

EL MODELO EVE 2000: EXPERIENCIA PIONERA EN LA MODELIZACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA A ESCALA REGIONAL

PEDRO P. VILLEGAS

División de Investigación y Planificación
Ente Vasco de la Energía

Palabras clave: Modelización de la demanda de energía, modelo EVE 200, simulación de la demanda.
Nº de clasificación JEL: F47, Q4, Q48

0. INTRODUCCIÓN

El Ente Vasco de la Energía, una vez garantizado el cumplimiento de los objetivos fijados para el año 1990 (que en términos cuantitativos se pueden cifrar en la introducción de 600 ktep/año de gas natural y la obtención del equivalente a 750 ktep/año a través de la mejora de eficiencia energética), se ha vuelto a embarcar en la tarea de ayudar a definir los objetivos de la política energética vasca en el horizonte del año 2000. Como primera tarea de este proceso, el EVE, con el apoyo (1) técnico y financiero de la Comisión de las Comunidades Europeas y de Iberduero, constituyó a finales de 1986 un equipo de trabajo (2) con la misión de mejorar el conocimiento y la información disponible sobre la utilización de la energía en la Comunidad Autónoma del País Vasco (en adelante CAPV), para construir un modelo de simulación de la demanda de energía a largo plazo con el que se pudiese generar una primera imagen de la configuración de la demanda final de energía, tanto por sectores como por tipo de energía, en el año 2000.

(1) Asimismo cabe destacar la colaboración prestada por numerosas personas y entidades de la administración pública, del sector energético y de las industrias grandes consumidoras de energía.

(2) Dirigido por Iñigo Garayalde y formado por un total de 12 personas.

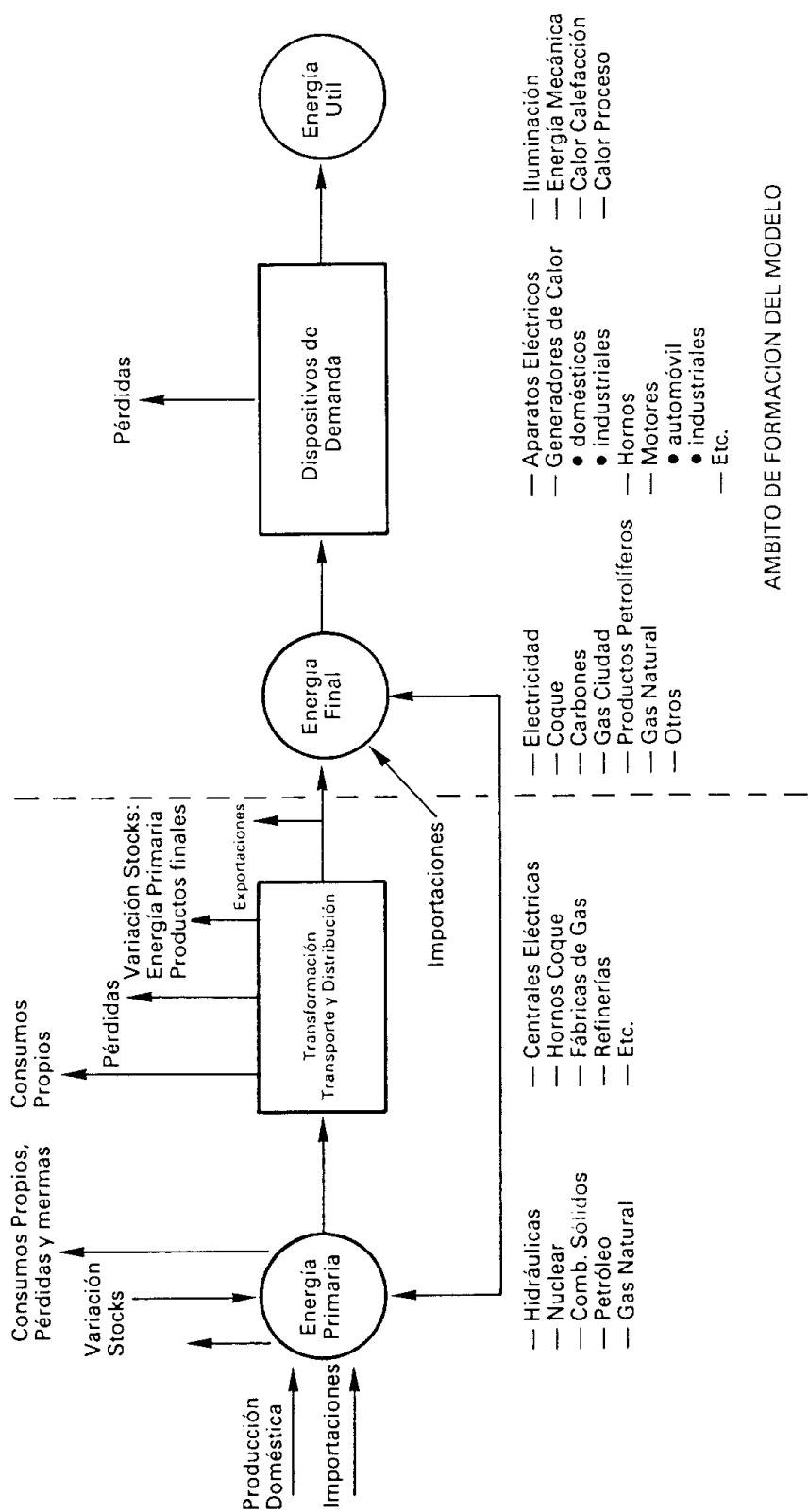
En Diciembre de 1987, tras un año de trabajo, se presentó a la opinión pública un amplio informe de los principales trabajos realizados por el equipo, entre los que cabe destacar la creación de una base de datos sobre la utilización de la energía en la industria (altamente desagregada y depurada); la construcción de un modelo matemático de simulación de la demanda final de energía a largo plazo (bautizado con el nombre de EVE 2000), y la definición de un conjunto de hipótesis consistente sobre la evolución más verosímil del sistema socioeconómico de la CAPV en el período 1986-2000, y que aplicado al modelo ha permitido obtener unas previsiones del consumo de energía en el año 2000.

En este artículo se presentan las principales características y la estructura general del modelo construido, así como los resultados más significativos obtenidos de su utilización como herramienta de decisión.

1. EL MODELO EVE 2000

El EVE 2000 ha sido una experiencia pionera en la modelización de la demanda de energía a largo plazo a escala regional, en la que se ha intentado maximizar el aprovechamiento de los conocimientos y datos adquiridos por el EVE tras seis años de exploración de la realidad energética vasca.

Gráfico n.º 1. Esquema del sistema energético



1.1. Principales características

Al EVE 2000 se le puede definir brevemente como un modelo de simulación de la demanda final de energía a largo plazo de la CAPV, tanto por sectores como por tipos de energía, de tipo técnico-económico y perteneciente a la familia de modelos Medee. Las implicaciones que se derivan de este perfil se explica a continuación.

1.1.1. De simulación

El modelo reproduce esquemáticamente los mecanismos que determinan la formación y evolución de la demanda final de energía a largo plazo para simular su comportamiento ante diferentes estados futuros de las variables exógenas. De hecho, el modelo ha sido diseñado para transformar una amplia gama de supuestos sobre la evolución tecnológica y socio-económica a largo plazo (escenario) en «previsiones» cuantitativas de la demanda de energía, aunque es más un instrumento de cuantificación que de previsión a largo plazo en sentido estricto. De ahí, que la calidad de las previsiones efectuadas dependa en mayor medida de la consistencia y verosimilitud del escenario que de los procedimientos estadísticos utilizados.

1.1.2. De la demanda final de energía

El objeto de interés del modelo es la demanda de bienes energéticos (electricidad, carbón, gas natural, etc.) por parte de los usuarios finales de los mismos, quedando fuera de los límites de la modelización la oferta de energía (cuya gestión supera el ámbito territorial de la CAPV) y los consumos propios y pérdidas de transporte y distribución del sector energético (a excepción de los casos en los que la producción de energía esta íntimamente ligada al consumo, como es el caso de la cogeneración). El gráfico n.º 1 presenta el ámbito de formación del modelo dentro del sistema energético.

Por otra parte, y para delimitar con claridad el ámbito de la formalización del modelo, se debe también señalar que en

su formulación no se hacen explícitos los procesos de formación de los precios de los distintos tipos de energía (variables exógenas), ni tampoco la influencia de estos en la estructura del abastecimiento energético y en la estructura del sistema productivo. Esto no significa que se ignoren, pues es factible incorporarlos al modelo mediante variables de escenario.

1.1.3. A largo plazo

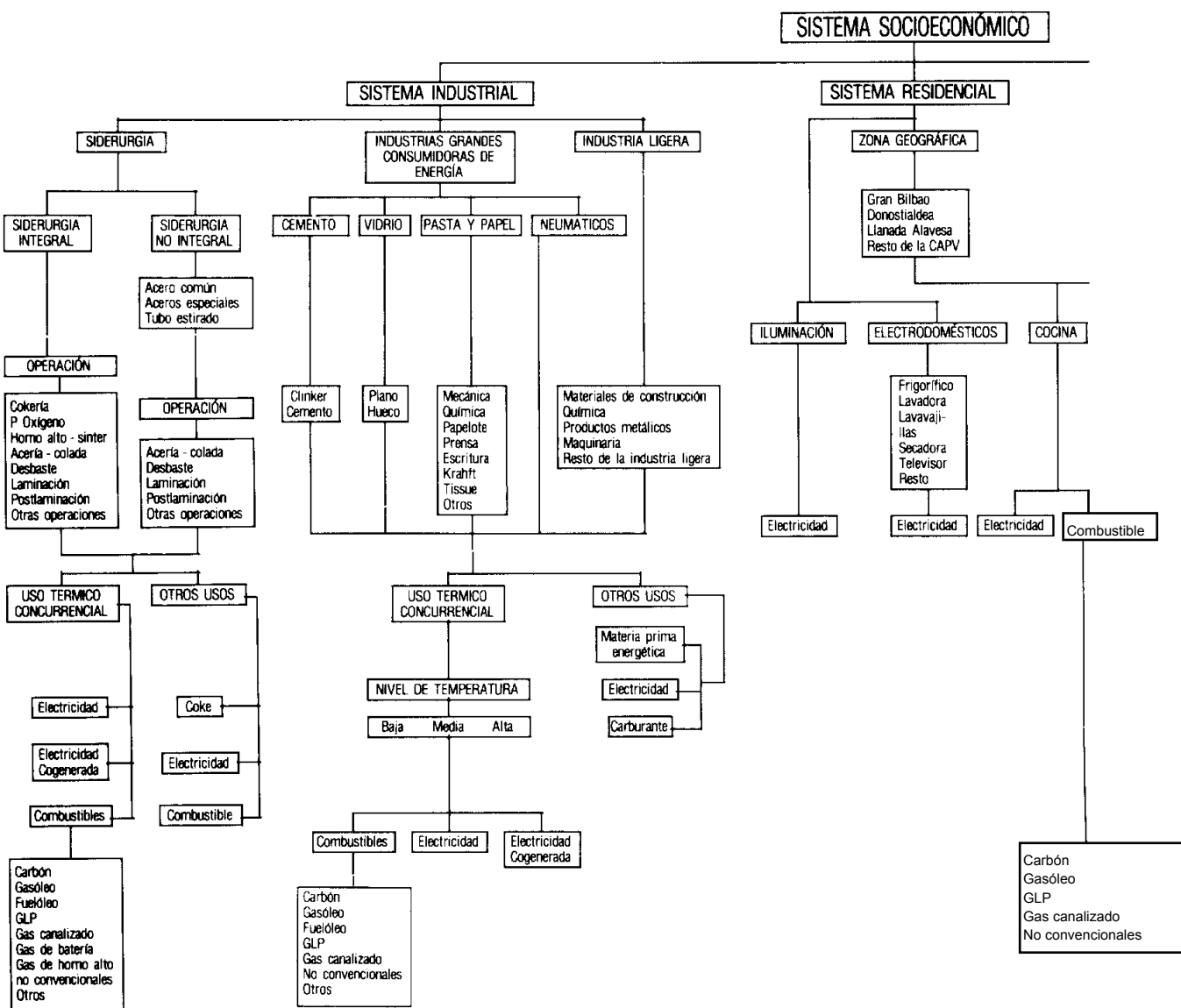
El modelo ha sido diseñado con la vista puesta en el año 2000, es decir, pensando en un horizonte temporal de simulación de unos 15 años. De ahí, que su formulación tienda más a reproducir las condiciones del equilibrio final a largo plazo, que los procesos interactivos de ajuste temporal que conducen al mismo, lo que explica la ausencia de variables con retardos temporales en su formulación. No obstante, con el objeto de facilitar la tarea de construcción del escenario, la aplicación informática soporte del modelo (3) posibilita elegir el número de puntos temporales de simulación, ya que de esta forma se pueden hacer explícitos ciertos aspectos relacionados con el ciclo a medio plazo y se obtienen resultados intermedios que permiten contrastar la bondad del escenario construido.

1.1.4. De la Comunidad Autónoma del País Vasco

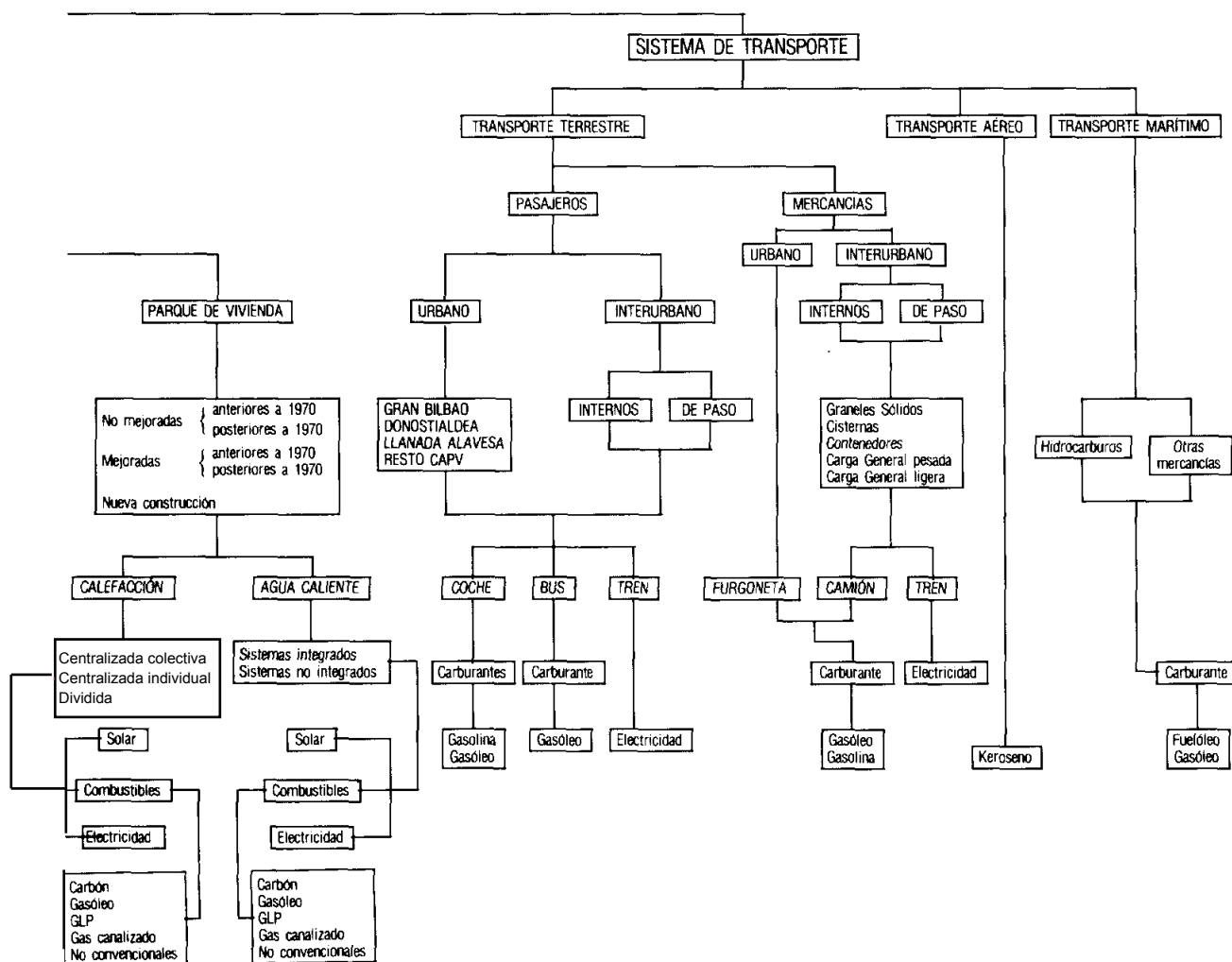
No sólo porque el ámbito geográfico de los datos y resultados del modelo hacen referencia al territorio de la CAPV, sino también, y sobre todo, porque su formulación se ajusta a las características geográficas y socio-económicas peculiares de la CAPV. Características que han complicado la modelización y añadido dificultades al proceso de construcción del escenario, en particular las relativas a: 1) La elevada apertura exterior del sistema productivo de la CAPV (casi las dos terceras partes tanto de las compras

(3) Del cual existen dos versiones: una escrita en Fortran 77 para el sistema operativo del Dec-Microvax y otra escrita en Fortran Profesional para un microordenador compatible IBM.

Gráfico n.º 2. Desagregación del sistema socio-económico en la



CAPV en el modelo EVE 2000



(*) Sólo en siderurgia integral

(**) Sólo en la operación de postlaminación

como de las ventas se realizan fuera de su territorio), lo que genera una alta incertidumbre en la evolución del nivel y tipo de actividad, al depender estos de factores exógenos relacionados con el entorno español y mundial. 2) El reducido número de empresas existente en la mayor parte de las industrias intensivas en energía (vidrio, cemento, siderurgia integral, neumáticos), por la gran inestabilidad que se induce en los parámetros, al estar sus valores muy ligados a las características de una o dos fábricas. 3) La debilidad de la base estadística regional, en cuanto que limita las posibilidades del análisis y hace necesario la realización de encuestas directas. 4) La ausencia de ejercicios de prospectiva, que obliga a generar el escenario ex-novo.

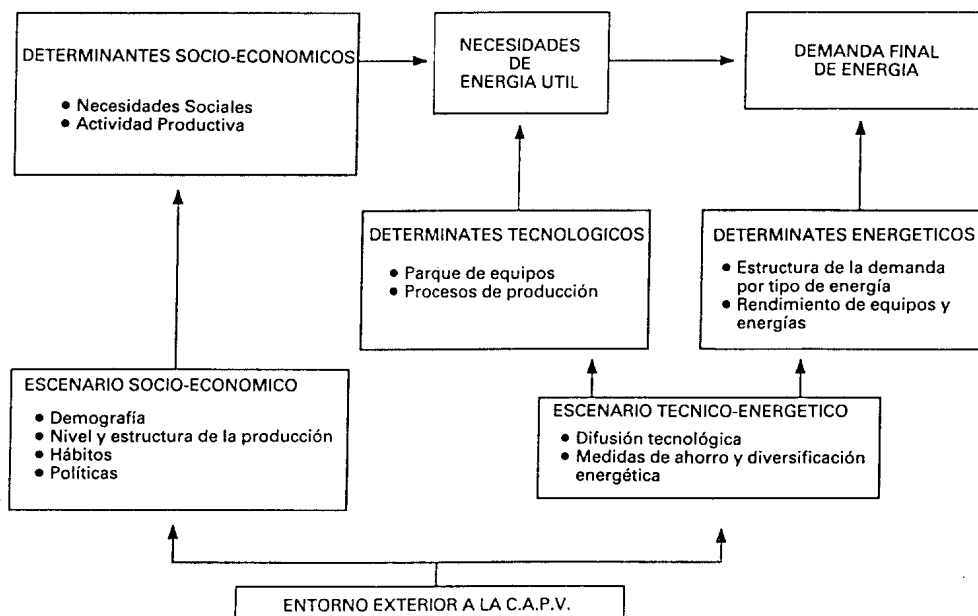
1.1.5. Desagregado

El nivel de desagregación, tanto sectorial como energético, del modelo EVE 2000 es relativamente elevado,

debido a que se ha construido utilizando la técnica denominada «Bottom-Up». Esta técnica consiste en estructurar el modelo a partir de los elementos más desagregados del sistema, en caso del EVE 2000, de un conjunto de demandas elementales individualmente homogéneas respecto al uso final de la energía, en cuanto que responden a necesidades de una misma naturaleza (fuerza motriz, por ejemplo) y reflejan comportamientos y contextos tecnológicos y físicos similares.

Como se puede observar en el gráfico n.º 2, que presenta la desagregación del sistema socio-económico vasco del modelo EVE 2000, los usos finales de la energía se han dividido en dos grandes grupos: aquellos en los que es factible la sustitución entre energías (p. ej., en la producción de vapor) y, por lo tanto, donde existe un mercado en el que compiten los distintos tipos de energía (hasta un máximo de siete en el modelo), y aquellos que están ligados a un tipo (o tipos) de energía determinado, bien por la propia naturaleza de ésta (p. ej., la

Gráfico n.º 3. Esquema general del análisis de la demanda final de energía



electricidad para iluminación o electrónica) o bien por la tecnología o procesos (por ejemplo, la electricidad para uso térmico, en la producción de acero no integral) en los que no es necesario un nivel de detalle formal y energético tan exigente.

1.1.6. Técnico-económico

Esta expresión hace referencia a que el modelo emplea funciones de demanda de bienes energéticos en las que, junto a factores socio-económicos, aparecen explícitamente factores de tipo técnico. Una de las características de este tipo de funciones es que el precio de la energía no se explicita entre sus variables, aunque sus variaciones (en términos absolutos o relativos) se manifiestan indirectamente a través de opciones técnicas que conllevan la mejora en la eficiencia energética o a través de cambios en la estructura del abastecimiento energético (véase el gráfico n.º3).

La idea subyacente en este planteamiento es que la demanda final de energía es una manifestación de la energía útil (calor, fuerza motriz, iluminación) requerida para realizar una actividad económica o satisfacer una necesidad social en un contexto tecnológico determinado, y cuyo nivel varía en función de los rendimientos de los equipos y tipos de energía utilizados. De esta forma, se intenta lograr un equilibrio entre los modelos econométricos clásicos y los puramente técnicos con el fin de poder analizar los complejos mecanismos de conservación y diversificación energética sin sacarlos del contexto socio-económico en el que están inmersos.

1.1.7. De la familia de modelos MEDEE

La estructura formal del modelo EVE 2000 ha sido construida tomando como punto de partida la del modelo MEDEE-SUD (4), desarrollado por IEPE de la Universidad de Grenoble, si bien,

(4) A. Dumort y B. Lapillone: «MEDEE-SUD. Modèle de Demande en Énergie pour les Pays du Sud. Commission des Communautés Européennes. 1987».

como resultado de las modificaciones incorporadas para adaptarlo a la realidad energética vasca, se le puede considerar como una variante independiente de la familia de modelos MEDEE.

Las dificultades que se encontraron para aplicar el modelo MEDEE-3 a España (que prácticamente invalidaron los resultados obtenidos) (5) y la recomendación de los expertos del EIEP y de la Dirección General XII de empezar por una estructura, tanto conceptual como informática (6) relativamente simple y flexible aconsejaron la adopción de la versión SUD como punto de partida. Con ello se quería garantizar la viabilidad de una buena aproximación al sistema objeto de estudio en un plazo de tiempo razonable.

El enfoque MEDEE es un procedimiento de análisis y modelización de la demanda de energía a largo plazo que además integra un método de construcción de escenarios tendente a asegurar su coherencia interna. Esta metodología surgió a finales de los años 70, como alternativa a los modelos econométricos a largo plazo, y ha sido ampliamente utilizada desde entonces. Se cita a este respecto la realizada por la Comisión de las Comunidades Europeas para la prospección del consumo final de energía europeo en el año 2000 (7).

1.2. Estructura General

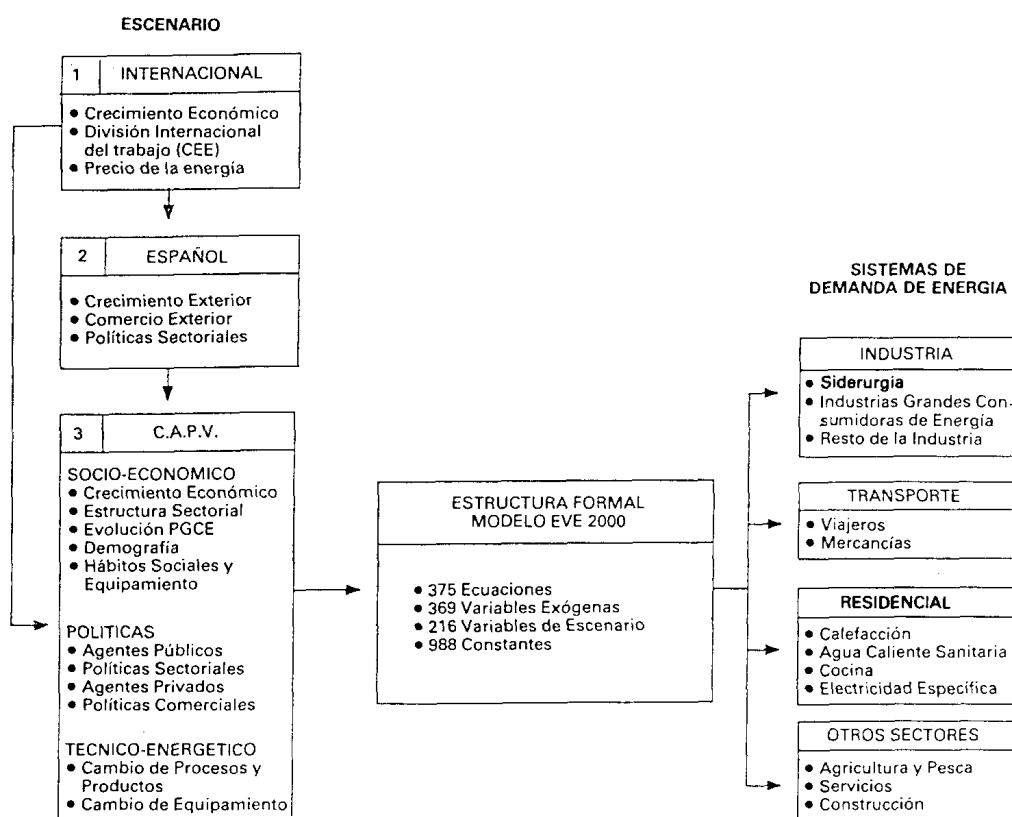
El gráfico n.º 4 presenta un esquema general simplificado (entradas-salidas) del modelo EVE 2000. La parte izquierda recoge el escenario (dividido en tres bloques: mundial, español y CAPV); en el centro, en forma de «caja negra», el sistema de ecuaciones, y en la parte derecha las principales demandas agregadas de energía.

(5) C. González-Conde y de Borbón: «Modelo de Simulación a Largo Plazo. Modelo MEDEE-3». Notas mecanográficas. Abril, 1983.

(6) De la versión SUD estaba disponible, al principio del estudio, una aplicación informática escrita en Fortran 77 para un microordenador compatible IBM.

(7) J. Guilmo y col.: «Energie 2000: Une Projection de Référence et les Variantes pour la Communauté Européenne et le Monde à l'horizon 2000». Commission des Communautés Européennes. 1986.

Gráfico n.º 4. Esquema general simplificado del modelo EVE 2000



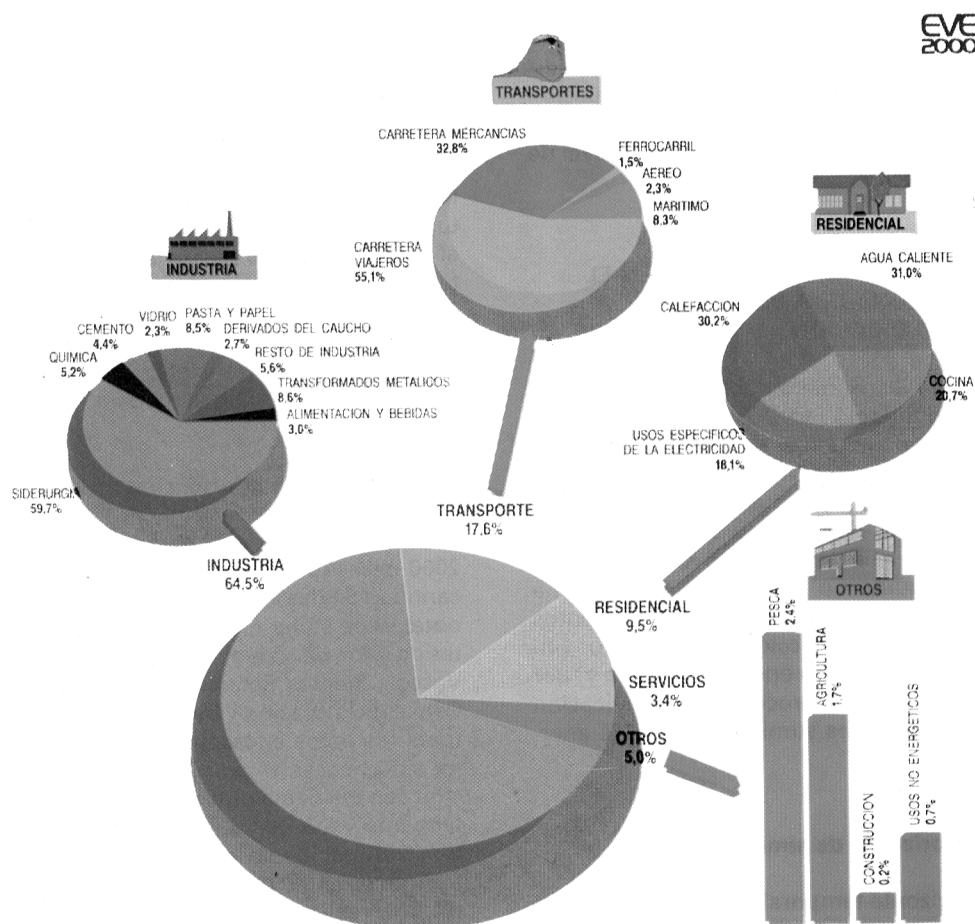
En el contexto del enfoque MEDEE, el escenario esta formado por aquellos factores cuya evolución no es posible extrapolar directamente de las tendencias anteriores y para los cuales existe un amplio rango de variación de posibilidades futuras. A fin de facilitar el control de la consistencia interna, los factores se organizan en niveles jerárquicos, de forma que en la parte superior aparezcan los que tienen una influencia determinante sobre los demás y que, a su vez, no son afectados significativamente por ellos. En el caso del escenario del modelo EVE 2000, los dos primeros niveles jerárquicos contienen los factores que hacen referencia al entorno mundial y español, respectivamente. Sus variables correspondientes no están presentes en la formulación del modelo, pero

fijan el abanico de influencia (aunque no formalizada) que se manifiesta a través de las variables del escenario de la CAPV.

En el interior de la «caja negra» hay un total de 375 ecuaciones que contienen 369 variables endógenas, 988 constantes (la mayor parte, datos del año base), y 216 variables de escenario (aunque debido al elevado número de variables multidimensionales, realmente el modelo emplea 850 valores de escenario para calcular algo más de 1.600 valores diferentes en cada período de simulación).

El nivel de desagregación y formalización de los distintos subsistemas ha sido el resultado de un compromiso entre la importancia

Gráfico n.º 5. Estructura del consumo energético 1985



de su consumo de energía (véase el gráfico n.º 5) y la disponibilidad de datos. Así, el tratamiento relativamente detallado que ha recibido el subsistema industrial, que responde de casi las dos terceras partes del consumo energético total, ha sido posible gracias al «Estudio sobre la Utilización de la Energía en la Industria» (EUEI) realizado en 1984 y actualizado en 1986. Este estudio

contiene datos del período 1980-1985 sobre consumos específicos, equipos (generadores de calor, hornos, motores) y medidas de ahorro y sustitución energética de las 200 empresas de la CAPV de mayor consumo energético (y que en conjunto representan el 90 % del consumo energético industrial). Asimismo la realización en el año 1986 de una encuesta centrada en aspectos

de equipamiento y comportamiento energético (en especial en lo referente al uso de la calefacción) en unos 2.000 hogares, aleatoriamente seleccionados, de la CAPV ha permitido analizar en detalle el subsistema residencial (8). El relativo detalle del transporte ha sido posible gracias a la existencia de experiencias previas de modelización en el Departamento de Transporte del Gobierno Vasco, mientras que servicios (9), agricultura-pesca, y construcción han sido tratados con una gran simplicidad, tanto en su formulación como en el nivel de desagregación.

2. EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL AÑO 2000: UNA PRIMERA APROXIMACIÓN

Una de las primeras aplicaciones que ha tenido el modelo EVE 2000 ha sido la de calcular el consumo final de energía resultante del escenario más verosímil (con la información disponible a mediados de 1987) sobre el estado del sistema socio-económico de la CAPV a finales del siglo XX. Con ello se ha perseguido un doble objetivo. Por una parte, proporcionar los primeros elementos que orienten la selección de los nuevos objetivos de la política energética vasca y, por otra, alumbrar el proceso de planificación estratégica de los suministradores de energía.

2.1. Horizonte de simulación

El horizonte temporal fijado ha sido el año 2000, con un punto intermedio (10) de simulación en el año 1990. Este punto temporal de referencia ha sido elegido porque parece ser, a priori, un punto adecuado para verificar las hipótesis utilizadas, ya que en torno al mismo pueden acontecer cambios no previstos

(8) Adicionalmente se seleccionaron cerca de 500 hogares mediante muestreo por cuotas entre los que contaban con calefacción central, para reforzar la representatividad de las conclusiones derivadas del análisis de este colectivo.

(9) Debido a la ausencia de estadísticas tanto económicas como energéticas detalladas.

(10) También se seleccionó el año 1995 pero únicamente por simple conveniencia de presentación de resultados.

en ciertas tendencias socioeconómicas, primero porque es el año en torno al cual está prevista la terminación de algunos procesos importantes de reconversión (siderurgia, p. ej.) y segundo, porque está casi al final del período de desarme arancelario frente a la CEE. Además es la fecha de referencia de las previsiones de los modelos macroeconómicos de medio plazo (4-5 años) utilizados para la construcción del escenario.

En relación con el punto temporal de partida, base de los datos que describen la situación inicial del sistema, se ha optado por el año 1982, debido a la disponibilidad de estadísticas económicas completas y a la ausencia de fenómenos atípicos significativos (como las lluvias torrenciales de 1983, p. ej.). Además, se ha utilizado el año 1985 para calibrar y contrastar (11) el modelo.

2.2. Fuentes de información

Un modelo tan desagregado como el EVE 2000 necesita ser alimentado con una gran cantidad de datos de muy distinto tipo. Para obtenerlos se ha recurrido a diversas fuentes de información, en particular al Gobierno Vasco (Cuentas Económicas e Industriales, Censo de Población y Vivienda, etc.) y al EVE (para los datos energéticos). Naturalmente, ha sido necesario completar esta información con los datos obtenidos a partir del tratamiento y análisis de las dos encuestas sobre la utilización de la energía, una en el sector industrial (EUEI) y otra en el doméstico (EUER), realizadas paralelamente a la construcción del modelo.

2.3. Escenario

El escenario, en el contexto del enfoque utilizado, es una descripción paso a paso, y de forma plausible y consistente, de la serie de acontecimientos que conducen al sistema a una situación futura, al tiempo

(11) En la medida que los valores de los parámetros resultantes del calibrado resultaban poco verosímiles se revisaba la formulación o los datos del año de referencia.

que presenta una imagen general de esta situación. Su construcción es una tarea laboriosa, por lo que inicialmente se ha optado por elaborar un único escenario (denominado de referencia), en el que se ha recogido las previsiones cuantitativas y expectativas cualitativas, existentes a mediados del año 1987, sobre la evolución más probable del sistema socio-económico de la CAPV en el horizonte de simulación.

El escenario macroeconómico ha sido generado en dos etapas: en la primera, se han utilizado los resultados obtenidos con el modelo LANERE II (12), alimentado con las previsiones para la economía española derivadas del modelo Wharton-Ceprede (13) (que a su vez incorpora un escenario internacional), para construir el escenario macroeconómico de la CAPV a medio plazo (1986-90). En la segunda, se ha extrapolado estos resultados al año 2000, utilizando para ello toda la información nacional e internacional disponible.

A partir de este marco de referencia, se han construido los escenarios de los subsistemas utilizando un procedimiento de convergencia y compatibilización de información procedente de expertos, de las encuestas realizadas, de informes específicos y de comparaciones con estudios de carácter internacional. Posteriormente, el escenario global preliminar fue sometido al juicio de expertos y decisores de diversos organismos y empresas, tanto públicas como privadas, en un intento de buscar el máximo consenso sobre las hipótesis y datos contenidos en el escenario, al tiempo que se contrasta su consistencia y verosimilitud.

El escenario finalmente generado tiene en general un marcado carácter tendencial, fruto de la alta incertidumbre existente sobre aspectos tan cruciales como la salida de la crisis económica, las consecuencias del proceso de integración económica europea o la evolución a largo plazo de los precios de los derivados del petróleo. En cuanto a

las variables técnico-energéticas, es de destacar que incorporan todas las decisiones y previsiones (fundamentalmente, a corto y medio plazo) realizadas por las empresas del colectivo analizado en la EUEI.

El cuadro económico general de este escenario no difiere sustancialmente del postulado para el conjunto formado por la Europa de los 10 (en adelante EUR-10) en el «escenario de referencia» del informe «Energie 2000». Así, por ejemplo, la tasa media anual de crecimiento económico es prácticamente la misma (2,6 % para la CAPV y 2,7 para la EUR-10); la estructura sectorial del PIB se mantiene, en ambos casos, prácticamente estable (con pérdida de casi dos puntos porcentuales del sector industrial a favor del de servicios); en la industria, al igual que en la EUR-10, el conjunto formado por las grandes consumidoras de energía pierden peso relativo, en favor del resto de sectores; y finalmente, tanto en el conjunto de los EUR-10 como en la CAPV la población apenas crece. En términos generales, tampoco existen grandes diferencias en el contexto energético de ambos escenarios. En ambos casos los supuestos básicos van en el mismo sentido: el precio real del barril de petróleo tiende a subir lentamente hasta alcanzar un nivel en torno a los 32-35 \$ en el año 2000; los diferenciales de precios entre las energías se mantienen relativamente estables; la mejora de la eficiencia energética conserva su inercia hasta 1990, fecha a partir de la cual se ralentiza el proceso; y el gas natural y las energías alternativas mejoran sus cuotas de mercado.

2.4. Resultados

El cuadro n.º 1 y los gráficos n.º 6 y 7 informan de los resultados derivados de la simulación efectuada con el escenario de referencia. Con el fin de situar a la CAPV en el contexto europeo medio, y en la medida en que los sistemas de contabilización energética utilizados lo permiten, estos se comparan con los del informe «Energie 2000» (desafortunadamente, no existe un informe equivalente con simulaciones para el ámbito territorial español). A este fin, el gráfico n.º 8 presenta una visión

(12) Modelo Lanere II de la Consejería de Economía y planificación del Gobierno Vasco (explotación ad-hoc).

(13) Modelo Wharton-Ceprede de la Universidad Autónoma de Madrid (mayo, 1987).

Cuadro n.º 1. Simulación de la demanda de energía final en la Comunidad Autónoma del País Vasco

Datos energéticos en 10^3 tep

AÑO	1985	1990	2000
Demanda de energía final	3.839	3.898	4.466
POR TIPO DE ENERGIA:			
— Electricidad (1)	951	916	1.101
— Gas canalizado	173	542	682
— Derivados del petróleo	1.906	1.435	1.589
— Combustibles sólidos	580	730	783
— Otras energías	229	274	311
(Electricidad cogenerada)	(16)	(28)	(61)
POR SECTORES:			
— Industria	2.438	2.360	2.600
(Siderurgia)	(1.288)	(1.205)	(1.249)
(Otras I.G.C.E.)	(505)	(510)	(547)
(Resto industria)	(645)	(646)	(803)
— Transporte	729	779	879
— Residencial	377	405	500
— Otros sectores	295	354	487
INTENSIDAD ENERGETICA:			
— Por habitante (tep/persona)	1.80	1.83	2.10
— Por V.A.B. (tep/ 10^6 ptas.)	3.02	2.72	2.35

(1) No incluye la electricidad cogenerada

Gráfico n.º 6. Evolución de la estructura del consumo final de energía en la CAPV

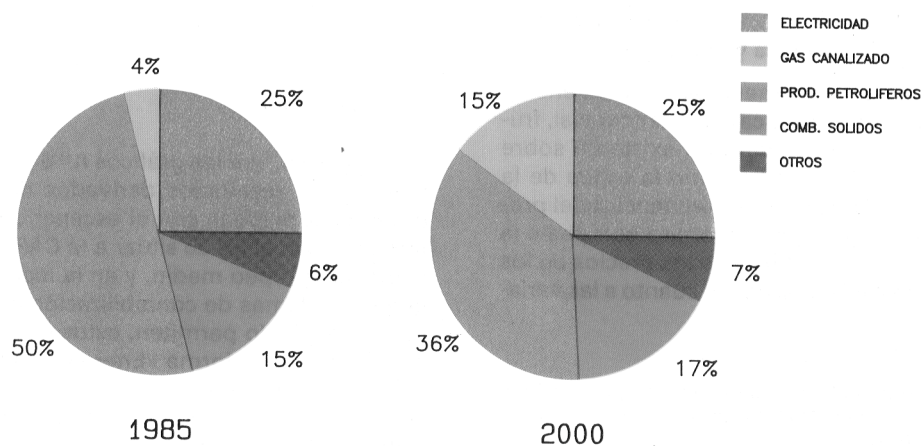


Gráfico n.º 7. Diagrama de flujos de energía final en la Comunidad Autónoma del País Vasco año 2000 (Datos en miles de tep)

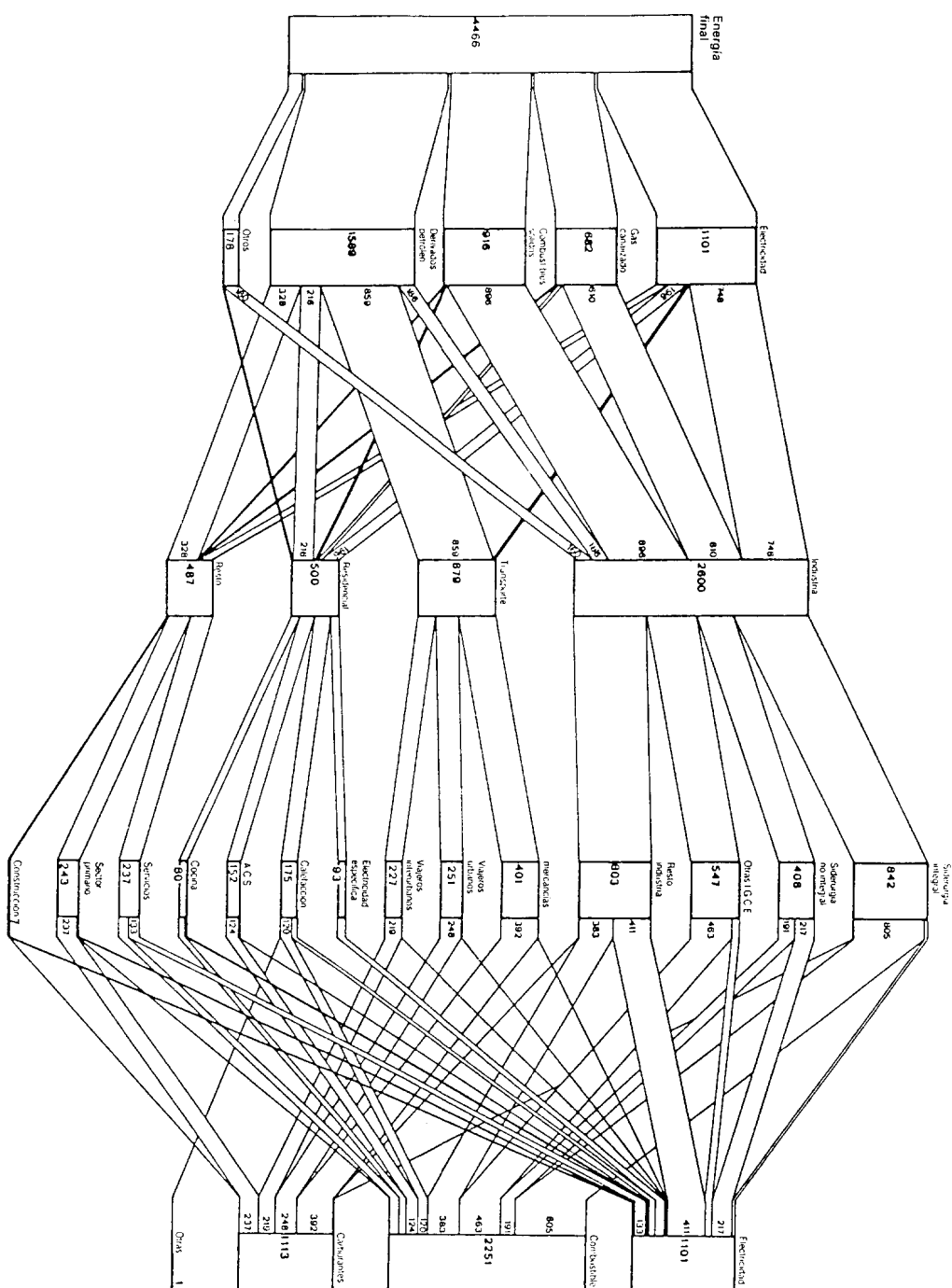


Gráfico n.º 8. Evolución de la estructura sectorial del consumo final de energía

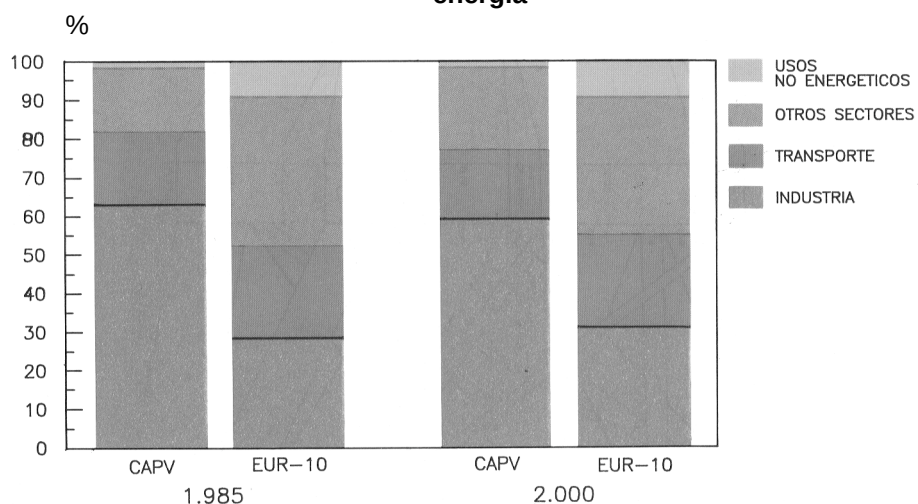
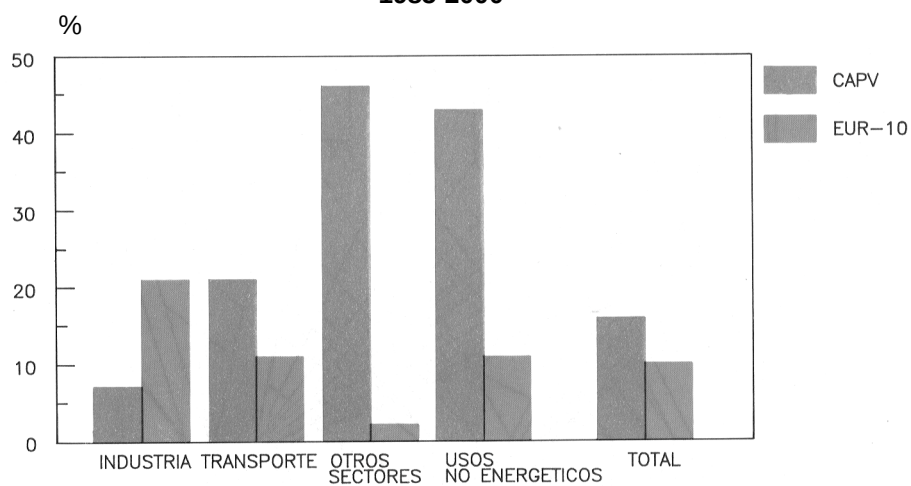


Gráfico n.º 9. Variación del consumo final sectorial de energía en el periodo 1985-2000



general conjunta de la estructura sectorial del consumo de energía en el punto inicial (1985) y final (2000) del horizonte de simulación, y el gráfico n.º 9 compara los crecimientos sectoriales de energía en el período 1985-2000. Entre los aspectos más destacables cabe señalar los siguientes:

1. La intensidad energética de la CAPV (medida en términos del consumo final de energía por unidad de valor añadido bruto generado) en el año 2000 mejora sustancialmente con respecto a la del año 1985, como consecuencia de un sistema económico capaz de producir un 49 % más de valor añadido bruto con sólo un 16 % más de energía que el de 1985. Al igual que en la CAPV, la intensidad energética de la EUR-10 mejora apreciablemente al generar un 47 % más de valor añadido con sólo un 10 % más energía.
2. Este moderado aumento en el consumo de energía de la CAPV es reflejo de la magnitud de la variación en el consumo industrial (su principal componente) que sólo aumenta un 7 %, como resultado del estancamiento -o ligero aumento- en la producción de las industrias básicas intensivas en energía, de la utilización más racional de la energía y de la sustitución de derivados del petróleo por gas natural (la participación de los primeros en el consumo industrial disminuye del 32 al 7% en el período 1985-2000, mientras que la del segundo aumenta del 6 al 24% en el mismo período).
3. El efecto combinado de estos dos últimos factores junto con el menor dinamismo de las industrias grandes consumidoras (incluida la Siderurgia) hacen que su consumo conjunto se estanque prácticamente en los mismos niveles del año 1985, con lo que su cuota participación en el consumo global disminuye del 47 al 40 % en el período 1985-2000. No ocurre lo mismo con el Resto de la Industria (conglomerado formado por todos aquellos sectores no considerados

como grandes consumidores (14), que aumenta su consumo de energía un 25 % por efecto del fuerte aumento en su producción. Como resultado de estos cambios, la cuota del sector industrial en el consumo energético global disminuye cinco puntos porcentuales en relación a la del año 1985, situándose en el 58 % del consumo global del año 2000, a unos 27 puntos porcentuales por encima de la correspondiente a la industria de la EUR-10 en el mismo año, en buena medida explicado por la menor importancia del consumo energético residencial y terciario debido al menor uso de la calefacción, al estar la mayor parte de la población de la CAPV localizada en la franja costera, de suave clima oceánico.

4. El consumo de energía para usos domésticos aumenta un 32 % con respecto al del año 1985. Dos son los factores explicativos: (i) El aumento en un 18 % del número de hogares, más por efecto de la disminución del tamaño familiar que por el aumento de la población, (ii) El aumento en un 13 % del consumo energético medio por hogar, en parte motivado por el aumento de la renta media familiar y en parte por el cambio en la estructura del equipamiento de calefacción (con mayor predominio de los sistemas centralizados). Este crecimiento contrasta fuertemente con el previsto para la EUR-10 que apenas experimenta variación, sí bien la participación del consumo energético doméstico en el consumo global es bastante superior al de la CAPV tanto al principio como al final del período de simulación.
5. En el transporte de la CAPV, al igual que en el de la EUR-10, sólo se produce un ligero aumento del consumo de energía (20 % en relación al del año 1985) por efecto de la mejora de la intensidad energética (un 19 % en relación a

(14) Que en 1985 generaron el 77 % del valor añadido con el 26 % del consumo energético industrial.

la del año 1985) de este sector, a la que ha contribuido notablemente la disminución del consumo de energía por tonelada-kilómetro transportada y por viajero-kilómetro recorrido en el transporte terrestre. La primera de ellas como consecuencia de la disminución del consumo por tonelada transportada y, sobre todo, del aumento de la participación del ferrocarril en el total de carga transportada. El segundo es el resultado de la tendencia hacia un menor consumo unitario de los vehículos, tanto por efecto de las mejoras tecnológicas como por la mayor participación del diesel.

6. La estructura de consumo final de la CAPV por tipo de energía en el año 2000 se ve fuertemente afectada por los supuestos realizados sobre la reconversión de la siderurgia vasca. La drástica reducción de la producción de acero de la siderurgia no integral (1,15 millones de toneladas menos que en 1985) reduce fuertemente sus necesidades de electricidad, hasta el punto de neutralizar en términos absolutos los aumentos registrados en otros sectores, lo que hace mantener la participación de la electricidad (no cogenerada) en cifras parecidas a las de 1985 (25 %). Por otra parte, el aumento de la producción de acero integral en 0,81 millones de toneladas hace crecer significativamente el consumo de los combustibles sólidos, contribuyendo a que su participación se sitúe en el 18 %, tres puntos porcentuales más que la del año 1985. Por otra parte, este reajuste de la producción de acero tiene un efecto negativo sobre la intensidad energética final del sector siderúrgico, ya que, a pesar de todas las medidas de eficiencia energética previstas, el consumo específico del acero integral es 3,5 veces superior al del acero eléctrico.
7. La estructura por tipo de energía de la CAPV también se ve afectada por los supuestos sobre la implantación de los sistemas de cogeneración de calor y electricidad en la industria a partir de 1990. En este sentido, el supuesto de

la introducción de las turbinas de gas en las industrias del papel, neumáticos, química y alimentación, reduce el suministro eléctrico en 435 GWh anuales (un 3,2 % del consumo eléctrico global) y hace aumentar el consumo de gas natural en 71,3 ktep/año.

- 8 A pesar del aumento en un 16 % del consumo de carburante en el sector del transporte, la dependencia de la CAPV de derivados del petróleo disminuye apreciablemente en el año 2000, situándose su participación en el 36 % del consumo final global, en gran medida explicado por la paulatina sustitución por el gas natural, cuya participación aumenta del 5 al 15 % en el período 1985-2000, aunque realmente este proceso está prácticamente concluido en 1990. La participación de los derivados del petróleo y la del gas natural se sitúan en torno al 47 y 22 % respectivamente del consumo final de energía de la EUR-10 en el año 2000.

2.5. Análisis de sensibilidad

A fin de determinar la existencia de valores críticos próximos a los previstos que puedan condicionar la estabilidad de los resultados, se ha estudiado la sensibilidad de estos a modificaciones en los elementos (parámetros o variables) del escenario menos conocidos o más cruciales para el modelo.

Con este fin se han definido una serie de variantes del escenario de referencia, cada una de ellas con modificaciones en alguna variable o grupo de variables interrelacionadas (para mantener la consistencia interna del escenario). Los cambios que se han introducido caen dentro de los rangos de variación compatibles con el escenario de referencia. El cuadro n.º 2 presenta una selección de las variantes analizadas, clasificadas en función de la importancia relativa de su impacto.

Las tres principales conclusiones que se han obtenido del análisis de sensibilidad son las siguientes: 1) Los resultados muestran una alta estabilidad en los rangos de variación analizados (lo que hace suponer que sólo un

Cuadro n.º 2. **Caracterización de las variantes según su impacto sobre el escenario de referencia**

EFEECTO	VARIANTES INCLUIDAS
Fuerte	Reajuste siderúrgico Intensificación ahorro energía Crecimiento económico Ralentización ahorro energía
Moderado	Crecimiento demográfico Precio carburantes
Débil	Rehabilitación viviendas Cambio sistemas calefacción Mejora autobús urbano Exclusión Metro Bilbao Exclusión plan ferroviario

escenario totalmente diferente al de referencia podría cambiar sustancialmente los resultados). 2) Los impactos más fuertes se derivan de aspectos sobre los que existe menor capacidad de control interno, tales como el crecimiento económico (que básicamente depende de la demanda externa) y el uso más eficiente de la energía (que en buena medida depende de los precios internacionales de la energía). 3) El escaso efecto que las políticas de vivienda o infraestructura de transporte tienen sobre la demanda de energía en la CAPV.

3. CONSIDERACIONES FINALES

Las posibilidades del modelo EVE 2000 no se agotan en el ejercicio de «previsión» realizado. Gracias a la metodología MEDEE, el EVE 2000 puede ser utilizado con diversos fines, entre los que cabe destacar los siguientes: 1) Como modelo de decisión

(15) En este caso, el modelo se utiliza de forma iterativa: 1) se identifica tentativamente un conjunto de medidas, 2) se calculan sus efectos y se comprueba, con la ayuda de ciertas variables de control, los posibles conflictos y/o inconsistencias generadas, 3) a la luz de los resultados, se modifican las medidas en la dirección adecuada y el ciclo se repite hasta que se encuentra el conjunto óptimo.

(15), para orientar la selección de las medidas de política energética que resulten más adecuadas para alcanzar los objetivos establecidos por las autoridades energéticas. 2) Como modelo de análisis de impactos, para valorar la incidencia sobre la demanda de energía de perturbaciones del sistema socio-económico (esto es, para responder a preguntas del tipo: ¿qué pasaría si ...?). 3) Como instrumento pedagógico, para facilitar el aprendizaje del entramado de relaciones que se producen entre la demanda de energía a largo plazo y los diversos factores que la condicionan, merced a la transparencia y simplicidad de su estructura. 4) Como marco de integración de datos, para detectar errores e inconsistencias en los mismos y ayudar a seleccionar la información relevante para el análisis de la demanda de energía (16).

(16) En este último aspecto, cabe destacar que la utilización del modelo ha exigido rehacer los Balances Energéticos de la CAPV 1980-1985, no sólo para acondicionarlos a las necesidades del modelo (incorporación de la energía no comercial, mayor nivel de desagregación por tipo de energía) sino también para depurarlos de ciertos errores (algunos de ellos previamente conocidos, aunque no cuantificados), puestos claramente de manifiesto al reunir toda la información en el marco del modelo.

Naturalmente, el EVE 2000 no es un producto totalmente acabado. Todavía es posible mejorar su capacidad de análisis y de simulación incorporando, por ejemplo, mecanismos formales que faciliten la construcción y garanticen una mayor consistencia del escenario. En particular, del escenario de participación de las energías en los distintos mercados en donde es posible la competencia (producción de vapor, p. ej.), mediante la consideración explícita de los precios relativos de las energías, o el de la mejora de la eficiencia energética económicamente alcanzable en un momento determinado, mediante un análisis del tipo coste-beneficio.

El modelo EVE 2000 no es una meta en sí mismo, sino el punto de partida de una serie de trabajos dirigidos a la construcción de los instrumentos de decisión que posibiliten a las autoridades energéticas vascas la planificación estratégica de las actividades del sector público en este área. A este fin, ya se han iniciado una serie de tareas encaminadas, por una parte, a mejorar el modelo y a actualizar las previsiones del consumo de energía en el año 2000 y, por otra, a construir un modelo de simulación del impacto medioambiental del consumo final de energía en la CAPV. Estos trabajos se completarán con un modelo de coste-beneficio social que evalúe la incidencia social de los posibles proyectos a desarrollar por el EVE en un futuro próximo.

En cualquier caso, una actuación futura en el área energética debe tener presente las consideraciones siguientes: 1) En la estructura del abastecimiento de las necesidades energéticas finales de la CAPV se ha producido un significativo cambio, tanto por la actuación del EVE, como por la propia crisis económica (que ha modificado la estructura interna del sector industrial). 2) A medio plazo los potenciales de mejora de la eficiencia energética alcanzables con medidas de primer grado (reducción de pérdidas y recuperación de efluentes térmicos) estarán prácticamente agotados y la introducción del gas natural en la industria será una realidad

consolidada. 3) También en la década de los 90 la difusión de tecnologías que permitan la utilización de varias energías sin apenas modificaciones en los equipos y la liberalización de los mercados energéticos acrecentará la competencia entre los productos energéticos (e incluso entre diferentes marcas de un mismo producto). 4) A largo plazo, ni el nivel ni el tipo de actividad previsto para la CAPV conlleva un crecimiento notable del consumo de energía y su sistema productivo parece que estará más protegido frente a posibles impactos de los precios del crudo de petróleo. 5) La disminución de las tensiones en los mercados energéticos internacionales junto con un crecimiento económico menos intensivo en energía favorecen la introducción de consideraciones sobre aspectos relacionados con la mejora de la calidad de vida a la hora de formular los objetivos de política energética. 6) En el desarrollo de la política energética vasca no se puede olvidar los marcos geográficos supranacionales en los que está inmersa la CAPV.

Alguna de las recomendaciones que se desprenden de estas consideraciones son las siguientes: 1) Mejorar la competitividad de nuestras empresas reduciendo sus costes energéticos, mediante el uso racional de la energía, implica ayudas selectivas a proyectos que conlleven cambios tecnológicos. 2) Ya no parece socialmente aceptable seguir priorizando las inversiones en este área teniendo únicamente en cuenta los índices económico-energéticos clásicos. A estos es preciso añadir otros que midan las consecuencias sociales (calidad del aire, aumento del empleo, p. ej.) de las inversiones públicas vascas en materia energética. 3) Apoyar decididamente medidas que potencien la competitividad de los suministradores energéticos ubicados en la CAPV (lo que además de asegurar su posición en los mercados redundará en beneficio de los consumidores). 4) Optimizar la contribución de nuestros recursos autóctonos (entre ellos los renovables, por supuesto) en el abastecimiento de las necesidades energéticas de la CAPV. 5) Impulsar la convergencia de las políticas energéticas nacionales y europeas.

BIBLIOGRAFÍA

- B. CHATEAU, B. LAPILLONNE (1977). «La previsión á long terme de la demande d'énergie: proposition méthodologique». Collection Energie et Société. C.N.R.S. Paris.
- B. CHATEAU, B. LAPILLONNE (1979). «Long term energy demand simulation», in Energy Models for the European Community. An Energy Policy Special, Guildford.
- B. CHATEAU, B. LAPILLONNE (1982). «Energy demand: Facts and trends. A comparative analysis of industrialized countries». Springer Verlag, Wien.
- B. LAPILLONNE, A. VILLAVICENCIO (1983). «La demanda de energía en los países en desarrollo: el modelo MEDEE S». Instituto Nacional de Energía, Quito.
- B. CHATEAU (1984). «Les utilisations de la méthode MEDEE dans le monde», in «l'implantation de MEDEE 3 au Québec: la méthodologie et les résultats». Collection Etudes et Recherches. Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec.
- B. CHATEAU (1985). «MEDEE: instrument d'aide à l'élaboration des politiques énergétiques; mise en œuvre de la méthode, élaboration des scénarios et interprétation des résultats». II Seminario latinoamericano sobre previsión de demanda de energía a largo plazo. Caracas, febrero 1985.
- B. LAPILLONNE (1985). «L'approche MEDEE S pour l'évaluation de la demande d'énergie dans un pays en développement». Rapport EUR 9971 FR. Direction Générale Science, Recherche et Développement Commission des Communautés Européennes, Bruxelles.
- R. DESBIOLLES (1983), M.C. QUIDOZ (1985). «Le modèle MEDEE'S pour l'évaluation de la demande d'énergie dans un pays en développement: réalisation informatique». Institut Economique et Juridique de l'Energie, Grenoble.

