

Energía y Seguridad

Instituto para la Investigación de la Energía y el Medio Ambiente

Libre de Carbón y Libre de Energía Nuclear Un Mapa para la Política Energética de los E.U.

Por Arjun Makhijani, Ph.D.¹

Una crisis triple y global de energía ha emergido desde los años 70s; y se encuentra aguda en sus tres frentes:

1. **Disrupción climática: Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂)** debido a la combustión de combustibles fósiles son la principal causa antropogénica de trastornos climáticos severos, cuya continuación presagia daños enormes e irreparables a la economía y sociedad global y a los ecosistemas actuales.
2. **Inseguridad en el suministro de petróleo:** El rápido incremento en el consumo global de petróleo y los conflictos en las regiones exportadoras y sus alrededores hacen volátiles a los precios e inseguro al suministro.
3. **Proliferación Nuclear:** La no-proliferación de armas nucleares está siendo socavada en parte por la difusión de la tecnología de energía nuclear comercial, que está siendo propuesta como una de las principales soluciones para reducir las emisiones de CO₂.

Después de una década de división global, la necesidad de una drástica acción para reducir las emisiones de CO₂ es ampliamente reconocida, incluyendo a los Estados Unidos, tal como lo indica la opinión de la Suprema Corte de los E.U. de que el CO₂ es un contaminante, y por la plétora de propuestas de ley en el Congreso de los EE.UU. Muchas de las soluciones ofrecidas podrían apuntar a los Estados Unidos en la dirección correcta, al reconocer y en leyes y reglamentos la necesidad de reducir las emisiones de CO₂. Pero se necesitará hacer mucho más. Más aún, la mayoría de las soluciones ofrecidas muy probablemente serán inadecuadas para la

¹ Este número de *Ciencia para la Acción Democrática (SDA: Science for Democratic Action)*, vol. 15, no. 1, traducido aquí como Energía y Seguridad N° 39, es un resumen de un reporte con el mismo título que será publicado en el Internet en Agosto del 2007 y como libro en Octubre del 2007 por IEER Press y RDR Books. Las citas pueden encontrarse en el reporte en www.ieer.org/carbonfree. El estudio es un proyecto conjunto del Instituto de Investigación de Política Nuclear y del Instituto para la Investigación de la Energía y el Medio Ambiente. (IEER y NPRI por sus siglas en inglés. N de T) IEER y NPRI quieren agradecer su apoyo a este proyecto a la fundación Park, la Fundación de la Familia Lear, la Fundación Linthilhac y a muchos donantes individuales que prefieren permanecer anónimos. Traducido al español por Francisco Argüelles.

tarea y algunas, tales como la expansión de la energía nuclear o el uso generalizado de cosechas alimenticias para producir combustible, probablemente contribuirán a los males sociales, políticos y de seguridad del mundo. Algunas, como la producción de biocombustibles a base del aceite de palma de Indonesia, podrían incluso agravar las emisiones de CO₂.

Nuestro reporte, del cual este es un resumen, examina la viabilidad de lograr una economía de los EE.UU. con cero emisiones de CO₂ y sin energía nuclear. Esto se interpreta como la eliminación de todas las emisiones de CO₂ salvo un pequeño porcentaje o la eliminación total con la posibilidad de remover de la atmósfera algo del CO₂ que ya ha sido emitido. Nos encaminamos a responder tres preguntas:

- ¿Es posible eliminar físicamente las emisiones de CO₂ del sector energético de los EE.UU. sin recurrir a la energía nuclear, que tiene vulnerabilidades de seguridad y de otro tipo?
- ¿Es posible una economía de cero- CO₂ sin comprar los excedentes de otros países – esto es, sin comprar de otros países el derecho a seguir emitiendo CO₂ en los Estados Unidos?
- ¿Es posible lograr lo arriba mencionado a un costo razonable?

Hallazgo Central

El hallazgo más importante del estudio en el que éste número de SDA está basado es que una Economía de los EE.UU. con cero- CO₂ puede lograrse dentro de los próximos treinta a cincuenta años sin el uso de energía nuclear y sin la adquisición de créditos de carbono de otros países. En otras palabras, las emisiones actuales físicas de CO₂ del sector energético pueden ser eliminadas con tecnologías que están disponibles ahora o en el porvenir. Esto puede hacerse a un costo razonable al mismo tiempo que se crea un suministro de energía mucho más seguro que el del presente. Las importaciones netas de petróleo por los EE.UU. pueden ser eliminadas aproximadamente en 25 años. Las tres inseguridades – trastorno climático severo, inseguridad del suministro y precio de petróleo y proliferación nuclear por medio del uso de la energía nuclear comercial – serían atendidas. Además, habría enormes beneficios adicionales de salud por la eliminación, local y regional de la mayoría de la contaminación del aire, como niveles altos de ozono y partículas en las ciudades, lo cual se debe a la combustión de combustibles fósiles.

El logro de una economía de cero- CO₂ sin energía nuclear va a requerir una visión y coordinación sin precedente en las políticas de lo local a lo nacional, a través de todos los sectores del sistema de energético. Mucho del fermento al nivel local y estatal, así como algunas de las propuestas en el Congreso, ya están orientadas en la dirección correcta. Pero se necesita una meta clara y de

largo plazo para proporcionar coherencia general en la política y establecer un criterio a partir de la cual se pueda medir el progreso.

Una economía de los EE.UU. de cero- CO₂ sin energía nuclear no solo es alcanzable – es necesaria para la protección ambiental y para la seguridad. Tan solo el proceso de que los Estados Unidos fije una meta de una economía de cero- CO₂ libre de energía nuclear y tome pasos iniciales firmes hacia esta, transformará las políticas globales de energía en el futuro inmediato y establece a los Estados Unidos como un país que lidera con el ejemplo en lugar de ser uno que *predica la templanza desde la barra de un bar*.

Los cuadros 3 y 4, que se encuentran al final del artículo, proporcionan un esbozo del mapa hacia una economía de cero- CO₂ con estimaciones de fechas en las que las tecnologías pueden ser instaladas así como recomendaciones de investigación, desarrollo y prueba

Una economía de los EE.UU. de cero- CO₂ sin energía nuclear no solo es alcanzable – es necesaria para la protección ambiental y para la seguridad.

Ilustración 1. Instalación de Celdas Fotovoltaicas Solares de 750kW en un estacionamiento de la Marina de los EE.UU. cerca de San Diego



Cortesía de la PowerLight Corporation

Recomendaciones: La Docena Limpia

Las 12 políticas críticas que tienen que ser aplicadas tan urgentemente como sea posible para lograr una economía de cero- CO₂ sin energía nuclear son las siguientes:

- 1) Aplicar un límite físico de emisiones de CO₂ para todos los grandes consumidores de combustibles fósiles (un “tope duro”) que decline constantemente a cero antes del 2060, con un calendario que será evaluado periódicamente para ajustarlo de acuerdo a los cambios climáticos, tecnológicos y económicos. El límite deberá ser establecido al nivel de algún año anterior a 2007, de manera que los primeros que aplicaron reducciones de CO₂ se beneficien por el establecimiento del límite. Los pagos por emisiones serían vendidos por el gobierno de los EE.UU. y solamente para uso en los Estados Unidos. No habría pagos gratuitos, ni compensaciones, ni compra o venta internacional de cuotas de CO₂. Las ganancias estimadas – aproximadamente \$30 a \$50 miles de millones por año – serían usadas para plantas demostrativas, investigación, y desarrollo y para la transición de comunidades y trabajadores.
- 2) Eliminar todos los subsidios y perdones de impuestos para combustibles fósiles y energía nuclear (incluyendo las garantías para el desecho de desperdicios nucleares de las nuevas plantas de energía, préstamos de garantía y seguros subsidiados.
- 3) Eliminar los subsidios para biocombustibles derivados de cultivos alimenticios.
- 4) Construir plantas demostrativas para tecnologías proveedoras claves, incluyendo estaciones centrales solares termales con almacenamiento de calor, celdas fotovoltaicas medianas y grandes y captura de CO₂ microalgas para la elaboración de combustibles líquidos.
- 5) Apoyarse en el poder de compra federal, estatal y local para crear mercados para tecnologías avanzadas críticas, incluyendo los híbridos recargables.
- 6) Prohibir plantas nuevas de carbón que no tengan almacenamiento de carbón.
- 7) Aplicar a nivel federal los estándares de alta eficiencia para aparatos electrodomésticos.
- 8) Aplicar estándares estrictos de eficiencia en la construcción a nivel local y estatal, con incentivos federales para adoptarlos.
- 9) Aplicar estándares estrictos de eficiencia para vehículos y hacer que los híbridos recargables sean el vehículo standard del gobierno de los EE.UU. para el año 2015.
- 10) Implementar procedimientos contractuales que recompensen a quienes adopten reducciones de CO₂ tempranamente
- 11) Adoptar programas vigorosos de investigación, desarrollo y construcción de plantas piloto para tecnologías que podrían acelerar la eliminación de CO₂ tales como la producción solar directa de hidrógeno (fotosintética, foto electroquímica y otros enfoques), poder geotérmico de rocas calientes y gasificación integrada, plantas de ciclo combinado utilizando biomasa con la capacidad de secuestrar el CO₂
- 12) Establecer un comité permanente para Energía y Clima bajo el comité asesor científico de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.

Hallazgos Principales

Hallazgo 1: *Es necesaria una meta de una economía de cero emisiones de CO₂ para minimizar los daños relacionados con el cambio climático.*

De acuerdo con el panel intergubernamental sobre Cambio Climático, las emisiones globales de CO₂ necesitarían ser reducidas de un 50 a 85 por ciento en relación al año 2000 para limitar un aumento promedio de la temperatura de 2 a 2.4 grados Celsius en relación a la época pre-industrial. Una reducción del 80% del total de emisiones de CO₂ de los EE.UU. para el año 2050 sería totalmente inadecuada para alcanzar esta meta. Todavía deja las emisiones de EE.UU. cerca de las 2.8 toneladas métricas por persona.

A este ritmo una norma global de emisiones dejaría las emisiones mundiales de CO₂ casi tan altas como en el año 2000.² En contraste, si la norma global de emisiones aproximadamente iguales por persona para el 2050 es creada junto con una reducción global de emisiones del 50 por ciento, requeriría una reducción de emisiones de los EE.UU. de aproximadamente el 88 por ciento. Una asignación de emisiones por el estándar de contribuciones históricas acumulativas sería todavía más severa.

Una meta de los EE.UU. de cero CO₂ definida como estando en cualquiera de los lados de cero en relación al 2000, es tanto necesaria como prudente para la protección del clima global. Es también alcanzable a un costo razonable.

Hallazgo 2: *Un límite duro de emisiones de CO₂ – esto es, un límite fijo de emisiones que declina año con año hasta que llega a cero – ofrecería a los grandes consumidores de combustibles fósiles una forma flexible para eliminar las emisiones de CO₂. Sin embargo, gastos asignados gratuitos, alternativas que permiten emisiones mediante la reducción de terceros³, o intercambio internacional de asignaciones, especialmente con países en desarrollo que no tienen tope de CO₂ debilitaría y derrotaría el propósito del sistema. Se debe establecer un límite físico basado en mediciones con la capacidad de vigilancia y aplicación adecuadas.*

Un límite duro de emisiones de CO₂ para grandes consumidores de combustibles fósiles, definidos como un uso anual de 100 billones de unidades térmicas Británicas (Btu) o más – igual al uso intencional de energía de 1,000 hogares. A este nivel, los consumidores tienen los recursos financieros para ser capaces de rastrear los mercados, comprar y vender, y evaluar cuando es más benéfico invertir en tecnologías para la reducción de CO₂ en relación a la compra de créditos. Esto cubriría aproximadamente dos terceras partes del uso de combustibles fósiles. Los vehículos particulares, el uso de gas natural y petróleo para calefacción a nivel residencial y de pequeños comercios y otros usos similares de pequeña escala no estarían cubiertos por el límite. La transición en estas áreas se alcanzaría mediante estándares de eficiencia, estándares de emisiones de escapes y otro estándares establecidos y aplicados por los gobiernos locales, estatales y federales. Los impuestos no están contemplados en este estudio, excepto posiblemente en

² Basado en una población global de 9.1 miles de millones y una población de los EE.UU. de 420 millones para el 2050.

³ Las compensaciones permiten a los compradores seguir emitiendo CO₂ mientras que pagan por las reducciones de CO₂ por parte de quién las compensaciones están siendo compradas. Esto puede resultar, o no, en una reducción real de CO₂. Y aún cuando así sea, las emisiones podrían ser inmediatas mientras que las reducciones podrían ser a largo plazo. La verificación es cara y difícil.

vehículos nuevos que caen muy por debajo de los estándares promedio de eficiencia o de emisiones. El límite duro declinaría anualmente y se fijaría para llegar a cero antes del 2060. La aceleración del calendario podría ser posible, basándose en los impactos en el clima y en la tecnología.

Las ganancias anuales que se generarían para el gobierno por la venta de cuotas serían del orden de los \$30 a \$50 miles de millones de dólares por año a lo largo de la mayor parte del período, ya que el precio de las cuotas de emisiones de CO₂ tendería a incrementarse al disminuir la oferta. Estas ganancias se utilizarían para facilitar la transición a todos los niveles – local, estatal y federal – así como para investigación, desarrollo y proyectos demostrativos.

Hallazgo 3: *Un sector eléctrico confiable en los EE.UU., con cero emisiones de CO₂ puede ser logrado sin el uso de energía nuclear o de combustibles fósiles.*

La base renovable de recursos energéticos de los EE.UU. es vasta y prácticamente no se ha tocado. Los recursos disponibles de energía eólica en 12 estados del Medio Oeste y de las Montañas Rocallosas equivalen a 2.5 veces la producción eléctrica total de los Estados Unidos. Dakota del Norte, Texas, Kansas, Dakota del Sur, Montana, y Nebraska *cada uno* tiene un potencial de energía eólica más grande que la electricidad producida por el total de las 103 plantas de energía nuclear de los EE.UU. Los recursos de energía solar de tan solo el uno por ciento del área de los Estados Unidos son aproximadamente tres veces más grandes que la de energía eólica, si la producción se concentra en las áreas de alta insolación en el Suroeste y el Oeste.

Tan solo en los estacionamientos y techos de los Estados Unidos podrían proveer la mayoría del suministro de electricidad. Esto también tiene la ventaja de evitar la necesidad de expandir las líneas de transmisión, aunque si se necesitaría algún fortalecimiento de la infraestructura de distribución. Ya ha habido un arranque. La Marina de los EE.UU. tiene una instalación de 750 Kw. en uno de sus estacionamientos en San Diego que proporciona lugares para 400 vehículos, con bastante espacio de sobre para expandirse para la generación de energía. (Ver Ilustración 1).

La energía eólica ya es más económica que la energía nuclear. En los dos años pasados, el costo de los paneles solares ha bajado hasta el punto en el que las instalaciones de mediana escala, tales como la mostrada arriba, son económicas en áreas soleadas, ya que proveen electricidad principalmente durante las horas pico.

El problema principal con la energía eólica y la energía solar es la intermitencia. Esto puede reducirse al integrar la energía solar y eólica al mismo tiempo en la red de distribución – por ejemplo, la energía eólica a veces es más abundante en la noche. La diversidad geográfica también reduce la intermitencia de cada fuente y de las dos combinadas. La integración de estas dos fuentes a la red de distribución hasta cerca de un 15 por ciento de la generación total (no mucho menos que lo que contribuye la energía nuclear hoy en día) puede hacerse con la tecnología disponible sin tener dificultades técnicas o costos serios, siempre y cuando se tomen los pasos apropiados de optimización.

La energía solar y eólica también deben combinarse con energía hidráulica – con esta última siendo usada cuando la generación por viento sea cercana a cero. Esto ya se está haciendo en el Noroeste. Los conflictos con la liberación de agua para el manejo de peces pueden atenderse combinando estas tres fuentes con gas natural de reserva. El alto costo del gas natural hace que sea

económico usar plantas de energía de ciclo combinado con una función de reserva y para reserva de giro para la energía eólica en lugar de usarlas para generación de base o intermedia. En otras palabras, dado el alto precio del gas natural, estas plantas podrían estar paradas parte del tiempo y estar disponibles como complemento a la energía eólica.

El aire comprimido también puede ser utilizado para almacenar energía en combinación con éstas fuentes. No se necesitan nuevas tecnologías para ninguno de estos métodos de generación o almacenamiento.

La energía de base puede ser proporcionada por estaciones geotérmicas y de biomasa. Las cargas intermedias en la noche pueden ser suministradas por plantas de energía solar térmica que tienen incorporadas unas pocas horas de almacenaje de energía térmica.

Finalmente, nuevas baterías pueden habilitar híbridos y vehículos eléctricos recargables que sean parte de flotillas o estén estacionados en grandes estacionamientos para que ofrezcan un almacenamiento relativamente barato. Las baterías de ión de litio a base de nanotecnología, que Altairnano ha comenzado a producir, pueden ser descargadas profundamente muchas veces más que la que se necesita simplemente para operar al vehículo durante su vida útil (10, 000 a 15, 000 veces comparado con 2,000 veces respectivamente).

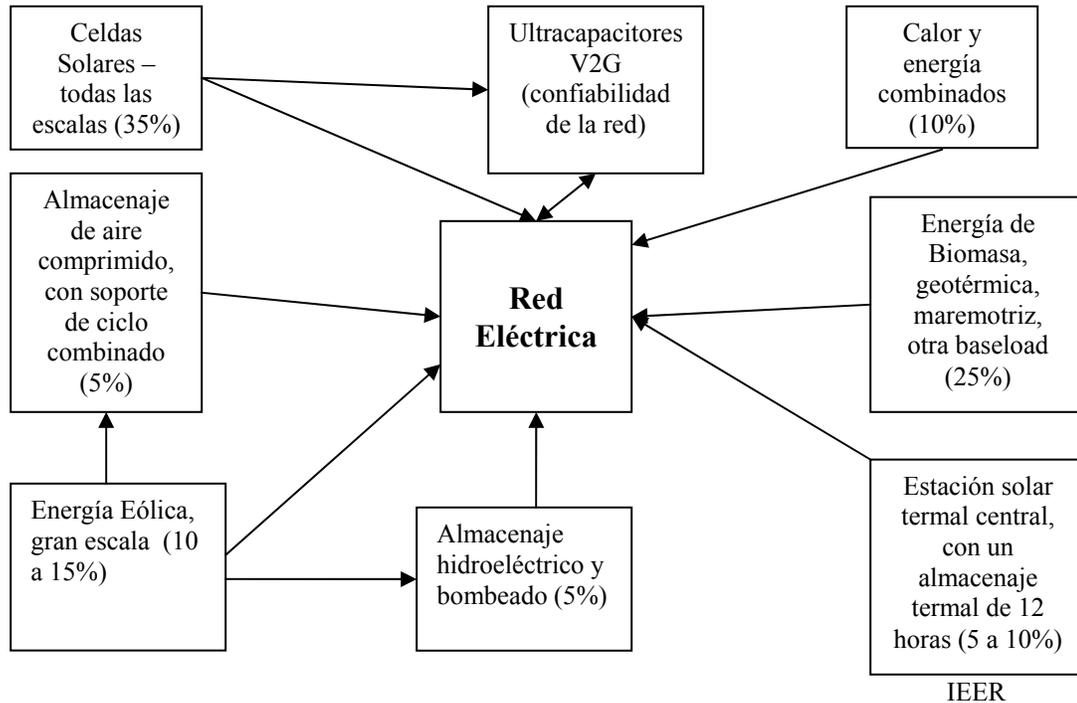
Ya que el desempeño de la batería excede por mucho los ciclos de carga y descarga necesarios para el vehículo mismo, las baterías de los vehículos se podrían convertir en una fuente de muy bajo costo para almacenar electricidad que puede utilizarse en un sistema de vehículo-a-la-red-de-distribución (V2G por sus siglas en inglés). En un sistema como este, los autos estacionados podrían estar conectados a la red de distribución y ser cargados y descargados de acuerdo al estado de requerimientos de la red de distribución y la carga en la batería del vehículo. La tecnología de comunicaciones para lograr esto con o sin cables ya está disponible comercialmente. Una pequeña fracción del total de vehículos en los caminos (un porcentaje) podría proveer suficiente capacidad de apoyo para estabilizar una red de distribución eléctrica bien diseñada basada en fuentes de energía renovables (incluyendo biomasa y geotérmica).

La Ilustración 2 muestra una posible configuración de la red de distribución. Una gran cantidad de energía de reserva se tiene disponible. Esto permite que una combinación de electricidad solar y eólica suministre la mitad o más de la electricidad sin afectar la confiabilidad. La mayoría de la energía de reserva sería proporcionada por almacenaje estacionario y-o por V2G y plantas de energía de ciclo combinado para las cuales el combustible es derivado de biomasa. Almacenaje adicional sería suministrado por almacenaje térmico asociado con plantas centrales solares termales. El uso de energía hidráulica se optimizaría con las otras fuentes de almacenaje y capacidad de reserva. La energía eólica también puede ser complementada con el almacenaje de aire comprimido, con el aire comprimido siendo utilizado para reducir el consumo de metano en las plantas de energía de ciclo combinado.

Con la combinación correcta de tecnologías, es probable que se pueda terminar incluso el uso del carbón, junto con el uso de energía nuclear. Sin embargo, reconocemos que las tecnologías específicas que hoy están a la vanguardia, podrían no desarrollarse tal como hoy parece probable. Por lo tanto parece prudente tener una estrategia de respaldo. El dióxido de carbono de las plantas de energía operadas con carbón puede ser capturado a un costo moderado si las plantas se utilizan con una tecnología llamada ciclo integrado de gasificación combinado (IGCC por sus siglas en

inglés). La captura y el secuestro de carbón podría también ser necesario para remover CO₂ de la atmósfera por medio de biomasa si esto llegara a ser necesario.⁴

Ilustración 2. Una configuración posible de la red de distribución de electricidad de los EE.UU. sin carbón o energía nuclear para el año 2050



Los cuadros 3 y 4 proporcionan los detalles y los calendarios tecnológicos estimados junto con algunas notas de costos para componentes claves del escenario de referencia de IEER. El escenario de referencia de IEER describe las combinaciones generales de tecnologías y políticas públicas que posibilitarían el logro de una economía de cero emisiones de CO₂ sin combustibles fósiles o energía nuclear para el año 2050. Recomendamos que las nuevas plantas de energía operadas con carbón que no tengan captura de carbón se prohíban, porque la construcción de nuevas plantas en esta etapa crearía presión para incrementar las cuotas de emisiones de CO₂ y/o costos más altos para capturar el CO₂ más tarde.

⁴ La gasificación integrada del carbón trabaja así: Al carbón se le hace reaccionar con vapor lo que produce una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono. Cuando se le quema, esto produce CO₂ y agua. El proceso puede resultar en la remoción de metales pesados antes de la combustión; casi todo el azufre en el carbón puede ser capturado también, previniendo casi todas las emisiones de dióxido de azufre. Cuando se usa oxígeno casi puro para la combustión, la captura de CO₂ se vuelve mucho menos costosa. El CO₂ entonces puede ser inyectado dentro de una formación geológica profunda. Ya que la biomasa atrae CO₂ de la atmósfera, secuestrar CO₂ cuando la biomasa es el combustible resulta en una reducción del CO₂ atmosférico, siempre y cuando el proceso de producción de la biomasa no involucre mayores emisiones de CO₂

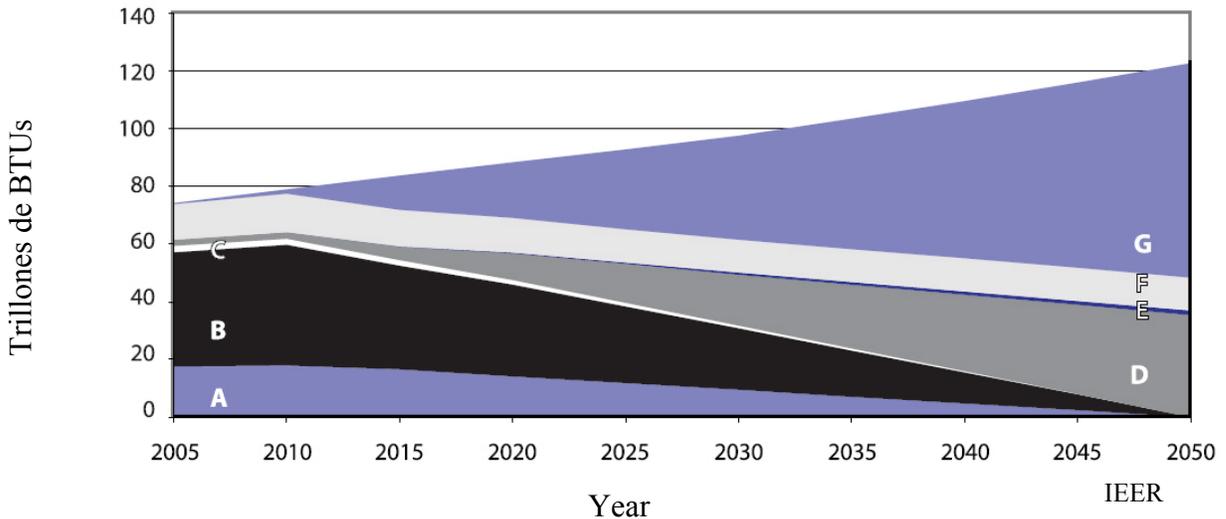
La completa eliminación del CO₂ podría ocurrir tan pronto como en el 2040. La eliminación de la energía nuclear también podría ocurrir en ese marco de tiempo. Una eliminación temprana de las emisiones de CO₂ y de la energía nuclear depende de los avances tecnológicos, por ejemplo la producción eficiente de hidrógeno solar. Si hay obstáculos mayores en los supuestos tecnológicos – por ejemplo, si V2G no puede ser implementado en el tiempo anticipado aquí (o a gran escala después de 15 a 20 años) – entonces se podrá necesitar de tecnologías tales como co-operación de gas natural con biomasa o incluso carbón con biomasa y secuestro de CO₂. En ese caso, una economía de cero emisiones de CO₂ podría retrasarse hasta más o menos el 2060.

La completa eliminación del CO₂ podría ocurrir tan pronto como en el 2040. La eliminación de la energía nuclear también podría ocurrir en ese marco de tiempo.

La ilustración 3 muestra la energía suministrada a los usuarios finales en el escenario de referencia de IEER (no están incluidas pérdidas en producción de electricidad y biocombustibles), indicando el modelo de introducción de nuevos combustibles y eliminación de combustibles fósiles y energía nuclear. También muestra el rol de la eficiencia energética en relación a un enfoque de “seguir haciendo lo mismo”. El escenario de referencia vislumbra una economía de cero emisiones de CO₂ para el 2050.

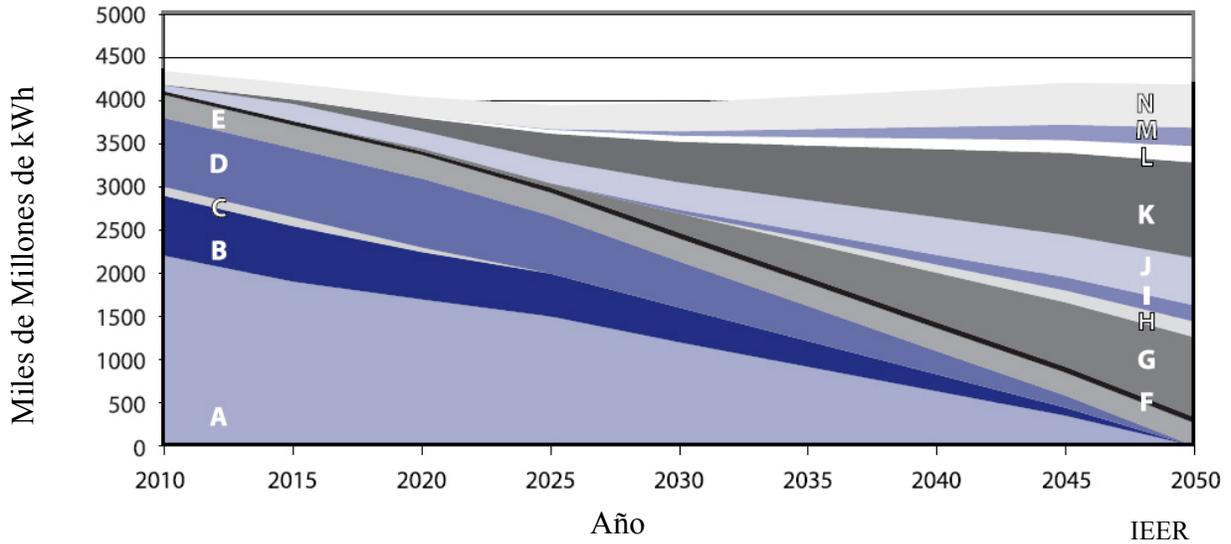
La ilustración 4 muestra la estructura correspondiente de producción de electricidad. Las pequeñas disminuciones seguidas por incrementos reflejan el acelerado aumento en eficiencia contemplado por la introducción a gran escala de autos eléctricos.

Ilustración 3. Energía transmitida, Escenario de Referencia del IEER



- A. Gas Natural
- B. Petróleo
- C. Carbón y coque (uso final)
- D. Biocombustibles
- E. Termal Solar
- F. Electricidad
- G. Eficiencia

Ilustración 4. Oferta de Energía, Escenario de Referencia del IEER



- | | |
|--|---|
| A. Carbón | H. Biomasa-con soporte de gas derivado |
| B. Gas natural | I. Geotérmica: rocas calientes |
| C. Petróleo | J. Eólica |
| D. Nuclear | K. Solar: Fotovoltaicas, estación central e intermedias |
| E. Hidroeléctrica | L. Solar: Fotovoltaicas pequeña escala |
| F. Geotérmica, desperdicio de madera, gas de rellenos sanitarios, etc. | M. Termal Solar y otras |
| G. Biomasa (sólida) | N. Calor y energía combinados |

Hallazgo 4: *El uso de energía nuclear trae consigo el riesgo de la proliferación, terrorismo y accidentes serios. Exacerba el problema de desechos nucleares y perpetúa las vulnerabilidades e inseguridades evitables del sistema de energía.*

La tecnología nuclear comercial está siendo promovida, también por el gobierno de los EE.UU., como una manera de reducir las emisiones de CO₂. Los Estados Unidos, con Rusia, han estado también promoviendo un esquema para restringir el enriquecimiento de uranio y la separación de plutonio (reprocesamiento) con fines comerciales, sólo para los países que ya lo tienen. (Ambos procesos pueden producir materiales utilizables para la producción de armas nucleares). Este es un intento transparente para cambiar el Tratado de No Proliferación (NPT por sus siglas en inglés) sin seguir el proceso de trabajar con los firmantes para enmendarlo. Este esfuerzo debilitará el tratado, que le da a las partes no nucleares el “derecho inalienable” a la tecnología nuclear comercial. En cualquier caso es muy improbable que los estados sin armas nucleares, apoyen las restricciones propuestas.

No es difícil discernir que el creciente interés en la energía nuclear es, por lo menos en parte, una ruta para adquirir la capacidad de producir armas nucleares. Por ejemplo el Consejo de Cooperación del Golfo (Bahrein, Kuwait, Omán, Qatar, Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos), acusando a Irán e Israel, han declarado que adquirirán de manera abierta tecnología civil de energía nuclear. Al hacer el anuncio, el Ministro de Relaciones Exteriores de Saudí, Príncipe Al-Faisal fue citado en la prensa diciendo “No es un amenaza... Lo estamos haciendo

abiertamente.” También señaló al reactor nuclear de Israel, usado para hacer plutonio para su arsenal nuclear, como el “pecado original.” Al mismo tiempo urgió a que la región esté libre de armas nucleares.⁵

El interés en el reprocesamiento comercial podría crecer como resultado de las políticas gubernamentales de los EE.UU. Los problemas planteados por el reprocesamiento son de por sí intimidantes. Por ejemplo, Corea del Norte utilizó una planta de energía del sector comercial y una planta de reprocesamiento para obtener el plutonio para su arsenal nuclear.

Además de los Estados con armas nucleares, cerca de tres docenas de países, incluyendo Irán, Japón, Brasil, Argentina, Egipto, Taiwán, Corea del Sur y Turquía, tienen la capacidad tecnológica para hacer armas nucleares. Es crítico para los Estados Unidos predicar con el ejemplo y lograr las reducciones necesarias de emisiones de CO₂ sin recurrir a la energía nuclear. Un mayor uso de la energía nuclear convertiría el problema de proliferación nuclear de algo que es difícil hoy en día a algo que sería prácticamente intratable.

Aún el número actual de plantas e infraestructura de energía nuclear ha creado tensiones entre la no proliferación y los derechos que los países tienen bajo el NPT (Tratado de No Proliferación por sus siglas en inglés) para adquirir tecnología nuclear. Un número creciente requeriría más plantas de enriquecimiento de uranio, mientras que tan solo una de estas plantas en Irán ha aumentado las tensiones globales de política y seguridad hasta el punto en el que es una de las mayores fuerzas en las fluctuaciones de los mercados del petróleo. Además, están los riesgos de terrorismo, ya que las plantas nucleares son objetivos anunciados de los terroristas. Difícilmente parece aconsejable aumentar el número de objetivos.

El problema de los desperdicios nucleares se ha resistido a una solución. Un número creciente de plantas de energía solo aumentarían el problema. En los Estados Unidos, probablemente crearía la necesidad de un segundo depósito, y posiblemente de un tercero, aún cuando el primero, en las Montañas Yucca en Nevada, está en serios problemas. Hasta ahora ningún país ha sido capaz de atender los problemas de largo plazo de salud, medio ambiente y seguridad asociados con combustible usado o con desperdicios de alto nivel, aún cuando las evaluaciones oficiales de los riesgos de daños por exposición a la radiación continúan aumentando.⁶

Wall Street ha estado, y se mantiene, escéptico con respecto a la energía nuclear debido a sus costos y sus riesgos

Finalmente, desde principios de los 80s, Wall Street ha estado, y se mantiene, escéptico con respecto a la energía nuclear debido a sus costos y sus riesgos. Es por eso que, más de medio siglo después de que el entonces presidente de la Comisión Energía Atómica, Lewis Strauss, proclamara que la energía nuclear sería “demasiado barata como para medirla” la industria sigue acudiendo al gobierno para pedir préstamos de garantía y otros subsidios. El aspecto de los seguros no está mejor. Los muy limitados seguros que existen caen muy

⁵ Servicio de Información de las Relaciones Saudita-EE.UU., “27th GCC Supreme Council Summit Wrapup,” Diciembre 13, 2006, en el Internet en www.saudi-us-relations.org/articles/2006/loi/061213-gcc-summit.html. Revisado en Junio 29, 2007.

⁶ Ver por ejemplo el informe de la Academia Nacional de Ciencias publicado en el 2006, en <http://books.nap.edu/openbook.php?isbn=030909156X>.

por debajo de los estimados oficiales de los daños que resultarían de los accidentes más serios; y son casi totalmente otorgados por el gobierno.

Hallazgo 5: *El uso de tecnologías y diseños de construcción altamente eficientes, disponibles hoy en día, puede facilitar grandemente la transición a una economía de cero emisiones de CO₂ y reducir sus costos. Un incremento anual del dos por ciento en la eficiencia por unidad del Producto Interno Bruto en relación a las tendencias recientes resultaría en una reducción del uno por ciento por año en el uso de energía, al mismo tiempo que proporcionaría un crecimiento anual de 3 por ciento del PIB. Esto cabe dentro de la capacidad disponible del desempeño tecnológico.*

Antes de la primera crisis energética en 1973, era generalmente aceptado que el crecimiento en el uso de energía y el crecimiento económico, expresado en el Producto Interno Bruto (PIB), iban de la mano. Pero poco después, la foto de la energía en los EE.UU. cambió radicalmente y el crecimiento económico se logró por una década sin crecimiento de la energía.

Desde mediados de los 90s la tasa de crecimiento de la energía ha sido de cerca de dos por ciento menos que el del PIB, a pesar de la falta de políticas públicas nacionales para incrementar grandemente la eficiencia energética. Por ejemplo, con la tecnología existente, los edificios residenciales y comerciales pueden ser construidos con tan sólo un tercio a una décima parte del uso promedio actual de energía por pie cuadrado. Como otro ejemplo, nosotros señalamos que el uso de energía industrial en los Estados Unidos se ha mantenido más o menos igual desde mediados de los 70s, aun cuando la producción se ha incrementado.

Nuestra investigación indica que el uso anual de energía distribuida (esto es, excluyendo las pérdidas de energía en la producción de electricidad y biocombustibles) puede ser reducida cerca de uno por ciento al año manteniendo al mismo tiempo el crecimiento económico asumido en las proyecciones oficiales del sector energético.

Hallazgo 6: *Los Biocombustibles, definidos ampliamente, podrían ser cruciales para la transición a una economía de cero emisiones de CO₂ sin efectos secundarios ambientales serios, o, alternativamente, pueden producir un daño colateral considerable e incluso muy dañino para el ambiente e incrementar la emisión de gases de invernadero. El resultado dependerá esencialmente de elecciones de política, incentivos e investigación y desarrollo tanto público como privado.*

El Biodiesel y etanol basados en cultivos alimenticios pueden crear y ya están creando daños sociales, económicos y medio ambientales, incluyendo altos precios de los alimentos, presión en las tierras usados por los pobres en los países en desarrollo para agricultura de subsistencia y pastizales, y emisiones de gases de efecto invernadero que mayor o totalmente negarán el efecto del uso de la energía solar incorporada en los biocombustibles. Mientras que los biocombustibles pueden reducir las importaciones de petróleo, el etanol de maíz y el biodiesel del aceite de palma son dos ejemplos notorios de un enfoque dañino de biocombustibles que ya han creado tales problemas aún a niveles moderados de producción.

Por ejemplo, en el nombre de la energía renovable, el uso de la producción de aceite de palma para biodiesel de consumo europeo ha empeorado el problema de emisiones de CO₂ debido a

los incendios en los pantanos de turba que están siendo destruidos en Indonesia, en dónde mucho del aceite de palma está siendo producido. El rápido incremento en etanol de maíz ya está siendo responsable por promover aumento en el precio de la tortilla en México. Más aún, mientras que el etanol de maíz reduciría las importaciones de petróleo, su impacto en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero sería, en el mejor de los casos, pequeño, debido a la intensidad energética en la producción tanto de maíz como de etanol, así como el uso de grandes cantidades de fertilizantes artificiales, que también resultan en emisiones de otros gases de efecto invernadero (notablemente el óxido nitroso). Todos los subsidios para combustibles derivados de cosechas alimenticias deberían ser eliminados.

En contraste, la biomasa que tiene una alta eficiencia en la captura de energía solar (~ del cinco por ciento) tal como la micro alga que crece en un ambiente de alto CO₂, puede formar una gran parte del suministro de energía tanto para la producción de electricidad como para proveer combustibles líquidos y gaseosos para transporte e industria. Las microalgas han demostrado que capturan más del 80 por ciento de las emisiones de CO₂ de plantas de energía durante el día y pueden ser utilizadas para producir hasta 10, 000 galones de combustible líquido por acre por año. Algunas plantas acuáticas, como el jacinto de agua, tienen una eficiencia similar de captura de energía solar y pueden criarse en aguas de desperdicio como parte de sistemas combinados de tratamiento de aguas y de producción de energía.

Las ilustraciones 5 y 6 muestran dos ejemplos de biomasa crítica que tienen el potencial para cerca de un 5 por ciento de captura de energía solar – como diez veces de lo que captura una planta de maíz, incluyendo el grano y los residuos de la cosecha. La planta de energía NRG mostrada en la ilustración 5, operada con carbón en Louisiana, está siendo utilizada por GreenFuel Technologies Corporation para pruebas de campo. La planta es un sitio potencial para un sistema de bio-reactor de algas a escala comercial que reciclaría las emisiones de CO₂ de la planta en biodiesel o etanol.

Los Jacintos de agua, mostrados en la ilustración 6, han sido usados para limpiar aguas de desperdicio porque crecen rápidamente y absorben grandes cantidades de nutrientes. Su productividad en climas tropicales y subtropicales es comparable a la de las microalgas – más de 250 toneladas métricas por hectárea por año. Pueden usarse como biomasa para producir combustibles líquidos y gaseosos.

Ilustración 5. Bio-reactor demostrativo en operación en una planta de energía operada con carbón en Louisiana



Cortesía de GreenFuel Technologies Corporation

Ilustración 6. El Jacinto de Agua puede render hasta 250 toneladas métricas por hectárea en climas cálidos.



Cortesía del Centro par alas Plantas Acuáticas e Invasivas, Instituto de Ciencias de la Agricultura y la Alimentación, Universidad de Florida.

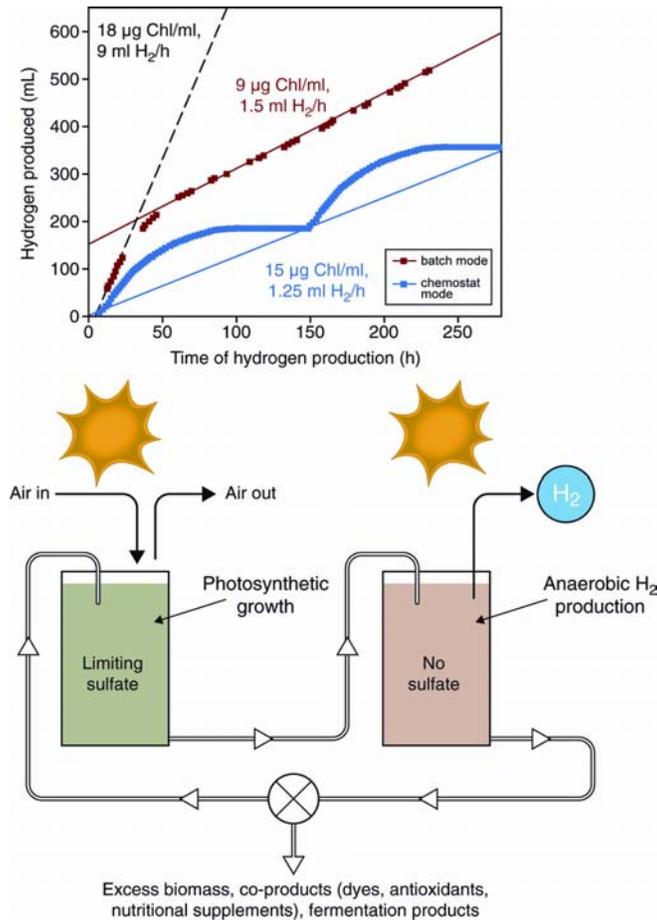
Los pastos de la pradera tienen una productividad media, pero pueden cultivarse en tierras marginales de manera que permitan el almacenamiento de carbón en el suelo. Este enfoque puede, por lo tanto, usarse tanto para producir combustible de forma renovable y para retirar CO₂ de la atmósfera.

Finalmente, la energía solar puede ser utilizada para producir hidrógeno; esto podría ser muy prometedor para una transición al hidrógeno como una de las fuentes principales de energía. Las

técnicas, que incluyen la producción foto-electroquímica de hidrógeno utilizando dispositivos parecidos a las celdas solares, alta temperatura, separación del agua en oxígeno e hidrógeno con el uso de la energía solar, y conversión de biomasa en monóxido de carbono e hidrógeno en una planta de gasificación. También pueden usarse para producir hidrógeno algas diseñadas dentro de ambientes altamente controlados, y la fermentación de biomasa. En algunos modelos, se pueden producir simultáneamente, energía, comida y productos farmacéuticos. El progreso ha sido mucho más lento de lo que podría debido a la falta de dinero.

La ilustración 7 muestra la producción directa de hidrógeno con rayos de sol usando algas que han sido privadas de azufre en su dieta.

Ilustración 7. Producción Solar Directa de Hidrógeno Usando Algas



Este diagrama/gráfica fue desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable para el Departamento de Energía de los EE.UU.

Nota: En este “modo de tandas” la producción se detiene periódicamente para reabastecer los nutrientes. En el “modo químico-estático” se suministran nutrientes para mantener una producción continua. “Chl” significa clorofila.

Hallazgo 7: *Gran parte de la reducción en las emisiones de CO₂ puede lograrse sin caer en multas por costos (como por ejemplo con iluminación y refrigeradores eficientes). El costo de eliminar el resto de las emisiones de CO₂ originadas en el uso de combustible fósil es probable que esté en el rango de los \$10 a \$30 por tonelada métrica de CO₂.*

El cuadro 1 muestra los costos estimados para la eliminación del CO₂ del sector eléctrico usando varios modelos. Está basado en los costos de la energía de 2004. A precios de 2007 (cerca de \$8 por millón de Btu de gas natural y casi 9 centavos por kilo watt-hora (Kwh.) de electricidad, promediados sobre todos los sectores) el costo sería más bajo.

Cuadro 1: Resumen de los costos de abatimiento del CO₂ (y del precio implícito de la cuota de emisiones de CO₂) – Sector Eléctrico (basado en los costos de energía del 2004)

Fuente de CO ₂	Método de Abatimiento	Plazo	Costo por tonelada métrica de CO ₂ , \$	Observaciones
Carbono pulverizado	Energía Eólica fuera de horas pico	Corto plazo	De unos pocos a 15 dólares	Basado en el costo marginal fuera de horas pico del carbono.
Carbono pulverizado	Captura por microalgas	Corto y mediano-plazo	Cero a negativo	Suponiendo un precio del petróleo menor a \$20 por barril.
Carbono pulverizado	Energía eólica con soporte de gas natural	Mediano y largo plazo	Negativo a \$46	Planta de ciclo combinado que ofrecer un soporte. El costo mínimo al precio máximo de gas: \$4 por millón de BTUs.
Carbono pulverizado	Energía Nuclear	Mediano a largo plazo	\$20 a \$50	Difícil de comparar económicamente con energía eólica con un soporte de gas natural.
Carbono pulverizado	Ciclo combinado de Gasificación (CCGI) integrada con captura	Largo plazo	\$10 a \$40 o más	Demasiadas incertidumbres en la estimación actual. Desarrollo tecnológico pendiente.
El componente de del soporte de gas natural para la energía eólica.	Vehículo eléctrico dependiente de la red.	Largo plazo	Menos de \$26	Desarrollo tecnológico pendiente. Estimación incierta. Precio de largo plazo del gas natural \$6.50 por millón de BTUs o más.

Notas:

1. La tasa calorífica del carbono pulverizado = 10,000 BTUs/kWh; para el ciclo combinado de gas natural = 7,000 BTUs/Kwh.
2. Costos de generación de energía eólica = 5 centavos por Kwh.; carbono pulverizado = 4 centavos por Kwh.; nuclear = 6 a 9 centavos per Kwh.
3. Costos del petróleo \$30 por barril o más
4. Costos del CO₂ asociados con los aditamentos relacionados con la energía eólica se pueden reducir o el empleo optimizado del viento y el sol en conjunto.

Más aún, el impacto por los aumentos en los costos del abatimiento de CO₂ en el total de los costos de servicios de energía es lo suficientemente bajo para que la parte del PNB dedicada a estos servicios se mantenga cerca de los niveles actuales como del 8 por ciento o tal vez decline. Ha variado principalmente entre el 8 y el 14 por ciento desde 1970, alcanzando su nivel máximo en 1980. Bajó brevemente hasta el 6 por ciento a fines de los 1990s cuando los precios del petróleo cayeron fuertemente, llegando al nivel más bajo como de \$12 por barril en 1998.

El cuadro 2 muestra el estimado total anual de costos de inversión y energía para los sectores comerciales y energéticos en términos de impacto al PNB. A menor uso de energía por hogar y por pie cuadrado, mayor necesidad de inversión, y se toman en cuenta costos de electricidad y combustibles un poco más altos que los anticipados bajo el escenario de referencia de IEER. El estimado neto del impacto al PIB por reducir el uso de energía comercial y residencial mediante mejoras en la eficiencia y convirtiendo totalmente a fuentes de energía renovables es pequeño y bien dentro del rango de incertidumbres en los cálculos.

Cuadro 2: Costos anuales residenciales (R) y comerciales (C) en inversión y energía en 2050, en miles de millones de dólares constantes de 2005

Rubro	Escenario de Referencia del IEER	Escenario Base (Status Quo)
Electricidad R + C	\$326	\$442
Combustible R + C	\$150	\$247
<i>Subtotal del costo energético</i>	<i>\$476</i>	<i>\$689</i>
Inversión anual por eficiencia	\$205	\$0
Monto Total Base del PNB (redondeado)	\$681	\$689
<i>PNB en 2050</i>	<i>\$40,000</i>	<i>\$40,000</i>
Proporción del PNB: servicios residenciales y comerciales de energía	1.70%	1.72%

Notas:

1. Precios del combustible y de la electricidad en el escenario base: alrededor de \$12 por millón de BTUs y 9.6 centavos por Kwh. Precios del IEER: \$20 por millón de BTUs y 14 centavos por Kwh. respectivamente. En el escenario base el precio de la electricidad es de enero de 2006.
2. Inversiones de eficiencia adicional: residencias existentes: \$20,000 por residencia, suponiendo que ocurre en uno de cada tres edificios entre 2010 y 2050; nuevas = \$10 por pie cuadrado (\$20,000 por casa aproximadamente, costo adicional por hogar certificado por LEED); más el costo de reemplazo de aparatos electrodomésticos cada 15 años con aparatos actualizados (más avanzados que los originales). Inversiones para calefacción termal, combinado con calor y energía y bombas de calor geotermal sumados a estas cifras para la proporción de área residencial utilizándolas. Por sus siglas en ingles, LEED significa Liderazgo en el diseño y energético y ambiental; es un programa de certificación de construcción.
3. Inversiones de eficiencia en el sector comercial: \$10 por pie cuadrado; esto va mas allá de los ejemplos de las inversiones de nivel de platino de LEED. A estas cifras se han añadido las inversiones para la calefacción solar termal, la energía combinada de calor y electricidad y las bombas de calor geotérmicas.
4. PNB = Gasto en consumo + inversión + gasto de gobierno (en bienes y servicios) + exportaciones – importaciones.

El total del PNB para servicios de energía en todos los sectores se estima que permanecerá alrededor del 8 por ciento menos, bajo el escenario de referencia de IEER. Para un dueño individual de una casa nueva, el incremento neto del costo, incluyendo aumento a los pagos de la hipoteca, sería de entre \$20 y \$100 por mes; el último es menos del 0.7 por ciento del ingreso medio por hogar para 2050.

Hallazgo 8: *La transición a un sistema de cero emisiones de CO₂ puede hacerse de una manera compatible con el desarrollo económico local en las áreas que hoy producen combustibles fósiles.*

Los combustibles fósiles se producen principalmente en la región de los Apalaches, en Suroeste y Oeste y en algunas partes del Medio Oeste y de los estados de las Montañas Rocallosas. Estas áreas están también muy bien dotadas con los principales recursos renovables de energía – solar y eólica. Políticas públicas federales, estatales y regionales diseñadas para ayudar a los trabajadores y comunidades a hacer la transición a nuevas industrias parecen ser posibles sin mayores movimientos de población, o trastornos a los que han ocurrido en los Estados Unidos después de la Segunda Guerra Mundial. Se ha reconocido que mucho de ese movimiento ha sido debido al desplazamiento y cierre de industrias, lo cual ha causado dificultades significativas a comunidades y trabajadores. Algunos de los recursos recaudados mediante la venta de cuotas de emisiones de CO₂ debería dedicarse a reducir estos trastornos. Por ejemplo, el uso de tecnologías de captura de CO₂, especialmente captura de CO₂ de las plantas de combustibles fósiles ya existentes mediante algas, puede crear nuevas industrias y trabajos en las mismas regiones en donde la eliminación de los combustibles fósiles podría tener los impactos económicos más negativos. Las políticas públicas y la dirección de recursos financieros pueden ayudar a asegurar que los trabajos del nuevo sector energético que pagan bien, sean creados en esas comunidades.

Plan Tecnológico al 2025⁷**Cuadro 3: Plan Tecnológico – Alternativas Tecnológicas de Oferta y Almacenamiento**

Tecnología	Status	Empleo para uso a gran escala	Siguientes pasos	Costo de abatimiento del CO₂; obstáculos; observaciones
Solar: Fotovoltaica escala intermedia	Casi comercial con facturación por tiempo de uso	2010 a 2015	Pedidos de la industria y del gobierno; facturación eléctrica por tiempo de uso	\$10 a \$30 por tonelada métrica; sin almacenaje; falta de manufacturación de celdas fotovoltaicas de gran escala (~1 GW/año/planta); se requiere el desarrollo de tecnología de manufactura adicional
Solar: Fotovoltaica gran escala	Casi comercial	2015 a 2020	Demostración de gran escala con infraestructura de transmisión, ~5,000 MW hacia 2015-2020	\$20 a \$50 por tonelada métrica; sin almacenaje; infraestructura de transmisión podría requerirse en algunos casos
Concentración de plantas de energía termal solar	Casi comercial; requiere demostración de almacenaje	2015 a 2020	Se necesitan ~3,000 a 5,000 MW para estimular la demanda y demostrar 12 horas de almacenaje, para el 2020	\$20 a \$30 por tonelada métrica en el suroeste. La falta de demanda como problema principal
Captura de CO ₂ microalgas y producción de combustible líquido	Tecnología desarrollada, plantas a escala piloto en construcción	2015	Demostraciones de gran escala – 1,000 a 2,000 MW hacia 2012; Almacenaje de CO ₂ por la noche y plantas piloto de captura de CO ₂ durante el día para el 2012. Implementación a gran escala en adelante. Plantas de demostración para la producción de combustible líquido: 2008-2015	Cero a negativo a precios del petróleo por encima de \$30 por tonelada métrica para captura de día; la captura de noche por caracterizarse. Potencial del combustible líquido: 5,000 a 10,000 galones por acre (comparado a los 650 de aceite de palma).
Energía eólica – Gran escala, en tierra	Comercial	En uso actualmente	Requieren atenderse tanto la infraestructura como las reglas de transmisión; optimizar la operación con plantas de ciclo combinado de gas natural y plantas hidroeléctricas	Negativo a \$46 por tonelada métrica para la operación con un soporte de ciclo combinado. Las superficies de gran ventosidad no se ubican cerca de poblaciones. Se requiere el desarrollo de la transmisión.

⁷ N de T: Gracias al Dr. Alejandro Guevara Sanginés, de la Universidad Iberoamericana en la ciudad de México for la ayuda con la traducción de las tablas.

Cuadro 3: Plan Tecnológico – Alternativas Tecnológicas de Oferta y Almacenamiento (continuación)

Tecnología	Status	Empleo para uso a gran escala	Siguientes pasos	Costo de abatimiento del CO₂; obstáculos; observaciones
Solar: Fotovoltaica escala intermedia de almacenaje	Baterías avanzadas y ultracapacitores siguen siendo costosos	~2020	Demostración de “vehículo a red” utilizando almacenaje estacionario (ultracapacitores y nanotecnología de baterías de iones de litio) – varias instalaciones de estacionamientos para autor de una escala de ~1 MW	Se requiere reducción a la quinta parte de los costos actuales de los ultracapacitores y de las baterías de ión de litio. Principales problemas: falta de manufactura de gran escala y se requiere más desarrollo tecnológico de manufactura
Solar fotovoltaica – escala intermedia con vehículo a la red	Etapas de planeación únicamente. Componentes tecnología disponibles. Requiere integración.	~2020 a 2025	Para 2015, varias demostraciones de 5,000 a 10,000 vehículos de la tecnología V2G	V2G podría reducir el costo de almacenaje de la electricidad solar con foto celdas desde varios centavos hasta posiblemente ~1 centavo por Kwh.
Biomasa IGCC	Etapas demostrativa inicial	~2020	Plantas a escala piloto e intermedia (de pocos MW a 100 MW) con diversas alternativas de biomasa (microalgas, plantas acuáticas), 2015 a 2020	Demanda base
Biomasa acuática de captura de alta energía	Experiencia principalmente en el contexto del tratamiento de aguas residuales, alguna información de laboratorio y de plantas piloto	~2020	2010 a 2015, evaluaciones de plantas piloto para combustibles líquidos y producción de metano con y sin conexión a los procesos de tratamiento de aguas residuales.	Puede ser comparable a la producción de Biocombustibles de microalgas. 50 a 100 toneladas métricas por acre.
Energía geotermal de rocas calientes	Concepto demostrado; desarrollo tecnológico pendiente.	2025?	Construcción de plantas piloto de demostración: periodo 2015-2020	Demanda base.

Cuadro 3: Plan Tecnológico – Alternativas Tecnológicas de Oferta y Almacenamiento (continuación)

Tecnología	Status	Empleo para uso a gran escala	Siguientes pasos	Costo de abatimiento del CO₂; obstáculos; observaciones
Energía maremotriz	Conceptos demostrados	2020 o 2025?	Plantas piloto de demostración requeridas	Posible demanda base.
Hidrógeno fotolítica	Desarrollo de laboratorio	Se desconoce – posiblemente 2020 o 2025	Incremento significativo en Investigación y Desarrollo, con la meta de establecer plantas piloto para el 2015	Potencial para la captura de energía solar alta. Podría ser una clave para la superación de los requerimientos de altitud de la mayoría de los biocombustibles.
Hidrógeno Foto electroquímico	Concepto demostrado; desarrollo tecnológico pendiente	Posiblemente 2020 o 2025	Incremento significativo en Investigación y Desarrollo, con la meta de establecer plantas piloto para el 2015	Captura de energía solar alta. Podría ser una clave para la superación de los problemas planteados por los biocombustibles agrícolas (incluyendo los residuos de las cosechas)
Baterías Avanzadas	Baterías de nanotecnología de ión litio; etapa inicial comercial con subsidios	2015	Certificación de seguridad independiente (2007?); Plantas de manufactura a gran escala	Manufactura a gran escala para reducir costos. Podría ser la clave para la tecnología de bajo costo del V2G.
Captura de Carbono	Tecnología probada en un contexto diferente al de plantas eléctricas	Desconocido. Posiblemente 15 a 20 años	Pruebas de largo plazo de fugas. Proyecto de demostración ~2015-2020	Para uso con biomasa, además del soporte si el carbono fuera necesario.
Ultracapacitores	Comercial en ciertas aplicaciones pero o para almacenaje de energía a gran escala.	2015 a 2020?	Prueba de demostración con celdas fotovoltaicas de mediana escala. Probar con híbridos recargables como complemento a la operación de la batería para la energía de frenado y arrancado.	Complementar y probar la tecnología V2G. Se requiere reducción alrededor de la quinta parte de los costos actuales para llegar a ser ~\$50/toneladas métricas de CO ₂ . Menor precio del CO ₂ con tarifas de tiempo de uso.
Nanocapacitores	Pruebas de laboratorio de los conceptos	Desconocido.	Trabajo completo de laboratorio y demostrar el método	Tiene el potencial de reducir los costos del almacenaje de la electricidad estacionaria y llevar la tecnología de los ultracapacitores a la siguiente fase.
Producción de hidrógeno electrolítico	Tecnología probada	Depende de las mejoras en eficiencia y del desarrollo de infraestructura	Se requiere construir planta de demostración con vehículos de hidrógeno comprimido ~2015-2020	Podría utilizarse en conjunto con la energía eólica fuera de horas pico.

Cuadro 4: Plan – Alternativas Tecnológicas de Demanda, 2008-2020

Tecnología	Status	Empleo para uso a gran escala	Siguientes pasos	Costo de abatimiento del CO₂; obstáculos; observaciones
Vehículos de pasajeros eficientes gasolina y diesel	Comercial a ~40 millas por galón o más	Actualmente se esta utilizando	Requiere de normas de eficiencia	La eficiencia depende del vehículo en cuestión y esta puede ser mucho mayor.
Vehículos híbridos de recarga eléctrica	La tecnología ha sido probada	2010	Normas de eficiencia, pedidos de vehículos corporativos y de gobierno	Se requiere la manufactura a gran escala para reducir el costo de la baterías de iones de litio por a una quinta parte.
Coches eléctricos	Tecnología con un rango de ~200 ha sido probado; producción comercial de pequeño volumen in 2007 (coches deportivos y camionetas pick up)	2015 a 2020	Pruebas de seguridad, infraestructura de reciclado para los materiales de las baterías, pedidos a gran escala, demostración de celdas fotovoltaicas solares PV-V2G	Una de las claves para reducir la necesidad de uso de biocombustibles e incrementar la utilización de componentes de que utilicen energía solar y eólica.
Vehículos de hidrógeno de combustión interna	La tecnología ha sido probada	Depende del desarrollo de infraestructura	Desarrollo de cilindros de 10,000 psi y pruebas de vehículos. Proyecto de demostración	
Biocombustibles para naves aéreas	Varios combustibles en prueba	2020?	Desarrollo de combustible, pruebas de seguridad y de emisiones	
Aeronaves de combustible de hidrógeno	La tecnología ha sido probada	2030?	Diseño de aeronaves, pruebas de seguridad demostración de infraestructura	En combinación con la producción de hidrogeno a base de energía solar, puede reducir el uso de Biocombustibles líquidos.
Diseño de edificios	Comercial, bien conocida	Actualmente se esta utilizando	Normas de construcción, difusión del conocimiento, eliminación de la falta de vinculación entre compañías constructoras y usuarios	El uso de energía para uso residencial y comercial por pie cuadrado puede reducirse entre un 60 y un 80 por ciento con el métodos conocidos y la tecnología existente. Costo de abatimiento del CO ₂ , negativo a \$50 por tonelada métrica.

Cuadro 4: – Alternativas Tecnológicas de Demanda, 2008-2020 (continuación)

Tecnología	Status	Empleo para uso a gran escala	Siguientes pasos	Costo de abatimiento del CO₂; obstáculos; observaciones
Bombas de calor geotérmicas	Comercial	Actualmente se esta utilizando	Normas de construcción que especifican que su desempeño incrementará su uso	Apropiadas in varias regiones; principalmente para nuevas construcciones.
Edificios comerciales a industriales de calor y energía (CyE) combinadas	Comercial	Actualmente se esta utilizando	Normas de desempeño de la construcción y el cumplimiento de la cuota de emisiones de CO ₂ incrementarán su uso	Costo de abatimiento de CO ₂ de negativo a <\$30 por tonelada métrica en muchas circunstancias.
Micro-CyE	Semi comercial	Actualmente se esta utilizando	Normas de desempeño de la construcción incrementarán su uso	
Iluminación compacta fluorescente (ICF)	Comercial	Actualmente se esta utilizando	Se requieren normas para la construcción y los aparato electrodomésticos	Costo de abatimiento del CO ₂ negativo. Se requiere atender el impacto de los requerimientos de desecho de mercurio
Híbrida solar de tubos ligeros e ICF	Tecnología probada; realización de pruebas beta en establecimientos comerciales	2012 a 2015?	Pedidos gubernamentales y comerciales	Concentradores solares para iluminación de interiores; trabajo en conjunto con ICF. Se requiere reducción a la quinta parte de los costos actuales.
Sector industrial: ejemplos diversos de tecnologías y de métodos de administración: alternativas a la destilación, administración de sistemas de vapor, ciclo combinado de calor y energía, nuevos materiales, proporción mejorada de producción de primer pase	Desarrollo constante de procesos	Diversos	Cuota estricta de CO ₂ con decrementos asegurados anuales conducirán a una mayor eficiencia	Variable. Negativo a posiblemente \$50 por tonelada métrica, posiblemente más en algunos casos. Gran potencial para incrementos económicos existen a costo presente, ya que los costos de la energía se han incrementado repentinamente. Reducciones exitosas de uso de la energía indican que el costo global será modesto, con la posible reducción en el costo neto de los servicios de energía.

Glosario

Generación Base (Baseload generation): Una planta de energía a gran escala diseñada para generar electricidad de manera continua.

Biocombustible: Combustible derivado de biomasa.

Biomasa Material orgánico producido por la fotosíntesis.

Captura de Carbono: Captura de dióxido de carbono cuando los combustibles que contienen carbono se queman para obtener su energía.

Secuestro de Carbono: Almacenaje geológico profundo de carbono, por largos períodos (miles de años) para impedir que entre a la atmósfera.

CFL: Lámpara fluorescente compacta (por sus siglas en inglés), que es un foco de alta eficiencia. .

CHP: Calor y energía combinados (por sus siglas en inglés). En este diseño, parte de la energía derivada de la quema del combustible se utiliza como calor (por ejemplo calentando edificios o para procesos industriales) y parte se usa para la generación de electricidad. .

Planta de energía de ciclo combinado: Una planta de energía en la que los gases calientes de la quema de un combustible (normalmente gas) se usan para operar una turbina para la generación de electricidad. El gas que sale de la turbina está todavía caliente y se usa para hacer vapor, el cual se utiliza para mover una turbina de vapor, la cual a su vez genera más electricidad

Producción Electrolítica de Hidrógeno: El uso de la electricidad para separar el hidrógeno y el oxígeno en el agua.

Bomba de calor geotérmica: Una bomba de calor que usa la temperatura relativamente constante a unos pies bajo la superficie de la tierra con el objetivo de incrementar la eficiencia de una bomba de calor.

IGCC: (por sus siglas en Inglés) Planta de Ciclo Combinado de Gasificación Integrada. Esta planta gasifica carbón o biomasa y luego usa los gases en una planta de energía de ciclo combinado.

LEED: (por sus siglas en Inglés) Liderazgo en el Diseño para la Energía y el Medio Ambiente un sistema de clasificación usado para avanzar la eficiencia. El nivel platino es la clasificación más alta.

Microalgas: Pequeñas algas que crecen en una variedad de ambientes, incluyendo el agua salada.

Nanocapacitor: Un capacitor que tiene el área de la superficie de sus electrodos aumentada significativamente mediante el uso de nanotecnología.

Hidrógeno Fitolítico: Hidrógeno producido por plantas, por ejemplo algas, en la presencia de luz del sol.

Hidrógeno Foto electroquímico: Hidrógeno producido directamente usando mecanismos similares a ciertas celdas fotovoltaicas que generan electricidad. En este diseño, se produce hidrógeno en lugar de electricidad.

Almacenaje Bombeado: Usar electricidad fuera de las horas pico para bombear agua en una reserva y luego usar una planta hidroeléctrica para generar electricidad en las horas pico con el agua almacenada (o cuando se usa energía eólica, cuando el viento no está soplando)

Tubo de luz Solar: Un cable de fibra óptica que concentra luz del sol a todo lo largo sin dejarlo que se fugue por los lados, de la misma manera que un cable conduce electricidad. Puede ser usado para iluminar el interior de los edificios durante el día.

Solar PV: (por sus siglas en inglés) Celda solar fotovoltaica. – mecanismos que transforman la luz solar que incide en ellos en electricidad.

Planta termal de energía solar: Una planta de energía que usa reflectores para concentrar la energía solar y calentar líquidos que a su vez se usan para producir vapor y generar electricidad.

Reserva en Giro: (**Spinning reserve**): La capacidad de las plantas de energía eléctrica que se mantienen encendidas (girando) pero inactivas de manera que sean capaces de responder a incrementos repentinos en la demanda de electricidad.

Capacidad de respuesta en espera (Standby capacity): Plantas de energía que se mantienen listas para responder a un aumento en la demanda de electricidad.

Ultracapacitor: Un capacitor que puede almacenar mucha más energía eléctrica por volumen de unidad que los capacitores normales.

V2G: (por sus siglas en inglés) Sistemas del Vehículo a la red de distribución. Autos estacionados se conectan a la red. Cuando la carga en las baterías está baja, la red los recarga. Cuando la carga es suficiente y la red necesita electricidad, una señal de la red autoriza a la batería a dar electricidad a la red.

Nota del editor: El Instituto para la Investigación de la Energía y el Medio Ambiente de manera atrevida ha ido a donde nadie más ha ido antes. En sociedad con El Instituto de Investigación de Políticas Nucleares, IEER publicó en Agosto del 2007 un estudio científico pionero. Un plan de cómo los Estados Unidos puede lograr reducciones de CO₂ – hasta cero – mientras que elimina gradualmente la energía nuclear. Este número especial de *Ciencia para la Acción Democrática* sirve como el Resumen Ejecutivo de ese reporte que fue publicado como un libro en Octubre del 2007. Materiales adicionales, incluyendo una guía para funcionarios electos para una economía de cero CO₂ sin energía nuclear, estarán disponibles en el sitio de Internet de IEER, www.ieer.org, en el futuro próximo.

Nota del Autor: Quisiera agradecer al Instituto de Investigación en Políticas Nucleares por haber patrocinado el proyecto que resultó en el libro del cual este número de *Ciencia para la Acción Democrática* (vol. 15, no. 1) está basado. Helen Caldicott fue la estrella que recaudó los fondos, proporcionó comentarios críticos y sugerencias y tuvo la visión para que se hiciera este estudio porque se necesita urgentemente. Las presentaciones de Helen y S. David Freeman en la conferencia de energía del NPRI en el 2006 y nuestras conversaciones privadas me inspiraron a escribir el libro.

Gracias a Julie Enszer por pastorear suavemente este proyecto de principio a fin. También quiero agradecer a Hisham Zerriffi, Jenice View y Paul Epstein, quienes, como miembros de la Junta Asesora del proyecto (en adición a Helen, Dave y otros), contribuyeron con valiosas ideas y críticas para el borrador del manuscrito y para este resumen. Sin embargo, ellos pueden estar o no de acuerdo con las recomendaciones o conclusiones en este resumen. El libro incluirá declaraciones de los miembros de la Junta Asesora que deseen comentar. Reconocimientos completos aparecerán en el libro.

Resumen de los Hallazgos Principales

1. Una meta de una economía de cero emisiones de CO₂ es necesaria para minimizar el daño relacionado al cambio climático.
1. Un límite duro en las emisiones de CO₂ esto es – un límite fijo que declina año con año hasta llegar a cero – daría a los grandes consumidores de combustibles fósiles una forma flexible para una terminar con sus emisiones de CO₂. Sin embargo, cuotas gratis, compensaciones que permitan emisiones por la reducción de un tercero, o intercambio internacional de cuotas, especialmente con países en desarrollo que no tienen el límite de CO₂, debilitaría y derrotaría el objetivo del sistema. Se debe establecer un límite físico basado en mediciones, con aplicación de las leyes apropiadas.
2. En los EE.UU. puede lograrse un sector eléctrico confiable con cero emisiones de CO₂ sin el uso de energía nuclear o combustibles fósiles.
3. El uso de energía nuclear trae consigo el riesgo de la proliferación, terrorismo y accidentes serios. Exacerba el problema de desechos nucleares y perpetúa las vulnerabilidades e inseguridades evitables del sistema de energía.
5. El uso de tecnologías de energía altamente eficientes y el diseño de los edificios, generalmente disponibles hoy, pueden facilitar grandemente la transición a una economía de cero emisiones de CO₂ y reducir su costo. Un incremento del dos por ciento anual en eficiencia por unidad del Producto Interno Bruto en relación a tendencias recientes resultaría en una reducción del uno por ciento del uso de energía por año, al mismo tiempo que proveería un crecimiento anual del 3 por ciento del PIB. Esto está claramente dentro de la capacidad disponible de desempeño tecnológico.
6. Los Biocombustibles, definidos ampliamente, podrían ser cruciales para la transición a una economía de cero emisiones de CO₂ sin efectos secundarios ambientales serios, o, alternativamente, pueden producir un daño colateral considerable e incluso muy dañino para el ambiente e incrementar la emisión de gases de invernadero. El resultado dependerá esencialmente de elecciones de política, incentivos e investigación y desarrollo tanto público como privado.
7. Gran parte de la reducción en las emisiones de CO₂ puede lograrse sin caer en multas por costos (como por ejemplo con iluminación y refrigeradores eficientes). El costo de eliminar el resto de las emisiones de CO₂ originadas en el uso de combustible fósil es probable que esté en el rango de los \$10 a \$30 por tonelada métrica de CO₂.
8. La transición a un sistema de cero emisiones de CO₂ puede hacerse de una manera compatible con el desarrollo económico local en las áreas que hoy producen combustibles fósiles.