

DESPACHO ECONÓMICO-AMBIENTAL DE LA OFERTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Dawidowski, L.E.¹, Gómez, D.R.¹, Bajano, H.¹,
Anbinder, G.D.², Rey, F.C.²

Comisión Nacional de Energía Atómica, Av.del Libertador 8250, (1429) Buenos Aires.

¹Unidad de Actividad Química, Centro Atómico Constituyentes

Contacto: dawidows@cnea.gov.ar

²Unidad de Actividad Reactores y Centrales Nucleares, Centro Atómico Constituyentes

RESUMEN

Se propone un prototipo de un sistema integrado que agrega restricciones ambientales al sistema que actualmente maneja el despacho puramente económico de generación eléctrica en la Argentina. El motivo de este trabajo es la reciente incorporación de tres nuevas máquinas a la capacidad ya instalada en el área densamente poblada de la región metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires. La modificación aquí propuesta utiliza el pronóstico meteorológico y modelos de dispersión de contaminantes en atmósfera para evaluar concentraciones ambientales de óxidos de nitrógeno causadas por el funcionamiento conjunto de las centrales termoeléctricas localizadas en el área. Aunque el prototipo está enfocado al tratamiento de los óxidos de nitrógeno por ser el contaminante mayoritario dado el patrón de consumo de combustibles en la Argentina, su estructura es lo suficientemente general como para tener en cuenta otros contaminantes, como el dióxido de azufre y el material particulado.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del cincuenta por ciento de la generación eléctrica en la Argentina se realiza en base al consumo de combustibles fósiles. El gas natural es el más utilizado por su bajo costo y disponibilidad, mientras que el consumo de fuel oil representa un 10% y el de carbón menos del 5% del total de combustibles utilizados. Los combustibles líquidos se queman mayormente durante el período invernal cuando tiene prioridad la demanda de gas natural por parte del sector residencial e industrial.

Existen actualmente tres centrales termoeléctricas activas dentro del área metropolitana de Buenos Aires, dos de las cuales producen anualmente alrededor del 14% de la energía eléctrica total generada en la Argentina. Durante el presente año esas centrales han incrementado su capacidad en 2290 MW mediante la instalación de tres nuevos ciclos combinados de 670MW, 790MW y 830 MW respectivamente. Las máquinas son de última generación y presentan menores factores de emisión que los previamente instalados. A pesar de esta condición favorable, el despacho combinado de

las nuevas y las viejas máquinas puede plantear condiciones severas para la calidad de aire de la ciudad de Buenos Aires.

Ha sido recientemente reconocido que la contaminación atmosférica así como el impacto que ésta produce en la salud de la población,¹ constituyen un problema extendido sobre el área metropolitana de Buenos Aires. Si bien las emisiones provenientes del tránsito son las más significativas, especialmente a lo largo de las calles estrechas y en las principales arterias, las emisiones de las centrales térmicas deben ser también tenidas en cuenta por dos razones: 1) la naturaleza altamente localizada de su máximo impacto y 2) su contribución a la contaminación de fondo.

ANTECEDENTES

A continuación se presenta una breve descripción de la estructura del sistema de generación eléctrico de la Argentina, poniendo énfasis en el proceso que actualmente se utiliza para programar el despacho económico diario.

1. El Sistema Electrónico de la Argentina

El gobierno argentino puso en marcha en 1990 un programa económico que incluyó, además de otros temas, la desregulación del mercado eléctrico. El sistema de transporte y la distribución de electricidad fueron transferidos a concesionarios y son considerados servicios públicos, mientras que las centrales de generación fueron privatizadas.

El sector de generación evidenció una intensa actividad desde 1992, incorporando nuevos operadores y nuevas centrales térmicas. Durante los primeros tres años después de la reforma, casi 3400 MW de potencia fueron instalados, correspondiendo el 61% de esa capacidad a plantas hidroeléctricas que fueron construidas con fondos públicos antes de 1990. El nuevo sector de generación privado elige invertir exclusivamente en la instalación de sistemas a turbinas de gas y ciclos combinados. Este proceso se traduce en una mayor dependencia del sector eléctrico del precio y disponibilidad del gas natural.

2. Sistema de Despacho

El despacho de carga es llevado a cabo por la Cámara Argentina del Mercado Eléctrico Mayorista (CAMMESA), que es una organización privada sin fines de lucro, y es la encargada de organizar el suministro para satisfacer la demanda a un costo mínimo compatible con el volumen y la calidad de la energía disponible. El despacho considera la variación de la demanda a fin de seleccionar la entrada y salida horaria de los diferentes generadores, basándose en un orden de prioridad que tiene en cuenta el costo marginal de generación y los factores de nodo. El ranking del costo marginal está basado en los precios de los combustibles declarados por los generadores térmicos que abarcan desde 3,94\$/MWh correspondiente al reactor de la central nuclear de Embalse hasta 17,5\$/MWh para la central térmica menos eficiente.

ESCENARIOS

En esta sección se presentan las bases para la evaluación del impacto de la generación eléctrica en la calidad de aire del área metropolitana de Buenos Aires, considerando la situación actual

1- Expansión Futura del Sector de Generación Eléctrica

Para satisfacer el continuo aumento en la demanda de potencia, el sector de generación debe incrementar su capacidad instalada. De todas las estrategias a seguir en el futuro es de esperar que los operadores privados opten por tecnologías de bajo costo, concentrando sus inversiones en la instalación de ciclos combinados que utilizan preferentemente gas natural.^{2,3 y 4} Esta expansión, basada en plantas térmicas, producirá un incremento en la utilización de combustibles fósiles.

Argentina presenta una importante restricción en el sistema de transporte de gas natural que durante el invierno se encuentra saturado. Sin embargo fueron firmados contratos de exportación de gas natural y electricidad a países vecinos, sin planear una mejora en la capacidad de transporte en el mediano plazo. Consecuentemente se espera un aumento en el nivel de utilización de combustibles líquidos, de acuerdo con la demanda de electricidad y gas natural de los mercados locales y regionales.

Utilizando un modelo de planeamiento de expansión del sistema eléctrico,⁵ se realizó un análisis prospectivo para diez años suponiendo un escenario de exportaciones de 3000 MW, un incremento de la demanda del 5,3% anual y una reducción de la reserva marginal del 50 al 34% al año 2010. Sin incluir restricciones al sistema de transporte del gas natural, se obtuvo como resultado la necesidad de la incorporación de alrededor de 14.000 MW al final de dicho período. Teniendo en cuenta estos valores y considerando además que las principales líneas de transmisión se encuentran cerca del máximo de su capacidad de utilización, se presenta un panorama que pone de manifiesto la atracción que representa la instalación de nuevas plantas cerca del centro de mayor demanda, que es la Ciudad de Buenos Aires.

2. Contribución de las Centrales Termoeléctricas a los Niveles de NO_x en la Ciudad de Buenos Aires

El Ente Nacional Regulador de la Electricidad requiere a los generadores de electricidad la presentación de estudios de evaluación de impacto ambiental para las nuevas instalaciones o las ampliaciones de las centrales existentes. Esos estudios deben incluir cálculos de concentraciones máximas de contaminantes utilizando modelos de dispersión. En los estudios correspondientes a la adición de los nuevos ciclos combinados en la ciudad de Buenos Aires, se aprecia que las máximas concentraciones obtenidas resultaron muy cercanas a los máximos valores definidos por la legislación vigente. Sin embargo esos valores fueron obtenidos utilizando el modelo ISC3 desarrollado la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos para uso regulatorio,⁶ modificado con parámetros de dispersión no regulatorios. Aquí se explora si existe alguna combinación de despacho, consumo de combustibles y condiciones meteorológicas que impliquen una condición crítica en los niveles de óxidos de

nitrógeno en el aire ambiente, utilizando el mismo modelo pero considerando los parámetros de dispersión regulados para situaciones urbanas.

Se consideraron tres escenarios: 1) el despacho horario real bajo condiciones invernales, correspondiente al mes de junio de 1998; 2) la operación conjunta de todas las máquinas al 100% de su capacidad, quemando gas natural; 3) la misma situación que en 2), pero con combustibles líquidos. Los resultados para un día crítico, caracterizado por un consumo de 100% de combustibles líquidos y un despacho conformado por el 50% de la capacidad instalada, mostró que la máxima contribución horaria de una de las plantas llega a $212 \mu\text{g m}^{-3}$ mientras que la máxima contribución de otra de las plantas en operación corresponde a $120 \mu\text{g m}^{-3}$. Para el segundo escenario las concentraciones máximas llegaron a $650 \mu\text{g m}^{-3}$, mientras que para el tercero llegaron a $900 \mu\text{g m}^{-3}$. El nivel máximo admitido por la Ciudad de Buenos Aires es de $400 \mu\text{g m}^{-3}$ para un promedio de 20 minutos. A estos valores hay que sumarle la concentración propia proveniente del intenso tránsito que caracteriza los sitios de impacto dentro de la Ciudad de Buenos Aires.

SISTEMA PROTOTIPO

El prototipo es un programa de computación basado en una aproximación del algoritmo que actualmente utiliza CAMMESA, y usa modelos de dispersión para evaluar concentraciones ambientales de óxidos de nitrógeno causada por la operación combinada de las tres centrales térmicas. En su forma final, el sistema podrá tomar datos del Servicio Meteorológico Nacional y de CAMMESA, así como valores de concentración en el punto de emisión de los equipos de monitoreo continuo ya instalados en las centrales térmicas (Fig. 1).

Punto de partida

La suposición inicial para el algoritmo es la previsión original para dada por el despacho económico, cuyo algoritmo puede ser representado en la forma del siguiente programa mixto entero lineal:

$$\min_{d_j} c^T d \quad (1)$$

sujeto a las condiciones:

$$w \leq Ld; \quad w \geq 0; \quad w^T e = \omega; \quad Dw \leq q \quad (2)$$

donde n es el número de máquinas candidatas a ser despachadas; d , es un n -vector entero ($d_j = 1$ si la máquina j es despachada, y 0 si no lo es); c es un n -vector real de costos marginales (c_j es el costo marginal declarado para la máquina j); w es un n -vector real que contiene las cargas despachadas; L es una $R^{n \times n}$ matriz diagonal que contiene las máximas cargas de cada máquina, ω es un escalar que indica la demanda, y e un n -vector unitario. La última condición indica las restricciones físicas tales como precio del gas, factor de nodo, etc.

Control del cumplimiento de normas ambientales

Sea w^k el subconjunto del vector w que contiene las cargas de todas las máquinas térmicas despachadas en la ciudad de Buenos Aires. Mediante la corrida de un modelo de dispersión se obtiene para cada máquina j despachada con una carga w_j^k la concentración ambientales de NO_x , c_j^k , causada por la emisión de la misma.. Para cada

punto receptor, se controla el cumplimiento de las normas ambientales por medio de la ecuación:

$$\sum_{\text{Todas las máquinas despachadas en Buenos Aires}} c_j^k + \beta \leq \alpha c_{\text{Máxima legislada}} \quad (3)$$

donde β indica la concentración de fondo y α es un factor de tolerancia ($\alpha < 1$). El despacho económico es aceptado si la ecuación anterior es satisfecha, caso contrario se desarrolla el próximo paso.

Restricción ambiental. Nuevo programa de despacho

Para un pronóstico meteorológico determinado, la concentración ambiental c_j^{k+1} correspondiente a la máquina j operando a una capacidad w_j^{k+1} , menor que w_j^k , se expresa de la siguiente manera:

$$c_j^{k+1} = \frac{c_j^k}{w_j^k} w_j^{k+1} \quad (4)$$

Reemplazando esta expresión en la ecuación (3) para c_j^{k+1} , se obtiene la restricción para cada punto receptor bajo las nuevas condiciones de despacho:

$$\sum_{\text{Todas las máquinas despachadas en Buenos Aires}} \frac{c_j^k}{w_j^k} w_j^{k+1} + \beta \leq \alpha c_{\text{Máxima legislada}} \quad (5)$$

El sistema de ecuaciones (1), (2) y (5) forma el nuevo programa de despacho. Esta última restricción elimina aquellas máquinas que generan una carga ambiental mayor que la aceptable. Finalmente una vez obtenido el nuevo despacho, debe realizarse nuevamente el control de cumplimiento de las normas ambientales.

CONCLUSIONES

La expansión del sistema de generación eléctrica en base a ciclos combinados, el esperado incremento del consumo de combustibles líquidos; el aumento de la capacidad de generación de centrales térmicas en el área metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires, así como las relativamente altas contribuciones de NO_x de las máquinas ya instaladas, son hechos que forman un marco dentro del cual el prototipo propuesto constituye una herramienta útil, ya que agrega una adecuada política ambiental a los criterios económicos utilizados actualmente. La calidad de aire de la Ciudad de Buenos Aires se verá beneficiada si se combina el programa de despacho con los programas de gestión ambiental urbana, actualmente en curso.

REFERENCIAS

- 1- Banco Mundial. *Argentina. Managing environmental pollution: issues and options*. Rep. 1470-AR. (1995)
- 2- CAMMESA *Informe de simulación de mediano y largo plazo, 1998-2006*. Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Argentino, <http://www.cammesa.com.ar>, Buenos Aires. (1999)
- 3- Rey F.C. and G.D. Anbinder (1998). Alternativas de expansión del sistema eléctrico argentino, *Comisión Nacional de Energía Atómica*, <http://www.cnea.gov.ar>, Buenos Aires.

- 4- SE (1997). Prospectiva del Sector Eléctrico, 1997. *Secretaría de Energía. Ministerio de Economía, O. y S.P. República*, <http://www.mecon.ar>, Buenos Aires.
- 5- IAEA, *Wein Automatic System Planning (WASP), A computer Code for Power Generating System Expansio Planning*, Versión WASP-III Plus, Manual del Usuario, Viena, Austria (1995)
- 6- EPA (1995). User's guide for the Industrial Source Complex (ISC3) dispersion models. EPA-454/B-95-003b. *U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park*, North Carolina.

FIGURAS

Figura 1: Sistema integrado de despacho del sistema de generación eléctrica de la Argentina, incluyendo restricciones ambientales.

