

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL MODELO ENERGÉTICO MUNDIAL: SUMINISTRO DE ENERGÍA.

Autor: Segura Melgosa, Gastón.

Directores: Pérez Arriaga, Ignacio.

Hierro Ausín, Ignacio.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

La primera definición internacionalmente reconocida de desarrollo sostenible se encuentra en el documento conocido como *Informe Brundtland* (1987), fruto de los trabajos de la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumiría en el Principio 3 de la Declaración de Río (1992): “aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”.

Partiendo como base de este concepto, el proyecto examina qué factores condicionan la sostenibilidad del modelo energético mundial, sabiendo que existe un considerable consenso entre los científicos y expertos sobre las consecuencias negativas del abuso que actualmente se hace de los recursos naturales y más en concreto de los energéticos.

Este proyecto de final de carrera tiene el objetivo de analizar cómo se suministrará la energía en el mundo, así como sus implicaciones económicas y medioambientales –en particular sobre el cambio climático-, a través de un modelo programado en *Vensim* (un programa de simulación dinámica). Forma parte, junto con otros dos proyectos, de uno global que trata de modelar todo el sistema energético hasta 2100. Uno se encarga de la demanda de energía, otro de los recursos y el último (el que se describe a continuación) del suministro.

Para el modelado se ha dividido el mundo en tres regiones: los países desarrollados, los países en desarrollo y las economías en transición; y en tres sectores: el industrial, el residencial y el transporte. Más que alcanzar resultados concretos cuantitativamente precisos, el objetivo es el de analizar y comprender las tendencias, las dificultades y los retos (referentes al sistema energético) a los que se

enfrenta la humanidad en este nuevo siglo. Las hipótesis del modelo se han basado en el escenario de referencia o “business as usual” planteado en documentos como el *WEO 2006* y el *WETO-H2* (algo más optimista). Con estos datos iniciales y examinando la literatura existente que se ha considerado más oportuna, se ha definido la evolución de cada uno de los factores que intervienen en el sistema.

En este módulo (el de suministro) se estudia la forma en que se cubrirá la demanda de energía de cada uno de los sectores y cada una de las regiones, de acuerdo con las limitaciones ambientales y la cantidad de recursos disponibles. Las limitaciones ambientales vienen definidas por la cantidad de CO₂ que se puede emitir antes de superar un valor que haría, según los expertos del *IPCC*, aumentar la temperatura media global en más de 2°C. La demanda de cada región y de cada sector viene dada por las predicciones del módulo de demanda y la cantidad de energía primaria disponible, por el módulo de recursos.

La demanda de energía va a aumentar mucho durante el periodo de estudio. Esto es debido a varios factores entre los que destacan el crecimiento de la población, el aumento de la energía consumida por cada persona y a que países en desarrollo, como China e India, van a crecer de una forma muy intensa durante las próximas décadas. Cabe mencionar que actualmente casi un tercio de la población mundial pertenece a estos dos países.

Para satisfacer esta creciente demanda, el sistema de suministro de energía tiene que evolucionar hacia una situación más justa y sostenible. Para ello, se están tomando diversas medidas a nivel mundial, entre las que se puede destacar el *Protocolo de Kyoto*.

Lo que se ha hecho para modelar el módulo de suministro, es analizar las tendencias que se estima que van a seguir cada una de las tecnologías y formas energéticas en cada uno de los sectores y prolongarlas en el tiempo hasta el año 2100. Se le ha dado especial importancia al hidrógeno, a pesar de que existen serias dificultades técnicas y económicas para su implantación. La energía nuclear será otra de las candidatas a reducir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, aunque por otra parte genera residuos radiactivos, lo que la convierte en una alternativa con la que hay que tener sumo cuidado. El parque nuclear se prevé que descenderá ligeramente durante los próximos años para aumentar hacia el año 2040, cuando la IV Generación de reactores nucleares pueda estar lista.

El suministro de energía se ve limitado por el máximo incremento tolerable de la temperatura media global. Esto implica que debe reducirse en gran medida el consumo de los combustibles fósiles, que por

otra parte no son ilimitados. La limitación en la cantidad de recursos disponibles viene dada por el módulo de recursos. Este módulo evalúa además, el precio al que podrán ser extraídos.

Otra de las tecnologías que se han analizado es la del secuestro y almacenamiento de CO₂. Aunque es una medida mitigadora, que no trata de reducir la cantidad de emisiones mediante un cambio estructural en el sistema, será una muy buena ayuda para reducir las emisiones atmosféricas. Tampoco está disponible actualmente en forma comercial, pero se prevé que a partir de 2020 lo esté.

Con los datos introducidos en el modelo, se comprueba que las emisiones de CO₂ no cumplen las exigencias medioambientales (en 2050 las emisiones son el doble de las que deberían ser). Los resultados obtenidos prevén que la concentración de CO₂ a finales de este siglo alcanzará unas 750 ppm y que esto llevará a un incremento de la temperatura media global de casi 4°C.

Un aumento de la energía suministrada por las centrales nucleares o las energías renovables mitigaría este problema. Por cada Mtep generada con estas tecnologías (siempre que sean los combustibles fósiles los que dejen de generar) se ahorrarían unas 2,5 MtCO₂. Sabiendo que al final de siglo (siempre que se sigan las hipótesis consideradas) se superará la cifra permisible en 15000 MtCO₂, se obtiene una idea del tipo de medidas que se requieren, sabiendo que, con este ratio de emisiones por energía producida, una central nuclear de unos 500 MWe evita que se emitan unas 3 MtCO₂ al año (se necesitaría instalar 5000 de estas centrales para acabar con el problema de las emisiones). Las renovables tienen un ratio de reducción de emisiones por Mtoe generada similar, ya que sus emisiones asociadas son también muy reducidas, pero su densidad energética por unidad de superficie es mucho menor, lo que limita su potencial.

La tecnología de secuestro de CO₂ también tendrá un impacto bastante significativo. Sin embargo aún le quedan algunos obstáculos que superar, ya que su implantación no es sencilla.

Conseguir un sistema energético sostenible es un gran reto que requiere un gran esfuerzo. Por ser un problema global, es decir, que afecta a todos los países, este esfuerzo debe de ser conjunto. Se requiere un compromiso por parte de todos y cada uno de los estados, además de la colaboración con los menos desarrollados para que mejoren su situación y su tecnología. Se debe ser consciente de que no todos los países están en la misma situación, ni sus circunstancias son las mismas, por lo que las exigencias deben estar en consonancia con sus capacidades.

EVALUATION OF THE GLOBAL ENERGY MODEL SUSTAINABILITY: ENERGY SUPPLY.

The first widely accepted definition of sustainable development appeared in the *Brundtland Report* (1987), a paper issued by the United Nations Environmental and Development Commission, created in the United Nations General Assembly in 1983. This definition is to be found in the *3th Principle* of the *Río Declaration* (1992): “the development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”.

With this premise as a starting-point, this project examines which factors condition the sustainability of the global energy system, being fully aware that a high consensus among scientists prevails. They say that there are negative consequences related to the current abuse of natural and energetic resources.

This final project aims to evaluate how energy will be provided in the future, by means of a model programmed in *Vensim* (a dynamic simulation program). This project and two others are part of a bigger one that simulates the global energy system until 2100. One models the energy demand, another one the resources and the last one (that which is described further on) describes the energy supply.

The global system has been divided in three areas in order to analyze each one separately: developed countries, developing nations and transition economies; and in three sectors: industrial, residential and transport. The main aim of this project is to understand the current trends, difficulties and challenges (related to the energy system) which the humanity has to face throughout the present century, rather than obtain precise quantitative results. The working hypotheses have been based on a “business as usual” scenario proposed in several documents, such as *WETO-H2* and *WEO 2006*. The evolution of each of the factors that intervene in the system has been described by taking into account the initial data from these documents and examining the existing literature that has been considered as relevant.

This project (the energy supply one) studies the way in which the energy demand will be provided in each region and each of the sectors, considering the environmental limitations and the available resources. The environmental limitations are defined by the CO₂ emissions that can be released without exceeding 2°C of increment in the global average temperature (according to *IPCC*

experts). The energy demand in each region and each sector is provided by the project that models the demand and the available primary energy, by the project focused on the resources.

That energy demand is expected to rise quite a lot throughout the study period, due to various causes, such as the population growth, the increase of the energy consumption per person and the great economic changes that developing countries like China and India are undergoing. It is important to consider the fact that one third of the world population lives in one of these two countries.

In order to satisfy this growing demand, the supply system should develop to a fairer, more sustainable situation. Some international commitments have been recently implemented, among which the *Kyoto Protocol* stands out.

The supply model has been designed by analyzing the trends that each of the considered energy-supply technologies are going to follow. There are data until 2050, so in most cases, beyond that date the trends are thought to continue as before. The hydrogen technology plays a key role, in spite of some economical and technical problems that still prevail. Nuclear energy is another of the candidates aimed at reducing the emissions of greenhouse gasses, although it generates radioactive waste. This option could become dangerous, so special measures should be taken in order to avoid ecological disasters. The total amount of energy generated by nuclear plants will descend slightly in the following decades and it will increase from around 2040 onwards (when the IV Generation of nuclear plants is operative).

The energy supply is limited by the maximum allowed temperature increase, which implies that the consumption of fossil fuels should be reduced. In addition to this, these fuels are not unlimited. The resources related-model restricts their quantity and predicts their price.

At this point, it is relevant to mention the CO₂ capture and storage technology. Although it is a mitigating measure and is not aimed at causing a structural change in the energy system, it will prove to be a very good tool in order to reduce the CO₂ emissions into the atmosphere. It will not be employed, until at least 2020.

Once the data has been added to the model, it results in the fact that the CO₂ emissions exceed the environmental limitations (by 2050 emissions will double what it should be). The CO₂ level at the end of the century will rise to 750 ppm and that will lead to an average global temperature increase of almost 4°C.

An increase in the nuclear and renewable energies would mitigate this problem. Each Mtoe generated by these technologies (if fossil fuel is replaced) save approximately 2,5 MtCO₂. At the end of the century, the allowed emissions will be exceeded in 15000 MtCO₂ (taking into account the considered hypotheses). This provides an idea of the measures that are to be taken. If the rate of emission per unit of generated energy continued, a 500 MWe nuclear power plant would avoid 3 MtCO₂ per year (5000 of these plants would be needed to avoid the problem as a whole). Renewable energies show a similar rate of emission reduction, due to their very low CO₂ emissions. The problem is that their energy density per surface unit is very low, therefore their potential is limited. CO₂ capture and storage will also have a significant impact. Nevertheless, several technical problems prevail.

Making a sustainable energy system is a great challenge that requires a great amount of effort. As this is a global problem, the effort must be on all fronts. A commitment signed by all the countries is essential. It is important to highlight that it is necessary to collaborate with the less developed countries, so that they can improve their technology and their situation. All countries do not show a similar stage of development and their circumstances are by no means the same. The requirements should be in keeping with their capacities.