

¿Es la energía solar más peligrosa que la nuclear?*

por Herbert Inhaber

Imagínese Vd. una central nuclear de mole imponente, rigurosamente custodiada y rodeada de alambradas. Compárela con un inofensivo panel solar puesto en un tejado, recogiendo la luz del sol alegre y silenciosamente. ¿Se le ocurrirá preguntar cuál de los dos sistemas energéticos es más peligroso para la salud y la seguridad humanas? Si la contestación fuese un "no" tajante, la cuestión podría terminar aquí y los jefes de redacción se quedarían con un antiestético espacio en blanco en su revista. Pero las investigaciones han demostrado que la respuesta debería ser un "tal vez" menos espectacular, pero quizá más exacto.

¿Cómo es posible? Considere otro ejemplo. En una calle tenemos dos vehículos. Uno es un camión pesado, el otro un diminuto Mini. ¿Cuál de los dos rinde más? No, no cuál es el más grande, sino el más rentable. Es fácil juzgar su tamaño relativo, pero para determinar el rendimiento hay que conocer la gasolina consumida, la distancia recorrida y el peso transportado.

¿Moraleja? No se puede juzgar el riesgo relativo de un sistema energético únicamente por sus dimensiones o su apariencia temible. Hay que hallar el riesgo por unidad de energía — es decir, el riesgo total para la salud humana dividido por la energía neta producida. Es la única manera justa de comparar sistemas energéticos.

Además, debemos considerar el ciclo total de la energía, no un componente aislado. Si se calcula el riesgo de solo una parte de un sistema y se compara con la parte correspondiente de otro, se puede, eligiendo bien el componente, demostrar que cualquier sistema energético es más peligroso (o más seguro) que otro. Es evidente que así no se prueba nada.

Se preguntará Vd. por qué la Junta de Control de la Energía Atómica (JCEA), el principal organismo reglamentador de la energía nucleoelectrónica del Canadá, se ocupa de esta cuestión. Hacemos todo lo posible por minimizar los riesgos nucleares, pero no es nuestra tarea reglamentar otras formas de energía. La respuesta es sencilla: la JCEA estudia los riesgos de la energía nucleoelectrónica, pero los resultados serán más significativos si se consideran en su contexto. Es decir, descubrir que la energía nucleoelectrónica ocasiona la pérdida de cierto número de días-hombre por megavatio-año tiene solo escaso significado para el profano. Saber que este valor es el doble (o la mitad) del de otros sistemas energéticos es mucho más elocuente.

Podemos calcular con bastante facilidad la energía neta producida. Pero ¿cuál es el riesgo total? La nueva disciplina de la contabilidad de riesgos trata de este problema.

Hoy día la mayoría de las personas que se ocupan de asuntos energéticos han oído hablar de la contabilidad de la energía. Objeto de esta nueva rama del arte contable es sumar

El Dr. Inhaber es asesor científico de la Junta de Control de la Energía Atómica, Ottawa (Canadá).

* Artículo publicado originalmente en New Scientist (Londres), revista semanal de ciencia y tecnología.

toda la energía necesaria por cada componente de un sistema, a fin de determinar sus necesidades globales de energía. Por ejemplo, en el caso de una central eléctrica alimentada con carbón se necesitan X kilovatios-hora para extraer cada tonelada de carbón, Y para instalar cada kilómetro de vía férrea para su transporte, Z para construir cada turbina, y así sucesivamente. Sumando todos los aportes energéticos, podemos comparar el resultado con la cantidad producida.

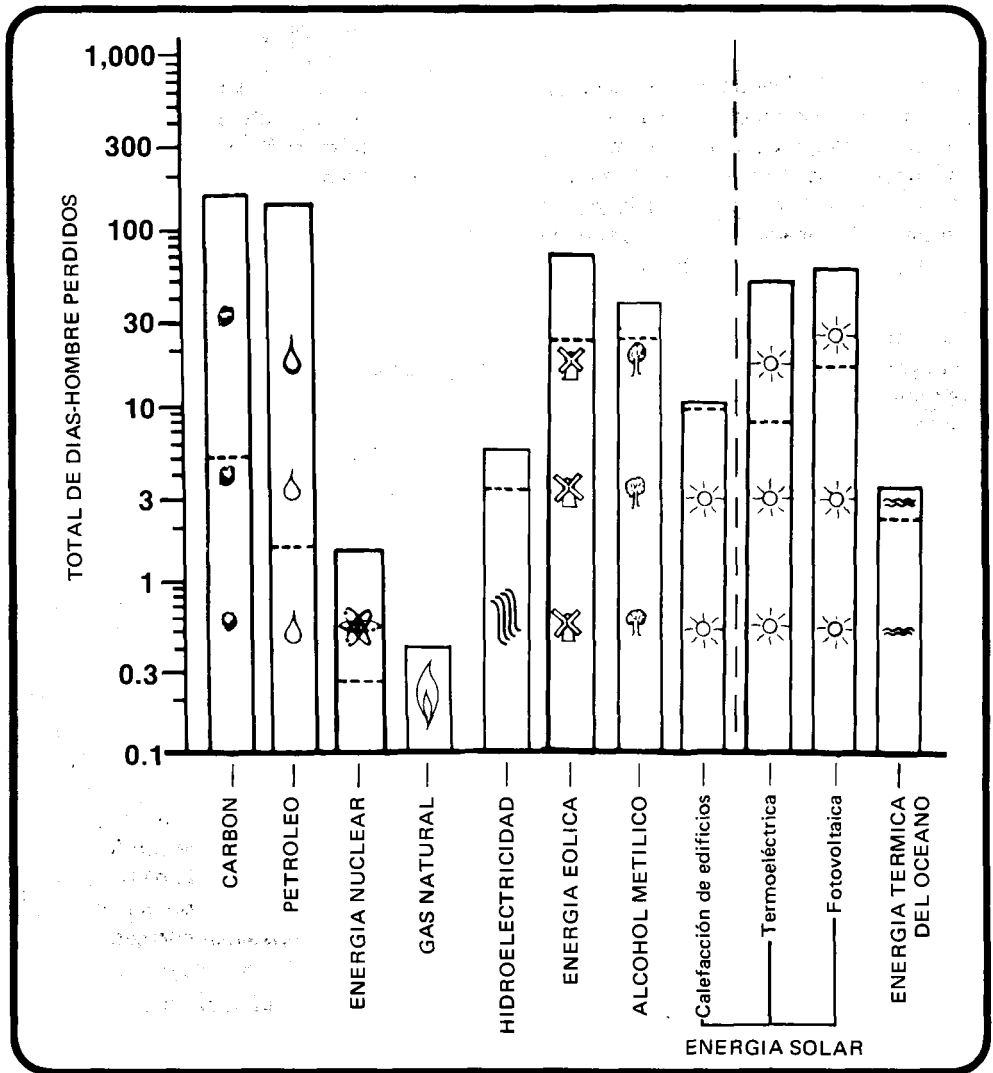


Figura 1. Riesgo total por unidad de energía producida (en megavatio-año) para 11 sistemas energéticos. A cada sistema corresponde una gama de valores. Los máximos se sitúan en la cima de los rectángulos, los mínimos en las líneas horizontales de trazos. La gama correspondiente al gas natural es muy reducida. Los rectángulos que figuran a la derecha de la línea vertical de trazos indican los sistemas cuya utilización no es probable en el Canadá en un futuro próximo. La escala es logarítmica.

La contabilidad de riesgos se basa en los mismos principios. Todas las fuentes de riesgo se evalúan en función de las muertes, lesiones e enfermedades que causan. Esto significa que valoramos no solo la etapa final de producción de energía, sino las etapas iniciales e intermedias. Por ejemplo, en los dos casos mencionados en el primer párrafo, evaluaríamos los riesgos de extracción de la arena, cobre, hierro, carbón, uranio y otras materias primas necesarias, así como el riesgo de transformarlas en vidrio, tuberías de cobre, barras combustibles, acero y todos los demás componentes necesarios. Además, se añadirían los riesgos derivados del transporte de material y la fabricación de componentes, así como los riesgos más notorios de construcción y explotación de la central nuclear o del panel solar.

De diversas maneras la contabilidad de riesgos se viene aplicando desde hace mucho tiempo. Por ejemplo, en un artículo sensacional publicado en 1976 en *Annual Review of Energy*, C.L. Comar y L.A. Sagan compararon las centrales nucleares con las de carbón, petróleo y gas natural, atendiendo a los riesgos por unidad de energía. Hallaron que, una vez sumadas todas las fuentes principales de riesgo de cada tecnología, las centrales nucleares eran considerablemente menos peligrosas que las de carbón o petróleo. Esto ha sido corroborado, antes y después, por otros estudios.

Sin embargo, los que sienten temor por la energía nucleoelectrónica, o incluso quienes la denuncian, raramente abogan por una vuelta al carbón y a las ciudades llenas de humo con que nos enfrentábamos hace varios decenios. Más bien suelen proponer tecnologías "sustitutivas", "blandas" o "no tradicionales" por ejemplo, las de la energía solar, la energía eólica, la geotérmica, el calor de los océanos, el alcohol metílico, etc. La cuestión entonces es la siguiente: ¿cuáles son los riesgos de cada una de estas tecnologías frente a los sistemas tradicionales basados en el carbón, el petróleo o el combustible nuclear?

Los resultados de nuestra contabilidad de riesgos son, por lo menos, sorprendentes. Indican que, si se tienen en cuenta todas las fuentes de riesgos, la mayoría de las tecnologías no tradicionales salen bastante mal paradas al compararse con las tradicionales. La Figura 1 muestra nuestros resultados. El eje vertical indica el total de días-hombre perdidos por trabajadores miembros de la población a causa de muerte, lesión o enfermedad por unidad de energía neta producida y por cada sistema. Para combinar los fallecimientos con las capacidades menos graves se ha atribuido un número arbitrario de días-hombre perdidos (6000) a cada caso de muerte.

La electricidad producida con gas natural presenta los riesgos más bajos de las once tecnologías consideradas (cinco tradicionales y seis no tradicionales). Sus riesgos son la mitad aproximadamente que los de la tecnología inmediatamente siguiente, a saber, la energía nuclear. Ocupa el tercer lugar un sistema no tradicional, la energía térmica de los océanos, capaz de transformar en electricidad las diferencias de temperatura de las diversas capas acuáticas. La mayoría de los otros sistemas no tradicionales entrañan más riesgos. Ahora bien, los más peligrosos de todos son el carbón y el petróleo, con riesgos unas 400 veces mayores que los del gas natural.

Cuanto más materiales, más riesgos

¿Cuáles son las razones de esta clasificación sorprendente? Los detalles figuran en un informe reciente*. La principal razón de los riesgos relativamente elevados que entrañan los sistemas no tradicionales es la gran cantidad de materiales y de trabajo que requieren por unidad de energía producida. Pero ¿por qué la energía solar necesita más materiales que

* *Risk of Energy Production*, 1978, N^o AECB-1119, Atomic Energy Control Board, P.O. Box 1046, Ottawa (Canadá) K1P 5S9.

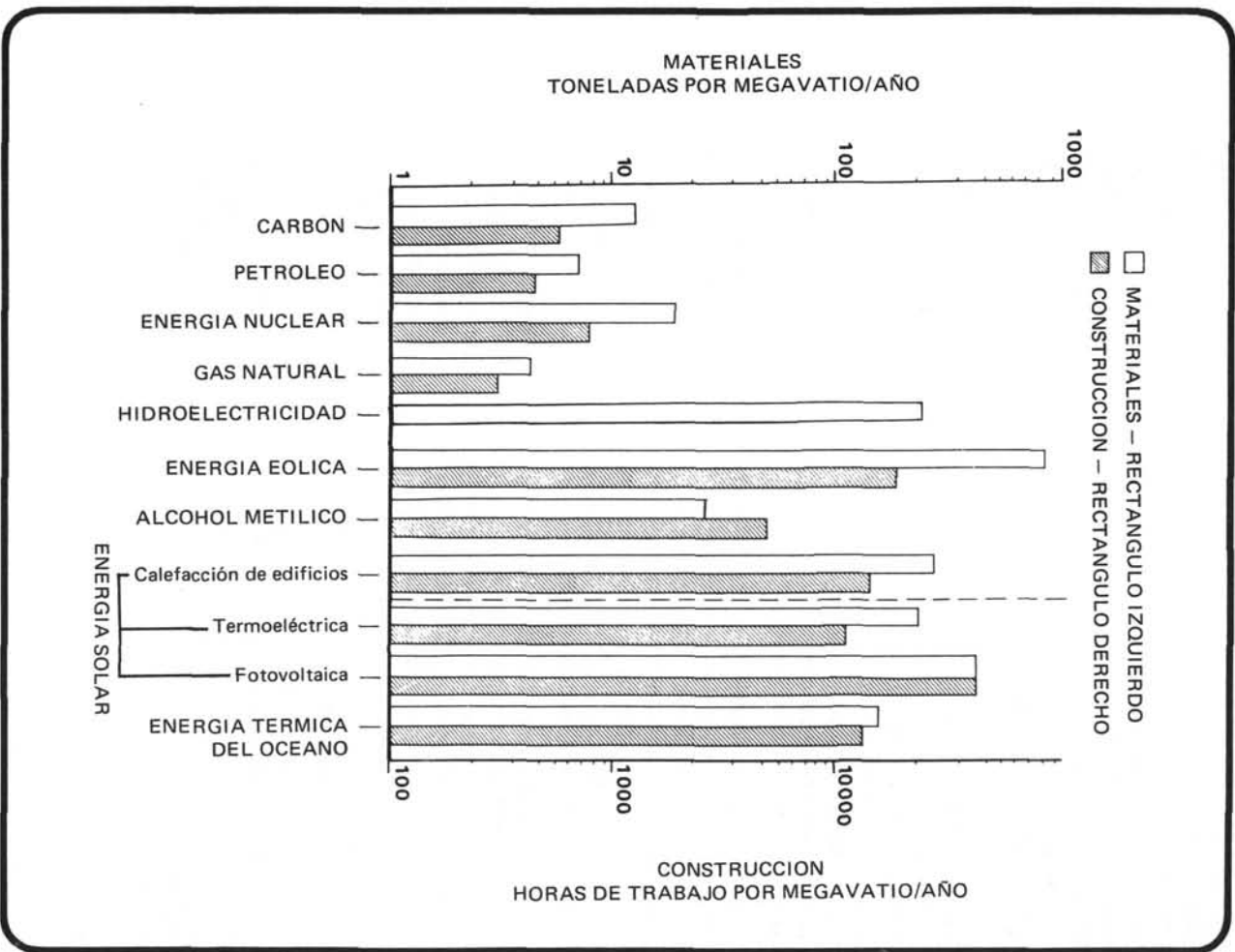


Figura 2. Los sistemas no tradicionales exigen más materiales y tiempo de construcción que los sistemas tradicionales (los cinco primeros a la izquierda). El gas natural es el que menos materiales y tiempo necesita. La energía eólica es la que requiere más materiales y la solar fotovoltaica la que necesita el mayor tiempo de construcción. La razón entre los valores máximos y los mínimos de cada categoría está comprendida entre 100 y 200. Los sistemas energéticos a la derecha de las líneas de puntos no se utilizarán probablemente en el Canadá en un futuro previsible debido al clima del país.

el carbón o el petróleo? Ello se debe a la naturaleza difusa de la fuente energética: la energía solar y la eólica son débiles y requieren extensos sistemas de captación y almacenamiento para ser acumuladas en cantidad apreciable. Los sistemas a base de carbón, petróleo y combustible nuclear trabajan con formas concentradas de energía y requieren menos equipo. Este argumento es simplista y deja de lado muchas consideraciones secundarias, pero en general es cierto. La Figura 2 muestra los resultados de estos cálculos.

Las grandes cantidades de materiales requeridos por los sistemas no tradicionales suponen colosales actividades industriales para la extracción, refinado, fabricación y construcción de los colectores, instalaciones de almacenamiento y aparatos conexos. Toda forma de actividad industrial lleva aparejado un riesgo, que puede determinarse recurriendo a las estadísticas de accidentes compiladas por los organismos nacionales. Una vez efectuadas todas las multiplicaciones y adiciones, hallamos que los riesgos inherentes a los sistemas energéticos no tradicionales pueden ser considerables.

Esto suscita una cuestión interesante. Aunque estos sistemas se llaman no tradicionales, sus riesgos proceden principalmente de fuentes bien tradicionales. En otras palabras, los riesgos derivados de los molinos de viento no provienen en primer lugar de que se desprenda un aspa y le dé a Vd. en la cabeza, ni los de la calefacción solar de que se caiga Vd. del tejado cuando esté dando el último toque. En realidad provienen de tareas más prosaicas tales como la extracción del carbón, el hierro y otras materias primas y su transformación en acero, cobre y vidrio.

Los riesgos globales, como muestra la Figura 1, pueden dividirse en dos categorías: profesionales y públicas. Riesgos profesionales son los que afectan a quienes participan en la creación y explotación de un sistema energético; riesgos públicos son los que afectan a todas las demás personas. Dadas las diferentes proporciones de materiales y trabajo en cada sistema energético, la clasificación dentro de cada categoría de riesgos no es necesariamente la misma que en el caso del riesgo global. El Cuadro 1 presenta los resultados para cada categoría.

Desde el punto de vista de los riesgos profesionales, el gas natural utilizado para producir electricidad es el menos peligroso, seguido de cerca por la energía nuclear. Los riesgos profesionales son, por ejemplo, los resultantes de los trabajos de perforación, construcción de tuberías, instalación de redes de distribución, etc. Los riesgos derivados del carbón son mucho mayores. Si bien los riesgos que corren los mineros de carbón y de uranio por hora pasada en la mina no son muy diferentes, el minero de uranio produce mucha más energía por unidad de tiempo trabajada. Así pues, su riesgo profesional por unidad de energía es mucho más bajo.

Los riesgos profesionales notablemente elevados del alcohol metílico se deben ante todo a un solo factor — la corta de árboles. En el Canadá (y en todas las partes del mundo) es éste un trabajo con un índice de siniestralidad muy alto. Los planes relativos a las fábricas de dicho alcohol prevén grandes cortas, por lo que los riesgos serían proporcionalmente elevados.

En cambio, desde el punto de vista de los riesgos públicos, el alcohol metílico es, después del gas natural, el segundo por su escasa peligrosidad en la producción de electricidad. Que se sepa, la combustión de este alcohol no produce apenas contaminación del aire, por lo que el riesgo para el público es prácticamente cero. Por otro lado, los grandes riesgos públicos derivados de la combustión del carbón y del petróleo provienen en su mayor parte de la contaminación atmosférica.

¿Por qué las tecnologías no tradicionales, como las del viento o el calor solar (idea de las "torres energéticas") entrañan un riesgo público considerable? La contestación es sencilla.

Cuadro 1. Riesgos en días-hombre perdidos por unidad de energía producida

	Profesionales	Públicos
Carbón	73	2010
Petróleo	18	1920
Energía nuclear	8,7	1,4
Gas natural	5,9	—
Energía térmica del océano	30	1,4
Energía eólica	282	539
Energía solar:		
Calefacción de edificios	103	9,5
Termoeléctrica	101	510
Fotovoltaica	188	511
Alcohol metílico	1270	0,4

Para producir los metales requeridos por muchas tecnologías no tradicionales es preciso quemar carbón, lo que provoca la contaminación del aire, que a su vez tiene efectos sobre la salud pública. Además, los riesgos públicos también provienen del sistema de reserva necesario para cuando no haga sol ni sople el viento.

Puede muy bien alegarse que en el primero de los dos casos precedentes se lleva el análisis demasiado lejos, que el carbón, el mineral de hierro y otras materias primas están demasiado lejos de la producción final de energía para tenerlos en cuenta en la contabilidad de riesgos. Sin embargo, el papel de los materiales básicos en el análisis es importante. Si se necesita energía, hay que construir centrales nucleares o paneles solares. Para producir las centrales o los paneles necesitamos extraer, refinar, transformar e instalar las materias primas e intermedias, los componentes y los productos acabados. No podemos evitar los riesgos ignorándolos solo por que amenacen a otros.

El sistema energético que ha suscitado las controversias más acaloradas acerca de sus riesgos es sin duda alguna el de la energía nucleoelectrónica. En un estudio de este tipo, no podemos pasar revista a todas las alegaciones y contraalegaciones hechas sobre los riesgos nucleares, sobre todo si se trata de informes como el estudio de más de 4000 páginas publicado por Rasmussen sobre la seguridad de los reactores nucleares (WASH-1400). En lugar de ello, se han analizado las principales comunicaciones científicas en que se han hecho estimaciones sobre diferentes aspectos de los riesgos nucleares, en particular una monografía de un destacado crítico nuclear, John Holdren, de la Universidad de California, Berkeley. Para cada componente del riesgo, se ha utilizado el valor más elevado publicado en esos documentos científicos. Se ha optado por este procedimiento, no seguido para ningún otro sistema energético, para disipar la sospecha de tendencia pronuclear que a menudo oscurecen los debates sobre la energía.

Contabilidad de riesgos

No hay aquí espacio para una discusión detallada de la metodología — el informe íntegro de la JCEA contiene más pormenores sobre el particular. Sin embargo, como la obtención y la transformación de los materiales originan grandes riesgos en algunos sistemas energéticos, quizás sea útil una breve exposición. Supóngase que la extracción de X toneladas de carbón o de cualquier otro material para producir una unidad de energía neta requiere Y años-hombre. Si Z es el número de días-hombre perdidos por año de trabajo, YZ/X será el número de días-hombre perdidos por unidad de energía producida. De manera análoga se calculan el número de horas-hombre por unidad de energía producida y los riesgos inherentes a las diferentes categorías profesionales necesarias como la de ingeniería, construcción, explotación, mantenimiento, etc. Hallamos de la misma manera los riesgos correspondientes a cada parte del sistema y los sumamos para obtener el total. Para estos cálculos no se necesitan matemáticas superiores ni modelos complicados; basta con saber multiplicar y sumar.

Este tipo de cálculo presupone conocer ciertos datos: el tiempo requerido por unidad de producción, los índices de siniestralidad industrial, morbilidad y mortalidad, el tiempo requerido para la construcción, y las necesidades de materias primas para los procesos industriales. Si bien no se conoce con exactitud absoluta ninguno de estos datos, sí se conocen lo suficiente para un estudio general como el presente. Como se ha aplicado la misma metodología a todos los sistemas, en la medida de lo factible, se ha reducido a un nivel muy bajo toda eventual parcialidad involuntaria. Se han seguido diferentes metodologías para los riesgos derivados de fuentes como el transporte, la contaminación del aire y la evacuación de desechos. Se ha procurado al máximo dar un tratamiento lo más uniforme posible a todos los sistemas energéticos considerados.

Contrariamente a lo que muchas personas intuyen, los riesgos para la salud humana (y sus consecuencias) por unidad de energía obtenida de fuentes no tradicionales, como el sol y el viento, son claramente superiores a los de las fuentes tradicionales, como la electricidad generada por el gas natural o la energía nuclear. Hay por lo menos dos razones para este fallo de la intuición: primero, tendemos a ignorar todas las fases del ciclo energético excepto la última y más visible; segundo, olvidamos que los riesgos han de compararse atendiendo a la unidad de energía producida.

Las precedentes conclusiones pueden tener repercusiones fuera del campo de la energía. Muchas personas propugnan la adopción de sistemas energéticos descentralizados, como parte de un proceso político y económico. Solo por los riesgos que entraña la producción de los materiales necesarios, esta opción puede ser imposible. Ni yo ni la Junta de Control de la Energía Atómica proponemos la adopción o la repulsa de un sistema energético determinado. Ahora bien, todos debemos conocer los riesgos propios de cada caso, a fin de formular juicios fundados sobre la aceptabilidad técnica de un sistema determinado.