

Hacia una visión global del problema energético

La planificación global de la energía se ha impuesto como única vía adecuada para armonizar la demanda con la producción en el mediano y largo plazo. En esta nota, el licenciado José M. Carcione esboza el conjunto de elementos que supone la planificación, desde los sistemas más simples, como una familia rural africana, hasta los sistemas energéticos integrados de las sociedades industriales. En una reflexión final el autor subraya la desigual distribución de los recursos en el mundo, donde 43 naciones, con un tercio de la población total, utilizan el 90% de la energía y el 70% restante dispone sólo del 10% de la misma.

El Licenciado José M. Carcione es graduado en Ciencias Físicas de la Universidad Nacional de Buenos Aires y se desempeña como investigador en el Departamento de Metodología y Aplicaciones Geofísicas de YPF en temas de prospección geofísica y preparación de técnicos para el área de exploración. Formó parte anteriormente de equipos de investigación de Física Nuclear en la CNEA y en el Niels Bohr Institute de Copenhague. Tiene publicados varios trabajos sobre Sísmica.

ABSTRACT

In this note, Mr. José María Carcione analyzes the items that should be taken into account in energy planning. He also studies different systems ranging from a simple scheme (typical of an African country family) to the integrated systems of industrial societies. Energy planning has become essential in Western countries since the 1973 crisis.

Como consecuencia del brusco crecimiento del precio petrolero en la década pasada, el mundo ingresó en la era de los altos costos de la energía. El período de transición fue muy abrupto y una gran cantidad de países no han ajustado todavía su producción y el consumo de energía a estos costos elevados, sobre todo en lo que se refiere al petróleo importado. Este aumento en los precios del petróleo ha producido mayor inflación, tasas de crecimiento más bajas, crisis en las balanzas de pagos y en muchos países en desarrollo ha causado una mayor demanda de energía tradicional causando problemas ecológicos.

Debido principalmente a estas razones, los países de Occidente (en general, en aquellos donde rige una economía de mercado, ya que los países socialistas basan su economía en la planificación) han tenido que recurrir a la planificación energética. En una planificación de este tipo es imprescindible considerar al sector energía como un cuerpo que está en estrecha relación con la estructura macro-económica del país. La

energía es un factor crucial en la producción, y por lo tanto, afecta fuertemente al proceso de desarrollo de un país.

La planificación energética, considerada desde los puntos de vista económico, industrial e institucional define la disponibilidad de recursos, las prioridades de inversión y las políticas a desarrollar, con el objetivo de lograr una utilización eficiente de los recursos energéticos locales.

El objetivo general de la planificación energética es garantizar el equilibrio entre la oferta y la demanda de energía, al costo más bajo posible, en cada lugar y en todo tiempo. Para encarar este propósito hay que establecer el tipo de energía, las necesidades que satisface y para quienes, y de igual modo el costo de la misma. Hay que tener en cuenta, además, si se trata de la sociedad presente o de alguna sociedad futura con diferente esquema social y económico.

Es razonable suponer que la planificación se refiere a decisiones sobre la energía dentro del marco de una política nacional energética. Sin embargo, esto

La planificación exige considerar el sistema energético como un conjunto de elementos de toma de decisión, con objetivos precisos.

representa uno de los tantos aspectos de la planificación. En un sistema energético completamente desarrollado existe una jerarquía de niveles de toma de decisión, y una estructura de control cuidadosamente articulada que refleja la complejidad del sistema en todos sus ámbitos. Una decisión que se toma en un nivel dado afecta los niveles más bajos del sistema.

En un sistema bien coordinado los niveles más altos hacen uso apropiado y completo de toda la información relevante de los elementos más bajos, para luego formular sus decisiones. A medida que el sistema evoluciona se hace necesario redefinir una nueva estructura de control.

Para llevar a cabo la planificación es necesario considerar al sistema energético como un conjunto de elementos de toma de decisión, cada uno con objetivos precisos, distinguidos por:

- la esfera de acción y control, definida por el número, el tamaño y la extensión espacial de los subsistemas bajo su coordinación.
- la naturaleza del sistema en particular, los sectores económico y social, y su rol funcional.
- las condiciones de contorno incluyendo la geomorfología y el clima, y las estructuras económica, financiera e institucional.

Cada una del gran número de entidades individuales, puede cumplir un rol específico en el problema de la planificación energética:

- una familia
- un grupo de familias.
- todas las familias de una región.

- una granja.
- una planta industrial para la producción de ácido sulfúrico.
- todas las empresas en el sector químico.
- una planta nuclear.
- la red eléctrica nacional.
- todas las industrias del país
- todos los sectores del país.

Cada uno de estos elementos es considerado como un elemento de toma de decisión en la tarea de la planificación energética.

Un concepto fundamental es el de sistema energético, el ente sujeto a coordinación, control y adaptación. Los sistemas energéticos están sujetos a un proceso continuo de crecimiento y adaptación en relación con la oferta de recursos. De acuerdo con las condiciones de contorno, algunas partes del sistema pueden estar más desarrolladas que otras.

La parte más difícil del problema de la planificación es el análisis a largo plazo de la adaptación del sistema al proceso de evolución. El análisis inmediato supone examinar las características estructurales del sistema, el flujo de recursos, la base del equilibrio presente y la naturaleza y funcionamiento de la estructura de control para la planificación a corto plazo.

Para considerar detalladamente los conceptos vertidos hasta aquí, veamos, como ejemplo, tres sistemas energéticos que se diferencian entre sí por su tamaño y complejidad.

Familia rural africana

La familia rural africana entre los sistemas existentes constituye, probablemente, uno de los sistemas energéticos más simples.

La familia rural es un elemento de toma de decisión en todo el sentido de la palabra. La planificación, en este caso, está más fuertemente ligada al sistema agroecológico circundante. El asunto se focaliza principalmente en la provisión de biomasa, la planificación del trabajo humano y animal, la capacidad de transporte y las inestabilidades inherentes al sistema rural energético.

El combustible básico utilizado por la familia rural es biomasa en sus formas más variadas: leña, agriresiduos y alimentos. Las elecciones energéticas específicas dependen de condiciones de contorno tales como:

- clima.
- características agroecológicas locales.
- densidad de población.
- distancia a los centros urbanos.

ninguno de los cuales está bajo el control directo de la familia rural. Además existen otros factores como:

- abundancia de biomasa y distancia a la vivienda.
- características específicas de los residentes (edad, sexo, naturaleza de la actividad económica, ingreso).
- hábitos de alimentación.
- posesión de animales domésticos.
- tipo de producción agrícola.

que son específicos de la familia y están, al menos parcialmente, bajo su control.

En el sistema energético rural bajo consideración, la familia elige invariablemente la solución con el costo más bajo posible bajo las condiciones de contorno

El caso más simple, el de una familia rural africana, está estrechamente ligado a las características agro-ecológicas de un área dada.

existentes. El problema de la planificación radica en la concentración y almacenamiento de biomasa para abastecer efectivamente los requerimientos energéticos de la familia. Esta busca la mejor combinación entre peso de la carga, frecuencia de provisión y naturaleza de la fuente energética de manera tal de reducir el costo de energía metabólico y el costo económico.

Los integrantes de la familia están muy restringidos en su habilidad para filtrar información derivada de las variaciones en el sistema local, que pueden ser determinantes en periodos más largos que un ciclo solar. Su horizonte de planificación está limitado a lo sumo en el orden de un año y no tiene control efectivo a mediano ni a largo plazo. La deforestación, la erosión y el deterioro del suelo ocurren lentamente. El individuo se ajusta a estos cambios con modificaciones casi imperceptibles en sus hábitos y que requieren periodos del orden de una generación para manifestarse.

Un factor muy importante, sino imprescindible, para la supervivencia de un asentamiento compuesto de cantidad determinada de familias rurales, es la disponibilidad de animales de carga. Estos pueden solucionar un eventual desbalance energético entre la producción y el requerimiento de energía. Los animales pueden alimentarse de los residuos agrícolas, prácticamente sin afectar la disponibilidad de alimento humano. El nivel de potencia superior de los animales de carga (2 o 3 veces mayor que el del hombre) permite un ahorro sustancial de trabajo humano durante periodos de máxima concentración de actividades.

Un área rural, donde el combustible básico es la leña y los agriresiduos, puede contener un determinado número máximo de habitantes por hectárea, excedido el cual, se produce el desbalance energético. El exceso de



La energía producida por la leña y los agriresiduos solo puede abastecer a comunidades rurales de escasa población por Ha.

población es forzado a migrar a otras áreas rurales o hacia las ciudades donde, generalmente, se emplea en actividades no directamente conectadas con el cultivo.

Como se mencionó anteriormente, una planificación energética a nivel nacional o a nivel regional debe hacer uso apropiado de la información relevante de los niveles más bajos del sistema global. Esta información permite analizar qué tipos de problemas pueden ocurrir en la práctica y formular las decisiones correctas para evitarlos.

Centro urbano africano con un mercado local

El desbalance entre requeri-

mientos y recursos es más evidente en el caso de centros urbanos en que la integración entre energía, alimento y actividad económica no siempre es posible.

En un centro urbano sólo una pequeña proporción de la población está directamente involucrada con el cultivo de los campos y otras actividades agrícolas. Encontrar centros urbanos con más de 1000 habitantes cuyas actividades sean predominantemente agrícolas es muy raro. La ventaja económica de estas actividades cae bruscamente con el aumento del tamaño del asentamiento debido a la distancia creciente entre las viviendas y el campo. En gran medida, la provisión de alimento al centro urbano es po-

Un centro urbano de 8.000 habitantes requiere para su sostén del aporte de 32.000 campesinos y la producción de más de 50.000 h.

sible a través de la contribución de la población rural del área circundante. Esta provisión es implementada gracias a la existencia de un mercado local.

En condiciones satisfactorias de oferta y demanda (tales como tierras fértiles y proximidad razonable al centro urbano) una relación tipo entre producción de alimento y consumo de los habitantes rurales es de orden de 1,25 (o sea el consumo es el 80 % de la producción). De esto se deduce que la población rural debe ser por lo menos 5 veces la población del centro urbano para que éste tenga su provisión de alimento. Suponiendo una población urbana de 8.000 habitantes se requieren 32.000 habitantes rurales. En condiciones típicas se necesita un área cultivada de 15.000 hectáreas para la obtención de alimento de la población rural, 5.000 hectáreas para pastoreo de los animales, y 23.000 hectáreas de bosques para combustibles. Esto resulta en un área total de 43.000 hectáreas para mantener a la población rural. Adicionado un área de aproximadamente 9.000 hectáreas para cubrir las necesidades de alimento y energía de la población urbana, resulta un área total de 52.000 hectáreas que está de alguna manera involucrada en el mantenimiento del centro urbano.

En la ciudad, a diferencia del ámbito rural, el rol de la planificación energética ya no está en manos de los pobladores sino que reside en el mercado local. Las decisiones de los pobladores están confinadas a establecer dónde y cuándo comprar el combustible para mantener una reserva adecuada y el tamaño de la misma. Estas decisiones se basan, principalmente, en el precio del combustible, en la percepción del riesgo de escasez, en el espacio de almacenamiento disponible y en otros factores.

El aumento de la población del centro urbano requiere un au-

mento de los habitantes rurales para mantener el balance energético, suponiendo que la tecnología no cambia. Esto significa que el «área de influencia» de la ciudad puede crecer hasta el punto de superponerse con aquellas de otras ciudades vecinas, causando por lo tanto, conflictos en la provisión de combustibles y alimentos.

Eventuales cambios en la tecnología y en los estilos de vida pueden conducir a una nueva condición de equilibrio, pero estos cambios ocurren lentamente en comparación con el crecimiento de la población. En estas condiciones los recursos comienzan a escasear y sufren marcados aumentos en sus precios.

Cuando un área pierde su carácter de local se pueden dar varias alternativas. Una es que la población se adapte a consumir menores cantidades de energía a través de modificaciones apropiadas en sus comportamientos social y cultural; sin embargo, esto tiene sus límites. Otra es que emigre hacia otras áreas rurales o establecerse en otras áreas urbanas, o que logre adaptarse a través de un cambio tecnológico. Esto puede ocurrir a través de la utilización de medios de producción que incrementen la disponibilidad de energía y alimento. Esta última alternativa es, el camino obligado a seguir y requiere la intervención de un nivel de toma de decisión más elevado.

Sistema energético integrado de grandes dimensiones

Mientras más pequeño es el sistema energético, mayor es el número de variables que determinan su evolución en el tiempo y más difícil es pronosticar su comportamiento a largo plazo.

En el caso de una familia, pueden suceder cambios repentinos que son impredecibles una semana antes. En el caso de una ciudad, aún grandes variaciones en las familias individuales tien-

den a cancelarse unas con otras a corto o mediano plazo tal que la provisión de recursos puede planificarse con meses de anticipación. No es simple, sin embargo, evaluar el desarrollo a largo plazo. La población puede aumentar o permanecer estable, o incluso decrecer, dependiendo del crecimiento económico de la ciudad. Tales cambios pueden ocurrir en el orden de varios años o décadas, y son difíciles de pronosticar ya que dependen de un gran número de variables locales. Los tiempos de planificación deben ajustarse a estos cambios y también adaptarse a los tiempos técnicos requeridos para aumentar la provisión de energía: construcción de caminos, tendido de líneas eléctricas, etc.

Si el sistema está compuesto por numerosas ciudades interconectadas los tiempos de planificación se reducen sustancialmente, dado que estadísticamente, el desarrollo es predecible más fácilmente. La planificación energética en sistemas integrados implica establecer los vínculos con la red principal, aumentando la capacidad de transporte y el sistema de almacenamiento del combustible o llevar a cabo soluciones similares con tiempos de implementación relativamente cortos.

Consideramos el caso de una compañía de electricidad estatal que debe proveer electricidad a un sistema regional. Generalmente, el desarrollo de la provisión de electricidad puede llevarse a cabo de dos formas diferentes: una a través de la instalación de plantas aisladas o, por medio de la conexión a la red eléctrica principal. Un problema crítico se produce cuando se debe decidir en qué orden conectar una serie de centros de carga aislados para minimizar los costos globales. La manera en que generalmente se hace este análisis es considerando los costos de las diferentes opciones. Si se toma sólo un centro de carga en consideración, se

calculan los costos suponiendo abastecimiento local hasta el año n , variando el año n , desde el comienzo hasta el final del periodo de planificación. El año de interconexión está determinado en correspondencia con el valor de n que arroje el menor costo. El mismo análisis puede repetirse para dos o más centros de carga, variando el año de conexión de cada centro independientemente de manera que se cubran todas las posibles combinaciones. Esto involucra la cantidad m^m de posibilidades, donde m es el número

centros de carga. Cada una de estas posibilidades es examinada para determinar aquella que dé el menor costo, obteniendo así el momento de conexión de cada centro a la red eléctrica.

Un problema importante en la planificación es la predicción del crecimiento de cada uno de los centros. Las incertidumbres en el tamaño de la demanda pueden provocar un decrecimiento en el desarrollo del centro si el momento de la conexión no es el correcto.

Consideremos, por ejemplo, una planta nuclear. Una planta de 1.000 MW es suficiente para proveer de electricidad a un centro urbano de aproximadamente un millón y medio de habitantes, con esquemas de consumo típicos de un país industrial. Debido a problemas de estabilidad y reserva esto es posible de una manera económica, sólo si la ciudad está integrada a un sistema eléctrico 5 ó 6 veces más grande. También se debe tener en cuenta el tiempo técnico de planificación, una planta nuclear requiere periodos de 8 a 10 años para su construcción, incluyendo autorización, proyecto e instalación.

Consideramos un sistema energético con una capacidad instalada de 10 GW. Las incertidumbres en el tamaño de la demanda pueden provocar serios problemas, particularmente cuando están involucrados tiempos técnicos extensos, como es

La provisión de electricidad a un sistema regional requiere anticipar el crecimiento de cada uno de los centros.

el caso de plantas nucleares. En este lapso la demanda de electricidad puede duplicarse o crecer sólo al 50 %. Esta incertidumbre corresponde a cinco plantas nucleares cada una con capacidad de 1.000 MW. En el caso de que se pronostique una demanda excesiva, parte de la capacidad queda sin utilizar durante algunos años hasta que la demanda iguale a la oferta, provocando un considerable incremento en los costos.

Este tipo de problemas no se producen cuando se trata de tecnologías de menor tiempo técnico como es el caso de plantas térmicas y minicentrales hidroeléctricas. Los tiempos de planificación e instalación más cortos (3 a 5 años) los hace de mejor adaptación al crecimiento del sistema.

Se deduce, entonces, que un proceso de planificación basado predominantemente en el uso de plantas nucleares, es sólo posible en sistemas energéticos grandes del orden de 50 a 70 GW o mayores. Sólo sistemas de grandes dimensiones pueden absorber variaciones en la demanda en los tiempos planificación y construcción de una planta nuclear.

Conclusiones

Cualquiera sea el tamaño del sistema energético, el problema de la planificación comprende el

estudio de los siguientes factores:

- el tamaño, estructura y dinámica de la demanda,
- la naturaleza del transporte y los sistemas de distribución,
- el grado de integración de los varios elementos del sistema,
- el tamaño unitario de las tecnologías relevantes, su costo y sus tiempos de planificación e instalación,
- el tamaño y grado de influencia de la estructura de control.

Todos estos factores afectan los aspectos cuantitativos y los métodos prácticos de la planificación, pero no modifican sustancialmente los términos del problema, los cuales son esencialmente similares para la familia rural africana y para el gran sistema integrado.

El primer paso del proceso de planificación es predecir la demanda. El horizonte de planificación es definido por la dinámica del sistema, el tamaño del mismo y la integración entre sus elementos.

En el caso de la familia rural, por su tamaño limitado, su bajo nivel de predictibilidad y la falta de una integración formal con las

La planificación para la sociedad industrial necesita predecir con la mayor exactitud posible la evolución futura de la demanda.

familias circundantes, los tiempos de planificación son relativamente cortos (del orden de días). En el otro extremo, el gran sistema integrado requiere tiempos de planificación del orden de una o más décadas de acuerdo a las condiciones.

Es importante destacar la naturaleza jerárquica del proceso de planificación. En orden decreciente, los sucesivos niveles de toma de decisión están caracterizados por:

- menor campo de planificación y control, definido en términos de cantidad de energía.
- menor tamaño unitario de las tecnologías de provisión de energía bajo su control.
- menores tiempos de planificación, y como consecuencia mayor frecuencia de acción.

Mientras más pequeño es el tamaño del sistema energético, menores niveles de toma de decisión contiene. La familia puede considerarse como elemento de toma de decisión en forma más simple ya que es difícil identificar una jerarquía.

Una vez establecidos los factores que intervienen en la planificación energética, el paso siguiente es implementar los métodos para analizar las perspectivas de desarrollo económico y las políticas energéticas a seguir. Esto se lleva a cabo mediante la utilización de los denominados modelos macroeconómicos y modelos energéticos.

La planificación energética se considera actualmente una cuestión fundamental para lograr el desarrollo económico de una región o de un país. Sin embargo, el objetivo final de la planificación debería tener proyección internacional. Existe actualmente, un gran desequilibrio mundial en lo que respecta a la disponibilidad

de energía. Aunque se producen más de 1.000 GW de energía eléctrica en todo el mundo, las plantas de generación están mal distribuidas; aproximadamente 43 naciones con el 30 % de la población mundial utilizan el 90 % de la energía total, los países restantes con el 70 % de la población mundial disponen solamente del 10 %. Los países en desarrollo con aproximadamente la mitad de la población mundial disponen de no más del

7 % del consumo mundial. Además la diferencia del consumo de energía per capita entre los países industrializados y los países en desarrollo han ido en aumento. Hace 15 años atrás, esta diferencia representaba la relación 25 a 1, y ahora es de 36 a 1. Es evidente entonces que el progreso tecnológico y los esfuerzos de planificación deberían estar dirigidos a disminuir esta diferencia contribuyendo así al progreso de toda la humanidad. □

El tiempo es oro

Usted no puede arriesgarse a que su tiempo, que vale oro, se transforme en "tiempo negro" y que se nublen sus objetivos. Su tiempo debe transformarse en oro negro, algo que Outilral-Co viene haciendo en sus años de experiencia, responsabilidad y éxitos. Outilral-Co le ofrece una amplia gama de servicios avalados por un equipo altamente tecnificado y personal idóneo y con experiencia. Outilral-Co evita que su tiempo, que vale oro, se vuelva negro. Outilral-Co le da un nuevo valor a su tiempo: oro negro.

