diferentes, por su objeto, de las actividades privadas... La teoría de los servicios públicos, por un lado estuvo orientada a proteger los derechos de los ciudadanos”<sup>2</sup>

El autor es más claro cuando enuncia:

“Desde la perspectiva económica la regulación presupone una posición crítica frente al mercado, un enjuiciamiento de su modo de funcionar y de las acciones voluntarias de sus operadores, lo que da lugar a una política correctiva de las denominadas fallas del mercado”<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> MATA, I. (1995), “Noción Actual del Servicio Público”, Jornadas Jurídicas sobre Servicio Público de Electricidad, Buenos Aires, 8 y 9 de Junio de 1995, Argentina. Ente Nacional Regulador de la Electricidad. Página 19.

<sup>3</sup> MATA (1995), Op. Cit., Página 23.

En este sentido, puede mencionarse por ejemplo, el Sistema de estabilización por trimestres de los precios previstos para el Mercado Spot, destinado a la compra de los Distribuidores, lo cual introduce demoras en la transmisión de la señal de precio.

Por otro lado, cuestiones técnicas, como las mencionadas en LASHERAS (1999):

“La energía que se puede retirar de la red de transmisión para su consumo en un determinado punto y en un determinado momento depende de la se esté generando, transportando y consumiendo en los diferentes nodos de la red en ese mismo momento. Cualquier incorporación de energía a la red, o cualquier consumo, afecta al sistema entero y puede alterar la capacidad de inyectar generación o satisfacer el consumo de los distintos puntos de la misma.”<sup>4</sup>

A la mencionada complejidad de coordinar oferta con demanda, se le suma la imposibilidad de almacenar la electricidad y su carácter de instantaneidad, todo lo cual obliga a establecer mecanismos para administrar aquellas situaciones en las cuales la demanda sea superior a la capacidad de respuesta del sistema, dado por las máquinas generadoras disponibles y preparadas para entrar en servicio<sup>5</sup>, pero también por la capacidad de transporte y distribución como lo menciona LASHERAS (1999), en casos de demanda excedente el ajuste implica la interrupción del suministro, es decir racionamiento.

## **1.2. El Valor de la Confiabilidad del Suministro**

Independientemente del origen de la des-adaptación del sistema, el racionamiento determina que un conjunto de usuarios no pueda disponer de energía eléctrica por la cual estaría dispuesto a pagar.

---

<sup>4</sup> LASHERAS, M. A., (1999), “La Regulación Económica de los Servicios Públicos”, Ariel Economía, Barcelona, España. Página 254 y 255.

<sup>5</sup> Al respecto, en el Anexo 35 de los Procedimientos para la Programación de la Operación el Despacho de Cargas y el Cálculo de Precios se especifican que: “Las perturbaciones por un déficit imprevisto de generación y/o fallas en la red de Transporte provocan un desequilibrio brusco entre oferta y demanda de energía eléctrica que lleva a caídas en la frecuencia y al riesgo de la pérdida del sincronismo en todo el SISTEMA ARGENTINO DE INTERCONEXION (SADI) o en un área en particular. Para restituir el equilibrio entre oferta y demanda y evitar el colapso del Sistema es necesario contar con reserva instantánea mediante la desconexión automática de cargas, por actuación de relés de alivio de carga.”

Si en los mercados comunes la señal que determina la adecuación de la oferta y la demanda es el precio, en el caso del sector eléctrico, se necesita un parámetro de referencia que complemente a la señal tradicional.

Este parámetro se denomina con el nombre de Valor de la Confiabilidad, y constituye la piedra angular para establecer el Costo de la Energía No Suministrada (CENS). Este es el valor que se utiliza para lograr el ajuste óptimo en los subsistemas de consumo y abastecimiento de un sistema eléctrico, y afecta las decisiones de los agentes en los tres segmentos (generación, transporte y distribución) en los que fue dividido el mercado por la ley 24.065, de la siguiente manera:

- Influyendo en el costo asignado al despacho de una máquina falla en el mercado mayorista<sup>6</sup>,
- Condicionando la Regla de Oro para determinar la conveniencia pública de una ampliación de transporte<sup>7</sup>, y
- Afectando las bonificaciones que las distribuidoras deben reintegrar al usuario final por defecto de calidad en el suministro<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> En el mercado eléctrico, la cantidad máxima de energía que puede ofrecer el sistema surge de la cantidad de generadores y de las restricciones de transmisión, factores que determinan el precio de la energía en función de los costos marginales declarados por los generadores. La regulación establece el concepto de Máquina de Falla que permite determinar el precio de la energía cuando la demanda supera la oferta máxima, en el caso extremo el valor de la energía asignado a la última máquina de falla es el Costo de la Energía No Suministrada o Costo de Falla.

<sup>7</sup> Como el Transporte de Energía Eléctrica es un servicio público, así definido en el Artículo 1 de la Ley 24065, las inversiones deben ser aprobadas por el Ente Regulador de la Electricidad. El criterio general utilizado para determinar la Conveniencia y Necesidad de una ampliación en el servicio de transporte tiene por objetivo considerar la eficiencia social de la inversión a realizar, este mecanismo se denomina Regla de Oro la cual se puede entender como la maximización de beneficio agregado, neto de todos los costos (incluyendo los derivados de la energía no suministrada, ya que las ampliaciones de capacidad de transporte permiten disminuir la probabilidad de falla del sistema).

<sup>8</sup> En la regulación argentina, se adoptó un esquema de Normas de Calidad del Servicio Público, que prevé la imposición de sanciones a la Distribuidora en los casos en los cuales no se alcance el nivel de calidad objetivo, por ejemplo una cantidad máxima de cortes de más de 3 minutos. En cuyo caso la Distribuidora debería reintegrar al consumidor un monto proporcional al tiempo durante el cual se le ha interrumpido el servicio durante un semestre entero. En la determinación de los valores a remunerar a los usuarios damnificados interviene el Costo de Falla.

En esta señal económica, deben compatibilizarse los intereses y las necesidades de dos tipos genéricos de usuarios: las demandas de consumo final, por ejemplo un usuario residencial, y las demandas de la esfera productiva, por ejemplo una empresa productora de aluminio que necesita de una gran cantidad de energía en su proceso productivo, y a la cual las paradas intempestivas le significan un significativo lucro cesante.

Con todas las dificultades que esto supone, la adecuada determinación del valor para el CENS es fundamental para el funcionamiento del mercado eléctrico argentino. Este trabajo tiene como objetivo principal contribuir a la discusión de esta problemática, enfocándose principalmente en las consecuencias que la interrupción del servicio, originada en condiciones de racionamiento por insuficiencia de oferta, tiene en la esfera productiva del subsistema de consumo de la Argentina.

### **1.3. La Administración del Racionamiento**

Como se mencionara anteriormente, el racionamiento se refleja en un déficit de energía eléctrica. Esta Energía No Suministrada (ENS) se distribuye en el sistema de acuerdo a una serie de procedimientos que se desprenden del marco regulatorio ampliado del sector.

Una de las alternativas, para un esquema de administración del racionamiento, consiste en los Cortes Programados, que por su carácter de Plan de Manejo, excluyen las situaciones de cortes intempestivos. Las formas de implementar los Cortes Programados son las siguientes:

- Una distribución geográfica del racionamiento, de forma tal que todos los usuarios, sin discriminar su tipo, son afectados por la interrupción de suministro. Este esquema fue implementado en la crisis energética argentina de finales de los 80's, así como en la crisis energética chilena de 1998.

- Una distribución por tipo de usuario, en la cual se interrumpe prioritariamente a cierto tipo de usuarios, por ejemplo usos productivos, con el objeto de proteger a los usos residenciales.

Otra alternativa son los esquemas de Administración de la Demanda o Planes de Ahorro de Energía. En situaciones en las que se produce la des-adaptación dinámica, en la cual el déficit es pequeño respecto del total de energía del sistema, se pueden implementar esquemas ahorro, que se sustentan en una combinación de incentivos económicos (efectividad de la señal precio para atenuar la demanda), y de incentivos morales (compromiso o conciencia social respecto de la necesidad del ahorro).

Un ejemplo de la aplicación de estas medidas basadas en la implementación de un esquema de penalidades por consumos superiores, y de premios por consumos inferiores a cierto parámetro de referencia, complementado por una campaña mediática de fomento al Uso Racional de la Energía se ha dado exitosamente en Brasil a finales de los 90's, cuando el país debió sobrellevar un período de sequías que redujo notablemente la capacidad de respuesta de sus sistema eléctrico. Sin embargo, en el caso de la Argentina actual, el programa implementado no se está traduciendo en los resultados deseados, en tanto el consumo residencial continúa creciendo a elevadas tasa.

#### **1.4. Consecuencias del Racionamiento**

En el caso de la administración de la demanda, son los propios usuarios / consumidores los que realizan la elección, adaptando su comportamiento en función de la evaluación de los incentivos económicos por consumir o dejar de consumir, no podría hablarse de ENS. Sin embargo, a quienes se le interrumpe el suministro, en forma intempestiva y debido a la imposibilidad física de mantener la continuidad del suministro, cuando en realidad estaría

dispuestos a pagar para que no se les interrumpa el servicio, sufren una serie de efectos que se pueden interpretar como costos, directos e indirectos, asociados a los impactos económicos, sociales y organizacionales.

En este sentido, se puede afirmar que estos costos, de re-organización, serán diferentes en función de las características del tipo de usuario, por ejemplo aquellos derivados de interrupción de suministro a usuarios residenciales, respecto de los que podrían incurrir los usuarios industriales. La literatura identifica<sup>9</sup> las siguientes características de los impactos:

- Los costos varían en función de la estación del año, y del momento del día en el que se produce el corte<sup>10</sup>
- Existen diferencias en el impacto del corte si existe o no preaviso.<sup>11</sup>
- Los costos de los usuarios residenciales tienden a ser más bajos que los de los usuarios comerciales e industriales, aún cuando se normalicen para compensar las diferencias en los consumos totales.<sup>12</sup>
- Los costos de los usuarios residenciales tienden a incrementarse, más que proporcionalmente, en la medida que se consideran cortes de mayor duración, en otras palabras el costo medio horario de una interrupción de ocho horas es superior al costo medio horario de una interrupción de dos horas.<sup>13</sup>

---

<sup>9</sup> Para una revisión de la Literatura Internacional puede consultarse: REVIS J., (2001), "Scoping Study on Trends in the Economic Value of Electricity Reliability to the U.S. Economy", LBNL-47911, Palo Alto C.A. (June 2001). EPRI. Para una revisión de la literatura nacional puede consultarse: MUGUERZA, D.; KERSZBERG, E.; FERNÁNDEZ, R.; (2003), "Valor de la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico – La Discusión Metodológica para su Determinación" (2003), CEARE – UBA.

<sup>10</sup> GILMER, R. W. & R. S. MACK. 1983. "The Cost of Residential Power Outages." *The Energy Journal*. 4:55-74.

<sup>11</sup> SULLIVAN, M. J., B. N. SUDDETH, T. VARDELL & A. VOJDANI. 1996. "Interruption Costs, Customer Satisfaction and Expectations for Service Reliability." *IEEE Transactions on Power Systems*. 11(2):989.

<sup>12</sup> REVIS (2001).

<sup>13</sup> LEHTONEN, M. & B. LEMSTROM. 1995. "Comparison of the Methods for Assessing the Customers' Outage Costs." *VTT Energy*. TOLLEFSON, G., R. BILLINTON & G. WACKER. 1991. "Comprehensive Bibliography on Reliability Worth and Electrical Service Consumer Interruption Costs: 1980-1990." *IEEE Transactions of Power Systems*. 6(4):1508-1514.

- En contraste, los costos de los usuarios comerciales e industriales tienden a decrecer con la duración del corte en una proporción mayor que el lapso que dura el corte, es decir, el costo medio horario de un corte de cuatro horas es menor que el costo de un corte de una hora.<sup>14</sup>

Para la realización del presente trabajo se adoptó un enfoque basado en la identificación de las consecuencias que la interrupción del servicio, originada en condiciones de racionamiento por insuficiencia de oferta, tiene en la esfera productiva del subsistema de consumo de la Argentina, utilizando una metodología macroeconómica, que permite obtener resultados promedio para una región dada o el total del país, mediante la aplicación del Modelo Insumo-Producto.

## **2. Modelo Insumo – Producto**

El Modelo Insumo-Producto, cabe aclarar que en la redacción de este punto y en particular en el desarrollo de la metodología de cálculo se sigue a FERNÁNDEZ & MUGUERZA (2007)<sup>15</sup>, consiste en la representación matricial de la economía de un país, y constituye un reconocido instrumento de planificación económica. Se lo utiliza para predecir los efectos que determinados cambios en el comportamiento de la demanda final de bienes y servicios (consumo de las familias, del gobierno, y exportaciones), ocasiona en los distintos sectores de la economía.

---

<sup>14</sup> SULLIVAN, M. J., T. VARDELL & M. JOHNSON. (1997). "Power Interruption Costs to Industrial and Commercial Consumers of Electricity." IEEE Transactions on Industry Applications. 33(6):1448-1458.

<sup>15</sup> En dicho trabajo se detalla con mayor precisión la metodología para la utilización de la Matriz de Insumo Producto en cuestiones relacionadas con la determinación del Valor de la Confiabilidad.

Como enuncia DI MARCO (1976), cuando a este modelo se lo utiliza con fines de planificación constituye un modelo abierto, y se sigue el procedimiento que se describe a continuación:

- a) En función de la tasa proyectada de crecimiento de la economía, se determinan los componentes de la demanda final, es decir, consumo, inversión privada y pública, variación de inventarios, consumo del gobierno, exportaciones e inversión para reposición de capital.
- b) Determinada la demanda final "proyectada" de la economía, se obtiene la producción que deben alcanzar cada uno de los sectores.
- c) En una tercera etapa se pueden determinar los requerimientos de factores productivos (mano de obra, beneficios, etc.) por unidad de demanda final.<sup>16</sup>

Lo cual significa que en el análisis se considera que la Producción Total de cada sector de la economía se vende en el mercado, y que esta producción será comprada para su consumo final (Demanda Final), o bien para ser utilizada en el proceso de producción de algún sector<sup>17</sup> como insumo (Demanda Intermedia). La energía eléctrica presenta un claro ejemplo para comprender lo anterior, por un lado un kWh puede ser consumido por una familia en forma de iluminación durante la noche, o puede ser utilizado para hacer funcionar una bomba de riego para la producción de cereales, los cuales ingresarán a su vez como insumo de otro sector productivo.

La interacción entre todos los sectores de la economía, y la asignación de la producción de cada una a las categorías de bienes intermedios o bienes de consumo final, es plasmada a partir de los flujos monetarios que representan las compras de todos los bienes y servicios de la economía.

En este trabajo, se tomarán los datos de la Matriz Insumo-Producto Argentina 1997 del INDEC, en la cual se definen 124 sectores de actividad<sup>18</sup>, y se realizarán simulaciones

---

<sup>16</sup> DI MARCO (1976), Op. Cit., Página 80. Las palabras en cursiva son del propio autor.

<sup>17</sup> Esta situación no excluye las ventas de un sector industrial, al mismo sector industrial (Consumo Propio) para su utilización como insumo.

<sup>18</sup> Los sectores de actividad son las industrias en la terminología utilizada precedentemente.

macroeconómicas con la Matriz de Coeficientes de Requerimientos Directos e Indirectos de Producción. Es de destacar que el uso de la MIPAr 97 supone una desventaja, que condiciona los resultados de este trabajo, ya que han transcurrido diez años desde la última estimación de la matriz argentina.

En ese período el país ha sufrido una recesión que se prolongó durante 4 años, terminando en una crisis económica hacia finales del 2001, que se tradujo en una caída del PBI del 2002 de más de 22% respecto de su nivel en el año anterior<sup>19</sup>, en ese año la Inversión Bruta Interna Fija total representó tan solo el 51% del promedio para el período 1993-1998, y la inversión en Equipo Durable el 40% del promedio para el mismo lapso.

Por otra parte, a la salida de la crisis se ha implementado en Argentina un nuevo modelo económico, con un cambio significativo en los precios relativos, el cual está produciendo una reasignación de recursos (inversión) hacia los nuevos sectores dinámicos de la economía, y todos estos cambios implicarían modificaciones en los coeficientes de producción que el enfoque asume como fijos. De cualquier manera, los resultados obtenidos por este método siempre constituyen una buena referencia para comparar los valores obtenidos por otros métodos, y en esto radica el principal aporte del trabajo.

## **2.1. El Racionamiento en el modelo I-P**

El análisis basado en la Matriz Insumo – Producto se emplea frecuentemente en estudios económicos o de planificación global. En el caso específico del Sector Electricidad, el método se puede aplicar a contestar preguntas como: ¿Cuánta electricidad sería necesaria si se deseara incrementar la producción en el sector aluminio en un 50%?, o ¿En cuánto se

---

<sup>19</sup> La caída acumulada en todo el período 1998-2002, tomando los puntos más alto y más bajo en la serie de PBI, fue superior al 27%.

incrementaría el consumo en energía eléctrica total si se incentivase el uso de riego en el Sector Agrícola?

En el caso de los interrogantes referidos a las interrupciones de suministro de energía, el método presenta una limitación en tanto no contempla los costos de re-calibración y reencendido de los equipos de producción, por lo cual no puede ser aplicado a las interrupciones breves, cuando los costos derivados de la producción desechada, como aquellos que se originan en el proceso de re-arranque, son proporcionalmente más significativos que los valores de producción perdida. En este sentido, la Matriz Insumo – Producto solo permitirá estimar los impactos de interrupciones intempestivas prolongadas, o de aquellas derivadas programas de racionamiento.

Por otra parte, como se señala en CHIANG (1987), la Demanda Final en el modelo de insumo – producto se considera exógena y condiciona la producción necesaria, es decir la Demanda Total<sup>20</sup>. En particular, para comprender la relación funcional propuesta en el modelo es conveniente recordar que se está presuponiendo una tecnología de producción de tipo Leontief, o de coeficientes de producción fijos, lo cual significa que para incrementar la producción de un sector industrial cualquiera, se incrementará automáticamente el uso de todos los insumos necesarios en las proporciones establecidas por la matriz, es decir que no se permiten ni consideran procesos de sustitución de insumos. El funcionamiento de la Matriz Insumo – Producto puede verse en CHIANG (1987), Página: 120 a 129<sup>21</sup>.

En el caso de la aplicación a la evaluación del racionamiento, el modelo permite cuantificar el impacto que una interrupción que afecte la Demanda Final del Sector Electricidad tiene en toda la economía, el cual se puede obtener multiplicando la inversa de la matriz de

---

<sup>20</sup> El funcionamiento de la Matriz Insumo – Producto puede verse en CHIANG (1987), Página: 120 a 129.

<sup>21</sup> Las mencionadas características, como la relación fija de insumos, se relacionan con las hipótesis simplificadoras en las que se basa el modelo, mencionadas en CHIANG (1987), Página 121.

Leontief por un vector racionamiento: en términos matemáticos

$(I^{(n*n)} - A^{(n*n)})^{-1} d_{rac}^{(n*1)} = X^{(n*1)}$  <sup>22</sup>, donde “ $d_{rac}^{(n*1)}$ ” es el vector racionamiento, en el

cual las componentes son todas cero excepto la correspondiente a la industria eléctrica donde se completa con el valor monetario equivalente a la interrupción física de suministro. De esta manera se supone que las demandas finales de los distintos sectores permanecen constantes mientras que la demanda de electricidad se reduce en una determinada proporción.

Adicionalmente, el vector “ $d_{rac}^{(n*1)}$ ” puede ser interpretado como un vector de ahorro de energía, para estimar la conveniencia de promover planes de ahorro energético en los usos residenciales, y la reasignación de esas cuotas de energía al sector productivo.

## 2.2. El racionamiento del 2007 en Argentina

Durante el período invernal de año 2007, ante circunstancias excepcionales como días de frío extremo, y a partir de un sistemático crecimiento de la demanda de electricidad, el gobierno decide la implementación de un programa de racionamiento focalizado en los usuarios industriales, preservando el suministro de los usuarios residenciales.

Al momento en que se redactó el presente trabajo no se disponía de cifras oficiales sobre facturación de energía, o de la energía no suministrada durante la vigencia del programa de racionamiento. Para aproximar el total de energía no suministrada al sector productivo se

---

<sup>22</sup> La notación utilizada es convencional en los modelos matriciales  $I^{(n*n)}$  es la matriz identidad de orden enésimo,  $A^{(n*n)}$  es la matriz con los coeficientes de insumos, la diferencia entre dichas matrices recibe el nombre de matriz tecnológica, la cual multiplicada por  $X^{(n*1)}$  que es el vector de demanda intermedia para satisfacer la  $d^{(n*1)}$  demanda final. Aplicando álgebra matricial se puede despejar el vector de demanda final, para lo cual es necesario postmultiplicar la inversa de la matriz tecnológica por el vector de demanda intermedia. Para mayores detalles ver CHIANG (1987). La aplicación específica al caso eléctrico puede verse en FERNÁNDEZ & MUGUERZA (2007) donde se utiliza la misma notación y se detallan los componentes de cada matriz.

tomaron como datos básicos los siguientes elementos, publicados en dos medios periodísticos de amplia tirada nacional:

- El período de racionamiento abarcó un total de 69 días.<sup>23</sup>
- Durante los primeros 54 días se requirió al sector productivo la reducción de 1200 MW entre las 16:00 y 0:00 horas, luego se flexibilizó el esquema requiriendo una reducción de 800 MW entre las 18:00 y 22:00 horas.<sup>24</sup>
- Se señala la existencia de dos tipos de racionamiento, el descrito en el punto anterior denominado OFICIAL, y un racionamiento NO OFICIAL que implicó en promedio una reducción de 400 MW adicionales a los declarados por los organismos de gobierno.<sup>25</sup>

A partir de la información anterior datos se puede inferir que la energía no suministrada podría haber alcanzado un máximo teórico de entre 566 GWh y 763 GWh, para el racionamiento oficial y no oficial respectivamente. La forma de cálculo es directa y consiste en multiplicar la potencia interrumpida por el total de horas que habría durado el esquema de reducción de suministro, con lo cual se estima la hipótesis de máxima de la mencionada energía no suministrada.

### **2.3. Parámetros utilizados en el cálculo**

La cuantificación del impacto del racionamiento del 2007 se realizó sobre los valores del PBI del año 2006, y se establece en términos de valor agregado no producido.

---

<sup>23</sup> “Terminaron los cortes de luz a empresas”, Publicado en La Nación On Line, el día 27 de agosto de 2007: Link corto: <http://www.lanacion.com.ar/938306> “.

<sup>24</sup> “Empezaron a reducirse los cortes diarios de electricidad a las empresas”, Publicado en La Nación On Line, el día 14 de agosto de 2007: Link corto: <http://www.lanacion.com.ar/934375>. También en: “A partir de hoy reducen los cortes de electricidad a las industrias”, Publicado en Clarín Digital, el 13 de Agosto de 2007: Link corto: <http://www.clarin.com/diario/2007/08/13/elpais/p-01401.htm>”.

<sup>25</sup> “Terminaron los cortes de luz a empresas”, La Nación On Line. Op. Cit.

Los datos correspondientes a la matriz insumo-producto corresponden a la reagrupación de las 124 actividades de la MIPAr 97, en un conjunto más reducido de tan solo 11 actividades o industrias<sup>26</sup>, los valores utilizados se muestran en el CUADRO N° 1. Esta simplificación no produce pérdida de generalidad, ni disminución en la precisión de la estimación por la naturaleza misma del álgebra matricial que subyace en el modelo, a la vez que permite visualizar el impacto en forma más clara.

<b>CUADRO N° 1</b>			
<b>En millones de pesos de 1993</b>	<b>DEMANDA INTERMEDIA</b>	<b>DEMANDA FINAL</b>	<b>DEMANDA TOTAL</b>
A. y B. AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA, SILVICULTURA Y PESCA	19,261	17,761	37,227
C. MINERÍA	6,703	5,219	11,981
D. INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	60,123	54,975	115,739
E. SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD	6,401	4,187	10,634
E. SUMINISTRO DE GAS Y AGUA	1,518	4,836	6,369
F. CONSTRUCCIÓN	3,648	20,751	24,428
G Y H COMERCIO MAYORISTA Y MINORISTA - HOTELES Y RESTAURANTES	11,939	49,666	61,733
I. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO CORREOS Y TELECOMUNICACIONES	18,121	33,049	51,342
J Y K. INTERMEDIACIÓN FINANCIERA ACTIVIDADES INMOBILIARIAS	36,708	55,299	92,352
L M N - ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA - ENSEÑANZA – SALUD	4,074	41,310	45,411
O y P. OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS COMUNITARIAS	8,125	18,854	27,046
<b>TOTAL</b>	<b>176,622</b>	<b>305,906</b>	<b>484,262</b>
<b>FUENTE: Elaboración Propia con Datos de MIPAr 97 – INDEC</b>			

En la matriz insumo – producto se utilizan valores monetarios correspondientes a cada concepto, por ello para establecer la magnitud física de la interrupción, en unidades de energía, se utilizó información específica del Mercado Eléctrico. De acuerdo con el Informe del Sector

<sup>26</sup> El Sector Electricidad corresponde a la Actividad N° 93 en la matriz. De acuerdo a los anexos metodológicos de la MIPAr-97 esta actividad comprende la generación, captación, transporte y distribución de energía eléctrica. La separación de este sector se realiza por conveniencia a la hora de modelar el racionamiento

Eléctrico del año 2005, la facturación de energía entre todos los usos (Residenciales, Comerciales, Industriales, etc.) totalizó 81096 GWh en el año, de los cuales 23577 GWh correspondieron a los usos Residenciales, lo cual representa el 29 % del total facturado, según el INDEC la demanda de energía eléctrica creció un 9,1% en el 2006 con lo cual la energía total facturada habría alcanzado 88476 GWh al que se aplicará la misma proporción entre demanda para usos Residenciales. Por otro lado, la oferta de energía eléctrica en el año 2006 fue de 104033 GWh (energía generada más importaciones netas, que sería igual a la energía facturada más las pérdidas<sup>27</sup>).

Para discriminar las cantidades físicas correspondientes a la Demanda Final de Electricidad, de aquellas atribuibles a la Demanda Intermedia de Electricidad, se asignará al primer concepto la totalidad de la energía correspondiente al uso Residencial, el resto de los usos identificados en el Informe del Sector Eléctrico, se asignarán en bloque al segundo concepto. Finalmente, las pérdidas se distribuyen en forma proporcional entre Demanda Final y Demanda Intermedia, de acuerdo a la energía facturada.

### **3. Hipótesis Alternativas de Racionamiento**

Aún cuando resulta claro que el objetivo del gobierno de proteger a los usuarios residenciales de las interrupciones de suministro de energía eléctrica recayó sobre el sector productivo, quedaría por establecer cuáles fueron los sectores realmente afectados por las interrupciones para el cálculo del impacto económico del mismo.

Para esto se analizaron las siguientes alternativas:

---

<sup>27</sup> En este trabajo no se distinguen pérdidas eficientes, de las pérdidas negras debido al hurto de energía, y se considera las pérdidas como un todo, el cual constituyen una característica dada del sistema eléctrico.

- Hipótesis 1 - Distribución ponderada de la interrupción: Este escenario presupone que el impacto afecta la tasa de crecimiento de cada sector productivo en la medida en la que cada sector contribuye el crecimiento del PBI.
- Hipótesis 2 - Interrupción en el Sector Manufacturero: Este escenario presupone que el racionamiento se aplica íntegramente al Sector Manufacturero, y el resto de los sectores no sufren racionamiento.
- Hipótesis 3 - Interrupción al Sector Residencial: En este escenario se establece el impacto de aplicar un racionamiento equivalente a los usuarios residenciales.

El impacto del racionamiento, para cada hipótesis considerada, medida en términos del PBI del año 2006 se muestra en el CUADRO N° 2 y corresponde al escenario de racionamiento OFICIAL.

<b>CUADRO N° 2</b>			
<b>En millones de pesos de 1993</b>	<b>Hipótesis 1</b>	<b>Hipótesis 2</b>	<b>Hipótesis3</b>
A. y B. AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA, SILVICULTURA Y PESCA	-40	0	0
C. MINERÍA	-1	0	0
D. INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	-836	-2053	0
E. SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD	-3	0	-79
E. SUMINISTRO DE GAS Y AGUA	-4	0	0
F. CONSTRUCCIÓN	-229	0	0
G Y H COMERCIO MAYORISTA Y MINORISTA - HOTELES Y RESTAURANTES	-642	0	0
I. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO CORREOS Y TELECOMUNICACIONES	-322	0	0
J Y K. INTERMEDIACIÓN FINANCIERA ACTIVIDADES INMOBILIARIAS	-416	0	0
L M N - ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y DEFENSA - ENSEÑANZA – SALUD	-153	0	0
O y P. OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS COMUNITARIAS	-71	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>-2717</b>	<b>-2053</b>	<b>-79</b>
<b>Impacto en el Crecimiento del PBI</b>	<b>-0.89%</b>	<b>-0.68%</b>	<b>-0.03%</b>
<b>FUENTE: Elaboración Propia con Datos de MIPAr 97 – INDEC</b>			

Si al racionamiento OFICIAL se le hubiese agregado el llamado racionamiento NO OFICIAL, el impacto en términos de PBI no generado hubiese sido de -1,20%, -0,90% y -0,03% para las Hipótesis 1, Hipótesis 2 e Hipótesis 3 respectivamente.

## **4. CONCLUSIONES**

### **4.1. Sobre el Impacto del Racionamiento**

En este trabajo se han propuesto diferentes hipótesis para cuantificar el impacto que ha tenido en el PBI el racionamiento de energía implementado por el gobierno argentino durante el 2007, caracterizado por centrarse en el sector productivo. De los valores obtenidos resulta claro que racionar al sector productivo, es decir limitar la demanda intermedia de energía, conlleva reducciones del PBI muy superiores al posible impacto de un racionamiento a la demanda final. Sin embargo, la estrategia seguida por el gobierno, de concentrar el racionamiento en el sector manufacturero, se demuestra como una mejor estrategia que su distribución en todo el espectro de sectores productivos.

Al momento en que se redactó el presente trabajo no se disponían de información respecto de la evolución del PBI para el tercer trimestre del 2007, con los cuales contrastar la predicción del modelo. Sin embargo, el Estimador Mensual Industrial (EMI) que se utiliza para medir el desempeño del sector manufacturero mostraba una desaceleración en la tasa de crecimiento anual, que de promedios superiores al 8% para 2005 y 2006 cayó en julio de 2007 al 3,6 % respecto de julio de 2006. Aún cuando las metodologías del EMI y de estimación del PBI no son comparables, el crecimiento anual del PBI manufacturero mostraba cifras consistentes con las del EMI en los años anteriores.

Si se considera que el PBI manufacturero creció a valores promedios del 8% anual y que el modelo estima una caída de entre 3,7% y 5% como impacto de los racionamientos denominados OFICIAL y NO OFICIAL, los valores mostrados por el EMI serían consistentes con la predicción del impacto realizada por el modelo.

#### **4.2. Elementos para futuras discusiones**

Cabe destacar que durante los meses de agosto y septiembre de 2007 el EMI ha mostrado una recuperación muy rápida, con altas tasas de crecimiento mensual que ubicaban el desempeño industrial en los promedios de crecimiento anual habituales en los años 2005 y 2006. Una posible explicación para esta situación sería el proceso de sustitución inter-temporal que significa disminuir la producción de los meses con racionamiento y recuperar el terreno perdido en los meses subsiguientes.

Para finalizar, y con independencia de la consistencia general entre las estimaciones y la evolución de las series estadísticas, es conveniente señalar que la economía habría comenzado la recuperación durante el mes de agosto durante el cual todavía se encontraba vigente el plan de racionamiento. Esta aparente discrepancia reflejaría el comportamiento defensivo de las empresas manufactureras, a partir del proceso de sustitución entre energía eléctrica por redes, por otros esquemas de aprovisionamiento (por ejemplo autoproducción), fenómeno que no es contemplado por la metodología de la matriz insumo producto, que presupone la imposibilidad de sustitución al considerar un esquema de coeficientes fijos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ANUARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO – SECRETARÍA DE ENERGÍA de la REPÚBLICA ARGENTINA – (1997 a 2005).

LEY 24.065 y Marco Regulatorio Ampliado del Sector Eléctrico.

SERIES ESTADÍSTICAS DEL INDEC – Producto Bruto Interno, Estimador Mensual Industrial.

ARROUS, J., (2000), “Energy Input-Output Economics: What’s the matter?”, 13th International Conference on Input-Output Techniques, 21-25 august 2000. Macerata, Italy.

BALDUCCI P. J., ET. AL., (February 2002), “Electrical Power Interruption Cost Estimates for Individual Industries, sectors, and U.S. Economy”, Pacific Northwest National Laboratory, PNNL-13797.

CHIANG, A. (1987), “Métodos Fundamentales de Economía Matemática”, Tercera Edición, McGraw Hill. España.

DI MARCO, L., (1976), “Análisis Económico y Métodos Cuantitativos”, Depalma.

FERNÁNDEZ, R.; MUGUERZA, D.; (2007), “Valor de la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico Argentino: Hacia la Valuación de Externalidades de Producción”, Documento aceptado para su publicación en el “Décimo Segundo Encuentro Regional Ibero-americano do CIGRÉ” - Foz do Iguaçu-Pr, Brasil - 20 a 24 de mayo de 2007.

GHEBREMEDHIN, T.; SCHREINER, D., (1983), “An Input-Output Approach For Analysis Of Energy And Economic Policies In Oklahoma”, Departments of Agricultural Economics, Southern University, Baton Rouge, LA, and Oklahoma State University, Stillwater, OK 74078.

MUGUERZA, D.; KERSZBERG, E.; FERNÁNDEZ, R.; (2003), “Valor de la Confiabilidad en el Sistema Eléctrico – La Discusión Metodológica para su Determinación” (2003), CEARE – UBA.

MUNASINGHE, M., (1979), “The Economics of Power System Reliability and Planning”, World Bank Research Publication.

SULLIVAN, M.; VARDELL, T.; JOHNSON, M., (November / December 1997), “Power Interruption Costs to Industrial and Commercial Consumers of Electricity”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 33, No 6.

VENEGAS CASTRO, J. G. (1994), “Metodologías de Evaluación de Costo de Falla en Sistemas Eléctricos”, Disertación Ingenieril, Santiago de Chile.