

Ernesto Sánchez

M.S. Ingeniería ambiental.
M. S. Administración
tecnológica.
Ph. D(c) Planificación de
recursos energéticos y
ambientales.

El despilfarro de energía y la crisis ambiental que este conlleva, requiere una solución urgente para prevenir apagones y catástrofes ecológicas.

El autor plantea alternativas que permitan hacer rentables en Colombia, a corto plazo, los proyectos de manejo eficiente de energía.

Manejo eficiente

Hacia un uso racional de las energías convencionales y alternativas

de energía

El mayor porcentaje de los problemas ambientales nacionales se relaciona con un deficiente manejo de los recursos energéticos. Las emisiones de monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, y en general contaminantes atmosféricos están relacionadas con la quema incompleta de combustibles fósiles: petróleo, carbón o gas natural.

Para citar sólo un caso, recordemos que las plantas de generación termoeléctrica emiten del orden de cuatro millones de toneladas de CO² al año.

La generación hidroeléctrica, por su parte, está relacionada con el traslado de poblaciones y la alteración de los patrones culturales de sociedades ancestrales, la destrucción de bosques húmedos tropicales, la alteración de la topografía y el aumento de los riesgos de deslizamientos y erosión aguas abajo de la presa, sedimentación y eutroficación de cuerpos de agua.

No obstante, el caso más dramático y destructor es el de la energía nuclear en que un accidente puede afectar de manera crítica la vida en un área significativa.

Para solucionar los problemas ambientales mencionados se requiere un manejo eficiente de la energía.

Éste puede hacerse desde el lado de la demanda, mediante el uso de motores, aparatos eléctricos o sistemas de iluminación que, sin desmedro de la calidad del servicio, consuman una cantidad mínima de energía. O desde el lado de la oferta, es decir de la generación de energía, con base en tecnologías limpias y alternativas, tales como la energía solar con tecnologías fotovoltaicas o térmicas-solares.

El presente artículo resume algunas de las posibilidades de mejorar la eficiencia energética en Colombia.

Transporte y combustibles fósiles

Los combustibles fósiles son los más utilizados en la generación de energía en el mundo. Sin embargo, la leña, el carbón y el petróleo crudo son combustibles que generan altas concentraciones de contaminantes.

El mayor porcentaje de la energía en el mundo se consume en el sector de transporte. El consumo de gasolina en los vehículos automotores ha mejorado de manera significativa, particularmente a partir del embargo de petróleo de 1973. En esa década el consumo promedio de un automotor

era de entre diez y quince kilómetros por galón. Actualmente, el consumo de un vehículo pequeño puede alcanzar entre cincuenta y cinco y sesenta y cinco kilómetros por galón.

En Colombia, anualmente el consumo de energía en el sector de transporte asciende a cerca de 47 mil toneladas de calorías -Tcal- al año, de los cuales 32 mil corresponden al consumo de gasolina motor y seis mil Tcal/año al de diesel.

Las posibilidades de uso eficiente de la energía en el sector del transporte se relacionan, entre otras, con mejoras tecnológicas en los procesos de combustión, en el diseño aerodinámico de los vehículos, mejoras en los combustibles, adecuada zonificación y uso del suelo.

El escenario más optimista en el uso de la energía para el sector de transporte se basa en el uso de vehículos eléctricos y, más que esos, en vehículos no motorizados como las bicicletas —véase Ernesto Sánchez y Alberto Vargas, "Bicicalles para



desahogar a Bogotá", en *Eco-Lógica*, n° 21, julio de 1995, pp. 30/33—.

El uso de combustibles como las gasolinas con aditivos oxigenados como el Mtbe —metil, butil, éter—, el Etbe —etil, butil, éter— o el Tame —teraminas, metil, éter— mejoran notoriamente la combustión.

En el país, la sustitución de combustibles como la gasolina motor o el diesel por gas natural comprimido permitiría mejorar también la eficiencia energética.

Las mejoras en la eficiencia de los motores a gasolina o diesel pueden lograrse también con medidas de planificación de uso del suelo, que permitan optimizar los patrones de transporte en las ciudades. Medidas tan simples como el uso de aeropuertos independientes para avionetas y aviones pequeños del de aviones jet, de carga o de aviación militar, contribuyen a aumentar de manera significativa la eficiencia en el uso de combustibles y mejorar la seguridad.

El sector industrial utiliza cerca de nueve mil gigavatios hora de energía -Gwh- y 60 mil Tcal, y el sector comercial consume del orden de 3700 Gwh y dos mil Tcal.

Energía eléctrica e iluminación

En relación con el uso de la energía eléctrica, las posibilidades de mejora en eficiencia también son promisorias, siempre y cuando las políticas y estrategias se adopten a las realidades nacionales. La carga residencial presenta una serie de picos en las horas de la mañana y al anochecer; el consumo debido a cocción con energía eléctrica puede constituir el mayor porcentaje de la demanda, hasta un 30%.

En algunos casos, el consumo de las refrigeradoras puede alcanzar más del 50%. Esto sucede cuando estos equipos se abren o se cierran con mucha frecuencia o cuando no se limpia debidamente la escarcha de los congeladores.

El consumo debido a iluminación supera en ocasiones el 20%. La demanda industrial se dedica en su mayor porcentaje a fuerza motriz, en porcentaje mayor al 75% y en iluminación en cerca del 12%.

Un programa de manejo eficiente de la energía normalmente incluye la introducción de tarifas en las cuales el costo marginal —la derivada de la función de costos— de la energía eléctrica se iguala a la tarifa. Además, se incluyen diferenciales por la hora en que se usa la energía, tratando de suavizar la curva de carga, mediante la reducción en los picos y el desplazamiento de potencia. En este sentido se evita subsidiar el consumo de energía.

Para disminuir el consumo de electricidad se propende por la instalación de limitadores de carga y la instalación de controles programables.

En la industria, mejoras en la operación y mantenimiento de equipos, la sustitución de los motores eléctricos tradicionales por otros más eficientes y, en nuestro caso, el uso de combustibles como el gas natural, son las medidas que pueden tener mayor impacto.

El uso de sistemas de iluminación en que se sustituyan las bombillas incandescentes por bombillas halógenas o fluorescentes compactas con balastos electrónicos, pueden disminuir a la tercera parte la demanda de electricidad por este concepto.

Para la iluminación pública, el uso de lámparas de sodio de alta y baja presión también permite disminuir la demanda, a veces en porcentajes mayores al 50%.

En el país la energía eléctrica consumida por el alumbrado público asciende a cerca de 450 Gwh/año. El uso de lámparas de sodio puede disminuir esta demanda a 300 Gwh/año. El uso de celdas fotoeléctricas para el encendido y apagado de las luces de alumbrado público, que actualmente se usan entre las 6:00 p.m. y las 6:00 a.m., permitiría reducir la demanda por este concepto en cerca de cuarenta y cinco minutos por día lo que equivale a cerca de 720 megavatios -Mwh-.

En las residencias y el comercio, la sustitución de combustibles como la electricidad por gas natural en las estufas y en los calentadores de agua, o el cambio de tecnología en los refrigeradores, sistemas de aire acondicionado y hornos, permite también disminuir la demanda significativamente.

El mantenimiento oportuno de la maquinaria y en general de los equipos eléctricos contribuye de manera significativa a utilizar de manera eficiente la energía. Para diagnosticar el estado de equipos se utilizan técnicas como la termografía infrarroja que, mediante imágenes de la distribución de la temperatura superficial, permite detectar puntos de desequilibrio de fases calientes en instalaciones eléctricas, las fugas de calor en reactores, calderas, tuberías, válvulas o en revestimientos refractarios.

Actualmente se desarrollan proyectos de manejo eficiente de la energía en varios países latinoamericanos. En el país, la ley del plan nacional de desarrollo 1994/1998 exige la puesta en marcha de un programa en este sentido. Algunos programas exitosos en Latinoamérica se adelantan en San Salvador, Managua y San José de Costa Rica. Los costos de inversión en estos programas corresponden a us\$8.2, 4 y 24 millones con beneficios netos de us\$ 125, 39 y 230 millones respectivamente.



El consumo de energía para iluminación supera el 20% del consumo total.

El sector hidroeléctrico

La fuente por excelencia de producción eléctrica en el país es la generación hidráulica en pequeñas centrales descentralizadas. En el país se cuenta con cerca de doscientas pequeñas centrales hidroeléctricas de menos de veinte Mw, con una capacidad instalada cercana a los 170 Mw —véase cuadro 1—.

El potencial de instalación de estas plantas de generación depende de los incentivos y posibilidades de venta de la energía en un mercado que permita la entrada de pequeños productores a través de las redes de transmisión y distribución nacional, tal como se prevé en la ley 143 de 1994 que establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad.

Baja el costo de la energía solar

El uso de celdas fotovoltaicas para aprovechar la energía solar se ha hecho común en la medida en que ha disminuido el costo de instalación. Mientras en 1974 el costo por vatio generado era cercano a los \$200 mil —pesos constantes de julio de 1995—,

para 1995 éste se había reducido, exponencialmente, a \$2000.

Las celdas solares utilizan diferentes tecnologías dependiendo del material que las conforme. Las celdas más comunes están fabricadas de cristales de sílica. Los paneles fotovoltaicos están contruidos con semiconductores de tipos "p" y "n" que generan, al estar expuestos a la luz solar, mediante el voltaje inducido en electrodos positivos y negativos separados.

Colombia, por su situación geográfica, dispone de un potencial solar promedio anual de entre cinco y seis kWh/m² día, en el valle del río Magdalena y la costa Atlántica; y entre cuatro y cinco kWh/m² día se encuentran los departamentos de Casanare, Arauca, Guainía, Guaviare, Amazonas, Putumayo y Vaupés.

El país cuenta con cerca de de 30 mil unidades de sistemas fotovoltaicos con una capacidad instalada cercana a los dos Mw. Ocho mil de estas unidades fueron instaladas por Telecom dentro del programa de telecomunicación con áreas rurales a través de microondas.

Los sistemas fotovoltaicos individuales, que se ofrecen comercialmente en el país, en general están

conformados por dos módulos, un regulador, una batería y tres lámparas fluorescentes. El costo de este sistema se estima en cerca de un millón de pesos de 1995.

Las actividades de investigación y desarrollo en los países industrializados buscan permitir la producción en serie de celdas de bajo costo, y aumentar la eficiencia de conversión a porcentajes superiores al 23% para sustratos de cristales sencillos de dos centímetros cuadrados.

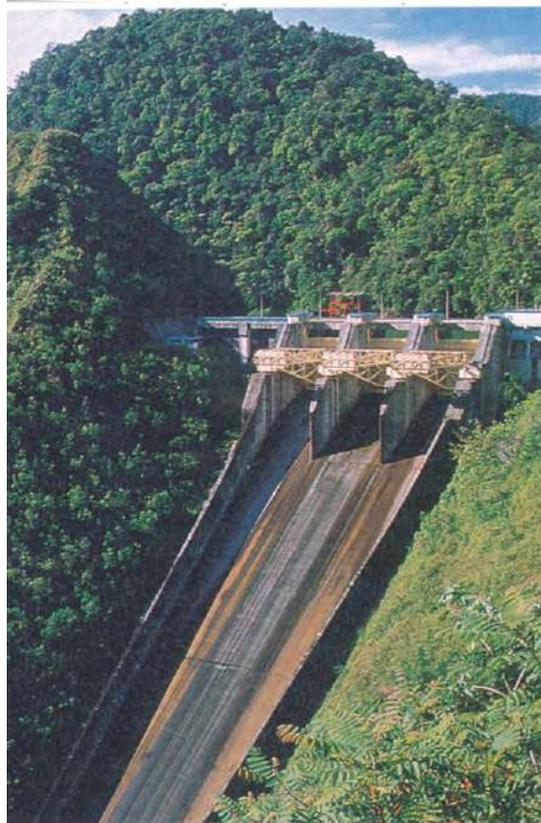
Los tecnologías termosolares desarrolladas en los últimos quince años permiten utilizar colectores de calor al vacío a través de reflectores parabólicos, con aislamiento térmico y técnicas químicas de conversión de energía.

En el país, los calentadores de agua desarrollados por Gaviotas son un ejemplo exitoso del uso de esta tecnología, en la cual hay mejoras

Cuadro 1

Pequeñas centrales hidroeléctricas -PCH-

DEPARTAMENTO	Nº DE PCH	CAPACIDAD INSTALADA -MW-
ANTIOQUIA	36	17 191
BOYACÁ	9	5 005
CALDAS	25	17 000
CAQUETÁ	1	50
CAUCA	12	11 000
CHOCÓ	1	2 000
COSTA ATLÁNTICA	11	1 700
CUNDINAMARCA	15	15 000
HUILA	9	10 000
META Y LLANOS ORIENTALES	11	700
NARIÑO	8	10 000
PUTUMAYO	3	700
QUINDÍO	7	12 000
RISARALDA	3	6 500
SANTANDER	24	30 000
TOLIMA	8	11 000
VALLE	17	17 000



DIEGO M. GARCÉS

Los megaproyectos hidroeléctricos deben sustituirse por pequeñas hidroeléctricas.

notorias en costos. Mientras un calentador solar de agua puede costar cerca de \$1.2 millones a precios internacionales, en el país puede costar un 30% menos.

Se estima que el número de sistemas para calentamiento de agua de uso doméstico alcanza una cifra cercana a las 8500 unidades.

La superficie total instalada de sistemas solares es cercana a los 50 mil m². Sin embargo, la energía solar térmica en aplicaciones industriales o agrícolas, en el secado de productos agrícolas o en la refrigeración, no se utiliza de manera extensiva.

Los desarrollos en el área termosolar se concentran en tecnología de refrigeración y permiten obtener temperaturas de veinte grados centígrados, utilizando reacciones químicas de materiales metálicos híbridos con hidrógeno gaseoso.

Soplan vientos energéticos

La energía eólica también se ha desarrollado rápidamente en los últimos veinte años. La capacidad de producción de turbinas de generación

eólica depende del movimiento del viento. Al norte de San Francisco, California, se ha instalado una planta de generación de energía de 1.5 millones de kW, capacidad superior cinco veces a la capacidad instalada de centrales hidroeléctricas como las de Salvajina o la proyectada en Urrá I.

Los costos del kilovatio instalado de energía eólica en el país pueden oscilar entre US\$1700 y US\$6 mil. El Programa nacional de energías no convencionales señala que a lo largo de la franja costera de La Guajira existe un potencial energético en vientos cercano a los 21 mil Mw.

El área de mayor aplicación de energía eólica es el bombeo de agua en zonas rurales en las cuales es común ver los molinos de viento. En la actualidad hay cerca de nueve mil molinos de viento, sin contar los equipos importados.

El costo de las aerobombas nacionales, sin tener en cuenta transporte e instalación en el sitio, ni la construcción del pozo, puede oscilar entre US\$700 y US\$3 mil.

Geotermia y biogas: otras opciones

Las posibilidades de uso de energía geotérmica en el país son también relativamente promisorias. Existen posibilidades para la generación de energía de aguas termales, magma, rocas secas calientes, y de yacimientos profundos de energía geotérmica.

La tecnología de exploración y simulación de yacimientos de energía geotérmica es muy similar a la de yacimientos petroleros. En el mundo actualmente se desarrollan investigaciones para usar plantas de generación geotérmica de ciclo binario. En el país sólo se han desarrollado estudios preliminares para el uso de energía geotérmica del volcán nevado del Ruiz.

El uso de biomasa como residuos orgánicos, bagazo de caña de azúcar y otros materiales también tiene posibilidades de uso intensivo en el territorio nacional. Colombia cuenta con un número cercano a las doscientas plantas anaeróbicas de generación de metano, localizadas en diversas zonas del país, especialmente en el Valle del Cauca y en la costa Atlántica.

Con volúmenes de plantas de entre tres y sesenta metros cúbicos de biomasa se generan entre 1.5 y treinta metros cúbicos diarios de gas natural, principalmente metano. Por ejemplo, el matadero de la ciudad de Tunja por fermentación anaeróbica de estiércol, produce metano para uso industrial.

En el Valle del Cauca y el Cauca existen cerca de 150 equipos de generación de vapor, a partir de combustibles vegetales, principalmente bagazo de caña, en ingenios azucareros y pulpa de palma africana, en plantas de extracción de aceite.

Por medio de pirólisis, se emplean alrededor de 1700 hornos de producción de carbón vegetal a partir de madera.

Para afrontar los problemas que genera la combustión incompleta del carbón en plantas de generación termoeléctrica, se han desarrollado tecnologías de licuefacción y gasificación de este material, que permiten el uso de carbones de diferentes clases y disminuyen los problemas de manejo y disposición de cenizas.

Es urgente la asignación de recursos humanos especializados, así como de esfuerzos gubernamentales e incentivos económicos que permitan en el corto plazo hacer rentables los proyectos de manejo eficiente de energía. De otra manera, el país seguirá en la senda del consumo irracional de energía y de contaminación ambiental acelerada y destrucción de ecosistemas únicos con proyectos de generación centralizados, ineficientes y costosos. ■