

Criterios para la elaboración y análisis de escenarios energéticos sostenibles

PARTE I.

Ritmos de Crecimiento

| | |
|--------------------------|---|
| Apellidos, nombre | Elisa Peñalvo ¹ (elpealpe@upvnet.upv.es) Javier Cárcel ² (fracarc1@csa.upv.es) Clara Andrada ¹ (claanmon@upv.es) |
| Departamento | ¹ Instituto de Ingeniería Energética ² Instituto de Tecnología de Materiales |
| Centro | Universitat Politècnica de València |

1 Introducció

Actualmente, existe una gran incertidumbre con respecto a los posibles efectos que pueda tener la creciente demanda de energía y el cambio climático en la evolución de la sociedad y el ecosistema. Cada vez son más las tecnologías y herramientas implicadas en dar solución a este problema que genera dudas sobre el bienestar de generaciones futuras.

Para poder sustentar las necesidades energéticas básicas de la población, respetando el medio ambiente, y asegurar que estas continúen en el futuro a corto, medio y largo plazo, es necesaria una planificación energética.

La Planificación Energética se sirve generalmente de Escenario Energéticos como herramienta de análisis para evaluar el impacto de distintas alternativas y soluciones energéticas. En este contexto, uno de los factores más importantes es analizar las fuentes de energía, la demanda de los distintos sectores económicos demandantes de energía (industrial, comercial, doméstico, transporte y servicios), la evolución del PIB y la población de un país, con el fin de evaluar las necesidades energéticas de futuras generaciones y los recursos que serán necesarios para satisfacerlas adecuadamente.

2 Objectivos

- Identificar fuentes de datos para conocer los recursos energéticos y consumos de los diferentes países.
- Conocer un método de análisis continuado en el tiempo sencillo y accesible.
- Identificar las fuentes energéticas de un país, así como su mix energético
- Dar una visión general de los sectores económicos de un país.
- Realizar un estudio de prospectiva de la demanda y analizar la evolución de los sectores dentro de éste.
- Interpretar de los ritmos de crecimiento.

3 Desarrollo

En este objeto de aprendizaje se explicará cómo realizar la toma de datos necesaria para analizar el contexto energético de un país. A partir de los datos históricos se estimarán y analizarán los ritmos de crecimiento diferentes sectores económicos, la población y el PIB.

Se estudiará cómo afrontar las posibles soluciones.

3.1 Asignación de un país y obtención de datos

En primer lugar, deberá asignarse un país objeto del estudio. A modo de ejemplo, se van a realizar las tasas de crecimiento para España en un periodo que abarca desde 1990 hasta 2012 que será el año de referencia.

Para elaborar los ritmos de crecimiento medio, se hará uso de la información proporcionada por la "Internacional Energy Agency" (IEA) cuyo enlace es: <http://www.iea.org/>. En esta web se pueden encontrar todos los datos referentes a

energía, noticias y estadísticas de los diferentes países del mundo. Puesto que se trata de una web internacional, la información se encuentra en inglés.

Una vez dentro de la página web se deberá seleccionar la pestaña **PAÍSES** (COUNTRIES) como se indica en la figura 1.

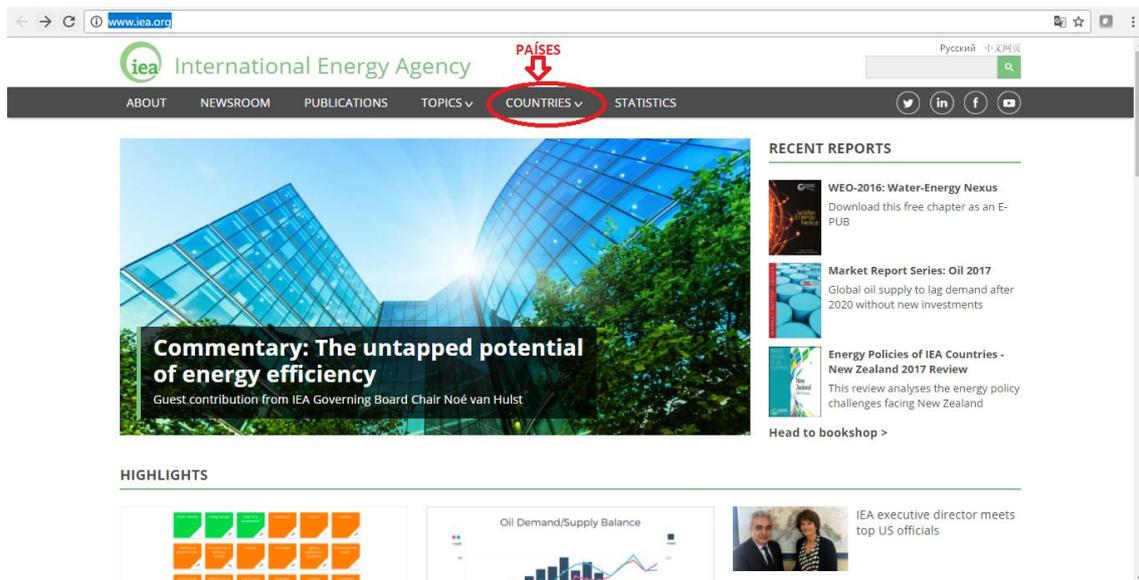


Figura 1: Selección de la pestaña países para acceder al país escogido

A continuación, con el país seleccionado, se procederá a la toma de datos para elaborar el escenario seleccionando **Estadísticas** (Statistics) como se indica a continuación:



Figura 2: Selección de estadísticas para obtener los datos del estudio

Una vez dentro de Estadísticas se podrá seleccionar de qué se desea obtener la información. Para ello existen diferentes posibilidades: Balances da una visión global de las formas de energía para el país seleccionado, mientras que las demás hacen referencia a la contribución de los tipos de energía en el país seleccionado.

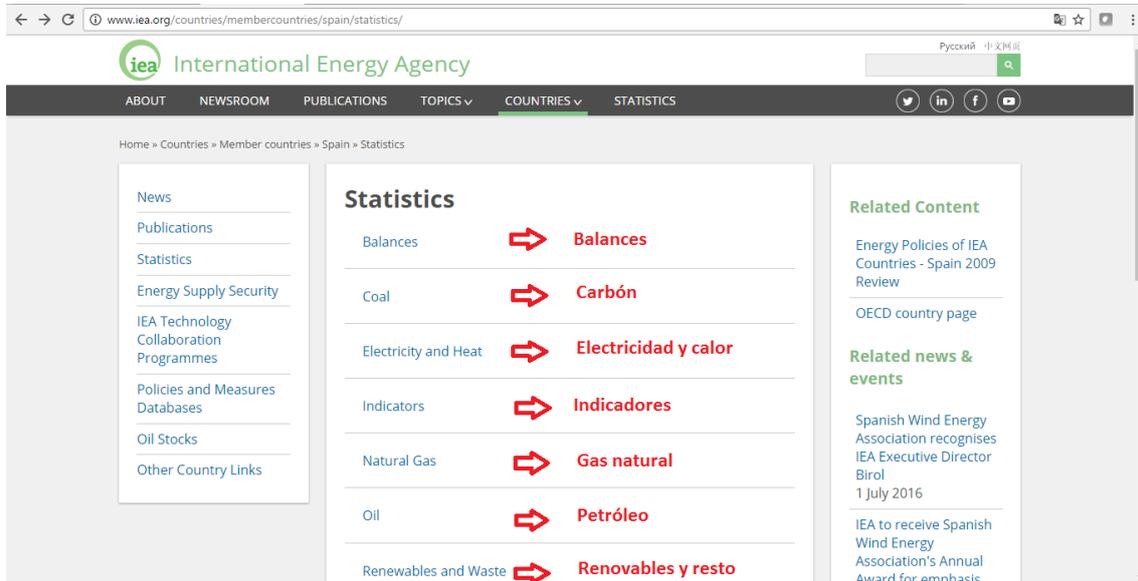


Figura 3: Selección de valores estadísticos para la toma de datos

En este caso se seleccionará **Balances**, ya que se busca concretamente la relación existente entre las fuentes de energía y los sectores económicos de la sociedad, y se identifica un año de referencia en el que realizará el análisis energético. En este caso se toma el 2012, tal y como se comenta anteriormente.

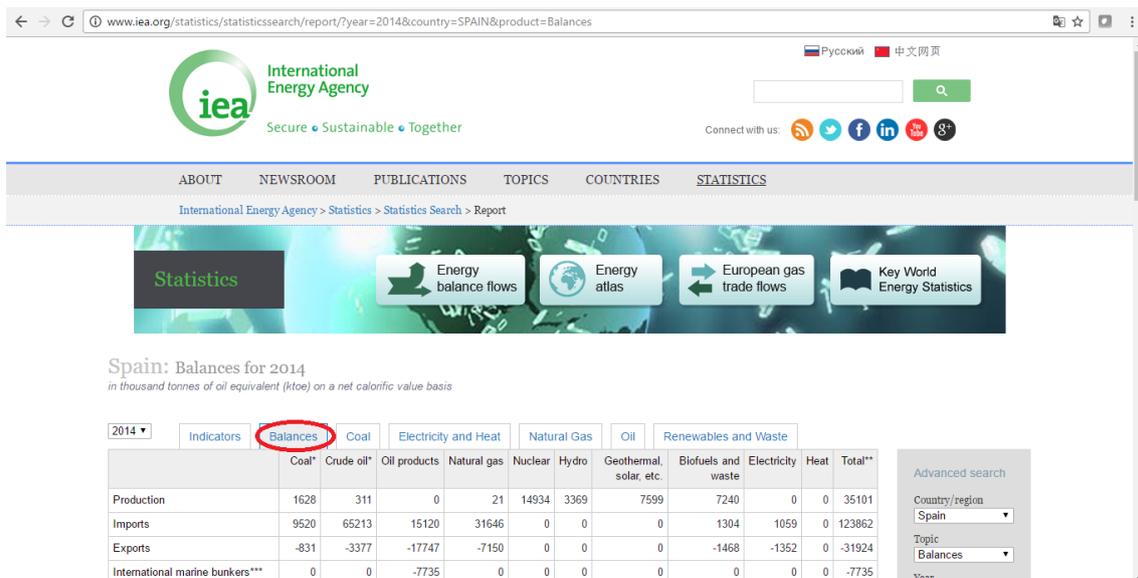


Figura 4: Datos de los balances de las formas de energía en España en 2012

En la página de la IEA se puede acceder a datos desde 1990 hasta el último año actualizado. Cuanto más amplio sea el intervalo, más realista será la visión de la tendencia.

Los sectores representados en la página de la IEA son los que se muestran en la figura 5. Para el estudio que se va a realizar se considerará un sector como agricultura y pesca, estando los datos mostrados por separado respectivamente. A la hora de pasar los datos a la hoja de cálculo bastará con sumar las energías producidas por cada uno por separado: agricultura y pesca.

| | | |
|----------------------------------|---|---------------------|
| Industry | ⇒ | Industria |
| Transport | ⇒ | Transporte |
| Other | | |
| Residential | ⇒ | Doméstico |
| Commercial and public services | ⇒ | Servicios |
| Agriculture / forestry | ⇒ | Agricultura y pesca |
| Fishing | ⇒ | |
| Non-specified | | |
| Non-energy use | | |
| -of which chemical/petrochemical | | |

Figura 5: Sectores representados en la página de la IEA

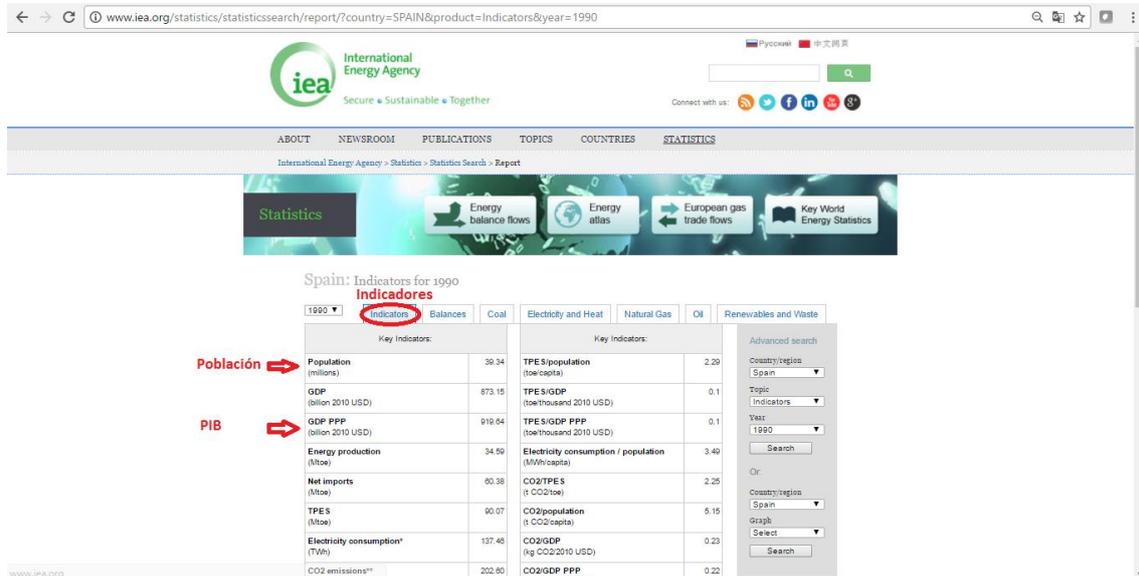
Los datos necesarios para elaborar los ritmos medios de crecimiento serán, por cada sector, la energía total producida cuyas unidades se encuentran en ktoe (mil toneladas equivalentes de petróleo). En la figura 6 se muestra, para el ejemplo utilizado, donde encontrar estos datos en la página web.

| 1990 ▾ | Indicators | Balances | Coal | Electricity and Heat | Natural Gas | Oil | Renewables and Waste | Total** | | | | |
|--------|---|----------|------------|----------------------|-------------|---------|----------------------|-------------------------|--------------------|-------------|------|-------|
| | | Coal* | Crude oil* | Oil products | Natural gas | Nuclear | Hydro | Geothermal, solar, etc. | Biofuels and waste | Electricity | Heat | |
| | Total final consumption | 3395 | 29 | 38124 | 4324 | 0 | 0 | 4 | 3921 | 10819 | 0 | 60614 |
| | Industry | 2814 | 29 | 5729 | 3397 | 0 | 0 | 0 | 1848 | 5442 | 0 | 19259 |
| | Transport | 0 | 0 | 20965 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 316 | 0 | 21281 |
| | Other | 580 | 0 | 5962 | 552 | 0 | 0 | 4 | 2073 | 5061 | 0 | 14233 |
| | Residential | 528 | 0 | 3566 | 388 | 0 | 0 | 0 | 2073 | 2598 | 0 | 9153 |
| | Commercial and public services | 45 | 0 | 1048 | 162 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2159 | 0 | 3413 |
| | Agriculture / forestry | 8 | 0 | 1350 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 304 | 0 | 1668 |
| | Fishing | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Non-specified | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Non-energy use | 0 | 0 | 5467 | 374 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5841 |
| | -of which chemical/petrochemical | 0 | 0 | 3210 | 374 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3584 |

Figura 6: Datos de energía por sector en España para el año 1990

También deberán tomarse los datos correspondientes a la población y al PIB del país para estudiar el ritmo anual de crecimiento. Como se puede observar en la figura 7, aparecen dos tipos de producto interior bruto (PIB). El primero de ellos haría referencia al PIB habitual mientras que el segundo, en el que se indica PPP, está teniendo en cuenta las diferencias en los precios de los productos de cada país. Para realizar el estudio puede seleccionarse cualquiera de los dos valores teniendo en cuenta que

siempre debe escogerse el mismo. Estos valores se encuentran en la pestaña **Indicadores**, tal y como se muestra a continuación.



The screenshot shows the IEA website interface for selecting indicators for Spain in 1990. The 'Indicadores' tab is selected and circled in red. Red arrows point to 'Población' (Population) and 'PIB' (GDP PPP) in the 'Key Indicators' table. The table lists various indicators such as Population (millions), GDP (billion 2010 USD), GDP PPP (billion 2010 USD), Energy production (Mtoe), Net imports (Mtoe), TPE\$ (Mtoe), Electricity consumption* (TWh), and CO2 emissions** (Mtoe).

Figura 7: Selección de indicadores para obtener datos de población y PIB para España

Una vez recopilados los datos tanto de energía por sectores, como de la población y del PIB del país seleccionado, en todo el periodo de tiempo escogido, se elaborará una tabla semejante a la que se presenta a continuación en una hoja de cálculo:

| Año | Industrial | Transporte | Servicios | Doméstico | Agric. Y Pesca | Año | Población | PIB (M€2005) |
|------|------------|------------|-----------|-----------|----------------|------|-----------|--------------|
| 1990 | 19259 | 21281 | 3413 | 9153 | 1668 | 1990 | 39,01 | 730,66 |
| 1991 | 19713 | 22147 | 3718 | 9664 | 1799 | 1991 | 39,08 | 749,26 |
| 1992 | 18829 | 23373 | 3936 | 9745 | 1920 | 1992 | 39,18 | 756,22 |
| 1993 | 18343 | 23033 | 3828 | 9785 | 1959 | 1993 | 39,26 | 748,42 |
| 1994 | 19315 | 23855 | 4174 | 10252 | 2079 | 1994 | 39,33 | 766,26 |
| 1995 | 19830 | 24134 | 4321 | 9997 | 2193 | 1995 | 39,39 | 787,39 |
| 1996 | 19020 | 25710 | 4703 | 10557 | 2173 | 1996 | 39,48 | 806,69 |
| 1997 | 21084 | 25705 | 5259 | 10740 | 2099 | 1997 | 39,58 | 837,98 |
| 1998 | 21795 | 28137 | 5422 | 11085 | 1944 | 1998 | 39,72 | 875,42 |
| 1999 | 21648 | 29493 | 5886 | 11793 | 2203 | 1999 | 39,93 | 916,86 |
| 2000 | 24641 | 30206 | 6702 | 11985 | 2561 | 2000 | 40,26 | 963,13 |
| 2001 | 26346 | 31550 | 7049 | 12605 | 2387 | 2001 | 40,72 | 998,48 |
| 2002 | 26709 | 32151 | 7246 | 12938 | 2351 | 2002 | 41,31 | 1025,54 |
| 2003 | 28761 | 33822 | 7132 | 13881 | 2929 | 2003 | 42,01 | 1057,22 |
| 2004 | 29564 | 35216 | 7734 | 14638 | 3325 | 2004 | 42,69 | 1091,68 |
| 2005 | 30401 | 36510 | 8403 | 15091 | 3095 | 2005 | 43,4 | 1130,8 |
| 2006 | 24860 | 37518 | 8918 | 15529 | 2799 | 2006 | 44,07 | 1176,89 |
| 2007 | 26856 | 38595 | 8811 | 15604 | 2928 | 2007 | 44,87 | 1217,84 |
| 2008 | 25255 | 36811 | 9289 | 15444 | 2682 | 2008 | 45,59 | 1228,7 |
| 2009 | 20710 | 34460 | 9398 | 15866 | 2348 | 2009 | 45,93 | 1181,61 |
| 2010 | 20904 | 33889 | 9790 | 16866 | 2229 | 2010 | 46,07 | 1179,23 |
| 2011 | 20674 | 32158 | 10196 | 15597 | 2391 | 2011 | 46,13 | 1179,83 |
| 2012 | 20134 | 29549 | 10037 | 15489 | 2703 | 2012 | 46,16 | 1160,46 |

Figura 8: Tabla de datos obtenidos de la IEA para España

3.2 Elaboración de las tasas de crecimiento

Una vez obtenida toda la información y recopilada en una tabla, como se indica en la figura 8, se comenzaría a realizar los cálculos. Estos cálculos están basados en una extrapolación lineal ya que es la aproximación más simple para realizar el estudio. Otras técnicas de estudio de series temporales, incluyendo las relaciones entre las variables a considerar, serían necesarias para un estudio más detallado.

La fórmula a emplear para calcular los ritmos de crecimiento dependiendo del sector es la siguiente:

$$\text{Ritmos de crecimiento} = \left(\left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100$$

Donde

- **V_f**: valor final de la tabla según el sector. Hace referencia al último valor más reciente.
- **V_i**: valor inicial de la tabla según el sector. Hace referencia al primer valor obtenido.
- **n**: número de años incluidos en el intervalo.

| Año | Industrial |
|-----------------|------------|
| 1990 | 19259 |
| 1991 | 19713 |
| 1992 | 18829 |
| 1993 | 18343 |
| 1994 | 19315 |
| 1995 | 19830 |
| 1996 | 19020 |
| 1997 | 21084 |
| 1998 | 21795 |
| 1999 | 21648 |
| 2000 | 24641 |
| 2001 | 26346 |
| 2002 | 26709 |
| 2003 | 28761 |
| 2004 | 29564 |
| 2005 | 30401 |
| 2006 | 24860 |
| 2007 | 26856 |
| 2008 | 25255 |
| 2009 | 20710 |
| 2010 | 20904 |
| 2011 | 20674 |
| 2012 | 20134 |
| | 0,001934 |
| TasaCrecimiento | 0,193367 |

Valor inicial

Valor final

n=23

Figura 9: Valores a tomar para el cálculo de la tasa de crecimiento

Realizando el mismo procedimiento para cada uno de los sectores, la población y el PIB se obtienen unos ritmos de crecimiento como los que se presentan en la figura siguiente:

| | | |
|----|---|------------|
| 14 | 1. Ritmos de variación de la demanda (%) | |
| 15 | Sector | % |
| 16 | Industrial | 0,2 |
| 17 | Transporte | 1,4 |
| 18 | Servicios | 4,8 |
| 19 | Doméstico | 2,3 |
| 20 | Agric. Y Pesca | 2 |
| 21 | | |
| 22 | 2. Otros ritmos de crecimiento (%) | |
| 23 | Población | 0,7 |
| 24 | PIB (M€2005) | 2,0 |

Figura 10: Ritmos de crecimiento para España

De esta forma se puede analizar cómo se produce el crecimiento energético en los diferentes sectores de España, el crecimiento económico y la población. Ello permite comparar fácilmente el contexto energético de distintos países.

Se puede dar el caso en el que salgan tasas de crecimiento negativas. En esa situación debe estudiarse si es debido a que realmente cada vez la demanda de energía en ese sector disminuye y, por tanto, no se produce crecimiento; o si es debido a una circunstancia concreta, como ha sido la crisis económica en los últimos años. En este último caso, habría que hacer un análisis más exhaustivo para identificar el ritmo de crecimiento que mejor represente la tendencia de crecimiento o decrecimiento del sector.

3.3 Interpretación de los ritmos de crecimiento

Con los datos incorporados a la hoja de cálculo se realiza una interpretación gráfica de las líneas de tendencia de cada sector económico, PIB y población. Se obtiene una visión global de la evolución a lo largo de los años, permitiendo hacer un análisis comparativo entre los diferentes sectores.

A continuación, se presentan las gráficas de la evolución de la demanda energética para cada sector económico.

Como se ha dicho anteriormente, al hacer una extrapolación lineal se está cometiendo un error de aproximación. Esto es debido a que tan solo se utilizan, en el periodo de tiempo establecido, los datos del inicio y del final sin tener en cuenta que se producen variaciones intermedias. En las figuras siguientes se muestra la tendencia lineal de cada sector junto con su ecuación de la recta y el factor R cuadrado donde se puede ver esta desviación. El factor R hace referencia a la fiabilidad de la línea de tendencia, cuanto más cercano a 1 sea más fiable será.

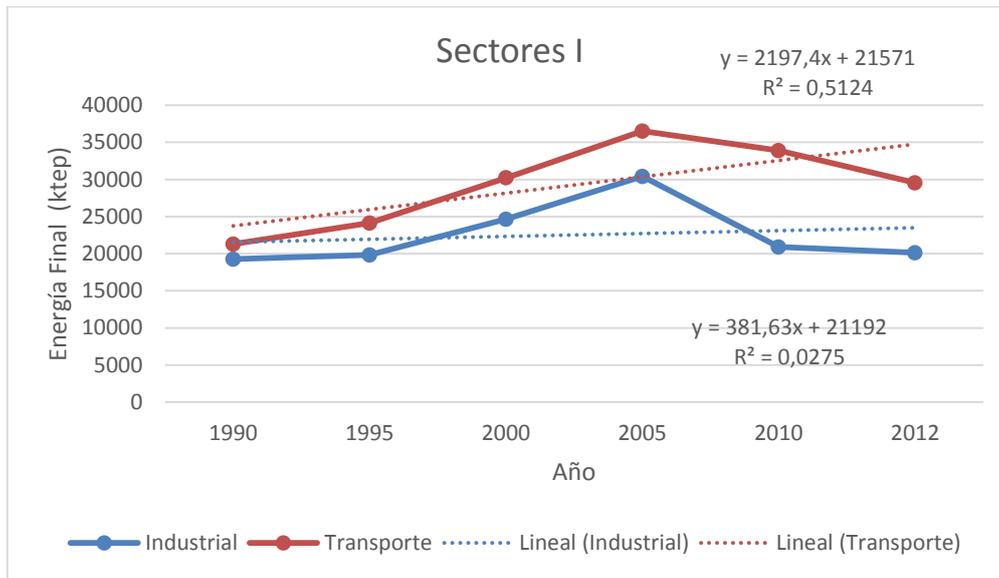


Figura 11: Líneas de tendencia de los sectores: industrial y transporte

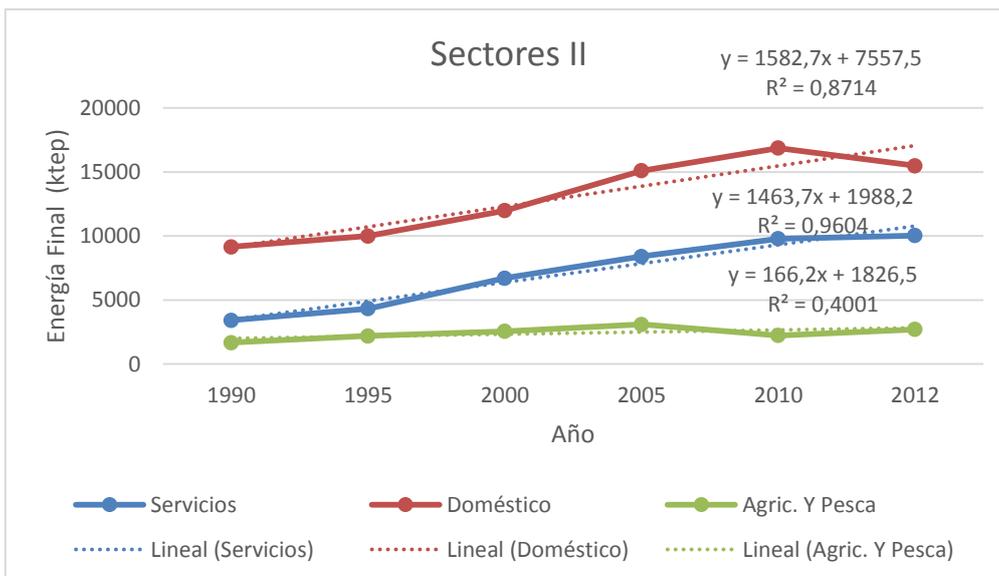


Figura 12: Líneas de tendencia de los sectores: servicios, doméstico y agricultura y pesca

La figura 11 muestra que tanto para la industria como para el transporte la extrapolación lineal no es la que mejor se adapta a la curva. El factor R cuadrado queda, para la industrial, muy por debajo de 1, la línea de tendencia lineal no representa adecuadamente la evolución de la demanda, aunque sí nos puede dar una idea a grandes rasgos del % de crecimiento. Sin embargo, para la figura 12 donde están representados los sectores servicios, doméstico y agricultura y pesca se observa una tendencia lineal bastante cercana a la unidad, excepto en el caso de agricultura y pesca donde la aproximación lineal es también limitada. En estos casos, si fuera necesario extrapolar con mayor precisión los datos, sería recomendable hacer un análisis más exhaustivo y buscar aproximaciones que se adapten mejor a la curva.

Del mismo modo, es recomendable hacer un análisis gráfico de la evolución histórica de los datos de población y del PIB del país a estudiar. En la figura 13 se presentan, para España, la población y el PIB, ambas con muy buena aproximación a una recta creciente.

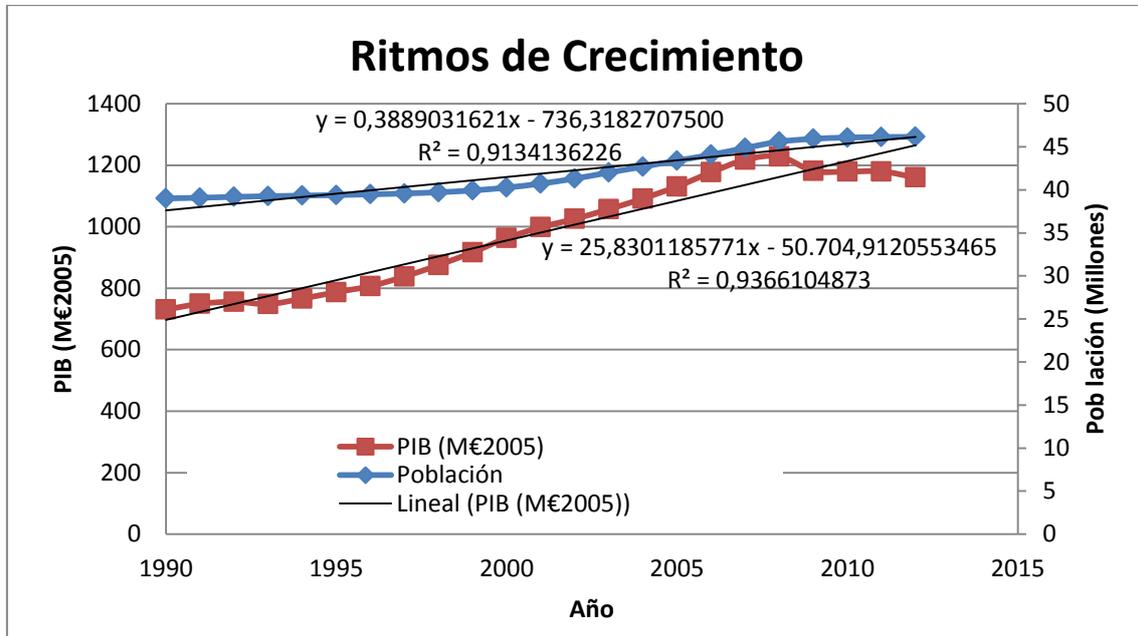


Figura 13: Ritmos de crecimiento para la población y el PIB

4 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje se ha estudiado qué es un escenario energético y la importancia de los ritmos de crecimiento en los estudios de prospectiva. Se ha mostrado dónde se pueden encontrar los datos energéticos de la mayor parte de los países para realizar el análisis de los datos históricos con el fin de obtener los ritmos de crecimiento de cada sector económico, el PIB y la población de un país.

5 Bibliografía¹

5.1 Libros:

A. Pérez-Navarro, D. Alfonso, E. Peñalvo-López, A. Escrivá: "Estudio de Prospectiva sobre Energía Nuclear y su Papel para la Consecución de un Escenario Energético

¹ Se recomienda consultar el siguiente documento: Cómo citar la bibliografía en los trabajos académicos. Disponible en : <http://riunet.upv.es/handle/10251/31590>

Sostenible en la Comunidad Valenciana", Agencia Valenciana de Prospectiva (AVAP), 2010.

5.2 Comunicaciones presentadas en conferencias (sin publicar):

E. Peñalvo-López, F.J. Cárcel-Carrasco, C. Devece, I. Morcillo: "Methodology for analysing sustainability in Energy scenarios". 2nd International Conference on Business Management. Valencia, España, Julio 2017.

5.3 Referencias de fuentes electrónicas:

D. Connolly; et al. (2010). "A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems". Applied Energy, Vol. 88, pp. 1059-1082.

E. Loken E. (2007). "Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems." Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 11, pp. 1584-1595.

Grubb, et al. (1993). "The cost of limiting fossil-fuel CO₂ emissions: a survey and analysis". Ann Rev Energy Environ, Ann Rev, California, Vol. 18, pp 397-478.

International Energy Agency (IEA) (2010). "World energy outlook 2010". International Energy Agency. <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf>

International Energy Agency (IEA) (2011). "Energy for all: financing access for the poor". International Energy Agency, Paris. http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/energydevelopment/weo2011_energy_for_all.pdf

International Energy Agency, IEA (2016). "Country Statistics". <https://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=CONGOREP&product=balances&year=2014> [Accessed: 11/12/2016].

United Nations Development Programme (UNDP) (2003). "Sharing innovative experience: examples of successful uses of renewable energy sources in the South". Vol. 8. Ed. by United Nations Development Programme (UNDP), New York.

United Nations (2000). "Commercialization of renewable energy technologies for sustainable development." ISBN-13: 978-9211199666. United Nations, New York.

World Bank (2001). "The World Bank's energy program: poverty reduction, sustainability, and selectivity". World Bank, Washington, D.C. <http://siteresources.worldbank.org/INTENERGY/Publications/20269216/energybrochure.pdf>