

Aproximación teórica a los sistemas energéticos: bases y elementos para su modelación

LUIS ALBERTO ARROYO GONZÁLEZ¹
SALVADOR PENICHE CAMPS²

Resumen

Los modelos energéticos son la forma como están estructurados y funcionando los sistemas energéticos en todos sus procesos, esto nos permite el análisis, la simulación y la predicción de la generación y consumo de la energía. Pero también representa un esquema teórico por medio del cual visualizamos y entendemos de una forma más sencilla el comportamiento de los mismos modelos de energía en todos y cada uno de sus procesos. Los modelos energéticos permiten la representación gráfica, escrita o explicada del funcionamiento de los sistemas energéticos.

Palabras clave: modelos energéticos, sistemas energéticos, sostenibilidad energética, hidrocarburos fósiles.

Clasificación JEL: Q5, Q42, Q43, P28.

Fecha de recepción: 27/02/2017; fecha de aceptación: 30/03/2017.

1. Economista egresado de la Universidad de Guadalajara. Diplomado en Ciencias Económicas. Maestro en Relaciones Económicas Internacionales y Cooperación con énfasis en la Unión Europea y América Latina por la Universidad de Guadalajara. Actualmente es coordinador del Proyecto Humedal-Biofiltro Cuexcomatlán, en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, y representante de la Fundación Cuenca Lerma-Lago Chapala-Santiago, A. C. Correo electrónico: arroyo_luisa@hotmail.com
2. Profesor-investigador titular, Departamento de Economía, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: peniche@hotmail.com

THEORETICAL APPROACH TO ENERGY SYSTEMS: BASES AND ELEMENTS FOR THEIR MODELING

Abstract

Energy models are the way that energy systems are structured and functioning in all processes, this allows us to analyze, simulate and predict the generation and consumption of energy. But it is also a theoretical scheme through which we visualize and understand them in a simpler way the behavior of the same energy models in each and every one of their processes. The energy models are the graphical representation, the explained writing of the functioning and the representation of the energetic systems.

Keywords: energy models, energy systems, sustainable energy, fossil hydrocarbons.

JEL Classification: Q5, Q42, Q43, P28.

Introducción

En este artículo se presentan los conceptos y elementos de los modelos energéticos, así como su conceptualización y la explicación de los sistemas energéticos y sus partes como las fuentes fósiles y las diferencias teórico-conceptuales de los sistemas energéticos públicos, los sistemas energéticos privados y el diseño de las políticas medioambientales y energéticas. Se presenta también la teoría de la conceptualización de los modelos energéticos y su sostenibilidad, así como la parte que tiene que ver con la planificación energética. A su vez, se presentan los aspectos teóricos de los modelos energéticos sostenibles en el mediano y largo plazos, pero también los modelos energéticos y la transición energética. Además se designa un apartado para los modelos energéticos y la degradación ecológica, la cooperación energética como una estrategia para el desarrollo y la planificación de los sistemas energéticos.

Conceptualización de los modelos energéticos

Para poder entender con claridad qué es un “modelo energético”, el cual se basa en la forma como funcionan los “sistemas energéticos”, expondremos algunos conceptos teóricos y antecedentes investigativos sobre estos conceptos ordenadores.

Como lo señala el documento *Aportaciones al debate sobre energía* de la Fundación Sindical de Estudios Luis Moliner:

Los modelos energéticos se comenzaron a desarrollar con el fin de dar solución a la complejidad de la planificación de los sistemas energéticos y así evitar las consecuencias graves e incluso de alcance mundial derivadas de la toma de decisiones desfavorables en materia de energía.

En este sentido un modelo energético “es aquel que contribuye al bienestar de la humanidad, mientras se mantienen los recursos ambientales o institucionales y se asegura su distribución de forma justa en el sistema social” (Encuentro, 2015).

Nos referimos en la práctica a un modelo energético sostenible, el cual posee la característica del cuidado ambiental, es decir, de los recursos naturales, pero además debe ser un sistema que procure la asequibilidad de la energía a precios justos a los que pueda acceder el grueso de la población.

Un modelo energético por tanto será aquel que garantice el acceso a fuentes y formas de energía modernas, que tenga como esencia el impulso a la innovación.

Los sistemas energéticos, los modelos y sus partes

Las partes más representativas de los sistemas energéticos que nos ayudan a entender su funcionamiento son: la producción, el consumo, la disponibilidad de recursos de origen fósil, los precios de mercado, la emisiones de contaminantes como el CO₂ y otras sustancias tóxicas expulsadas a la atmósfera. Pero también la innovación de nuevas fuentes generadoras de energía, además de la pobreza energética tanto de los países como de la población, ya que los recursos energéticos de origen fósil se encuentran centralizados, lo que es causa de grandes monopolios de la energía; esto provoca que la producción de energía se encuentre bajo el control de las grandes empresas petroleras transnacionales. Por otro lado, las partes que conforman los modelos energéticos se basan en los componentes que poseen los sistemas de energía.

De esta forma explicaremos con base en diversos documentos lo que se entiende como sistema energético, que es la base para la conformación y representación de los modelos energéticos.

Los sistemas energéticos y las fuentes fósiles

Los sistemas energéticos basados en fuentes primarias agotables, es decir en combustibles fósiles, carbón, gas y petróleo, van a seguir dominando el mercado mundial energético, este sistema tiene ciertas características, entre ellas, baja eficiencia, agotabilidad y además ocasionan un grave deterioro al medio ambiente (Posso, 2000).

De esta forma podemos entender que la base del sistema energético para su funcionamiento son los combustibles fósiles, recursos naturales, que son fuentes primarias para la producción de energía.

“El sistema energético actual está conformado casi en un 80% por combustibles de procedencia fósil como lo son el petróleo, el carbón y el gas natural. El suministro de energía mundial se basa en este tipo de recursos” (Aguilar Peña, 1995).

El sistema energético se considera que es la base de un modelo centralizado de producción de recursos, pues éstos se encuentran concentrados en pocos lugares de la Tierra.

Uno de los grandes problemas de este sistema es que se estima que el consumo mundial diario equivale a la producción de un millón de años, que es lo que tarda la naturaleza en producir esos recursos. Por lo que se considera que es un sistema insustentable.

El *Libro del Programa de Ahorro de Electricidad* en Cuba para la enseñanza media señala que el actual sistema energético es la forma particular de obtener, transmitir y consumir la energía, su principal objetivo, el de los sistemas energéticos, es el de llevar a los usuarios finales los beneficios de la energía, esto con el fin de usarla para satisfacer las más diversas necesidades de la sociedad actual; a este proceso también se le denomina servicio de la energía (Ecured, 2016).

Ecured señala: “Una de las características del sistema energético contemporáneo son los continuos vaivenes de los precios, tanto de los combustibles como de la demanda de energía, a causa de guerras y crisis económicas”.

Según el documento *Ecured 2016*, el actual sistema energético contemporáneo nació y se desarrolló al mismo tiempo que lo hizo el actual sistema capitalista mundial, por tal motivo una de sus principales características es el de crearse bajo un monopolio en todo el proceso productivo energético, es decir, desde su extracción, distribución y consumo por los usuarios finales.

Como ya se ha mencionado, este documento también señala que una de sus principales características es su dependencia de los combustibles fósiles.

Esta dependencia de recursos fósiles a la que se hace referencia es del 80% de este tipo de recursos, el resto pertenece a la energía atómica, en mayor medida, y en menor medida a la generada a través de la biomasa y las renovables como son la solar, eólica y la hidroeléctrica.

Uno de los aspectos importantes de este sistema energético es su estrecha relación con el deterioro ambiental. Es bien sabido que el calentamiento global es causado por la quema de combustibles fósiles, los cuales generan altas concentraciones de CO₂ a la atmósfera, lo que daña seriamente al medio ambiente.

Por último, el documento sobre el sistema energético contemporáneo señala que “el sistema energético contemporáneo es derrochador, injusto, contaminante, insostenible e incompatible con los ciclos de la naturaleza”.

Europeo (2013) señala:

Un sistema energético sostenible, competitivo y seguro, es aquel que depende esencialmente de seguir una perspectiva general basada en la eficiencia energética, la creación de mercados competitivos basados en infraestructuras inteligentes, la diversificación de los combustibles y de las rutas de abastecimiento, la explotación de fuentes de energía convencionales y no convencionales y la innovación (Europeo, 2013).

Sistemas energéticos públicos, privados y el diseño de las políticas medioambientales y energéticas

La base del funcionamiento de los sistemas energéticos son los recursos naturales de origen fósil, petróleo, gas y carbón, los cuales son la fuente de generación de energía.

Uno de los aspectos fundamentales en los sistemas energéticos es el carácter de sus recursos, es decir, el origen de la propiedad de los mismos; por un lado hay sistemas energéticos que funcionan con recursos de carácter privado y, por otro, existen sistemas que operan con recursos de carácter público; esta distinción se refleja en la forma como funcionan dichos sistemas.

Los objetivos del sistema energético tanto privado como público son distintos. Por un lado los sistemas energéticos en los cuales los recursos fósiles son de carácter privado, obedecen a los intereses de las grandes empresas transnacionales, las cuales abogan por un sistema basado en la explotación de los recursos naturales de origen fósil de una manera intensiva e indiscriminada. “Para las grandes compañías petroleras, el objetivo principal es aumentar las ganancias y disminuir los costos, este imperativo es superior a cualquier otro ya sea de carácter social o medioambiental” (Peniche, 2012).

En los sistemas energéticos en donde los recursos fósiles son de origen público, los objetivos son diferentes: en ellos, aunque sea en el discurso se tiene una clara tendencia a la conservación de los recursos y a la disminución del consumo de energía, pero también a la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Las diferencias existentes en el origen de los recursos de origen fósil para la generación de energía hacen que el diseño de las políticas tanto medioambientales como energéticas sea de forma diferente. “El diseño de la política pública climática está condicionado por un crecimiento económico intensivo en energía” (Peniche, 2012).

Los formuladores de las políticas públicas climáticas no deben perder de vista este enfoque, es decir, las políticas tanto climáticas como energéticas deben realizarse en función del crecimiento económico de los países, independientemente del origen de los recursos.

Modelos energéticos y su sostenibilidad

En los párrafos anteriores hemos tratado de definir lo que se entiende por sistema energético. Los sistemas energéticos son la base de los modelos energéticos, es decir, la modelación energética es la representación de los sistemas energéticos, entendiendo a éstos como las diversas y diferentes partes que forman los sistemas energéticos, las cuales por definición contienen elementos que están relacionados e interactúan entre sí, para lograr un objetivo en común.

Actualmente cuando hablamos de modelos energéticos sustentables se hace referencia a la sostenibilidad de los mismos; entonces, al hablar de las partes relacionadas y de su interacción intersectorial hacemos la relación de la propia sostenibilidad del modelo energético.

Uno de los principales problemas de modelación energética radica esencialmente en qué tan sostenibles son. En este sentido, expondré algunos conceptos sobre la sostenibilidad de los modelos energéticos actuales.

Pedro Linares en su trabajo intitulado *La sostenibilidad del modelo energético español, diagnóstico y recomendaciones* dice: “un sistema sostenible es aquel que permite mantener un nivel de bienestar no decreciente en forma indefinida en el tiempo y de forma justa en la población”.

Al mismo tiempo Linares propone cuatro componentes de bienestar proporcionados por el modelo energético: 1. La energía como un componente esencial del desarrollo económico, vista ésta como un servicio, pero además: 2. La eficiencia y el coste energético. 3. El uso de la energía como una variable capaz de reducir el capital ambiental; la forma en que se aprovecha dicha energía como una consecuencia del capital tecnológico, y por último hace referencia a 4. La seguridad energética, refiriéndose al aseguramiento del suministro de ella misma hacia la sociedad (Linares, 2012).

Por su parte, Natalia Fabra señala: “modelo energético sostenible es aquel que se basa en la garantía de suministro de la eficiencia económica y el respeto al medio ambiente”. De igual forma sostiene que difícilmente se pueden alcanzar estos tres objetivos (garantía de suministro, eficiencia económica y respeto al medio ambiente) sin que se traduzca en un alto costo para los consumidores; por otro lado, sin una repercusión importante en la competitividad de la economía. Fabra dice que uno de los problemas para el alcance de estos objetivos es la incompatibilidad entre los mismos (Fabra, 2010).

Por su parte, la inversión en las energías renovables deberá ser parte fundamental en un modelo de sostenibilidad, en el cual se pueda reducir el costo de la generación de energía actual, ya que éste actualmente tiene excesos en la retribución, lo que se traduce en un coste mayor, reflejado en la generación de energía.

La asociación española para la calidad, en su documento *Modelos energéticos sostenibles* lo define como “aquel que asegure un crecimiento económico con fuentes energéticas seguras y de alto rendimiento y sea compatible con un medio ambiente limpio”.

En el documento citado se habla de que el actual modelo energético es un modelo “insolidario e injusto”, ya que según las estadísticas del *World Energy Outlook* de 2004, el 15% de la población consume el 53% de energía, mientras que el 85% de la población permanece en pobreza ya que no tiene suficiente acceso a fuentes energéticas.

Por otro lado, señala que el modelo actual es un modelo centralizado ya que no cuenta con una diversificación adecuada de las fuentes de energía, pues éstas se encuentran concentradas sólo en algunos lugares del planeta, además de registrarse una importante dependencia de los recursos naturales de origen fósil, lo que impacta directamente a la naturaleza.

Sobre la seguridad energética del actual modelo, éste se deriva directamente de la misma dependencia energética, lo que representa afectaciones a la economía global producto de la volatilidad en los precios del petróleo (Energía, 2004).

La Fundación de Energías Renovables (FER), en su propuesta de política energética *El camino hacia un modelo energético sostenible* apunta que el modelo vigente ha comenzado a gestar la idea del respeto al medio ambiente a partir de las políticas de ahorro y eficiencia energética y la utilización de fuentes renovables. Por lo anterior surge la necesidad de transitar hacia un modelo libre de las energías fósiles o de una economía descarbonizada.

En el documento se señala que existen tres razones que justifican la necesidad y la implementación de un modelo energético sostenible: una estrategia social y una necesidad medioambiental; en segundo lugar, sería un cambio viable por el inmenso ahorro y la eficiencia que representaría un cambio a las renovables; y en tercero, una gran oportunidad para cambiar el modelo productivo actual.

Esto es una necesidad en todo el mundo, ya que esto ayudaría a reducir la dependencia energética de los países que se encuentran en esta situación, además de que ayudaría a la disminución de los gases de efecto invernadero (Renovables, 2011).

La planificación energética

Nehils Bhor propone un modelo para la evaluación de estrategias energéticas, el cual se basa en un modelo de desarrollo sostenible para el sector de la energía a nivel mundial.

Bhor señala que la modelación energética desde su conceptualización está mal diseñada, pues este concepto debe cambiar de “modelos de desarrollo económicos y energéticos” a “modelos de desarrollo energético con evaluación de la sostenibilidad”.

Bhor señala que se debe de pasar de un modelo que represente al sistema económico como regente o regulador del subsistema energético, a un modelo que represente el sistema energético, para predecir lo que acontece en otros subsistemas, los cuales se encuentran interrelacionados entre sí, como lo son el sistema social, el sistema medioambiental y el sistema económico.

En su trabajo Bhor dice que es evidente que si la finalidad del sistema energético es la de dotar al ser humano de energía, se debe empezar por el ser humano como base del sistema energético, pero también como fin; éste es —dice Bhor— el nuevo paradigma.

Este nuevo paradigma al que se refiere Bhor refleja la necesidad de plantear algunos conceptos básicos, como lo son que: “la energía se utiliza para satisfacer las necesidades del ser humano y la forma de dicha satisfacción determina el patrón energético que cada sociedad establece, junto con los recursos energéticos de los que dispone” (Bhor, 2012).

En este sentido, se señala que la planificación de un modelo energético debe comenzar con un análisis de la necesidad energética de cada sociedad, continuar con el análisis a fondo sobre las fallas que represente al modelo y los puntos que son posibles mejorar. Una vez identificado esto, se debe diseñar un “modelo meta” o un modelo —dice Bhor— que se desee alcanzar.

El segundo pilar a tomarse en cuenta, después del ser humano, sería el desarrollo sostenible, pero esto implica sin duda todo un reto, ya que si el concepto de sostenibilidad se entiende como el de asegurar el desarrollo actual, es decir, de la generación presente sin comprometer el desarrollo de las generaciones futuras, es una labor incommensurable, ya que esto implica el tomar en cuenta conceptos filosóficos que se encuentran interrelacionados, los cuales ejercen un papel sumamente importante, como lo son: “la justicia, igualdad, fraternidad, respeto y libertad” (Bhor, 2012).

Para concluir, Bhor propone cuatro pasos a seguir, los cuales deberán ser tomados en cuenta a la hora de realizar la modelación de los sistemas energéticos:

1. El consumo energético.
2. Las reservas energéticas y tecnológicas existentes.
3. Los recursos energéticos restantes.
4. La determinación de las consecuencias del escenario.

El primero es determinar el “consumo energético”, pero no partiendo desde una perspectiva económica, sino concretamente partiendo desde la expectativa del crecimiento económico.

El segundo paso es determinar “las reservas energéticas y tecnológicas existentes”; este paso es de suma importancia y de cuidado, ya que la determinación de las reservas energéticas se debe realizar desde una perspectiva de análisis estático, es decir, no se deben contemplar éstas en crecimiento o aumento.

No se deberá realizar con la perspectiva de que se encontrarán, por ejemplo, nuevos yacimientos o con la idea de que las nuevas técnicas permitirán el mejor o mayor aprovechamiento de los mismos. Esto, dice Bhor, es esencial para la veracidad del mismo en un contexto de sostenibilidad del modelo.

El tercer paso tiene que ver con la determinación de “los recursos energéticos restantes”; este paso debe realizarse haciendo un cruce de datos entre nuestro consumo energético previsto y su modelo de satisfacción, con los recursos existentes.

El cuarto paso consiste en determinar “las consecuencias del escenario”. Esto nos sirve para establecer primero un escenario y después estimar las consecuencias que de él se derivan.

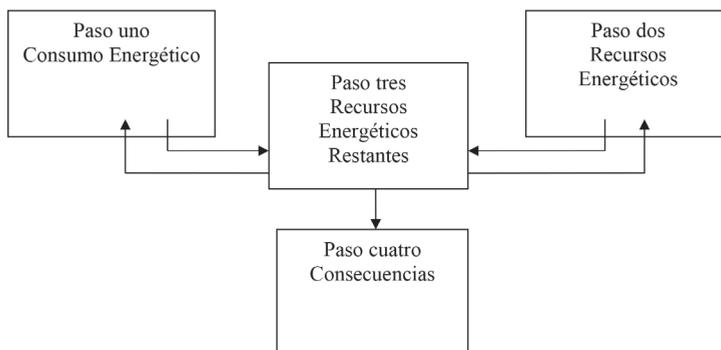
Esta determinación se debe realizar bajo tres escenarios cuantificables: primero, algunos indicadores sociales; segundo, el coste económico del modelo planteado bajo la premisa de un sistema energético y sus consecuencias probables en otros sectores; y tercero, las repercusiones ambientales, las cuales tienen que ver directamente con indicadores sobre la emisión de contaminantes y sus posibles consecuencias en otros sectores o ecosistemas, pero que son generados directamente del sistema energético, señala Bhor.

Para este autor los modelos actuales sólo se centran en la cuestión económica, ya sea como eje o como consecuencia; sin embargo, esto los descalifica como modelos de sostenibilidad.

El objeto de crear un modelo energético sostenible —dice Bhor— que estudie el factor económico es lo deseable para la modelación de un sistema energético, pero no

debe pretender ser una previsión económica en sí: “los modelos energéticos sólo deben prever los costos de los escenarios y con ellos los economistas tendrán que determinar si las previsiones de crecimiento para los próximos años son compatibles o no”.

Esquema del modelado energético propuesto por Bhor:



Los modelos energéticos sostenibles en el mediano y largo plazos

Por su parte, Cabal y Lechón sostienen que “La energía es fundamental para el desarrollo de la economía y la garantía del bienestar social de un país”.

A su vez, las autoras de este artículo hacen referencia al sistema energético y señalan que éste debe basarse en el desarrollo sostenible, pero a su vez deberá de ser respetuoso del medio ambiente; pero además el sistema garantizará el suministro constante, ayudando sin duda a un incremento de la competitividad de la economía.

Según el sistema energético español, posee características como lo son: la dependencia del exterior, en lo relacionado con el sistema de abastecimiento energético. A su vez, el sistema energético español posee una alta intensidad energética, es decir, un alto consumo energético por unidad de producto interno bruto. Otra de las características del actual sistema es la alta participación de las energías fósiles; se hace referencia a una dependencia del 80%.

Por otra parte, señalan que la falta de claridad en la política energética en cuanto al uso y aprovechamiento de la energía nuclear, es sin duda un tema que genera incertidumbre en el *mix* energético español, ya que el posible cierre de este tipo de centrales es una cuestión que repercutirá en la cantidad de energía producida en España. Por lo que su déficit puede afectar la economía del país.

Ante estos señalamientos queda de manifiesto la insostenibilidad del sistema energético español y se pone de manifiesto la necesidad de dar un giro hacia un sistema energético sostenible a través de cambios tanto en la oferta como en la demanda; estos cambios deben basarse en el sistema energético actual y “en su capacidad para crecer con todas las alternativas tecnológicas posibles, presentes y futuras, así como las obligaciones en materia ambiental” (Cabal, 2011).

En este sentido, las autoras proponen un modelo energético con las siguientes bases:

Un modelo energético es una representación matemática de un sistema energético. Hay muchos tipos de modelos energéticos, pero nos ocuparemos de los modelos energéticos de optimización que sirven para la representación, y análisis. Entendemos por optimización la maximización del beneficio total (consumidor y productor) dadas las características del sistema energético (tecnologías, recursos) y satisfaciendo las demandas de servicios energéticos finales y cualquier otra restricción medioambiental (emisiones de CO₂), económica o política (Cabal, 2011).

Los modelos energéticos y la transición energética

La Fundación Focus-Abengoa define al modelo energético actual por sus características. Se hace referencia a éste en los siguientes términos: se caracteriza por

[...] el uso de energías convencionales y grandes infraestructuras de generación, como térmicas y nucleares. Para transitar a uno que se cimiente principalmente en las energías renovables la eficiencia energética y la coexistencia de instalaciones de gran tamaño con soluciones distribuidas próximas al consumidor final (Fundación, 2015).

El mismo documento destaca la necesidad de una transición energética, pues el actual modelo energético genera una importante dependencia, pero además también causa un fuerte deterioro ambiental que provoca enfermedades a las personas.

Es necesario un cambio de modelo, ya que el actual genera riesgos económicos, financieros y tecnológicos, pero además se habla de la ineficiencia en el consumo de energía, problemas geopolíticos y volatilidad en los precios, todo esto por la subordinación del modelo energético de cumplir con la incesante y creciente demanda de hidrocarburos, sin contemplar los procesos de la biosfera y su misma generación.

Resulta una necesidad el asumir “políticas que favorezcan la investigación, el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías” (Fundación, 2015).

Gilberto Cervinski señala que el concepto de modelo energético “tiene diferentes significados para los actores situados en polos antagónicos” (Cervinski, 2013).

Según Cervinski, el concepto de modelo energético se relaciona de manera paralela con la política necesaria para el desarrollo de las fuerzas productivas que se requieren en los países para preservar el respeto al medio ambiente y la soberanía nacional, pero esto no es así para los sectores que controlan el sector de la energía.

Cervinski señala que el concepto hace referencia a la forma en que se desarrollan las fuentes de energía, es decir a la llamada matriz energética; estos sectores productivos tienen un claro propósito, que es de satisfacer la demanda de mercado generada por las grandes corporaciones a cualquier precio.

Para Cervinski la energía es la gran fuerza que impulsa el desarrollo de las grandes corporaciones. Su importancia es estratégica y se relaciona con la producción de valor

en la sociedad moderna, es central para la reproducción del capital, pues ésta es la base de la productividad de los trabajadores (Cervinski, 2013).

El autor señala que bajo el actual modelo energético se genera riqueza, pero además es la base del bienestar de las personas; sin embargo, este modelo requiere de fuentes de energía, es decir, recursos naturales para su generación.

El actual modelo energético de patrón y herencia autoritaria tecnocrática y neoliberal se encuentra al servicio de las grandes corporaciones transnacionales y su modelo de desarrollo: “El bien público sirve a los intereses de una minoría sobre todo en el sector financiero y sus mecanismos. Este modelo afecta en gran medida a la población” (Cervinski, 2013).

Una de las características del modelo energético es que la energía como tal es vista más como una mercancía que como un bien público; esto por supuesto, según Cervinski, es la causa de la generación de injusticias las cuales repercuten de manera directa en la población.

Esta forma de percibir al sector energético en su modelo, sin duda provoca que en ninguno de los procesos relacionados con la generación, transmisión y distribución de energía se tome en cuenta al medio ambiente, que es la fuente de los recursos necesarios para su propia generación.

Es decir, el modelo no contempla en ningún caso la sostenibilidad social o ambiental, sino más bien el modelo está comprometido con el “progreso económico, medido por el rendimiento final y fantaseado en la renta per cápita, la cual oculta quién se apropia de la riqueza” (Cervinski, 2013).

Para este autor la privatización en la generación de energía actualmente se ha convertido en un modelo energético que obedece a los intereses de los empresarios; se han creado leyes y estructuras que dejan de lado el debate político en los temas de energía, como si este tema fuera puramente técnico; señala que éstas son las estrategias y herramientas adoptadas por el gobierno para justificar la legalización del modelo energético privado.

Finalmente, Cervinski destaca:

Creemos que el problema central de la energía es la política del modelo energético. No quiero hablar sólo de la matriz, a pesar de su importancia. Actuar en política energética requiere incidir decididamente en la planificación, organización y control de la producción y distribución de energía, de la riqueza generada y el control de las reservas estratégicas de energía de base de alta productividad natural (Cervinski, 2013).

Los modelos energéticos y degradación ecológica

Rosa Lago e Iñaki Bárcena (2008) hacen referencia a un cambio de modelo energético, ya que el actual ha generado una gran deuda ecológica; este concepto da la oportunidad de contar con nuevas herramientas que permitan la gestación de un nuevo modelo de política económica que sea la interconexión entre el problema de deuda

externa y cambio climático, pero a su vez éste debe ser un tipo de reestructuración ecológica con una visión de sustentabilidad (Lago y Bárcena 2008).

Los flujos energéticos al mismo tiempo que los flujos de comercio internacional y la cooperación internacional para el desarrollo, deben ser vistos en conjunto, este tipo de visión puede generar un nuevo paradigma en el comportamiento social, económico y político.

De acuerdo con este autor, la deuda ecológica generada entre las naciones y las injusticias entre las relaciones norte-sur nos muestra claramente el reconocimiento del desequilibrio en el uso de los recursos naturales y la contaminación producida, por lo que se visualiza la necesidad de la implementación de nuevas políticas económicas y ambientales que impidan la generación de más o nueva deuda ecológica.

Lago y Bárcena señalan que los países que muestran una alta dependencia de los recursos de origen fósil deben asumir este tipo de medidas, es decir, abandonar su modelo energético actual y reconvertir su modelo hacia uno basado en la sostenibilidad, es decir en fuentes de energía renovable.

En este sentido, los autores hacen mención a una serie de medidas, las cuales deberían de implementarse ante esta situación, como, por ejemplo: cambios en tecnologías más eficientes, pero también se debe incentivar de una forma muy importante el ahorro y la eficiencia de la energía. Algunas sociedades industriales como la europea y en particular, la española, han empezado a promover este tipo de medidas desde los gobiernos centrales, pero no se ha podido disminuir “la escalada del consumo energético” (Lago y Bárcena, 2008).

Los autores hacen referencia al alemán Hermann Sheer y dicen que en su libro *Economía solar global* este premio Nobel alternativo señala: en un orden sostenible de mercado se tienen que eliminar las reglas que repercuten en los recursos naturales de los países y sólo debe limitarse a los productos técnicos, es decir, favorecer los recursos de extracción doméstica frente a los importados, alimentos básicos, energía y materias primas. En el campo energético esto implica basarse en las energías renovables, es un modelo basado en la soberanía energética y alimentaria.

En este sentido se propone un nuevo modelo energético, como un sistema basado en la energía solar, el cual tiene en cuenta las necesidades y los recursos locales.

Uno de los principios básicos de este modelo es que la energía debe consumirse en los lugares más próximos al de su generación, con lo que se evitan pérdidas en el transporte y distribución de energía. Pero, además, los países que poseen reservas importantes de recursos de origen fósil se verían más seguros, señalan Lago y Bárcena: “si el mundo dependiera menos del petróleo y gas natural, a la vista de los conflictos bélicos desencadenados por el control de estos recursos” (Lago y Bárcena, 2008).

Los autores terminan afirmando que actualmente los propios poderes económicos y políticos están reconociendo que se ha llegado a una inminente escasez de los recursos fósiles convencionales, por lo que se está recurriendo a las energías renovables para compensar la demanda de energía en el actual sistema capitalista.

Actualmente nos encontramos en la fase de mayor expansión del sistema y en la de mayor consumo de energía, por lo que resulta inminente una revisión del uso que

le podamos dar al tipo de energías renovables en un sistema representado por un modelo sostenible.

La combinación óptima entre el consumo de energía necesaria y lo vigoroso de las energías renovables para el beneficio del desarrollo humano nos clarifica el panorama futuro. Esto nos garantiza el que las energías renovables pueden sin duda sostener las necesidades básicas energéticas de producción y consumo en un modelo de desarrollo sostenible, que garantice la soberanía y seguridad entre los bienes básicos, concluyen las autoras.

La cooperación energética, una estrategia para el desarrollo

K. Domínguez señala que el actual modelo energético está en su fase de agotamiento y en crisis, tanto por el impacto de las energías fósiles en el medio ambiente, como por su alto consumo y la inequidad en el acceso de energía, por lo que se necesita de una transición a un nuevo modelo energético basado en energías renovables (Domínguez, 2007).

El incipiente crecimiento de las economías en China y la India pone de manifiesto la alta correlación existente entre éstos y la demanda o consumo de energía. Aunado a esto, la generación de energías renovables aún no es suficiente para sostener el modelo actual de crecimiento económico.

Según Kenneth, el modelo energético actual está generando tres grandes consecuencias: competencia geoestratégica entre las potencias por las últimas reservas de hidrocarburos a bajo coste, cambio climático, y pobreza energética.

En su estudio Kenneth nos habla de la necesidad de crear una “estrategia energética global” que permita el cambio hacia un “modelo energético sostenible”. Para poder lograr una estrategia global, se necesita que ésta se forme por un agregado de reglas internacionales o propuestas multilaterales, las cuales deberán estar relacionadas, pero además deberán estar permeando todos los temas, como lo son el económico, el social y por supuesto el ambiental.

Estos temas en conjunto conforman la sostenibilidad energética y deben poseer un alcance global (Domínguez, 2007).

La planificación de los sistemas energéticos

Bravo (2002) señala que uno de los objetivos básicos de la planificación energética, la cual entendemos como la modelación de un sistema energético, es la de satisfacer la demanda de energía atendiendo a dos principios básicos de la economía: uno que es atender la demanda efectiva de energía del modo más económico posible, es decir a precios accesibles, y dos, asegurar el suministro de una manera constante y segura. Además, se sumaron los conceptos de “eficiencia, ahorro e independencia energética; y, más recientemente, el de compatibilidad medioambiental” (Bravo, 2002).

Conclusiones

Este artículo sirve para entender la forma en cómo se conceptualizan los modelos energéticos, los cuales son la representación de los sistemas energéticos y sus partes, éstos nos ayudan para la realización de una adecuada planificación energética, al entender su funcionamiento tanto en el mediano como largo plazo, lo que nos da las herramientas necesarias para entonces desarrollar modelos energéticos sostenibles.

Dentro de la conceptualización de los sistemas energéticos abiertos, nos encontramos con los modelos energéticos, los cuales se caracterizan por contar con la entrada o recogida de combustibles fósiles, que mediante su procesamiento se convierten en energía. Esta energía es la base necesaria para producir fuerza o movimiento, es el combustible requerido para la puesta en marcha de la maquinaria indispensable para la producción.

Los modelos energéticos también contemplan la parte del medio ambiente, para su funcionamiento. La relación existente entre el subsistema medioambiental y el subsistema energético es la base para la modelación energética. El medio ambiente es la base de los recursos de origen fósil. Es el medio ambiente el productor de los recursos fósiles y a su vez es el receptor de los residuos generados en su quema, es decir en el proceso de producción.

La planificación de los sistemas energéticos obedece a la necesidad de satisfacer la demanda de energía de una manera constante en dos direcciones, una que se refiere al aspecto económico, y la otra es la manera de asegurar el suministro de la misma energía.

El modelo energético actual acarrea consecuencias en el uso de los combustibles de origen fósil, ya que el uso de estos hidrocarburos ocasiona daños medioambientales por su uso intensivo. La explotación de forma indiscriminada ha ocasionado la generación de CO₂ de una manera más rápida que el que la misma naturaleza por medios físicos y químicos puede absorber.

Es necesario empezar a gestar la transición del modelo energético, del actual basado en hidrocarburos de origen fósil, a uno nuevo basado en las energías alternativas o llamadas verdes, en el que la generación de energía no impacte al medio ambiente de una forma negativa.

Tal parece que la solución se encuentra en la energía verde, la que se considera es más amigable con el medio ambiente. Un modelo energético sostenible será el que garantice la asequibilidad de la energía a la mayoría de la población sin que se impacte de manera intensa al medio ambiente, que garantice también la conservación de los recursos naturales sin afectar a las generaciones futuras y que tenga como característica la menor exposición de gases de efecto invernadero, principalmente el CO₂.

En su obra sobre la economía ecológica, Alier expone el marco para entender el papel de la energía en las actividades humanas, pero también para comprender los problemas ambientales generados a partir de la explotación de recursos naturales, lo que pone en entredicho la supuesta sostenibilidad del modelo energético actual.

Alier se refiere al hecho de que con el modelo energético vigente o actual se ha estado explotando recursos naturales de una forma indiscriminada. El hecho es que la extracción de combustibles fósiles se realiza de una manera más rápida que el de su propia generación.

El sistema económico neoclásico es un sistema cerrado a la entrada de energía y a la salida de residuos, este sistema funciona como un mecanismo de mercado donde no se toman en cuenta las llamadas externalidades ocasionadas. En este sistema es necesario contar con un suministro constante de energía, en el que se considera a la misma naturaleza como infinita. Esto es un supuesto inexistente en el modelo económico neoclásico y en la conceptualización del modelo energético mundial actual.

En el modelo de economía ecológica sí se contempla la entrada de energía proveniente de la naturaleza, finita por supuesto, y la salida de residuos y materiales, además del calor disipado; es decir, este modelo sí toma en cuenta las externalidades ocasionadas en el sistema de producción, por lo que se considera es un modelo sin duda más realista, el cual tiene en cuenta para su funcionamiento las leyes de la termodinámica.

Es esencial tratar de deducir cuáles son los intereses de las grandes compañías multinacionales y transnacionales en el sistema energético mundial actual.

Uno de los problemas del actual sistema energético es que no toma en cuenta las leyes de la naturaleza en la producción de energía. Es decir, no toma en cuenta los procesos biofísicos, el actual modelo no toma en cuenta los principios de la termodinámica. Los límites del sistema energético no son los apropiados por que no incluyen a la biosfera, la cual nos proporciona la materia, los insumos y la energía necesaria para los procesos productivos, mientras que los desechos de los procesos productivos son depositados en sumideros.

El sistema energético actual posee algunos supuestos que son tomados como hechos y no como hipótesis; es el caso de pensar que los recursos naturales son infinitos como un hecho y no como una hipótesis, como lo es la agotabilidad de los recursos naturales.

Charles Hall propone un modelo energético que se basa en un sistema abierto a la entrada de energía y a la salida de materiales. Es decir Hall incluye a la naturaleza en el proceso de producción.

Es de suma importancia el incluir al factor energía como uno de los factores en la función de la producción; sin duda, para poder explicar cómo se genera la riqueza en el proceso de producción se debe analizar la contribución de la energía. Es un hecho que el crecimiento económico de los países está acompañado y tiene una relación directa con la cantidad de energía necesaria para la producción.

La energía y sus leyes, las de la termodinámica, deben ser consideradas como elementos clave en los procesos productivos; no sólo son la tierra, el trabajo y el capital, como lo enseña la economía clásica, sino que es la energía el aspecto clave y el factor más importante de cambio en el proceso productivo. Esto sin duda explica el origen de la producción como fuente de la riqueza, pues sin ella no sería posible dicho proceso.

El modelo energético mundial y los problemas sociales, ambientales y económicos son ocasionados por no tener consideradas las leyes de la termodinámica. Uno de estos hechos es el de no tomar en cuenta la entropía, que se entiende como el calor disipado; este calor no puede ser utilizado para generar más trabajo, por lo que la entropía se convierte en contaminación; al no ser tomada en cuenta ocasiona un agotamiento de los recursos naturales, impactando de manera directa a los combustibles fósiles.

Por esto es que se tienen que realizar innovaciones tecnológicas más eficientes en el uso de la energía, así como el hecho de considerar a la naturaleza en los modelos energéticos para controlar la entropía generada, al mismo tiempo que se genere más riqueza.

Para concluir, según Hall en los procesos económicos se tiene que examinar la parte de producción física en la que intervienen la energía, los materiales y los *stocks* de recursos naturales, es decir se busca complementar la economía de los biofísicos con la economía social, evitando así la escasez de recursos, el desempleo y la contaminación ambiental.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, Juan D., y Peña, A. G. (1995). *Riesgos del sistema energetico actual. Una estrategia solar para JAEN*. Recuperado el 20 de 04 de 2016, de https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/08_lecciones/01_leccion/www/riesgos_del_sistema_energetico_a.htm
- Alier, J. M. (1998). *Curso de economía ecológica*. México, DF: Serie Textos Basicos para la Formacion Ambiental.
- Amin, S. (2004). Geopolítica del imperialismo contemporáneo. En A. A. (Comp.), *Nueva hegemonía mundial. Alternativas de cambio y movimientos sociales* (p. 208). Buenos Aires, Argentina: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO).
- Bhor, N. (2012, marzo). *eltroidesdesucaverna.com*. Recuperado el 28 de 04 de 2016, de <http://eltroidesdesucaverna.com/archivos/m175120312.pdf>
- Bravo, J. D. (2002). *Biblioteca.ucm.es*. Recuperado el 03 de 05 de 2016, de <http://biblioteca.ucm.es/tesis/ghi/ucm-t26315.pdf>
- Cervinski, G. (2013, 14 de octubre). *mabnacional.org.br*. Recuperado el 21 de 04 de 2016, de <http://mabnacional.org.br/noticia/el-actual-modelo-energ-tico-brasile>
- Charles, A. S., y Hall, D. I. (2007). The need to reintegrate the natural sciences with economics. En Leclerc, G., *Making World Development Work* (pp. 75-89). Nuevo México: Charles A. S. Hall y Gregorie Leclerc.
- Domínguez, K. R. (2007). *eprints.ucm.es*. Recuperado el 02 de 05 de 2016, de <http://eprints.ucm.es/7550/>
- Ecured. (s/f). *Ecured*. Recuperado el 20 de 04 de 2016, de http://www.ecured.cu/Sistema_energ%C3%A9tico_contempor%C3%A1neo

- Encuentro, F. (2015). *Fundación Encuentro*. Recuperado el 21 de 04 de 2016, de <http://www.informe-espana.es/energia-y-sostenibilidad/>
- Energía, F. B. (2004). *aec.es*. Recuperado el 26 de 04 de 2016, de http://www.aec.es/c/document_library/get_file?p_l_id=33948&folderId=221070&name=dlfe-6610.pdf
- Europeo, C. A. (2013, 22 de mayo). *Política energética y desafíos*. Recuperado el 21 de 04 de 2016, de http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/energy2_es.pdf
- Fabra, N. (2010). *www.fedea.net*. Recuperado el 26 de 04 de 2016, de http://www.fedea.net/reformasestructurales/pdf/modelo_energetico_sostenible.pdf
- Fundación, F. A. (2015). *Transición energética*. Recuperado el 29 de 04 de 2016, de <http://www.transicionenergeticaycc.org/web/es/transicion-energetica/>
- Helena Cabal, Y. L. (2011). *Revista Ambienta*. Recuperado el 28 de 04 de 2016, de <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Cabal.htm>
- Lago, Rosa, y Bárcena, Iñaki. (2008). *pendientedemigracion.ucm.es*. Recuperado el 02 de 05 de 2016, de http://pendientedemigracion.ucm.es/info/ec/ecocri/cas/Lago_Y_Barcelona.pdf
- Linares, P. (2012, enero). *eforenergy.org*. Recuperado el 27 de 04 de 2016, de <Http://www.eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/wp12012.pdf>
- Madruga, R. P. (s/f). *Centro de Investigaciones de la Economía Mundial*. Recuperado el 2015 de septiembre de 15, de www.cubasolar.cu/biblioteca/escolar/escobar20/html/articulo01.htm
- Maremundi.com. (2005). *Maremundi.com*. Recuperado el 7 de octubre de 2015, de <http://www.maremundi.com/hidrocarburos.asp?id=3>
- Peniche, I. G. (2012, 20 de abril). *Scielo*. Recuperado el 25 de 04 de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-35502012000300003&script=sci_art-text
- Posso, F. (2000). Energía y ambiente: Pasado, presente y futuro. Parte uno: Sistema energético basado en fuentes fosiles. *Geoenseñanza*, pp. 197-228.
- Renovables, F. (2011, agosto). *Fundación renovables.org*. Recuperado el 26 de 04 de 2016, de <http://www.fundacionrenovables.org/wp-content/uploads/2011/09/propuestas-pol%c3%adtica-energ%c3%a9tica-fundaci%c3%b3n-renovables-06-09-11.pdf>