

*Manuel Valero Calero**

LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD EN ESPAÑA PREVISIÓN 2035

En las sociedades avanzadas el consumo de electricidad está asociado al tejido productivo de un país y al bienestar de sus habitantes. A la hora de planificar las necesidades de nueva potencia eléctrica y la conveniencia de una u otra tecnología, toma especial relevancia la predicción de la demanda de electricidad en el largo plazo. Este trabajo analiza los principales determinantes de la demanda de electricidad en España durante los años 1970-2007. Entre ellos, cabe destacar el efecto que pudo tener la eficiencia energética de la economía en el consumo de energía eléctrica durante ese periodo. En la última parte se realiza un ejercicio de predicción del consumo anual de electricidad para los años del periodo 2009-2035.

Palabras clave: demanda energía, consumo electricidad, eficiencia energética, modelización, escenarios previstos.

Clasificación JEL: C20, C22, C53, Q41, Q43.

1. Introducción

Del total de energía primaria que consume un país, hay una parte que se utiliza para generar electricidad. En las sociedades avanzadas el consumo de electricidad tiene una especial relevancia, ya que está asociado al tejido productivo de un país y al bienestar de la sociedad.

Hasta el momento, el *mix* generador de electricidad del que dispone España ha estado bien diversificado y ha permitido hacer frente a la demanda de electricidad con eficacia, incluso en condiciones adversas, ya sea por baja *hidraulicidad*, ya sea por otras causas. Este *mix* generador ha tenido que asumir un constante incremento en el consumo de energía eléctrica durante las últimas dos décadas,

cifrado durante el periodo 1988-2008 en un 3,8 por 100 de media anual.

A la hora de planificar las necesidades de nueva potencia y la conveniencia de una u otra tecnología, toma especial relevancia la predicción de la demanda de electricidad en el largo plazo. Este elemento proporciona un punto de partida con el que establecer si es necesario o no instalar nuevas centrales eléctricas. Una vez identificadas las necesidades de nueva potencia, se podrá plantear un *mix* energético u otro, dependiendo de los criterios que determine el regulador, de los incentivos que ponga en marcha y de las decisiones de las empresas eléctricas: eficiencia, respeto al medio ambiente, primas a la producción con fuentes de energía renovable, seguridad de abastecimiento, etcétera.

La previsión de la demanda de electricidad requiere disponer de un conocimiento adecuado ▷

* Servicio de Estudios del Consejo Superior de Cámaras de Comercio.

de los factores que influyen en ella y de los efectos que variaciones en estos factores pudieran tener.

En este artículo se lleva a cabo un ejercicio de predicción de la demanda de electricidad en España a largo plazo (horizonte 2035), poniendo especial énfasis en la evolución de esta demanda año a año. Tras esta introducción, en el segundo punto se realiza un repaso de la literatura académica con objeto de identificar las variables que pueden ser determinantes a la hora de explicar el consumo de electricidad, así como la metodología utilizada para realizar este tipo de análisis. En el tercer apartado se estudiará la influencia de estas variables en el consumo y se constatará la necesidad de introducir variables adicionales que expliquen el efecto de la eficiencia energética. Finalmente, en el apartado 4 se realiza un ejercicio de predicción de cara a conocer cuál podría ser el consumo anual de electricidad en el periodo 2009-2035.

2. Variables y metodología

A la hora de tratar de modelizar con técnicas econométricas el consumo de electricidad de un país, región o zona geográfica, surgen dos temas básicos que necesitan de una primera reflexión: primero, hay que identificar las variables que explican la evolución del consumo de electricidad y, segundo, es necesario elegir la metodología que permita encontrar un modelo adecuado.

En cuanto al primer asunto, existe bastante consenso en la literatura especializada sobre las principales variables que determinan el consumo de electricidad de un país. En general, tienen que ver con factores económicos y demográficos, como por otra parte, es lo lógico pensar. Castro (1996) utiliza renta per cápita, precio medio de la electricidad y precio de productos sustitutivos como el gasóleo y el butano, para explicar el consumo eléctrico residencial en España. Amarawickrama y Hunt (2007) explican el consumo de electricidad per cápita en Sri Lanka utilizando como variables explicativas el producto interior bruto (PIB) per cápita

del país y el precio real de la electricidad. En la misma línea, Hyndman y Fan (2008) estiman un modelo para predecir los picos de demanda de electricidad en una región de Australia en el largo plazo. Utilizan el producto interior bruto, los precios de la electricidad y la temperatura. Por otro lado, Ishiguro y Akiyama (1995) incluyen, a parte de las principales variables mencionadas, una tendencia temporal que fue utilizada para captar los cambios en la eficiencia del uso de la energía. En la misma línea, Von Hirschhausen y Andres (2000), parten de una función Cobb Douglas para estimar la electricidad que se consume en China. Esta función contiene un parámetro a estimar relacionado con la eficiencia del sistema eléctrico y que, en teoría, debería explicar un menor consumo de electricidad conforme el sistema fuera más eficiente. En el mismo sentido, Meetamehra (2002), pone especial énfasis en la inclusión de una variable que recoja el efecto de la tecnología en el consumo de electricidad. Finalmente, hay que destacar los trabajos realizados por Moral y Vicens (2003), los cuales estimaron un modelo que predice la demanda de electricidad en España en el corto plazo. Para estos autores es muy importante distinguir entre corto y largo plazo a la hora de explicar adecuadamente el consumo de electricidad de una economía. Por ejemplo, en el corto plazo las variaciones de la demanda quedan determinadas por variables que afectan a la intensidad en el uso del equipamiento existente (laboralidad, variables climáticas o actividad productiva), mientras que en el largo plazo, la demanda de energía eléctrica depende de variables económicas, demográficas y tecnológicas.

Atendiendo a la experiencia descrita, existen unas variables comunes a cualquier modelo general que explique la demanda de electricidad:

$$E_t = I_t + R_t = f(PIBpc_t, Viv_t, p_t, ps_t, CI_t, Tmín_t, Tmáx_t, Eficiencia_t)$$

En el presente artículo estas variables se describen de la siguiente forma:

$PIBpc_t$, PIB per cápita de España en el año t , medido en millones de euros del año 2000. Se trata ▷

CUADRO 1
RESUMEN DE LAS VARIABLES DEL MODELO

Variable (en tasas de variación)	Denominación en el modelo	Ámbito al que pertenece	Efecto esperado en el consumo de electricidad
PIB per cápita (términos constantes)	$PIBpc$	Poder adquisitivo	Positivo
Parque de viviendas	Viv	Número de hogares	Positivo
Precios relativos constantes (electricidad/ petróleo)	Pr	Precios	Negativo
Grado utilización capacidad productiva en la industria	CI	Actividad productiva	Positivo
Temperaturas mínimas anuales	$Tmín$	Climatología	Negativo
Temperaturas máximas anuales	$Tmáx$	Climatología	Positivo
Eficiencia energética	—	Eficiencia	Negativo

Fuente: INE, Eurostat, Banco de España, UNESA, Comisión Nacional de la Energía, British Petroleum y Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

de una variable relacionada con el poder adquisitivo de la población.

Viv_t , hace referencia al parque de viviendas de España en el año t , en número de viviendas.

p_t y ps_t , son el precio de la electricidad en términos reales durante el año t y el precio de energías sustitutivas, respectivamente. En este caso, se refiere al precio del petróleo, en dólares de 2008 por barril, en el año t . Para recoger el efecto de la variación de los precios de la energía en un sólo coeficiente a estimar, se crea una variable que mide el precio relativo de la electricidad respecto al de otras fuentes de energía, $Pr_t = \frac{p_t}{ps_t}$.

CI_t , se refiere al nivel de actividad industrial. Se trata del grado de utilización de la capacidad instalada de la industria, en porcentaje sobre el total, en el año t .

$Tmín_t$, es la temperatura media mínima registrada en España en el año t , medida en grados centígrados.

$Tmáx_t$, es la temperatura media máxima registrada en España en el año t , medida en grados centígrados.

$Eficiencia_t$, se refiere a la mejora de la eficiencia energética de la economía en el año t , respecto al año anterior.

En cuanto a la metodología a utilizar en el proceso de estimación del modelo, se va a plantear un modelo con variables en tasas de variación, que evita los problemas asociados a los modelos en niveles (relaciones espurias, Granger y Newbold,

1974), y evita las dificultades que introduce la metodología de cointegración, sobre todo en el aspecto de interpretación de los resultados.

3. El modelo

El modelo de partida es el siguiente:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta E_t}{E_{t-1}} = & \beta_0 + \beta_1 \frac{\Delta PIBpc_t}{PIBpc_{t-1}} + \beta_2 \frac{\Delta Viv_t}{Viv_{t-1}} + \\ & + \beta_3 \frac{\Delta Pr_t}{Pr_{t-1}} + \beta_4 \frac{\Delta CI_t}{CI_{t-1}} + \beta_5 \frac{\Delta Tmín_t}{Tmín_{t-1}} + \\ & + \beta_6 \frac{\Delta Tmáx_t}{Tmáx_{t-1}} + u_t \end{aligned}$$

Todas las variables están expresadas en tasas de variación. Posteriormente se analizará la necesidad de introducir alguna variable que recoja el efecto de la eficiencia energética en la tasa de variación del consumo de electricidad.

Considerando que para cualquier variable,

$X_t, x_t = \frac{\Delta X_t}{X_{t-1}}$, se puede simplificar la descripción del modelo anterior:

$$\begin{aligned} e_t = & \beta_0 + \beta_1 pibpc_t + \beta_2 viv_t + \beta_3 pr_t + \\ & + \beta_4 ci_t + \beta_5 tmín_t + \beta_6 tmáx_t + u_t \end{aligned}$$

donde las iniciales minúsculas representan la tasa de variación de cada una de las variables del modelo; β_i son los coeficientes a estimar, que explican el efecto que tendría la variación de un punto por- ▷

CUADRO 2
MODELOS

Variable	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	Coefficiente	Prob.	Coefficiente	Prob.	Coefficiente	Prob.
<i>Ctate</i>	- 0,001	0,940	- 0,008	0,143	0,031	0,001
<i>pibpc</i>	0,631	0,005	0,747	0,000	0,674	0,000
<i>viv</i>	1,323	0,000	1,466	0,000	1,148	0,000
<i>pr</i>	- 0,018	0,222	0,000	0,983	- 0,007	0,293
<i>pr*z1</i>			- 0,104	0,000	- 0,090	0,000
<i>ci</i>	0,333	0,005	0,279	0,004	0,354	0,000
<i>tmin</i>	- 0,354	0,000	- 0,377	0,000	- 0,360	0,000
<i>tmáx</i>	0,405	0,014	0,470	0,003	0,388	0,000
<i>t</i>					- 0,001	0,000
<i>z0</i>					- 0,019	0,000
<i>z2</i>			0,012	0,013	0,020	0,001
<i>z3</i>			0,021	0,000	0,037	0,000
Adjusted R-squared	0,655		0,778		0,936	
Durbin-Watson stat	1,535		1,110		2,468	
F-statistic	12,708	0,000	15,414	0,000	49,914	0,000

Fuente: Elaboración propia.

centual en la variable i sobre la tasa de variación del consumo de electricidad; u_i representa a los residuos del modelo y se supone que cumple todos los supuestos del modelo de regresión clásico.

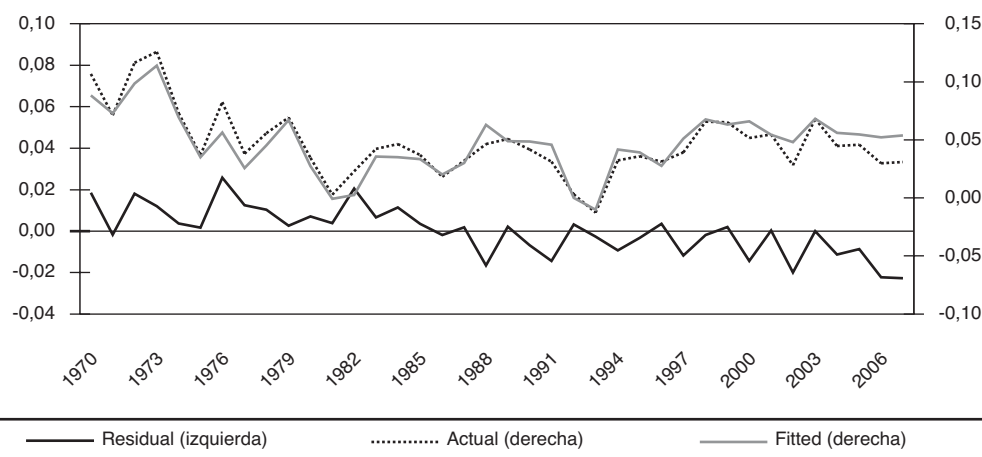
Las series de datos utilizadas comienzan en diferentes años por lo que el periodo histórico que abarca el análisis se circunscribe a los años para los cuales hay datos en todas ellas, de 1970 a 2007.

Partiendo del modelo especificado al inicio de este apartado, se han ido añadiendo, como exógenas, una serie de variables de intervención para controlar ciertos puntos de la serie temporal que dieron lugar a errores excepcionalmente elevados en el modelo inicial. Además, en la última especificación se añade una variable que pretende recoger el efecto de la eficiencia energética. A continuación se presentan los resultados de los principales modelos estimados:

El *Modelo 1* se basa en la especificación inicial, pero su ajuste presentó desviaciones importantes respecto al dato real en años puntuales. Fue, entonces, necesario introducir algunas variables de control. Por otro lado, el coeficiente asociado a los precios relativos en el *Modelo 1* no es significativo. Este resultado sugiere que la demanda de electricidad es inelástica ante cambios en los precios, lo que tiene que ver con la importancia del consumo eléctrico en la economía y con la falta de bienes sustitutivos (Pérez Arriaga, 2005).

Independientemente de este resultado, el *Modelo 1* proporcionó un error de estimación muy elevado entre los años 1978-1981, coincidiendo con la segunda crisis del petróleo. Para evaluar el efecto de este hecho histórico, en el modelo se ha introducido una variable de intervención que interactúa con los precios relativos de la electricidad. Se trata de una variable escalón que toma valor 0 durante toda la serie histórica analizada, excepto en el periodo 1978-1981, que toma valor 1, recogiendo de esta manera el efecto extraordinario en los precios de las materias primas energéticas de la situación geopolítica que provocó una restricción en la oferta de petróleo. A esta variable se la ha denominado $z1$.

También hay que tener presente los cambios en la regulación del sector eléctrico que se han registrado durante el periodo analizado, y que han podido tener un efecto determinante en el consumo de electricidad. Por ejemplo, en 1998 comienza la liberalización paulatina del mercado eléctrico. En ese año el sector eléctrico se abrió a la competencia, aunque hay que tener en cuenta que esa apertura ha sido gradual y, aún hoy, no es total (tarifa último recurso). En 1998 y 1999 se produce una desviación importante entre el consumo estimado por el *Modelo 1* y el consumo real. Por esta razón, se introduce en el modelo una variable escalón que toma valor 1 en 1998 y 1999, y 0 el resto de años. Esta variable escalón se denomina $z2$. ▷

GRÁFICO 1
AJUSTE MODELO 2

Fuente: Elaboración propia.

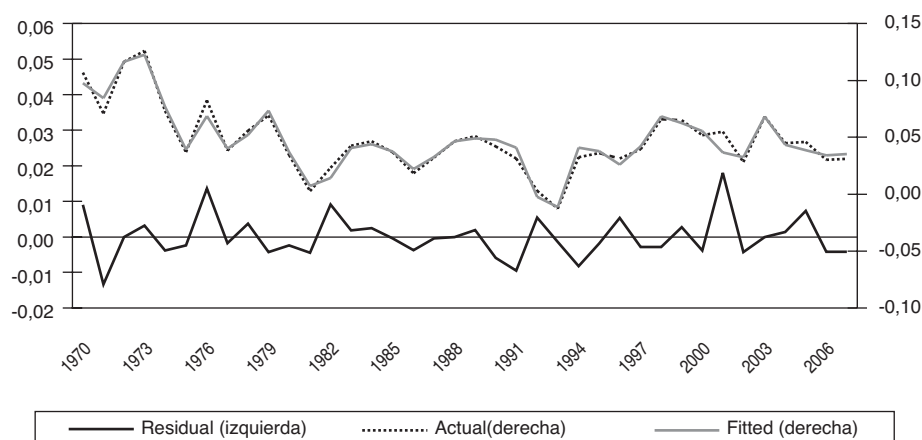
En 2003 se produce otro hecho importante en el proceso liberalizador. Todos los consumidores de la península tienen posibilidad de elegir suministrador de electricidad. Esta nueva situación coincide con un desvío muy importante entre la variación real en el consumo de electricidad y la variación estimada por el *Modelo 1*. Para modelizar este efecto regulatorio, se añade una variable impulso, z_3 , que actúa durante ese año, tomando valor 1, y siendo 0 el resto del periodo de estudio.

Según la especificación del nuevo modelo, *Modelo 2* (Cuadro 2), se produce una mejora de la bondad del ajuste (R^2 ajustado de 0,78), los coeficientes estimados mantienen el signo adecuado de acuerdo con la teoría económica y todos, excepto el correspondiente a los precios relativos, son significativos. A nivel conjunto, el modelo también es significativo (probabilidad del estadístico F es 0). Sin embargo, el estadístico Durbin-Watson (DW) está alejado del valor 2, lo que denota una posible autocorrelación serial entre los residuos del nuevo modelo, lo que queda claro al visualizar el gráfico que representa el ajuste del *Modelo 2*. Se aprecia un comportamiento extraño de los residuos: marcan una tendencia decreciente. Es decir, conforme pasa el tiempo es más probable que el modelo sobreestime el consumo de electri-

cidad real. En concreto, a partir de 1988, a excepción de unos pocos años, el modelo tiende a proporcionar una variación en el consumo de energía eléctrica superior a la registrada realmente.

La tendencia decreciente que describen los residuos del *Modelo 2*, y el hecho de que el dato de variación de consumo de electricidad que calcula sobreestime la variación real en la última etapa del periodo histórico analizado, pudiera deberse a la omisión de alguna o algunas variables relevantes relacionadas con la eficiencia energética que ha ido desarrollando la economía. La mejora de la eficiencia energética podría haber tenido efecto en el consumo de electricidad, independientemente de la evolución que hubieran seguido las variables que componen el modelo. Para recoger el efecto de la eficiencia energética en el consumo final de energía eléctrica podría utilizarse una tendencia temporal (Ishiguro y Akiyama, 1995). La hipótesis de base es que la economía evoluciona y es más eficiente conforme pasa el tiempo al introducir mejoras en los procesos productivos, en la construcción de edificios o en el equipamiento de los hogares. Ante la dificultad de disponer de una medida real de la eficiencia energética, su efecto podría quedar recogido en la tendencia temporal. ▷

GRÁFICO 2
AJUSTE MODELO 3



Fuente: Elaboración propia.

El *Modelo 3* (Cuadro 2) representa los resultados de la nueva estimación, incorporando esa tendencia (t), así como una nueva variable impulso, z_0 , que toma valor 1 en 1988 y 0 el resto de años del periodo. Esta variable se añade porque hay evidencia de que algunos coeficientes del modelo en 1988 presentan distorsiones significativas.

Cada coeficiente se interpreta como el cambio porcentual que se produce en la tasa de variación del consumo de electricidad ante cambios de un punto porcentual en la tasa de variación de la variable asociada. Cabe destacar la interpretación del coeficiente correspondiente a la tendencia temporal, t (Cuadro 2): en el periodo de análisis, cada año, el consumo de electricidad se redujo, en media, 0,001 puntos porcentuales por efecto de la eficiencia energética.

4. Escenarios de predicción

Para analizar cuál podría ser el comportamiento de la demanda de energía eléctrica en el futuro será necesario conocer la evolución de cada una de las variables exógenas en el horizonte de predicción, que se prolonga hasta el año 2035. Dada la incertidumbre que existe sobre el comportamiento

que pueden seguir las variables explicativas del modelo en el largo plazo, se establecerán diferentes escenarios que permitan abarcar un amplio rango de posibilidades de variación. El Cuadro 3 compara el nivel que alcanzaría en 2035 cada una de las variables explicativas en función de los escenarios planteados, así como la tasa de crecimiento prevista para cada variable respecto a 2007.

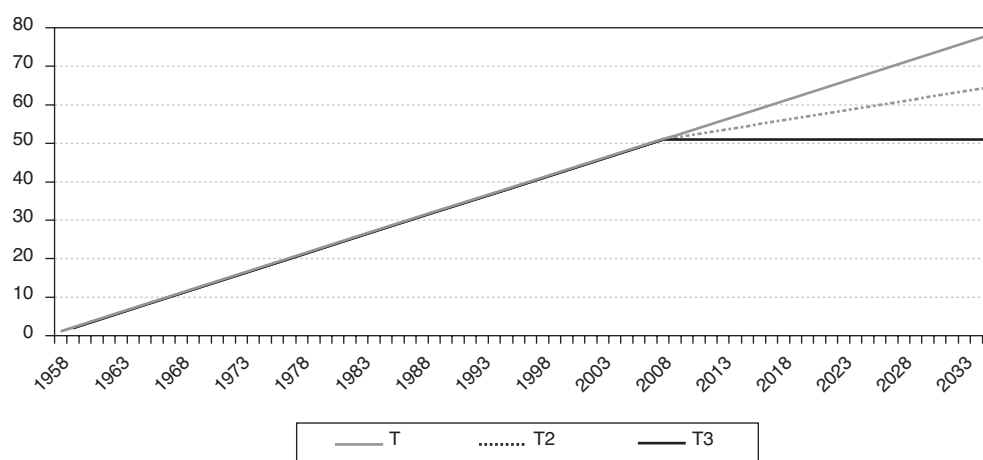
Los escenarios propuestos responden a diferentes hipótesis. El *escenario 1 (E1)* supone una salida en “V” de la crisis económica que actualmente está atravesando la economía española. El crecimiento anual medio del PIB en el periodo 2008-2035 sería del 2,6 por 100, aunque si se eliminan los años de recesión (en principio 2009 y 2010), el crecimiento anual medio entre 2011 y 2035 se elevaría al 3,1 por 100. En este escenario se alcanzaría un 2 por 100 de crecimiento a partir de 2012. El *escenario 2 (E2)* prevé un crecimiento anual medio de la economía entre 2009 y 2035 del 1,6 por 100, y se alcanzaría un crecimiento del 2 por 100 a partir de 2018. Finalmente, el *escenario E3* refleja una situación de estancamiento económico, en la que se prevé un avance del PIB medio anual del 0,7 por 100 en el periodo, no alcanzando el 2 por 100 de crecimiento hasta pasado 2030.

Es probable que el crecimiento de la economía ▷

CUADRO 3
ESCENARIOS DE PREDICCIÓN

		PIB per cápita		Parque viviendas		Capacidad instalada		Temperaturas mínimas		Temperaturas máximas	
		Niveles	% variación	Niveles	% variación	Niveles	% variación	Niveles	% variación	Niveles	% variación
Escenario 1	2007	16.911	—	25.376.597	—	81,3	—	11,2	—	21,4	—
	2035	34.405	103,5	43.470.876	71,3	90,0	11,9	15,2	35,1	25,4	10,8
Escenario 2	2035	25.946	53,4	35.568.029	32,3	80,5	-1,0	13,8	22,8	23,6	10,3
Escenario 3	2035	20.462	21,0	28.839.039	13,6	72,7	-10,6	12,0	6,8	21,8	1,9

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 3
TENDENCIA TEMPORAL (EVOLUCIÓN EFICIENCIA ENERGÉTICA)

Fuente: Elaboración propia.

experimente altibajos durante un periodo tan largo de tiempo. Por ello, en los tres escenarios, se ha planteado un periodo de crecimiento económico más reducido durante el lustro 2025-2030.

El Instituto Nacional de Estadística (INE) proporciona la proyección de crecimiento de la población en España hasta 2035. El número de personas que vivirán en España se incrementará un 5,5 por 100 durante ese periodo, llegando a 47,8 millones de individuos.

El crecimiento planteado para el parque de viviendas, teniendo en cuenta las estimaciones de crecimiento de población hasta 2035, supone pasar de 1,7 personas por hogar en 2009, a 1,1 personas en 2035, en *E1*, 1,4 personas por hogar en *E2* y 1,66 individuos por hogar en *E3*.

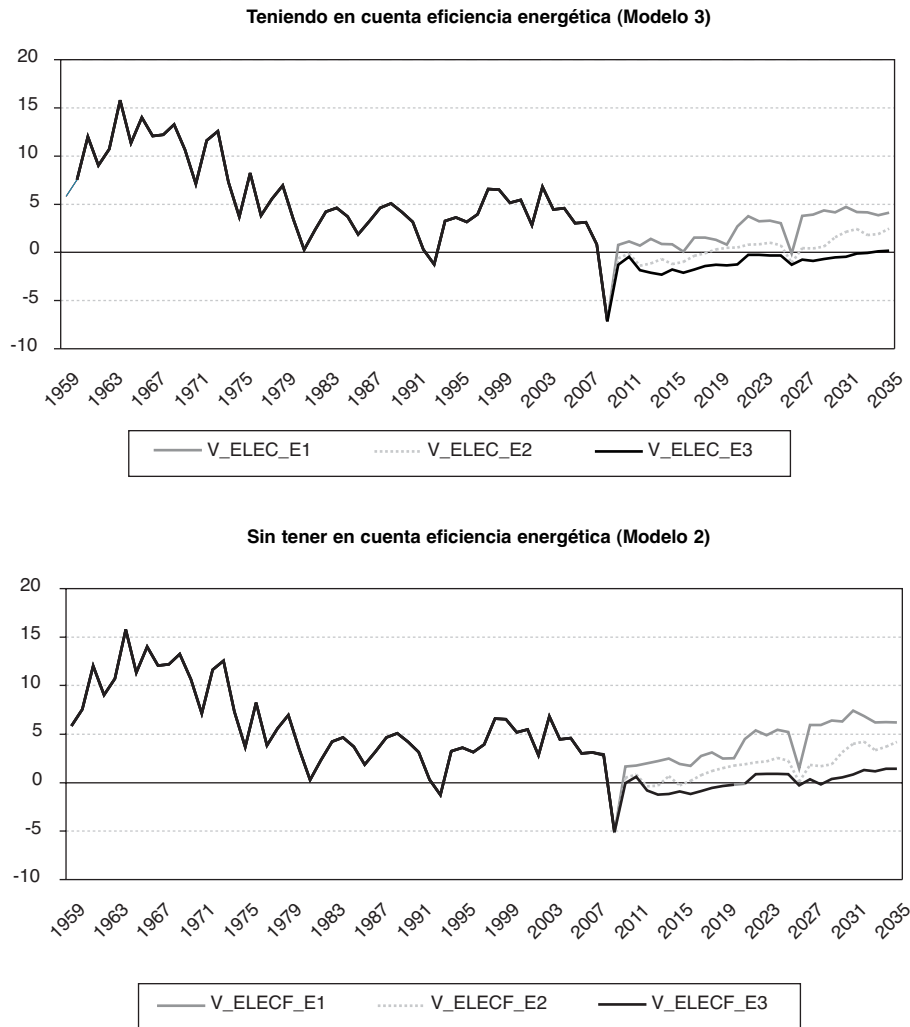
Las previsiones de incremento de temperaturas para el periodo 2007-2035 en cada uno de los escenarios propuestos son de 4° C en las mínimas y 4° C

en las máximas, en el escenario *E1*; 2,6° C en las mínimas y 2,2° C en las máximas en *E2*; 0,8° C en las mínimas y 0,4° C en las máximas en *E3*.

En cuanto a la eficiencia energética también se han planteado 3 escenarios de evolución: un comportamiento tendencial (*T*), un incremento de la eficiencia año a año pero siguiendo una tendencia menos acusada que en el escenario inicial (*T2*), y un incremento estable a partir de 2008 (*T3*). A efectos de predicción se considerará únicamente el último escenario, que es el más conservador de los propuestos en lo que se refiere a evolución de la eficiencia energética.

Los escenarios planteados se utilizan para obtener una previsión del consumo de electricidad en el periodo 2009-2035. Las previsiones que pueda proporcionar el *Modelo 3*, que es el que presenta el mejor ajuste, se compararán con las del *Modelo 2*, que no incluye tendencia temporal, con objeto de ▷

GRÁFICO 4
PREVISIÓN CONSUMO ELECTRICIDAD 2009-2035. TASA DE VARIACIÓN
(Porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4
CONSUMO DE ELECTRICIDAD ANUAL PREVISTO (GWH)

Descontando efecto eficiencia (M3)				Sin descontar efecto eficiencia (M2)			
Año	E1	E2	E3	Año	E1	E2	E3
2009	244.123	244.167	244.201	2009	249.284	249.436	249.551
2013	253.951	236.208	230.515	2013	268.970	251.109	245.904
2018	266.341	228.422	209.467	2018	302.923	257.638	234.799
2023	298.938	235.070	200.291	2023	367.512	282.854	237.429
2028	342.484	238.524	193.161	2028	464.313	307.314	241.438
2033	423.460	259.388	189.586	2033	639.985	361.757	251.959
2035	457.897	270.806	190.113	2035	722.027	390.892	259.228

Fuente: Elaboración propia.

estimar el efecto de la eficiencia energética en el consumo de energía eléctrica a lo largo del periodo considerado.

El ahorro de energía acumulado en el periodo 2009-2035 variaría dependiendo del escenario planteado. El rango previsto iría de 2,3 millones de ▷

CUADRO 5
AHORRO ENERGÍA ANUAL PREVISTO 2009-2035
(Gigavatios hora - GWh)

	E1	E2	E3
2009.....	5.161	5.269	5.350
2013.....	15.019	14.901	15.389
2018.....	36.582	29.216	25.331
2023.....	68.574	47.784	37.138
2028.....	121.829	68.790	48.277
2033.....	216.524	102.370	62.373
2035.....	264.130	120.086	69.115

Fuente: *Elaboración propia.*

GWh en *E1*, a 1 millón de GWh, en *E3*, representando entre el 21,7 por 100 y el 14,6 por 100 del total del consumo que se produciría si no hubiera avances en la eficiencia energética.

5. Conclusiones

En las sociedades avanzadas el consumo de electricidad tiene una especial relevancia ya que está asociado al tejido productivo de un país y al bienestar de la sociedad. Por ello, disponer de un *mix* generador de electricidad bien diversificado, que pueda hacer frente a la demanda ante cualquier imprevisto es una cuestión capital. Hasta el momento, en España el *mix* generador ha cumplido con este objetivo. No obstante, eso no garantiza que pueda hacerlo en el futuro. A la hora de plantear la posibilidad de instalar nueva potencia eléctrica toma especial relevancia la predicción de la demanda de electricidad en el largo plazo.

Con el presente trabajo se ha intentado realizar un ejercicio de predicción del consumo eléctrico en el largo plazo. Se optó por estimar un modelo en el que todas las variables, tanto la endógena como las exógenas, estuvieran expresadas en tasas de variación. Un resultado relevante de la estimación tiene que ver con la inelasticidad de la demanda ante cambios en los precios relativos de la electricidad. La explicación que se ha dado a este resultado tiene que ver con la dificultad que un consumidor encuentra a la hora de adaptar de un año para otro sus instalaciones energéticas para sustituir electricidad por productos derivados del petróleo, o viceversa.

Fue necesario introducir una variable que recogiera el efecto de la eficiencia energética en el consumo de electricidad a lo largo del periodo histórico. A partir de 1988 se detectó que el modelo pasaba a sobreestimar la variación real de consumo de electricidad, lo que llevaba a obtener unos residuos negativos y con estructura. Este resultado se interpretó como un aumento de la eficiencia energética que el modelo no podía captar. Entonces, se optó por añadir una tendencia temporal que permitiera evaluar el ahorro producido en el consumo de electricidad, derivado del incremento de la eficiencia energética a lo largo del tiempo.

Una vez estimados los diferentes modelos se procedió a plantear escenarios de evolución de las variables independientes durante el periodo 2009-2035. Se establecieron 3 escenarios para cada una de las variables. Un escenario de crecimiento elevado, un escenario central de crecimiento moderado y un escenario de estancamiento, o decrecimiento, dependiendo de la variable. Al introducir estos escenarios en los modelos se obtuvieron predicciones para el consumo de electricidad asociado.

Entonces, el consumo de electricidad previsto para 2035, según el *Modelo 3*, y de acuerdo a los escenarios planteados, es de 457.897 GWh en 2035 en el *E1*, 270.806 GWh en *E2* y 190.113 GWh en *E3*.

Finalmente, la diferencia entre las predicciones realizadas con el modelo sin tendencia (*Modelo 2*) y las derivadas del modelo final (*Modelo 3*) proporcionó una estimación del ahorro de electricidad futuro, que podría variar, durante el periodo 2009-2035, entre 2,3 millones de GWh en el escenario *E1* y 1 millón de GWh en *E3*, lo que representaría entre el 21,7 por 100 y el 14,6 por 100 del total del consumo que se produciría si no hubiera avances en eficiencia energética.

Bibliografía

- [1] AMARAWICKRAMA H.A. y HUNT, L.C. (2007): «Electricity demand for Sri Lanka: A Time Series Analysis». *Discussion Paper Series. Surrey* ▷

- Energy Economics Centre*, nº 118, octubre, University of Surrey, UK.
- [2] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA (2005): El Sector Eléctrico a Través de UNESA 1944-2004, 1ª edición, Madrid, UNESA.
 - [3] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA (2009): Memoria Estadística 2008, 1ª edición, Madrid, UNESA.
 - [4] CASTRO, F. (2000): «La demanda de electricidad de largo plazo. Principales Determinantes en un marco regulado y repercusiones del proceso de liberalización». *Información Comercial Española. Revista de Economía*, nº 783, febrero, págs. 119-131, Madrid.
 - [5] ENGLE, R.F., *et al.* (1986): «Semiparametric Estimates of the Relation Between Weather and Electricity Sales». *Journal of the American Statistical Association*, nº 81, 310-320, USA.
 - [6] GRANGER C.W.J. y NEWBOLD P (1974); «Spurious Regressions in Econometrics». *Journal of Econometrics Volume 2, Issue 2*, julio, págs. 111-120.
 - [7] HASTIE T. y TIBSHIRANI R. (1986): «Generalized Additive Models». *Statistical Science Vol 1, Nº 3*, págs. 297-318, USA.
 - [8] HYNDMAN, R.J. y FAN, S. (2008): «Density forecasting for long-term peak electricity demand». *Working Paper 06/08 Monash University*, agosto, Monash University (Australia).
 - [9] ISHIGURO M. y AKIYAMA T. (1995): «Energy Demand in Five Major Asian Developing Countries: Structure and Prospects». *World Bank Discussion Paper*, abril, Washington D.C. (USA).
 - [10] MAS, M., PÉREZ, F. y URIEL E. (2003): El Stock de Capital en España y su Distribución Territorial, 1ª edición, Bilbao, Fundación BBVA.
 - [11] MEETAMEHRA A. (2002): «Demand forecasting for Electricity». *Mimeo, The Energy and Resources Institute*. New Delhi (India).
 - [12] MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO, SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA (2006): La Energía en España 2005, 1ª edición, Madrid, Ministerio de Industria Comercio y Turismo, División de Información, Documentación y Publicaciones.
 - [13] MORAL, J. y VICENS, J. (2003): «Un modelo de previsión de la demanda de energía eléctrica THORII». *Working paper I.L.R. Klein*, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
 - [14] PÉREZ ARRIAGA (2005): Libro Blanco Sobre la Reforma del Marco Regulatorio de la Generación Eléctrica en España. 1ª edición, Madrid, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
 - [15] PULIDO A. y LÓPEZ A. (1999): Predicción y Simulación Aplicada a la Economía y Gestión de Empresas, 1ª edición, Madrid, Pirámide.
 - [16] RUPPERT, D., WAND, M.P. y CARROLL, R. (2003): Semiparametric Regression, 1ª edición, Cambridge (UK), Cambridge University Press.
 - [17] VON HIRSCHHAUSEN C. y ANDRES M. (2000): «Long-term electricity demand in China. From Quantitative to Qualitative Growth?» *Energy Policy*. Vol 28, abril, págs 231-241, Dorset (UK).