



**UNIVERSITAT DE BARCELONA**

DEPARTAMENT DE POLÍTICA ECONÒMICA I ESTRUCTURA  
ECONÒMICA MUNDIAL

**LA DEMANDA RESIDENCIAL DE  
ELECTRICIDAD EN ESPAÑA: UN  
ANÁLISIS MICROECONOMÉTRICO**

*Laura Fernández*

**Laura Fernàndez Villadangos**

Programa de Doctorat en Economia: Govern i Mercats

Bienni 1998-2000

Abril 2006

**Director: Dr. Joan-Ramon Borrell i Arqué**

## **Capítulo 5**

### **Análisis microeconómico de la elección y los efectos de la tarifa doméstica de electricidad en España**

## 1. Introducción

La tarifa que se aplica en España para facturar el consumo doméstico de electricidad, como hemos visto anteriormente, es una tarifa en dos partes. Esta estructura tarifaria está regulada y tiene dos componentes: un precio para la potencia contratada en el hogar y otro para el consumo de cada *kwh*.

Como resultado de la aplicación de esta tarifa, la factura eléctrica doméstica en España consta de dos elementos fundamentales: el término de potencia y el término de energía.

Bajo este sistema de precios el pago de la cuota fija o término de potencia deberá satisfacerse independientemente de si se consume electricidad o no.<sup>1</sup>

Dado que los precios del término de energía y el término de potencia están regulados, la variable de elección que condiciona la estructura de precios a la que se enfrenta el consumidor es el nivel de potencia contratado en el hogar.<sup>2</sup>

En España, los niveles de potencia disponibles para el consumo doméstico son seis y oscilan entre 2,2 y 7,7 *KW*, siendo cada nivel de potencia superior en un *KW* al anterior.<sup>3</sup> En consecuencia, la contratación de un nivel de potencia elevado en el hogar, supondrá un mayor pago en la factura eléctrica en concepto de cuota fija.<sup>4</sup>

Según Auerbach y Pellechio (1978) la posibilidad de que la cuota fija de la tarifa en dos partes varíe entre individuos, como sucede en el caso español, favorece una financiación más equitativa de los costes fijos derivados de generar y suministrar electricidad.

---

<sup>1</sup> Esto último, por ejemplo, como consecuencia de un período de ausencia del hogar, como por ejemplo durante unas vacaciones.

<sup>2</sup> Los *kwh* de consumo en el hogar serán obviamente diferentes de un consumidor a otro, pero éste no es un elemento diferencial como consecuencia de la tarifa implementada sobre la parte variable del consumo, puesto que el precio marginal de esos *kwh* es igual para todos los consumidores, e igual independientemente de la cantidad de electricidad consumida.

<sup>3</sup> Estos niveles de potencia son: 2,2; 3,3; 4,4; 5,5; 6,6 y 7,7 *KW*.

<sup>4</sup> Cabe señalar aquí que la potencia es un indicador de capacidad, y por tanto, una mayor contratación de potencia respondería a la necesidad de un mayor consumo simultáneo de electricidad. En contraste el término de energía en una tarifa eléctrica en dos partes es un indicador de flujo y expresa el valor del consumo de energía a lo largo del tiempo, con independencia de si ese consumo se realiza con varios electrodomésticos de forma simultánea, o bien de forma más dilatada en el tiempo.

No obstante, actualmente existe un debate sobre la mejora que supone en términos de eficiencia y equidad la aplicación de sistemas tarifarios dinámicos, como la tarificación en tiempo real, y tarifas que distingan por el momento en que se consume la electricidad, como las tarifas por tiempo de uso, respecto a la aplicación de sistemas tarifarios tradicionales, básicamente, las tarifas en dos partes y las tarifas por bloques de consumo.

Dado este debate, la hipótesis de trabajo que defendemos se asienta, no sólo en que una financiación más equitativa de los costes del sistema se conseguirá a través de una mayor pago de cuota fija por parte de los consumidores que contraten una potencia más elevada, sino como resultado de la distribución del precio pagado en función del consumo. Es decir, a pesar de que los consumidores con mayor equipamiento en electrodomésticos, y por tanto, con una mayor potencia contratada, paguen más en concepto de cuota fija, si su precio medio en función del consumo acaba siendo más bajo que para los segmentos que contratan un nivel menor de potencia, la tarifa en dos partes acabaría teniendo un componente regresivo. Además la tarifa sería ineficiente, puesto que los consumidores que contratan más potencia lo hacen para poder consumir más de forma simultánea, con lo que colaborarían en el apuntamiento de la demanda, haciendo peligrar la garantía de suministro eléctrico para una capacidad de generación instalada dada. Si este apuntamiento no se desincentiva a través de un pago mayor por este consumo, difícilmente se conseguirá estabilizar la curva de carga a lo largo del ciclo de demanda.

En este contexto, el objetivo de este capítulo es analizar los efectos de la tarifa en dos partes sobre la distribución del precio pagado por los consumidores residenciales españoles en función de su nivel de consumo. Este análisis nos aportará evidencia sobre el grado de eficiencia y progresividad que se consigue con esta estructura tarifaria.

Este análisis es relevante en el marco de la literatura internacional actual. Al respecto podemos destacar los trabajos de Borenstein y Holland (2003); Borenstein (2005) y Faruqui y George (2005). En estos trabajos se argumenta que bajo las estructuras tarifarias tradicionales los consumidores no reciben señales sobre el grado de saturación de la capacidad de generación del sistema. De esta forma la demanda eléctrica se vuelve más apuntada en algunos momentos, generando puntas y valles muy acusados a lo largo del ciclo de demanda. Esta

situación hace que la restricción efectiva de capacidad en las puntas se convierta en capacidad excedentaria en el valle, lo cual genera ineficiencias en el sistema.<sup>5</sup> Asimismo, las tarifas en dos partes y en bloques de consumo no consiguen necesariamente que los individuos que consumen más sean los que más paguen por su uso de electricidad, lo cual iría en contra de criterios de eficiencia y redistributivos, pese a que como señalan Auerbach y Pellechio (1978) se permita que la cuota fija de una tarifa en dos partes sea distinta por grupos de individuos.

La metodología que utilizaremos para estudiar la eficiencia y progresividad de la tarifa en dos partes tiene dos componentes: un análisis paramétrico y un análisis no paramétrico. En el primero estimaremos un modelo de elección discreta a través de un *probit* ordenado por variables instrumentales. En este modelo la variable endógena será cada uno de los niveles de potencia que pueden contratar los hogares. Las variables explicativas serán las características de los individuos y de los hogares, junto con el consumo de electricidad que se registre en cada hogar. Dado que el uso de la variable de consumo eléctrico puede causar problemas de endogeneidad al explicar la elección de potencia contratada, se instrumentaliza el consumo para evitar resultados sesgados e inconsistentes en la estimación del modelo discreto.

En el análisis no paramétrico utilizaremos elementos de estadística descriptiva y regresiones *spline* para investigar sobre la eficiencia y progresividad de la tarifa eléctrica española. El análisis *spline* aportará evidencia sobre cómo es la distribución del precio pagado por los usuarios residenciales en función de su consumo eléctrico a lo largo de los distintos niveles de potencia contratados por esos usuarios.

Dado que en este análisis el consumo volverá a ser una fuente de problemas de endogeneidad, en lugar de utilizar esta variable la sustituiremos por su predicción, que habremos obtenido previamente en la estimación de la primera etapa del modelo *probit* ordenado. Este mismo procedimiento se aplicará sobre la potencia contratada en el hogar, sustituyendo su valor por la predicción obtenida en la estimación del modelo discreto.

Los datos que se utilizarán para realizar este trabajo provienen, al igual que en el capítulo 3, de la Encuesta Continua de Presupuestos Familiares de 1999, realizada

---

<sup>5</sup> Borenstein, Jaske y Rosenfeld (2002).

por el Instituto Nacional de Estadística de España. Por tanto, el análisis empírico se hará con microdatos. El uso de este tipo de datos nos permitirá la extracción de conclusiones más precisas que en el caso de utilizar datos agregados.

Asimismo defendemos, al igual que en el capítulo 3, que la utilización de técnicas no paramétricas aporta solidez al análisis y permite investigar relaciones funcionales entre variables sin restricciones a priori, tal y como hacen las técnicas paramétricas.

Nuestros resultados apuntan a la naturaleza ineficiente y regresiva de la tarifa en dos partes, puesto que aquellos consumidores que cuentan con un mayor nivel de potencia contratada, acaban pagando relativamente un precio medio más bajo por su consumo. Por último, concluimos que las características de cada hogar y de los individuos que lo habitan son determinantes apropiados de la potencia eléctrica que contratan las familias y, por ende, de los efectos de la estructura tarifaria en dos partes sobre el consumo residencial de electricidad.

A partir de aquí, el contenido del presente capítulo se organizará de la siguiente forma: en la sección 2 se describe la metodología utilizada para la realización del trabajo empírico, distinguiendo entre el análisis paramétrico, mediante el uso de un modelo *probit* ordenado con variables instrumentales, y el análisis no paramétrico, a través de regresiones *spline*. En la sección 3 se describen los datos utilizados en el análisis. En la sección 4 se muestran y se comentan los principales resultados obtenidos de la estimación del modelo paramétrico discreto y de las estimaciones no paramétricas. Por último, en la sección 5 se comentan las conclusiones obtenidas en este trabajo.

## 2. Metodología

El análisis empírico que vamos a realizar a continuación sigue un doble enfoque paramétrico y no paramétrico, que se complementan entre sí a la hora de valorar el grado de eficiencia y progresividad de la tarifa eléctrica residencial en dos partes y los determinantes del comportamiento de los consumidores bajo esta estructura tarifaria.

El contexto del análisis es el corto plazo, es decir, dado un equipamiento de electrodomésticos en el hogar, veremos qué factores intervienen en la decisión de los consumidores de contratar una potencia eléctrica determinada, y la probabilidad de elegir cada una de las potencias disponibles. Asimismo,

estudiaremos cómo es la distribución del precio medio pagado por los individuos respecto a su consumo eléctrico, distinguiendo por el nivel de potencia contratado, a efectos de valorar la eficiencia y la progresividad de la tarifa.

Para ello, utilizaremos un modelo discreto que estimará tanto los determinantes de la potencia contratada, como la probabilidad de elegir esta potencia. Este análisis será una aportación novedosa con respecto al que tradicionalmente se ha empleado en la literatura del sector.

Esta novedad radica en el hecho de que los modelos discretos utilizados por la literatura se han enmarcado en un contexto de largo plazo y han perseguido objetivos distintos. En estos trabajos el uso del modelo discreto pretendía calcular las elasticidades precio y renta de largo plazo del consumo de electricidad, a través de la estimación de la propia demanda de un equipo electrodoméstico concreto. Una vez determinada esa demanda se estimaba el consumo de electricidad. La estimación del consumo de electricidad, que se caracteriza como una decisión continua, permite la obtención de las elasticidades precio y renta de corto plazo. Esta metodología, con algunas variaciones es la que se utiliza en los trabajos de McFadden, Kirshner y Puig (1977), Dubin y McFadden (1984), Dubin (1985), Baker y Blundell (1991), Nesbakken (1999) y Halvorsen y Larsen (2001).

Sin embargo, en nuestro trabajo no utilizamos un modelo discreto para calcular una elasticidad de largo plazo, sino que imponemos la restricción de que el stock de electrodomésticos es fijo. Dado este stock de electrodomésticos, buscamos los determinantes de haber tomado la decisión discreta de cuánta potencia eléctrica contratar por cada hogar. Combinando algunos elementos de esta estimación con el análisis no paramétrico, en que determinaremos la distribución del precio de la electricidad respecto al consumo de cada hogar, en función de la potencia contratada, veremos cómo se comporta la tarifa en dos partes en términos de eficiencia y progresividad. Es decir, valoraremos si los condicionantes que han llevado a los individuos a contratar una potencia concreta, dado un stock de electrodomésticos, conducen a que el precio medio pagado por los hogares sea creciente con su nivel de potencia, en cuyo caso la tarifa sería eficiente y progresiva, o decreciente, en cuyo caso la tarifa en dos partes sería ineficiente y regresiva.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Planteamos el concepto de progresividad en estos términos puesto que entendemos que los individuos que contratan una mayor potencia son aquéllos que tienen un mayor equipamiento en

A partir de aquí, en las dos secciones siguientes describiremos cada una de las dos metodologías utilizadas. Estas técnicas se han concretado en el uso de un modelo *probit* ordenado con variables instrumentales, para la parte paramétrica y de regresiones *spline*, para la parte no paramétrica.

### 2.1. Un modelo de elección discreta sobre la contratación de potencia eléctrica residencial

En este trabajo utilizaremos el análisis paramétrico para estimar la probabilidad de contratar un nivel de potencia eléctrica concreto por los hogares españoles en el corto plazo, siendo la referencia temporal el año 1999. Asimismo, veremos cuáles son los determinantes que toman parte en esa decisión. Para ello utilizaremos un modelo de elección discreta. En concreto un modelo *probit* ordenado.

Los modelos de respuesta ordenada tienen en cuenta la naturaleza indexada de diversas variables de respuesta; en este trabajo los niveles de potencia contratados por el hogar son las respuestas ordenadas. El elemento subyacente a esta indexación en estos modelos es una variable latente y continua que describe la respuesta. En un modelo *probit* ordenado, se supone que el error aleatorio asociado con esta variable latente descriptiva de la respuesta sigue una distribución normal.

En contraste con los modelos de respuesta ordenada, los modelos *logit* multinomiales y *probit*, dejan de lado la ordinalidad de los datos y requieren la estimación de un mayor número de parámetros (cuando existen tres o más alternativas, reduciéndose los grados de libertad disponibles para la estimación).

En este trabajo se ha utilizado la siguiente especificación:

$$P_n^* = \beta' z_n + \varepsilon_n, \quad \text{siendo } \varepsilon_n \approx N(0, \sigma^2), \quad (5.1)$$

donde  $P_n^*$  es la variable latente continua que mide el nivel de potencia contratado por el hogar  $n$ ,  $z_n$  es un vector de variables explicativas que contienen características del hogar y de los individuos que lo habitan,  $\beta$  es un conjunto de parámetros a estimar y  $\varepsilon$  es un término de error aleatorio, que suponemos que sigue una distribución normal, con media cero y varianza conocida.

---

electrodomésticos y, por tanto, un mayor nivel de renta. En este caso, una tarifa en dos partes progresiva llevaría a que estos individuos pagaran un precio medio más elevado por su consumo de energía.

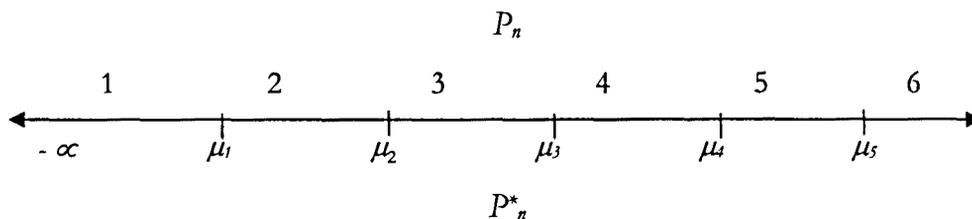
La variable observada codificada discreta de la potencia contratada en el hogar,  $P_n$ , se determina a partir del modelo como sigue:

$$P_n = \begin{cases} 1 & \text{si } -\infty \leq P_n^* \leq \mu_1 & \text{Nivel de potencia 2,2} \\ 2 & \text{si } \mu_1 < P_n^* \leq \mu_2 & \text{Nivel de potencia 3,3} \\ 3 & \text{si } \mu_2 < P_n^* \leq \mu_3 & \text{Nivel de potencia 4,4} \\ 4 & \text{si } \mu_3 < P_n^* \leq \mu_4 & \text{Nivel de potencia 5,5} \\ 5 & \text{si } \mu_4 < P_n^* \leq \mu_5 & \text{Nivel de potencia 6,6} \\ 6 & \text{si } \mu_5 < P_n^* \leq \mu_6 & \text{Nivel de potencia 7,7} \end{cases}$$

Donde las  $\mu_i$  representan los umbrales a estimar.

La Figura 5.1 ilustra la correspondencia entre la variable continua subyacente del nivel de potencia contratado, que hemos denominado latente,  $P_n^*$ , y la variable observada de potencia contratada,  $P_n$ .

Figura 5.1. Relación entre las variables latente y observada de potencia



Las probabilidades asociadas con las respuestas codificadas de un modelo *probit* ordenado como éste, son las siguientes:

$$\begin{aligned} \Pi_n(1) &= P(P_n=1) = P(P_n^* \leq \mu_1) = P(\beta z_n + \varepsilon \leq \mu_1) = P(\varepsilon_n \leq \mu_1 - \beta z_n) = \Phi\left(\frac{\mu_1 - \beta z_n}{\sigma}\right) \\ \Pi_n(2) &= P(P_n=2) = P(\mu_1 < P_n^* \leq \mu_2) = P(\varepsilon_n \leq \mu_2 - \beta z_n) - P(\varepsilon_n \leq \mu_1 - \beta z_n) = \Phi\left(\frac{\mu_2 - \beta z_n}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\mu_1 - \beta z_n}{\sigma}\right) \\ & \text{M} \\ \Pi_n(k) &= P(P_n=k) = P(\mu_k < P_n^* \leq \mu_{k+1}) = \Phi\left(\frac{\mu_{k+1} - \beta z_n}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\mu_k - \beta z_n}{\sigma}\right) \\ & \text{M} \\ \Pi_n(K) &= P(P_n=K) = P(\mu_K < P_n^*) = 1 - \Phi\left(\frac{\mu_K - \beta z_n}{\sigma}\right) \end{aligned} \tag{5.2}$$

Donde  $n$  representa a cada individuo,  $k$  es una alternativa de respuesta,  $Pr(P_n=k)$  es la probabilidad de que un individuo  $n$  responda de forma  $k$ , y  $\Phi(\cdot)$  es la función de distribución acumulativa normal estándar.

Gracias a la naturaleza creciente de la variable ordenada, la interpretación del conjunto de parámetros primario del modelo,  $\beta$ , es la siguiente: los signos positivos indicarán una mayor potencia contratada a medida que el valor de las variables asociadas aumenta, mientras que los signos negativos sugieren lo contrario. Estas interacciones deben compararse con los rangos entre los diversos umbrales que delimitan las probabilidades de elección,  $\mu_i$ , al objeto de determinar la clasificación de potencia más probable para un hogar concreto.

Asimismo, a la hora de aplicar el modelo *probit* ordenado anterior sobre los datos deberemos tener en cuenta dos cosas: la complejidad del diseño muestral a partir del cual se ha obtenido la base de datos y la posibilidad de que alguna de las variables explicativas del modelo tengan en realidad una naturaleza endógena.

### 2.1.1. Naturaleza del diseño muestral

Los datos de la muestra no han sido seleccionados siguiendo un proceso de muestreo aleatorio simple sino que se han escogido a través de un diseño muestral complejo, en forma de proceso bietápico por estratificación.

Bajo este tipo de muestreo se consigue que las observaciones finales sean más representativas de la realidad del total poblacional. Sin embargo su uso directo en la estimación econométrica sin considerar este origen complejo, acarrea problemas de ineficiencia en la estimación.<sup>7</sup> Estos problemas surgen porque el proceso de muestreo pretende elegir hogares que discrepen al máximo entre los distintos estratos, pero que a su vez, guarden la mayor similitud posible dentro de un mismo estrato.<sup>8</sup>

Así, conseguimos que la variación sea máxima entre los individuos de estratos diferentes, aunque se intenta que guarden la mayor similitud posible dentro de un mismo estrato, por lo que en ningún caso podremos considerar que la varianza sea constante a lo largo de todos los individuos de la muestra, produciéndose por

---

<sup>7</sup> Skinner, Holt y Smith (1990) hacen un análisis exhaustivo de todas las particularidades asociadas al mecanismo de muestreo complejo.

<sup>8</sup> El procedimiento de muestreo utilizado por el INE para elaborar la ECPF se describe con detalle en el capítulo 3 de esta investigación.

tanto, un problema de perturbación no esférica dada la correlación del término de perturbación entre los individuos de un mismo estrato.

Para poder solucionar este problema debemos remitirnos al uso de técnicas de estimación *survey*. Este tipo de estimaciones están disponibles para ser aplicadas a distintos procedimientos de estimación (Mínimos Cuadrados Ordinarios, Variables Instrumentales o regresiones con variables cualitativas).

Además, el uso del análisis *survey* considera de forma explícita el procedimiento seguido en el proceso de selección muestral, lo cual ajusta la matriz de varianzas y covarianzas, aumentando la eficiencia de los resultados obtenidos y permitiendo estimaciones robustas de la especificación de que se trate.

### **2.1.2. Los problemas de endogeneidad**

Tal y como hemos planteado anteriormente, en la estimación del modelo *probit* ordenado deberemos tener en cuenta la posibilidad de que alguna variable, *a priori* explicativa, adolezca de problemas de endogeneidad.

En particular, planteamos que puede existir un problema de endogeneidad con dos variables explicativas: el consumo de electricidad de los hogares y la renta doméstica de los mismos.

Respecto al consumo de electricidad, defendemos que puede existir una doble causalidad entre esta variable y el nivel de potencia contratado por el hogar. Esto es así en la medida en que aquellos hogares que contratan un nivel elevado de potencia lo hacen porque desean utilizar simultáneamente un gran número de electrodomésticos. Asimismo, la existencia de un stock de electrodomésticos amplio es probable que lleve a un mayor consumo de electricidad.

Por otro lado, los hogares que más electricidad consumen suelen coincidir con los que tienen más aparatos eléctricos y, por tanto, con los que contratan un nivel de potencia mayor.

Para corregir los problemas de endogeneidad causados por esta variable, hemos optado por utilizar un método de mínimos cuadrados en dos etapas en el modelo *probit* ordenado. De esta forma evitamos la estimación sesgada e inconsistente de los parámetros.

Entre los instrumentos que utilizaremos para el consumo de electricidad está la renta doméstica. Si bien es cierto que la renta condiciona el nivel de consumo eléctrico directamente, también podría pensarse que las familias que consuman más electricidad pueden coincidir con las que disfruten de un mayor poder adquisitivo. Por tanto, puede existir un mayor consumo de electricidad por tener un nivel de renta más alto, pero a su vez, puede que sean normalmente las familias con mayor poder adquisitivo las que habitualmente registren niveles de consumo más importantes, debido a un mejor equipamiento en electrodomésticos. En este sentido existiría una doble causalidad entre ambas variables.

Ante el problema que lo anterior nos podría causar, hemos decidido que la variable de renta no aparezca como tal en nuestra especificación del modelo *probit* ordenado con variables instrumentales y, en su lugar, hemos optado por sustituirla por la variable que hemos denominado *Gasto Total No Energético (GTNE)* y que hemos construido a posteriori, a partir de la información de nuestra base de datos.

La variable *GTNE* se ha construido, igual que hicimos en el capítulo 3, como la diferencia entre el total de gastos en consumo del hogar, a precios del año de la encuesta, y la suma de los gastos en suministros energéticos domésticos, en particular, el gasto en electricidad, en gas butano, en gas natural y en gasoil.<sup>9</sup>

De esta forma hemos conseguido incluir una variable indicativa del poder adquisitivo de las familias, aunque libre de la distorsión que sobre este nivel adquisitivo pudiera causar el gasto en suministros energéticos.<sup>10</sup>

## 2.2. Análisis no paramétrico

El valor añadido de las técnicas no paramétricas consiste en su capacidad de ofrecer estimadores y procedimientos de inferencia que son más independientes de los supuestos de la forma funcional que relaciona a un conjunto de variables, respecto de las técnicas paramétricas habituales. Asimismo, los procedimientos no paramétricos son útiles en el análisis exploratorio de datos y como complemento de los procedimientos paramétricos.

---

<sup>9</sup> Este último es especialmente relevante para aquellas familias con instalación de calefacción que utilice este tipo de suministro.

<sup>10</sup> Tal y como hemos señalado en los capítulos 1 y 3, esta solución a la endogeneidad de la variable renta está consolidada en la literatura empírica. Ver los trabajos de Dubin y McFadden (1984), Baker y Blundell (1991), Leth-Petersen (2002) y Halvorsen, Larsen y Nesbakken (2003).

Las técnicas no paramétricas estiman el valor de la función de regresión entre dos o más variables en un punto dado, utilizando observaciones próximas a ese punto sin que sea necesario introducir restricciones sobre esa forma funcional.

En particular, en este trabajo hemos optado por el uso de regresiones *spline*. Las regresiones *spline* son polinomios por tramos, donde todos los segmentos o tramos están conectados entre sí. Los puntos de unión de los segmentos del polinomio se denominan nodos. Estos nodos no tienen por qué estar separados por la misma distancia de uno a otro, sino que esto dependerá de la relación funcional que estemos ajustando en cada caso.

Asimismo, cuando cada segmento de un *spline* es un polinomio de grado  $n$ , decimos que estamos ante un *spline* de grado  $n$ . En este caso, y para asegurar la suavidad de la forma funcional, necesitamos que el *spline* tenga derivadas continuas hasta un orden de  $n-1$  en cada uno de los nodos.

Siguiendo a Scott (2003), podemos decir que si tenemos un conjunto de datos tal como:  $D = \{[x_1, y_1], \dots, [x_m, y_m]\}$  en  $\mathbb{R}^2$ , podemos ajustar una curva *spline* buscando una función  $f$  que solucione la siguiente minimización:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ((y_i - f(x_i))^2) + \lambda \int_{x_1}^{x_m} (f''(x)u)^2 du, \quad (5.3)$$

donde  $f(\cdot)$  es la forma funcional ajustada y  $u$  es el dominio sobre el que se ajusta cada punto de la función. El primer término de la ecuación (5.3) mide la cercanía de la función ajustada a los datos, mientras que el segundo penaliza la curvatura en la función. El término  $\lambda$  establece el *trade off* entre ambos. Para un valor de  $\lambda$  entre 0 y  $\infty$ , esta restricción se minimiza a través de un *spline* de grado  $n+1$ . Si  $\lambda=0$ , entonces  $f$  puede ser cualquier función que interpole los datos. Si  $\lambda=\infty$  entonces tendremos el ajuste simple de mínimos cuadrados, puesto que el *spline* no toleraría una segunda derivada.

Al igual que en las regresiones no paramétricas *kernel* la elección del parámetro  $\lambda$  es fundamental para asegurar la precisión de la relación funcional ajustada. En este trabajo optamos por elegir este parámetro a través de un proceso de validación transversal. Bajo este procedimiento el parámetro de interés se elige partiendo de un conjunto de valores para el parámetro y eligiendo aquél que minimiza el error de predicción fuera de la muestra.

Por último, vale la pena destacar que las regresiones *spline* son especialmente susceptibles de uso cuando alguna de las variables implicadas es discreta. Este hecho es relevante en nuestro caso, puesto que utilizaremos esta metodología para ver la relación existente entre el precio medio de la electricidad pagado por cada uno de los hogares en función de su consumo eléctrico, controlando esta relación por la potencia eléctrica contratada, que es una variable discreta.

Como resultado de esta regresión obtendremos seis relaciones funcionales entre el precio medio y el consumo de electricidad para otros tantos niveles de potencia contratados por los consumidores.

En el caso de que alguna de las funciones para potencias contratadas bajas esté al mismo nivel o por encima de las funciones con potencias altas para algún nivel de consumo, la tarifa en dos partes no será eficiente ni progresiva, puesto que el precio medio pagado por los hogares con poca potencia será igual o superior al pagado por los hogares con potencia alta.

### 2.2.1. Los problemas de endogeneidad

Como ocurría en la estimación del modelo *probit* ordenado, la variable de consumo de electricidad será una fuente de problemas de endogeneidad en la estimación no paramétrica, en la que el consumo actúa como explicativa del precio medio de la electricidad. En este caso el valor de ambas variables se determinará de forma simultánea. Esto es así puesto que el precio medio de la electricidad se ha calculado como el cociente entre el gasto en electricidad de cada hogar y su consumo. En este caso, si lleváramos a cabo la estimación no paramétrica sin tener en cuenta este hecho, los resultados de la regresión *spline* estarían reflejando una relación puramente aritmética entre ambas variables.

Para evitar este problema, sustuiremos la variable de consumo por la predicción obtenida en la primera etapa de la estimación del modelo *probit* ordenado. De esta forma, además de evitar el problema de endogeneidad estableceremos un vínculo adicional entre los dos enfoques metodológicos del trabajo, en la medida en que los resultados del modelo de elección discreta serán un *input* para la estimación no paramétrica.

De igual manera, la utilización de la variable potencia contratada en una regresión *spline* como explicativa del precio medio también genera problemas de endogeneidad por la forma en que se ha construido el indicador de precios. En

este caso también utilizaremos la predicción de potencia obtenida en la segunda etapa de la estimación del *probit* ordenado para solucionar la determinación simultánea entre ambas variables.

### **3. Datos**

En este trabajo, al igual que en el capítulo 3, se han utilizado datos anuales de corte transversal correspondientes a la Encuesta Continua de Presupuestos Familiares (ECPF) de 1999, elaborada por el Instituto Nacional de Estadística de España.

En la muestra original contamos con un total de 9881 observaciones que se corresponden con los hogares españoles participantes en la encuesta. Por tanto, el análisis empírico se hará con microdatos. Este tipo de datos aportarán una riqueza de información mayor a los resultados que en el caso de utilizar datos agregados.

#### **3.1. Construcción de algunas variables de interés**

A partir de los datos de la ECPF se han construido algunas variables adicionales a las que se tenían de partida. Estas variables podrían dividirse en dos categorías diferenciadas:

- Variables relacionadas con el consumo de electricidad
- Variables de características de los individuos y del hogar

##### **3.1.1. Variables relacionadas con el consumo de electricidad**

La construcción de las variables relacionadas con el consumo de electricidad viene motivada por el hecho de que la ECPF ofrece únicamente datos de gasto en electricidad agregados anualmente para cada uno de los hogares de la muestra. Este hecho no nos permite observar directamente la potencia eléctrica instalada en el hogar, los *kwh* consumidos o el precio medio de la electricidad pagado por los consumidores residenciales.

En esta sección nos detendremos en la construcción de estas variables de forma resumida, puesto que el detalle de su construcción se explicó ampliamente en el capítulo 3. Por ello, aquí sólo recordaremos los aspectos más relevantes relacionados con la construcción de estas variables.

*Potencia instalada*

Una de las variables clave para poder llevar a cabo nuestro análisis empírico es la determinación de la potencia eléctrica instalada en cada hogar. Para construir esta variable hemos atendido al equipamiento en electrodomésticos que existía en cada uno de los hogares y, conjugando esta información con las recomendaciones de la primera empresa del sector, Endesa, en su página web y en las facturas remitidas a los consumidores domésticos, hemos podido construir una tabla guía que discrimina la potencia a contratar, en función del equipamiento en electrodomésticos. La información que se toma como referencia se describe en la siguiente tabla:

Tabla 5.1. Potencia contratada en función del equipamiento electrodoméstico

APARATOS										
Iluminación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pequeños electrodomésticos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lavadora		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lavavajillas			X			X		X	X	X
Horno					X	X			X	
Cocción eléctrica							X	X	X	X
Refrigeración				X						X
POTENCIA (KW)	2,2	3,3	4,4	4,4	4,4	5,5	5,5	6,6	7,7	7,7

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada en la página web de Endesa

De la observación de la tabla puede concluirse que la compra de un electrodoméstico adicional, incrementa las necesidades de potencia contratada en 1,1 KW, siendo la excepción la cocción eléctrica (vitrocerámica o inducción) que incrementa esas necesidades en 2,2 KW con respecto a la situación anterior.

A partir de aquí, se ha analizado la configuración de electrodomésticos para cada uno de los cerca de diez mil hogares de la muestra, y se ha asignado una potencia teórica a cada uno, teniendo en cuenta la potencia marginal necesaria para el uso de cada uno de los aparatos, en el caso de que la configuración particular de un hogar de la muestra difiera de la configuración estándar reflejada en la Tabla 5.1.

Por tanto, dado el sistema de asignación de potencias efectuado, debemos tener en cuenta que estaremos utilizando un dato aproximado, aunque bastante fiable,

pues no disponemos de las potencias reales de cada hogar, que normalmente tenderá a subcontratar potencia ligeramente por debajo del óptimo. Este hecho introducirá un error de medida en el cálculo que convenientemente tratado no ocasionará sesgos en la estimación. Además, éste será el mejor dato del que puede disponerse para nuestra muestra.<sup>11</sup>

Una vez construida esta variable, que oscilará entre 2,2 y 7,7 KW, la hemos convertido en ordinal entre 1 y 6. Esta transformación se ha hecho para poder utilizar la variable de potencia como endógena en el modelo *probit* ordenado.<sup>12</sup>

### Consumo en Kilovatios hora

Como ya hemos señalado, la ECPF sólo ofrece información sobre el gasto anual en electricidad facturado a los hogares, por lo que hemos tenido que calcular en cada caso, los *kwh* consumidos por cada uno de los individuos de la muestra.

Para ello, hemos partido de la información de una factura estándar de consumo de 1999 y del Real Decreto 2821/1998 de 23 de diciembre, por el que se establece la factura eléctrica para 1999, que agrupa los siguientes conceptos de facturación:

Tabla 5.2. Desglose de una factura eléctrica doméstica de 1999

	CALCULO	IMPORTE
TP	$F \times p_F$	$X_1$
TE	$q_e \times p_{ma}$	$X_2$
Impuesto Electricidad	$(X_1 + X_2) \times 1,05113 \times 0,04864$	$X_3$
Conservación contador	$M$	$X_4$
	Base Imponible	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4$
IVA	$(X_1 + X_2 + X_3 + X_4) \times 0,16$	$X_5$
	<b>TOTAL FACTURA</b>	<b><math>X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5</math></b>

Fuente: elaboración propia a partir del RD 2821/1998 de 23 de diciembre y de la web de ENDESA S.A.

Nota: TP, término de potencia; TE, término de energía;  $p_F$ , precio regulado por unidad de potencia contratada;  $q_e$ , kilovatios hora consumidos;  $p_{ma}$ , precio regulado por *kwh* consumido; IVA, Impuesto sobre el valor añadido;  $M$  cuota fija de conservación del contador. El detalle de factura anterior se establece por período mensual.

<sup>11</sup> El error de medida se produce porque al suponer una potencia contratada mayor a la real, estaremos considerando que el término de potencia de la factura es también mayor al real y, por tanto, obtendremos un menor gasto variable al realizado, lo cual redundará en la obtención de un precio medio mayor al real para los consumidores que subcontratan potencia eléctrica. En este sentido, el método de variables instrumentales que utilizaremos evitará los posibles sesgos que resultarían de la correlación de esta variable con los errores.

<sup>12</sup> De este modo, los hogares con una potencia de 2,2 *kW* tendrán una variable ordinal de 1, los que han contratado una potencia de 3,3 *kW* se les adjudica un valor de 2 y así sucesivamente hasta los hogares que contratan 7,7 *kW* de potencia, cuya variable ordinal toma un valor de 6.

Es decir, que la factura eléctrica de 1999 en España se dividía en una cuota fija, o término de potencia, una cuota variable, o término de energía, a la que había que sumar un importe fijo por conservación del aparato de medición del consumo, un impuesto sobre la electricidad y, por último, debía aplicarse a lo anterior un Impuesto sobre el Valor Añadido del 16%.

Por tanto, nuestro dato de partida es el concepto "TOTAL FACTURA" y el que deseamos obtener es el número de *kwh* consumidos por cada uno de los hogares de la muestra. Además, contamos con los precios regulados de la potencia contratada y de los *kwh* consumidos, así como con la potencia contratada por cada uno de los hogares, calculada de la forma en que se especifica en el apartado anterior, y con los tipos impositivos de los impuestos aplicados al consumo eléctrico y en concepto de IVA.

En este punto cabe señalar que los precios regulados del término de potencia y el término de energía se han extraído del Real Decreto (RD) 2821/1998 de 23 de diciembre. De aquí se ha tomado como referencia una tarifa 2.0, que es la tarifa contratada por un 90% de los consumidores domésticos, según expertos del sector. De acuerdo con esta tarifa, los precios correspondientes al término de potencia y al término de energía son  $p_F = 1,509$  euros/*kwh* y mes y  $p_{ma} = 0,086$  euros/*kwh*, respectivamente.<sup>13 14</sup>

Dada esta información se ha procedido al cálculo de los *kwh* de consumo,  $q_i$ , de la siguiente forma:

$$q_i = \frac{\left[ \left( \frac{TOTALFACTURA / 1,16}{(1,05113 \times 0,04864)} \right) - X_1 \right]}{p_{ma}} \quad (5.4)$$

Donde  $X_1$  o término de potencia se calcula, en términos anuales:

$$X_1 = (F \times p_F) \times 12. \quad (5.5)$$

En la formulación anterior cabe tener en cuenta que no se ha calculado explícitamente el coste de mantenimiento del contador. Esto es así, puesto que en función del tipo de contador que utilicen los hogares (monofásico o trifásico) el

<sup>13</sup> En el real decreto correspondiente los precios regulados aparecen expresados en pesetas, con valores de  $p_F = 251$  ptas/*kwh* y mes y  $p_{ma} = 14,24$  ptas/*kwh*

<sup>14</sup> Al igual que en el capítulo 3, a la hora de tomar los precios regulados de la tarifa residencial en dos partes hemos tenido en cuenta el cambio de tarifa que se produjo a mediados del año 1999.

importe fijo de su mantenimiento varía, y en consecuencia también lo hará el importe de este concepto en el total de la factura.

Dado que el importe anterior no supera, en el peor de los casos, los cinco euros en el total anual, se ha optado por considerar que este valor se encuentra incluido en la cuota fija del término de potencia, y aún siendo conscientes del pequeño error de medida que ello introduce en los cálculos, incrementando la cuota fija por encima del valor real, creemos que dado el reducido importe de este concepto, no se producen sesgos en los resultados que se obtendrán en el análisis posterior, puesto que este pequeño error queda recogido por el error aleatorio ortogonal e idéntica e independientemente distribuido como una normal.

### *Precio Medio*

Con la finalidad de contar en el análisis con una medida del precio individualizado de la energía eléctrica para los consumidores domésticos se ha optado por construir una variable que recoja el precio medio pagado por los consumidores. Para ello, se ha procedido al cálculo de esta variable de la siguiente forma:

$$PM_e = \frac{(TP + TE)}{q_e}, \text{ donde } TP = X_1 \text{ y } TE = q_e \times pma. \quad (5.6)$$

Así, y dado que la estructura tarifaria de la electricidad en España es uniforme para todos los consumidores domésticos, que pagarán el mismo precio por *kwh* facturado, independientemente de la cantidad que consuman, se ha pretendido obtener una medida del precio que ofrezca variabilidad entre los individuos.

### **3.1.2. Variables de características de los individuos y del hogar**

Con la finalidad de poder precisar el patrón de conducta de los consumidores españoles, se han construido seis variables cualitativas y una variable continua que tienen que ver con la estructura de edad de los individuos, la tenencia de calefacción y gas en el hogar, el tipo de propiedad de la vivienda y el grado de urbanización del área de residencia. Asimismo se ha construido una variable indicativa del nivel de renta de las familias. En particular, estas siete variables son:

Tabla 5.3. Variables construidas de características de los individuos y del hogar

Variable	Descripción
<i>EDAD65</i>	1 para los mayores de 65 años, 0 en otro caso
<i>HIJOS13</i>	1 hogares con niños menores de 13 años, 0 en otro caso
<i>CALE</i>	1 si el hogar dispone de calefacción, 0 en otro caso
<i>GAS</i>	1 si el hogar dispone de suministro de gas, 0 en otro caso
<i>TENEVIV</i>	1 si se tiene la propiedad de la vivienda, 0 si se habita en alquiler
<i>URBANA</i>	1 en las zonas urbanas, 0 en zonas rurales
<i>GTNE</i>	Gastos realizados por el hogar en bienes y servicios en el año de referencia y a precios de ese año, descontando los gastos en suministros energéticos

Fuente: elaboración propia.

La primera variable se construye a partir de la variable continua de la edad de la persona de referencia del hogar, mientras que la segunda se construye a partir de las variables que indican el número de hijos en el hogar por tramos de edad. Ambas intentan captar la estructura generacional de los miembros del hogar.

La variable *CALE* indica si el hogar posee calefacción, ya sea individual o colectiva, aunque no podemos saber si esa calefacción es eléctrica o a gas. Esta falta de información ha supuesto no poder incorporar esta variable dentro de la configuración de electrodomésticos del hogar para calcular la potencia contratada por las familias. Sin embargo este hecho nos permite incorporar posteriormente la tenencia o ausencia de calefacción en el hogar como variable explicativa de la potencia contratada.

La variable *GAS* se construye a partir de una variable que indica el gasto que hacen las familias en este suministro energético. Si existe gasto, entendemos que las familias han contratado ese servicio, por lo que la variable *GAS* toma valor uno, mientras que la ausencia de gasto en gas hace que esta variable valga cero. Creemos que esta variable es relevante dado que entendemos que el consumo de gas y electricidad es sustitutivo entre sí. Este hecho supondría que la presencia de gas reduciría las necesidades de contratación de potencia eléctrica y su ausencia operaría en sentido inverso.

La variable *TENEVIV*, recoge el régimen de propiedad de la vivienda. Creemos que las familias que habitan viviendas en propiedad contratarán un nivel de potencia más adecuado a su equipamiento en electrodomésticos, mientras que

aquellas familias que viven en régimen de alquiler tomarán como exógeno el nivel de potencia que existe en el hogar en el momento de habitarlo.

La variable *URBANA* pretende distinguir entre zonas rurales y urbanas. En el estudio de REE (1998) se afirma que en el medio urbano las familias tienen equipamientos de electrodomésticos más amplios que en el medio rural. Este hecho nos lleva a pensar que las necesidades de potencia contratada son mayores para las familias que viven en zonas urbanas.

Por último, la variable *GTNE* pretende aproximar la renta de los individuos de la muestra. Con el objetivo de evitar problemas de endogeneidad, que se derivarían del uso de una variable explícita de ingresos de las familias, se ha optado por la construcción de una variable que detalle el total de gastos del hogar, liberados de aquéllos que se refieran exclusivamente al uso de insumos de carácter energético.

De entre las principales fuentes energéticas que utilizan los hogares españoles se ha considerado el gasto en electricidad, en gas natural, en gas butano y en gasóleo de calefacción. Partidas todas ellas, para las que contamos con información en nuestra base de datos de la ECPF.

A partir de aquí, se ha tomado una de las variables de la encuesta: el gasto total de los hogares en bienes y servicios durante el período anual y a precios de ese año de referencia (1999) y se le han deducido los gastos por el total de los insumos energéticos suministrados a cada una de las familias de la muestra, de forma que:

$$GTNE = GT - GE \quad (5.7)$$

Donde *GTNE* es el gasto total no energético del hogar, *GT* es el gasto total a precios del año de la encuesta y *GE* es el gasto del hogar en suministros energéticos.

#### **4. Estimación y resultados**

Como ya hemos señalado la estimación de los determinantes de la potencia contratada por los consumidores residenciales en España se ha realizado mediante un modelo *probit* con variables instrumentales. Asimismo, el análisis de la eficiencia y progresividad de la tarifa en dos partes se ha realizado a través de un análisis no paramétrico, por medio de regresiones *spline*. El uso de ambas

metodologías, paramétrica y no paramétrica, dotará de mayor solidez a las conclusiones obtenidas.

En esta sección mostraremos y comentaremos los principales resultados derivados, en primer lugar, de la estimación del modelo discreto, y en segundo lugar, de la aplicación de regresiones *spline* sobre los datos de la ECPF.

#### 4.1. Un modelo de elección discreta sobre la contratación de potencia eléctrica residencial

La especificación funcional que adoptamos para estimar el modelo *probit* ordenado es la siguiente:

$$P = \beta_1 \log q_e + \beta_2 CALE + \beta_3 DAUTO + \beta_4 URBANA + \beta_5 DANOCON + \beta_6 DENSI + \beta_7 DTIPOCASA + \beta_8 GAS + \beta_9 NIVESTUD + \beta_{10} TENEVIV + \varepsilon \quad (5.8)$$

A continuación describiremos, en la Tabla 5.4, cada una de las variables empleadas en la estimación de esta ecuación.

Tabla 5.4. Descripción de las variables utilizadas en la estimación de la ecuación (5.8)

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
$q_e$	<i>kwh</i> anuales consumidos por cada uno de los hogares
CALE	<i>Dummy</i> de disposición de calefacción en el hogar
DAUTO	Comunidad Autónoma en que se localiza la vivienda
DZONARES	<i>Dummy</i> que distingue las zonas urbanas de las rurales
DANNOCON	Año de construcción de la vivienda
DENSI	Densidad de población de la zona en que se localiza la vivienda
DTIPOCASA	Tipo de vivienda (desde chalet o casa grande hasta alojamiento o casa económica)
GAS	<i>Dummy</i> de disposición del suministro de gas en el hogar
NIVESTUD	Nivel de estudios del sustentador principal del hogar (primarios, secundarios, superiores)
TENEVIV	<i>Dummy</i> del régimen de tenencia de la vivienda (propiedad o alquiler)

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, nuestra hipótesis es que el nivel de potencia eléctrica contratado por cada uno de los hogares españoles dependerá del consumo de electricidad y de una serie de características de los individuos, de la vivienda y de la zona en que se localice la misma.

Adicionalmente, y dado el potencial problema de endogeneidad existente por el uso de la variable de consumo eléctrico, se ha optado por instrumentalizar esta

variable. Los instrumentos que se han elegido para instrumentalizar el consumo de electricidad son los que se describen a continuación:

Tabla 5.5. Descripción de las variables utilizadas como instrumentos del consumo

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
GTNE	Gastos realizados por el hogar en bienes y servicios en el año de referencia y a precios de ese año, descontando los gastos en suministros energéticos
EDAD	Edad del sustentador principal de cada hogar
EDAD65	Dummy con valor 1 para los hogares cuyo sustentador principal es mayor de 65 años y 0 en otro caso
HIJOS13	Dummy con valor 1 para aquellos hogares con hijos menores de 13 años y 0 en otro caso
DTIPOHOG	Variable cualitativa sobre la composición de la estructura familiar del hogar
TAMAHOG	Número de ocupantes del hogar
SUPERF	Superficie del hogar en metros cuadrados
NHORAS	Horas trabajadas por el sustentador principal
VIVSEC	Disposición de vivienda secundaria
SEXO	Dummy que recoge el sexo del sustentador principal de la vivienda

Fuente: elaboración propia

La elección de los instrumentos anteriores se ha basado en su idoneidad para explicar la variable que adolece del problema de endogeneidad. En el Anexo 5A de este capítulo se describe el detalle de los criterios utilizados con este fin y la estimación de la regresión de instrumentos.

A partir de aquí se ha estimado el sistema anterior en dos etapas. En la primera etapa hemos estimado por mínimos cuadrados la regresión de los instrumentos y las variables exógenas de la ecuación (5.8) sobre el consumo de electricidad, considerando el diseño muestral complejo de la encuesta a través de técnicas *survey*. Para ello, hemos ponderado la matriz de varianzas y covarianzas de los regresores por el estrato de población al que pertenecen los individuos y por el peso poblacional de cada una de las Comunidades Autónomas en el total del tamaño poblacional del territorio. Además hemos utilizado una especificación doble logarítmica para minimizar cualquier problema de heteroscedasticidad.

En segundo lugar, hemos hecho una predicción de la variable de consumo eléctrico obtenida de la regresión anterior y la hemos introducido en la ecuación (5.8), que hemos estimado como un *probit* ordenado.

Para corregir la matriz de varianzas y covarianzas de este modelo en dos etapas hemos llevado a cabo un procedimiento de *bootstrap*, para ajustar los errores

estándar de los coeficientes estimados del *probit* ordenado. El resultado es que esta corrección no altera el grado de significatividad de los coeficientes estimados. En el Anexo 5B puede encontrarse el detalle de la realización del *bootstrap*.

En la Tabla 5.6 mostramos los resultados de la estimación del modelo *probit* ordenado.

Tabla 5.6. Resultados de la estimación del modelo *probit* ordenado con variables instrumentales

Variable	Coefficiente	e.s.
<i>Logq<sub>eady</sub></i>	0,809337***	0,054
<i>Calefacción</i>	0,516118***	0,039
<i>Gas</i>	-0,097583**	0,040
<i>COMUNIDADES AUTÓNOMAS</i>		
<i>Aragón</i>	0,687561***	0,072
<i>Asturias</i>	0,305189***	0,070
<i>Baleares</i>	-0,428798***	0,075
<i>Canarias</i>	0,094029	0,081
<i>Cantabria</i>	0,714541***	0,090
<i>Castilla y León</i>	0,251648***	0,070
<i>Castilla – La Mancha</i>	-0,112865	0,072
<i>Cataluña</i>	-0,473250***	0,056
<i>Comunidad Valenciana</i>	-0,410791***	0,057
<i>Extremadura</i>	0,083126	0,103
<i>Galicia</i>	-0,281336***	0,065
<i>Comunidad de Madrid</i>	0,191244***	0,065
<i>Murcia</i>	-0,235594***	0,074
<i>Navarra</i>	0,853786***	0,096
<i>País Vasco</i>	0,628410***	0,065
<i>La Rioja</i>	0,609528***	0,089
<i>Ceuta y Melilla</i>	0,441610***	0,154
<i>DZONARES</i>		
<i>Urbana</i>	0,214501***	0,051
<i>DANNOCON</i>		
<i>1946-1960</i>	-0,077532	0,062
<i>1961-1980</i>	-0,006405	0,046
<i>1981-1995</i>	0,223598***	0,052
<i>1996 y después</i>	0,534696***	0,123
<i>DENSI</i>		
<i>Zona intermedia</i>	-0,134947***	0,046
<i>Zona diseminada</i>	-0,318430***	0,051
<i>DTIPOCASA</i>		
<i>Casa media</i>	-0,159447***	0,055
<i>Casa económica</i>	-0,426251***	0,070
<i>Alojamiento</i>	-2,197474***	0,444

Tabla 5.6 (Continuación)

Variable	Coefficiente	e.s.
<i>NIVESTUD</i>		
<i>Educación primaria</i>	-0,378909***	0,043
<i>Educación secundaria</i>	0,089768*	0,053
<i>TENEVTV</i>		
<i>Propiedad</i>	0,245617***	0,043
	R <sup>2</sup> de máxima verosimilitud	0,334
	R <sup>2</sup> de McKelvey y Zavoina	0,381
	Log verosimilitud	-10552,943
	F(33,8621)	76,93
	Prob > F	0,0000

Para llevar a cabo las estimaciones anteriores, se ha procedido previamente a la eliminación de 393 observaciones que corresponden al 1% más alto y más bajo de la distribución del consumo de energía eléctrica, con la finalidad de excluir a aquellas observaciones *outliers* que pueden influir de forma indebida en los resultados, ya sea por la falta de respuesta a muchas de las cuestiones de la encuesta, así como para evitar a aquellos hogares en que el significado del registro de las respuestas puede resultar confuso.<sup>15</sup>

Asimismo, se han perdido algunas observaciones a la hora de tomar logaritmos, en aquellos casos en que, en la línea de lo que acaba de comentarse, existe una falta de respuesta o registro nulo de las observaciones, por lo que al final, la estimación de la segunda etapa del *probit* ordenado con variables instrumentales ha tenido lugar sobre un total de 8659 observaciones.

La estimación del modelo en su segunda etapa se realiza por el método de máxima verosimilitud. Con este método la convergencia a los resultados obtenidos se alcanza tras cuatro iteraciones.

Para valorar la bondad del ajuste del modelo se han calculado varios indicadores de la corrección de la estimación. En particular se ha calculado el R<sup>2</sup> de máxima verosimilitud, el R<sup>2</sup> de McKelvey y Zavoina, la *log* verosimilitud del modelo y el contraste de significación conjunta de los regresores.

Los R<sup>2</sup> ofrecen valores cercanos al 40%, lo cual indica que el ajuste del modelo es razonablemente bueno. Asimismo, la *log* verosimilitud es claramente negativa, con

<sup>15</sup> Este tipo de metodología se sigue en numerosos trabajos de la literatura aplicada del sector. A título de ejemplo, en este caso se ha seguido la argumentación de Baker, Blundell y Micklewright (1989) y Buisán (1992).

un valor de  $-10552,943$ . Por su parte, el contraste de significación conjunta de los regresores rechaza claramente la hipótesis nula de no significación y es significativo al 1%.

En cuanto a los valores hallados para el conjunto de los parámetros éstos son, en general, significativos y presentan el signo esperado. En particular, el modelo pronostica que el consumo de electricidad y la potencia contratada presentan una relación positiva, de forma que un mayor consumo aumenta la probabilidad de contratar una potencia mayor.

La variable que indica la presencia de calefacción en el hogar, ya sea individual o colectiva, apunta a una tendencia mayor a contratar potencia eléctrica por las familias. Por su parte, la disposición de suministro de gas reduce la probabilidad de contratar potencia eléctrica, siendo esta variable significativa al 5%. Este resultado sería coherente con la idea de que el gas y la electricidad son bienes sustitutivos, por lo que la presencia de consumo de gas reduce las necesidades de consumo de electricidad en un instante del tiempo. Asimismo, los efectos fijos de Comunidad Autónoma, de los que se ha excluido la categoría correspondiente a Andalucía, son prácticamente todos significativos al 1%. Este resultado es relevante puesto que apuntaría a la existencia de factores socioeconómicos y territoriales significativos que influyen sobre la contratación de potencia eléctrica por parte de las familias.

El parámetro de la variable *DZONARES* es positivo y significativo al 1%, indicando que aquellos hogares localizados en zonas urbanas tienen una mayor propensión a contratar una potencia eléctrica más alta, respecto de los hogares localizados en zonas rurales.

La variable que recoge el año de construcción de la vivienda sugiere que aquellas viviendas más antiguas, las construidas entre los años cuarenta y 1980, tenderán a tener una menor potencia eléctrica contratada, respecto a las viviendas construidas a partir de 1980. Para esta variable cualitativa se ha excluido la categoría que corresponde a viviendas construidas con anterioridad a 1946.

La variable que recoge la densidad de población de la zona de residencia indica que a medida que la población está más diseminada la tendencia a contratar potencia eléctrica disminuye, mientras que esta tendencia a contratar aumenta a

medida que lo hace la densidad de población. Esta variable es significativa al 1%. Aquí la categoría excluida es la de zonas densamente pobladas.

Los parámetros asociados a la variable cualitativa que recoge el tipo de vivienda habitado por las familias (de los que en la regresión se ha excluido a los chalet) apuntan a que a medida que la vivienda es más modesta la probabilidad de contratar menos potencia es mucho mayor respecto a las viviendas más lujosas o más grandes. Esta variable es también significativa al 1%.

La variable que recoge el nivel de estudios del sustentador principal del hogar, que varía entre estudios primarios y estudios universitarios, señala que a medida que los individuos tienen más estudios, éstos tienden a contratar un nivel de potencia eléctrica superior, respecto a aquéllos que sólo tienen formación primaria. Posiblemente esta relación se deriva del hecho de que las personas con un nivel de estudios más alto, acostumbran también a tener un mayor nivel de renta, y por ende un mayor número de electrodomésticos, lo que les llevaría a unas necesidades de contratación de potencia también superiores.

Por último, la forma de tenencia de la vivienda también influye de forma significativa en la contratación de potencia en el hogar. En este sentido, las familias que tienen su vivienda en propiedad, tienden a contratar un mayor nivel de potencia, respecto de aquéllas que viven en régimen de alquiler.

Adicionalmente, y como ya hemos señalado, se ha llevado a cabo un procedimiento de *bootstrap* para valorar la corrección de implementar una metodología de variables instrumentales en el modelo *probit* ordenado. Los resultados de este procedimiento apuntan a la precisión de la metodología utilizada, puesto que la corrección de la varianza de cada uno de los parámetros no hace, en ningún caso, que el valor del parámetro quede fuera de su intervalo de confianza al 95%. Como ya hemos señalado, el detalle de la aplicación del procedimiento de *bootstrap* puede verse en el Anexo 5B.

A partir de los resultados de la estimación hemos hecho una predicción de las probabilidades de contratar cada uno de los niveles de potencia, desde 2,2 kW a 7,7 kW. La predicción se ha hecho de dos formas. En primer lugar hemos predicho las probabilidades de contratación de potencia para el conjunto de la muestra y, posteriormente, hemos distinguido estas probabilidades en función de

si las familias estaban por encima o por debajo de la media de consumo de electricidad. Los resultados del primer procedimiento se recogen en la Tabla 5.7.

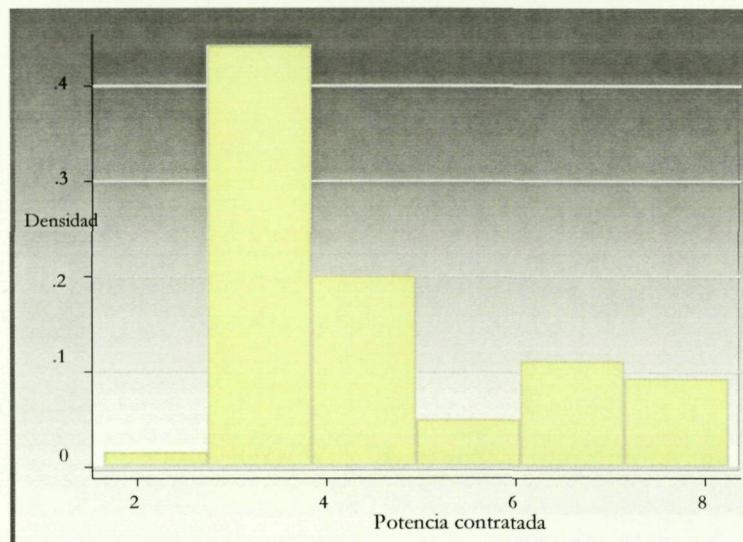
Tabla 5.7. Probabilidad de contratación de cada nivel de potencia para el conjunto de la muestra

Variable	Media	e.s.	Mínimo	Máximo
$P=1$	0,164	0,036	$2,98e^{-08}$	0,907
$P=2$	0,488	0,240	0,003	0,824
$P=3$	0,226	0,073	0,001	0,306
$P=4$	0,065	0,034	$5,5e^{-07}$	0,109
$P=5$	0,090	0,063	$1,65e^{-07}$	0,194
$P=6$	0,115	0,142	$1,17e^{-08}$	0,877

Esta tabla indica que la probabilidad de contratar el nivel más bajo de potencia  $P=1$ , que equivale a 2,2 kW, es de un 16,4% para el conjunto de la muestra, para el siguiente nivel de potencia, 3,3 kW o  $P=2$ , la probabilidad aumenta al 48,8%, en el siguiente nivel de potencia, 4,4 kW o  $P=3$ , encontraríamos al 22,6% de la muestra, mientras que para los niveles de potencia más altos de 5,5 kW, 6,6 kW y 7,7 kW, (o  $P=4$ ,  $P=5$  y  $P=6$ ) el modelo predice que encontraremos al 6,5%, al 9% y al 11,5% de la muestra, respectivamente.

Si comparamos esta predicción del modelo con la muestra, a partir del histograma de la potencia contratada por cada hogar en nuestra base de datos, tal y como muestra el Gráfico 5.1, podremos corroborar la bondad del ajuste del modelo.

Gráfico 5.1. Histograma nivel de potencia contratado en los hogares de la muestra



Efectivamente, la comparación entre la predicción del modelo *probit* ordenado de contratación de potencia y los datos de que disponemos ofrecen prácticamente el mismo escenario, excepto para el nivel de potencia más bajo, en que el modelo pronostica que estarán el 16,4% de los hogares, mientras que los datos reales indican que encontraremos a apenas un 2% de las familias.

Si ahora desglosamos esta predicción, distinguiendo entre los hogares que consumen electricidad por encima de la media y los que registran un consumo por debajo de esta media, nuestro escenario pasa a ser el que ofrecen las Tablas 5.8 y 5.9, a continuación.

Tabla 5.8. Probabilidad de contratación de cada nivel de potencia para un consumo inferior a la media

Variable	Media	e.s.	Mínimo	Máximo
P=1	0,021	0,043	2,77e <sup>07</sup>	0,907
P=2	0,528	0,237	0,011	0,824
P=3	0,216	0,078	0,001	0,306
P=4	0,059	0,035	5,5e <sup>07</sup>	0,109
P=5	0,080	0,062	1,65e <sup>07</sup>	0,194
P=6	0,100	0,126	1,17e <sup>08</sup>	0,772

Tabla 5.9. Probabilidad de contratación de cada nivel de potencia para un consumo superior a la media

Variable	Media	e.s.	Mínimo	Máximo
P=1	0,008	0,016	2,98e <sup>08</sup>	0,341
P=2	0,424	0,231	0,003	0,824
P=3	0,242	0,061	0,010	0,306
P=4	0,073	0,029	0,001	0,109
P=5	0,106	0,060	0,001	0,194
P=6	0,147	0,158	0,001	0,877

La situación que se presenta a la vista de las tablas anteriores es que predecimos que los individuos que consumen electricidad por debajo de la media, que se sitúa en los 2353,714 *kwh*, tienden a contratar en mayor proporción niveles de potencia reducidos, puesto que el 76,5% de la muestra se situaría en los tres niveles de contratación de potencia más bajos. El total de individuos que consumen electricidad por debajo de la media son 5374.

En contraste, el modelo predice que los hogares que consumen electricidad por encima de la media en la muestra, en total 3285, tenderían a contratar niveles de potencia más altos. En este caso los tres niveles de potencia inferiores aglutinarían al 67,4% de la muestra.

Esta predicción, en función del consumo, estaría de acuerdo con el resultado de estimación previo del modelo en que se observaba una fuerte relación positiva entre el nivel de consumo de electricidad y la potencia contratada.

Una conclusión adicional derivada de lo anterior es que, si un mayor nivel de potencia está correlacionado con un mayor consumo, y tenemos en cuenta que la potencia eléctrica es una medida de capacidad, esto querría decir que si los hogares que contratan más potencia son también los que más consumen, el consumo podría estar concentrado en momentos concretos del tiempo, lo cual favorecería la existencia de demandas eléctricas muy apuntadas en el segmento doméstico del consumo de electricidad.

Esta conclusión estaría de acuerdo con la idea de que la tarifa en dos partes no ofrece señales a los consumidores sobre el coste de producir la electricidad y sobre el grado de saturación de la capacidad de generación. En este sentido los consumidores no tienen incentivos para gestionar su demanda eléctrica de forma racional. En consecuencia el resultado es la creación de demandas cíclicas muy acusadas con períodos punta y valle muy marcados.

Asimismo podemos concluir que el modelo *probit* ordenado que hemos estimado es una buena manera de aproximar los niveles de contratación de potencia eléctrica en los hogares. Fruto de esta estimación observamos que el consumo de electricidad y algunas características de los individuos y de los hogares que habitan las familias son buenos determinantes de la potencia contratada.

#### **4.2. Relación no paramétrica entre el precio medio y la potencia contratada ¿un sistema de tarificación eficiente y progresivo?**

Una vez que hemos valorado los determinantes de la contratación de potencia eléctrica en el hogar y hemos predicho la probabilidad de haber contratado una potencia concreta por cada uno de los hogares en nuestra base de datos, vamos a valorar la incidencia de la tarifa en dos partes sobre el consumo de electricidad.

Para ello, veremos cómo se comporta la distribución del precio medio pagado por cada una de las familias de la muestra, respecto al consumo eléctrico realizado y al nivel de potencia contratado. Este ejercicio empírico nos permitirá extraer algunas conclusiones, en términos de eficiencia y progresividad, de la tarifa eléctrica en dos partes sobre el consumo doméstico de electricidad.

El recurso a una variable de precio medio para valorar cuánto pagan los individuos respecto a su consumo, nos parece una buena aproximación dado que esta variable de precio medio recoge el gasto en electricidad en una tarifa en dos partes, tanto en concepto del término de potencia como del término de energía, en relación al total de consumo realizado a lo largo del período anual considerado.

En primer lugar, recurriremos a la estadística descriptiva para valorar, en términos medios, la distribución del precio y del consumo distinguiendo por niveles de potencia eléctrica contratados. Los resultados de estos cálculos son los que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 5.10. Distribución del precio y el consumo eléctrico por segmentos de potencia

POTENCIA <sup>a</sup>		PRECIO MEDIO <sup>b</sup>	CONSUMO <sup>c</sup>
2,2	Nº observaciones	155	
	Media	0,125342	1278,824
	Mediana	0,121059	1085,630
	Desviación estándar	0,199558	780,286
3,3	Nº observaciones	4513	
	Media	0,125103	2151,958
	Mediana	0,115948	1895,291
	Desviación estándar	0,031632	1299,970
4,4	Nº observaciones	2046	
	Media	0,142825	2485,389
	Mediana	0,120598	2199,173
	Desviación estándar	0,200598	1462,078
5,5	Nº observaciones	504	
	Media	0,133004	2989,819
	Mediana	0,121570	2676,389
	Desviación estándar	0,045009	1646,704
6,6	Nº observaciones	1130	
	Media	0,185976	2346,695
	Mediana	0,142152	2059,931
	Desviación estándar	0,333802	1479,767
7,7	Nº observaciones	951	
	Media	0,167077	2874,286
	Mediana	0,139159	2535,489
	Desviación estándar	0,139133	1648,382
TOTAL	Nº observaciones	9299	
	Media	0,141124	2353,714
	Mediana	0,121959	2046,788
	Desviación estándar	0,159392	1443,257

a. Potencia expresada en kW, b. Precio medio expresado en euros, c. Consumo expresado en kWh.

A partir de la Tabla 5.10 podemos ver que la mayoría de observaciones se concentran en los niveles de potencia medios y bajos. En efecto, de un total de 9299 observaciones, 6714 se sitúan en los tres segmentos más bajos de potencia.

Adicionalmente vemos que la tendencia del precio medio es prácticamente constante a lo largo de esos tres primeros tramos en términos medios, lo cual es aún más cierto si tenemos en cuenta la desviación estándar de esa variable. A partir del tercer segmento de potencia la tendencia del precio no está definida, pues para el nivel de potencia de 5,5 kW disminuye, posteriormente aumenta en el nivel de 6,6 kW, para volver a disminuir posteriormente en el nivel de 7,7 kW. Por tanto, no podemos concluir que los consumidores paguen más por su consumo a medida que aumenta la potencia contratada en el hogar.

En cuanto al consumo, la tendencia de esta variable es en general creciente por niveles de potencia contratados, aunque en el paso del nivel de 5,5 kW a 6,6 kW presenta una disminución media importante. En cualquier caso, si consideramos la desviación estándar en cada segmento de potencia no podemos concluir que esta variable experimente un crecimiento sostenido a través de potencias contratadas superiores.

Respecto del total de observaciones, el precio estaría por debajo de la media en los niveles de potencia 2,2; 3,3; y 5,5 kW, y estaría por encima en el resto. Por su parte el consumo estaría por debajo de la media del total en los niveles de potencia, 2,2; 3,3; y 6,6 kW, y estaría por encima en el resto.

Por último, cabe señalar que la dispersión de la distribución por potencia contratada es importante, tanto para la variable de precios como para el consumo. Sin embargo, parecería que la dispersión es mayor respecto a esta última variable.

Para poder valorar con más exactitud la distribución de las variables de precio medio y de consumo, a continuación mostraremos los histogramas de ambas variables, discriminando de nuevo por el nivel de potencia contratado.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> En lo que sigue, la variable precio medio se expresará en pesetas, puesto que su expresión en euros no nos permitía apreciar con claridad algunos resultados en los gráficos.

Gráfico 5.2. Funciones de densidad del precio medio eléctrico residencial por potencia contratada

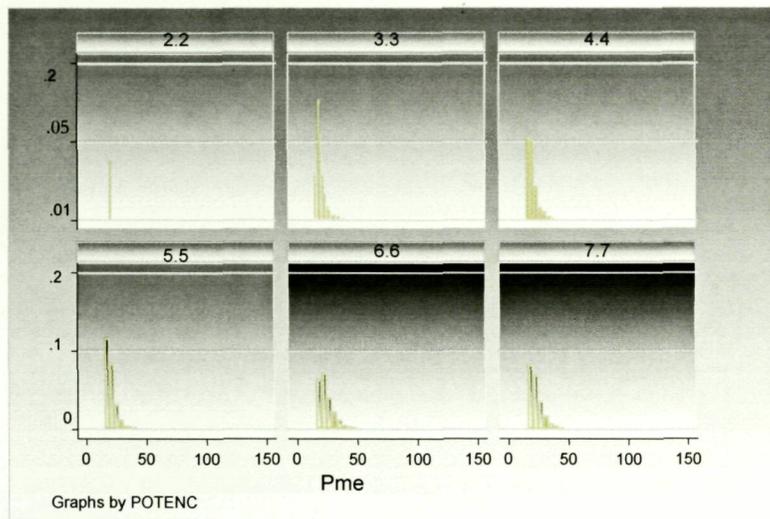
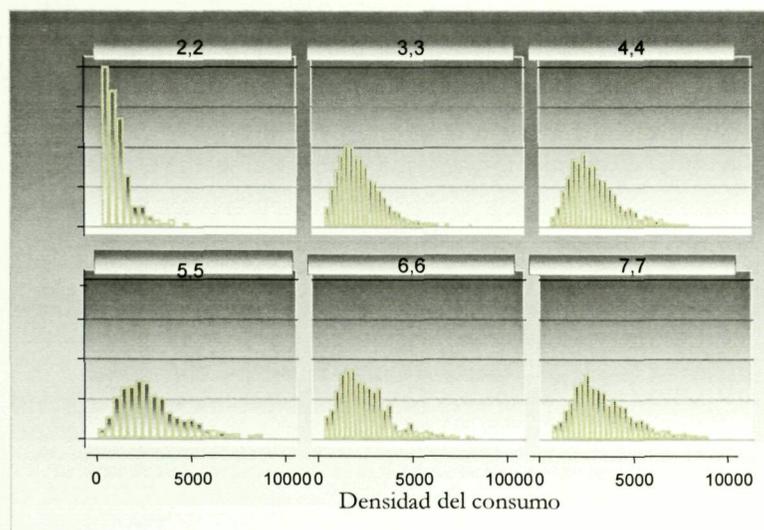


Gráfico 5.3. Funciones de densidad del consumo eléctrico residencial por potencia contratada



En los gráficos anteriores se observa que la distribución, tanto del precio medio como del consumo eléctrico residencial está más concentrada para los niveles de potencia más bajos. A medida que aumentamos el nivel de potencia contratado ambas distribuciones se vuelven más dispersas, de forma que no podemos extraer conclusiones claras sobre la tendencia de ambas variables. Lo que sí que parece claro es que los datos no nos indican en ningún caso, que la contratación de niveles sucesivamente más altos de potencia lleven asociados el pago de un precio

medio claramente más alto, independientemente del nivel de consumo eléctrico registrado en cada caso. En esta situación podríamos pensar que la tarifa en dos partes no estaría dando señales claras a los consumidores sobre cómo gestionar su consumo y sobre las implicaciones en términos de coste y de saturación de capacidad del sistema que tiene consumir en determinados momentos del tiempo.

Para poder extraer conclusiones más precisas respecto a las cuestiones anteriores hemos llevado a cabo un análisis no paramétrico *spline*, que irá más allá de los resultados derivados de la estadística descriptiva.

Para ello, en primer lugar, hemos ajustado una regresión *spline* entre el precio medio de la electricidad y la potencia contratada. Esta regresión pretende ajustar la forma funcional que relaciona a ambas variables. Asimismo debemos aclarar que la amplitud del intervalo sobre el que se calcula cada punto de la función que relaciona a ambas variables se aproxima de forma óptima a través de un proceso de validación transversal que establece aquella amplitud de banda que minimiza, fuera de la muestra, el error de predicción.<sup>17</sup>

Sin embargo, la realización de este análisis sin tener en cuenta problemas de endogeneidad puede llevarnos a la obtención de conclusiones erróneas. En particular debemos considerar que el precio medio se ha calculado como el cociente entre la suma del término de potencia y el término de energía respecto a los *kwh* consumidos. Por tanto, no podemos pensar que la potencia contratada es una variable exógena para explicar el comportamiento del precio.

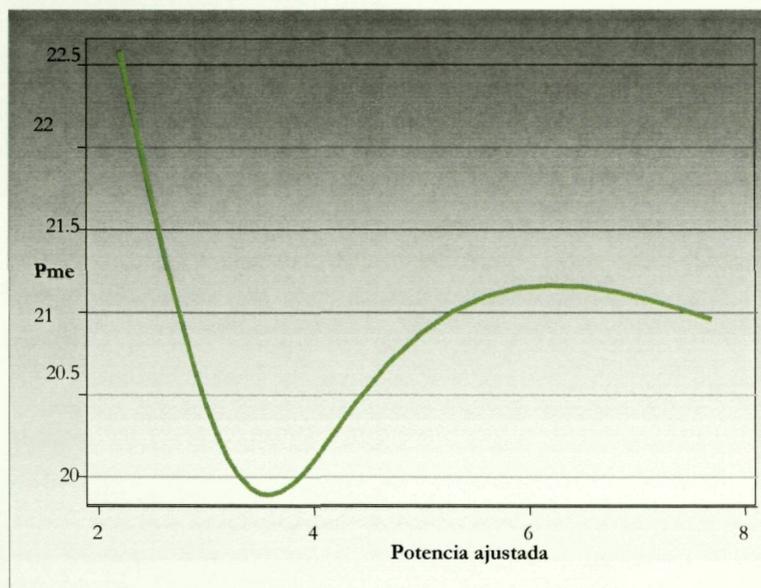
En este contexto, proponemos solucionar el problema anterior sustituyendo el valor de la variable de potencia por la predicción obtenida en la segunda etapa del modelo *probit* ordenado. Esta predicción se calcula individualmente para cada observación de la muestra.

A partir de aquí efectuamos la regresión *spline* cuyo resultado gráfico es el que se muestra a continuación:

---

<sup>17</sup> Ver Yatchew (1998)

Gráfico 5.4. Relación no paramétrica *spline* entre el precio medio eléctrico residencial y la potencia contratada



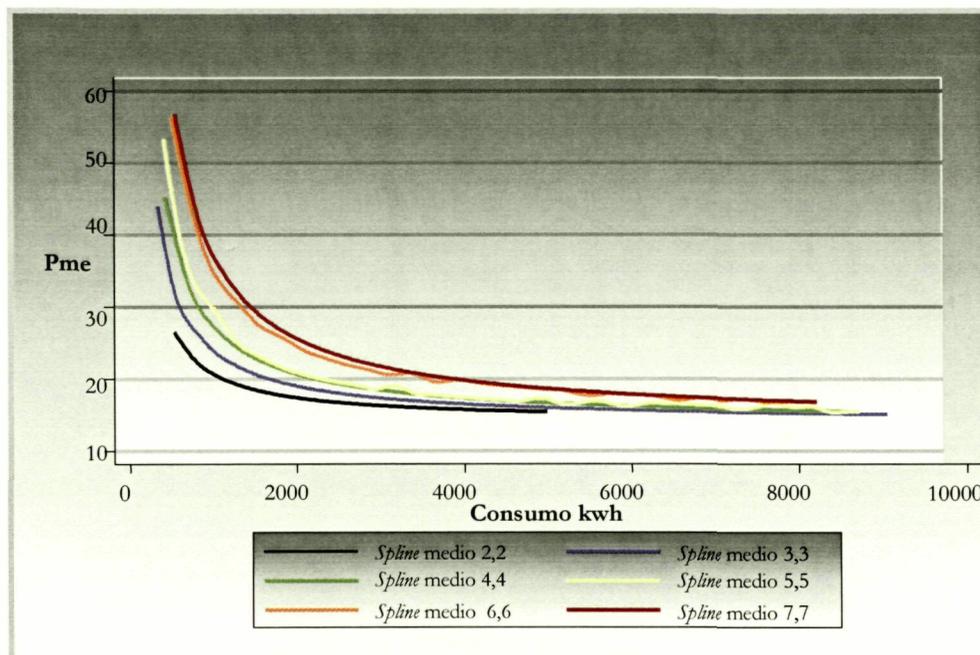
La regresión *spline* anterior sigue tendencias diferenciadas en función del nivel de potencia contratado. En concreto, la función decrece claramente entre las potencias de 2,2 y 3,3 kW. A partir de aquí, la función crece para las potencias de 4,4 kW y 5,5 kW, y empieza a decrecer de nuevo en el nivel de 6,6 kW, acusándose esta tendencia en el nivel de 7,7 kW. Por tanto la tendencia de crecimiento de la regresión no se sostiene a lo largo de todo el recorrido de la relación funcional. Como resultado, no podemos afirmar que un nivel de potencia contratado inmediatamente superior al anterior suponga un pago por el consumo eléctrico también mayor.

De todos modos la regresión *spline* anterior es incompleta, puesto que a la hora de relacionar el precio medio y la potencia contratada no estamos teniendo en cuenta el nivel de consumo que realizan los hogares. Bajo nuestro punto de vista, será la interacción entre esas tres variables la que nos ofrecerá una panorámica más completa de las repercusiones de la tarifa en dos partes sobre el precio pagado por los individuos y su consumo de electricidad.

Partiendo de la idea anterior hemos llevado a cabo una regresión *spline* que relacione el precio medio de la electricidad y el consumo de cada hogar, discriminando en cada caso por el nivel de potencia que ese hogar haya contratado. Para llevar a cabo esta estimación hemos tenido en cuenta la

endogeneidad del consumo eléctrico y hemos sustituido esta variable por su predicción, obtenida en la primera etapa de la estimación del modelo *probit* ordenado. El resultado de esa regresión no paramétrica es el que puede observarse en el Gráfico 5.5.

Gráfico 5.5. Relación no paramétrica *spline* entre el precio medio y el consumo eléctrico residencial por potencia contratada



Creemos que a partir de este gráfico podemos extraer resultados más concluyentes que los anteriores en nuestro análisis. En efecto, de la observación de este gráfico puede inferirse que si bien para los consumos más bajos el precio medio de partida es mayor conforme la potencia contratada también lo es, esta situación se difumina a medida que el consumo de electricidad aumenta y la situación se agrava cuanto mayor es la potencia contratada. Es decir, que a medida que aumenta el consumo, el precio medio disminuye, y disminuye más cuanto mayor es el nivel de potencia contratado. De esta forma para los niveles más altos de consumo, a partir de unos 6000 *kwh*, el precio medio es prácticamente el mismo independientemente de la potencia que se haya contratado.

El resultado anterior nos ofrecería un argumento a favor de nuestra hipótesis de partida sobre el hecho de que la tarifa eléctrica en dos partes es ineficiente y regresiva. Esto es así puesto que no es cierto que todos los consumidores paguen un precio más alto cuando contratan una potencia más elevada, o al menos esto

no es así para todos los niveles de consumo, lo cual sería un elemento que apuntaría a la regresividad de la tarifa, dado que aquellos consumidores que contratan más potencia, acostumbran a tener un stock de electrodomésticos mayor y, por tanto, probablemente un mayor nivel de renta.

En segundo lugar, si sabemos que la potencia es una medida de capacidad, es previsible que los individuos que hayan contratado más potencia y que consuman mucho, hagan buena parte de ese mayor consumo en momentos concretos del tiempo. Es decir que consuman gran cantidad de electricidad simultáneamente. Si ese consumo se paga a un precio prácticamente igual al de los consumidores que han contratado menos potencia, la tarifa en dos partes es ineficiente, puesto que no ofrece ningún incentivo a los consumidores a que aplanen su curva de demanda y éstos pueden seguir concentrando su uso eléctrico en momentos concretos, sin penalización alguna, con las consecuencias que este hecho tiene sobre la saturación de la capacidad de generación del sistema eléctrico, por el apuntamiento en la demanda.

Por tanto, y a falta de conocer datos por períodos horarios o diarios del consumo de electricidad por parte de los consumidores residenciales, lo cual permitiría estimaciones mucho más precisas, hemos hallado indicios de que la tarifa en dos partes no incentiva en modo alguno la eficiencia del sistema eléctrico, ni contiene elementos redistributivos entre los consumidores.

## **5. Conclusiones**

En este capítulo hemos estimado los determinantes de la potencia eléctrica contratada por las familias y la incidencia de una tarifa en dos partes sobre el precio medio pagado por los consumidores, en términos de eficiencia y progresividad.

Para ello, hemos estimado un modelo *probit* ordenado con variables instrumentales y una regresión no paramétrica *spline*.

Los resultados de estas estimaciones apuntan a que la potencia contratada en el hogar depende del consumo de electricidad, de características de los individuos y de características de la vivienda y de la zona en la que ésta se encuentra situada.

Por otro lado, las estimaciones no paramétricas señalan que la tarifa en dos partes introduce elementos de ineficiencia y regresividad sobre el precio medio pagado por los consumidores residenciales de electricidad.

Estas deficiencias de la tarifa se observan a partir de la relación que se establece entre el precio medio de la electricidad y el consumo de este suministro energético, en función de la potencia eléctrica que contratan los hogares. En efecto, a medida que aumenta el consumo de electricidad el precio medio se reduce en una proporción mayor para los individuos que contratan una potencia más alta. Esto es así hasta el punto de que este precio medio es prácticamente igual para todos los usuarios en los niveles de consumo más altos, independientemente de la potencia que hayan contratado.

Concluimos que lo anterior es ineficiente puesto que, dado que la potencia es un indicador de capacidad de consumo, los usuarios que contratan una potencia más elevada lo hacen para consumir más cantidad de electricidad de forma simultánea, lo cual generaría demandas más apuntadas en momentos concretos del tiempo. En la medida en que el precio medio acaba siendo prácticamente igual para todos los consumidores, la tarifa en dos partes no penaliza estos consumos más concentrados en el ciclo de demanda y, en consecuencia, podría ocurrir que en algún momento la capacidad de generación fuera insuficiente para satisfacer estas demandas apuntadas. Sin embargo, en los ciclos de demanda bajos o valle, existiría capacidad de generación instalada excedentaria, con el correspondiente coste de mantenimiento de este capital inactivo en esos momentos.

Por otro lado, creemos que la tarifa en dos partes es regresiva porque no conduce a que los individuos que más potencia contratan paguen más por su consumo en todos los niveles de uso del suministro. Nuestro razonamiento se basa en que los consumidores que contratan más potencia suelen tener un equipo más amplio de electrodomésticos, lo cual está generalmente correlacionado con un mayor nivel de renta. En este sentido la tarifa eléctrica no introduce ningún elemento de progresividad.

Otra cuestión sería si estamos de acuerdo con que la tarifa eléctrica deba cumplir una función redistributiva o si esa tarea debería dejarse en exclusiva al sistema tributario. En cualquier caso, lo que parece claro es que en el caso de la tarifa en dos partes las cuestiones de eficiencia y progresividad están interrelacionadas, por lo que una tarifa ineficiente, como en este caso, incorpora además elementos de

regresividad. Seguramente, la mejora de la eficiencia llevaría asociada una mejora en la progresividad por el pago del consumo de electricidad.

**Anexo 5A**
**Análisis de la idoneidad de los instrumentos elegidos en la estimación por VI**

Tabla 5A.1. Resultados de la regresión auxiliar de VI

Variable	Coefficiente	e.s.
<i>LogGTNE</i>	0,309551***	0,016
<i>LogEdad</i>	0,051230	0,048
<i>Edad65</i>	-0,408210	0,029
<i>Hijos13</i>	-0,023350	0,024
<i>LogTamahog</i>	0,258459***	0,032
<i>LogSuperf</i>	0,209632***	0,025
<i>Vivsec</i>	0,191004***	0,021
<i>Sexo</i>	-0,043624**	0,023
<b>ESTRUCTURA FAMILIAR</b>		
<i>Parejas o solteros sin hijos</i>	-0,020901	0,039
<i>Parejas o monoparentales hijos</i>	0,017659	0,040
<i>Otros</i>	0,008814	0,035
<b>DEDICACIÓN LABORAL</b>		
<i>Tiempo completo</i>	0,047302**	0,023
<i>Tiempo parcial</i>	0,096830*	0,050
<i>_cons</i>	1,637779***	0,301
Estadísticos regresión	R <sup>2</sup>	0,2679
Auxiliar	F(13,8858)	166,13
	Prob > F	0,000
Estadísticos primera	R <sup>2</sup>	0,2996
Etapa VI	F(45,8558)	30,41
	Prob > F	0,000

La Tabla 5A.1 ofrece las estimaciones por MCO de la regresión de las variables utilizadas exclusivamente como instrumentos, que no intervienen en la segunda etapa de la estimación de VI. Asimismo, en la Tabla aparecen los estadísticos de bondad del ajuste y significación conjunta de los regresores, tanto para esta estimación, como en el supuesto de tomar la regresión resultante de la primera etapa de la estimación por VI, es decir tanto con los instrumentos anteriores, como con el resto de variables exógenas del *probit* ordenado.<sup>1</sup>

De la observación de la regresión de instrumentos de la Tabla 5A.1, podemos apreciar una mayoritaria corrección en los signos de los coeficientes y la significación razonable de las variables elegidas.

<sup>1</sup> A efectos de una mayor claridad expositiva no se han recogido aquí la totalidad de coeficientes de la primera etapa de la estimación por VI, en que se utilizan el conjunto de regresores disponibles, tanto los pertenecientes a la ecuación principal, como aquéllos utilizados a modo de instrumentos. En cambio se ha preferido mostrar la estimación por MCO de la regresión auxiliar, y los estadísticos principales de esa regresión auxiliar, junto con los de la primera etapa de VI.

Por ejemplo, un aumento de un 1% en el nivel de renta de los consumidores implica un aumento del 0,31% del consumo de electricidad.

Sin embargo, la corrección del signo de la variable de tenencia de vivienda secundaria (*Vivsec*) no está tan clara, puesto que la regresión indica que aquellas familias que poseen una vivienda secundaria aumentan el consumo de electricidad en la vivienda principal, respecto a los individuos que sólo tienen una vivienda.

Asimismo, pese a que los signos de las variables relacionadas con la edad (*Edad*, *Edad65* e *Hijos13*), parecen acertados, es decir el consumo aumenta con la edad, aunque los mayores de sesenta y cinco años tienen una tendencia a consumir menos, al igual que ocurre con la presencia de niños menores de trece años en el hogar, estas variables no resultan significativas. Ante este resultado, hemos probado distintas interacciones entre las variables implicadas sin que, como consecuencia de ello, mejorara el resultado obtenido.

Adicionalmente, las variables referidas al tipo de estructura familiar que compone el hogar, sugieren que las familias de parejas o monoparentales con hijos tienden a un mayor consumo de electricidad que otros tipos de familias, aunque estas variables no son significativas.

En el caso de la variable que se refiere al número de miembros del hogar (*Tamahog*) y la variable que indica la superficie de la vivienda en metros cuadrados (*Superf*) observamos que a mayor número de individuos en el hogar y a mayor superficie de la vivienda el consumo de electricidad es mayor.

Por último, la duración de la jornada laboral del sustentador principal y el género de esa persona (*Sexo*) son también variables significativas. Esta última variable es curiosa puesto que indicaría que los hombres tenderían a gastar menos electricidad que las mujeres, puesto que esta variable vale 1 si la persona de referencia del hogar es un hombre.

En cualquier caso, y más allá de los signos y los valores de los parámetros estimados, a la hora de valorar la idoneidad de los instrumentos utilizados, deberemos considerar los valores tomados por el coeficiente de bondad del ajuste ( $R^2$ ) y por el contraste de significación conjunta de los regresores.

De hecho, Bound, Jaeger y Baker (1985) ya convinieron en afirmar que a la hora de buscar candidatos a instrumentos en una regresión de mínimos cuadrados en

dos etapas puede ocurrir que estos regresores estén sólo débilmente correlacionados con la variable endógena en cuestión. Este hecho puede conducir a estimaciones con errores estándar elevados y peligrosamente inconsistentes, incluso a la hora de trabajar con muestras de grandes dimensiones, como es el caso que nos ocupa.

Para ello, Bound, Jaeger y Baker (1985) proponen examinar las características de la primera etapa de la estimación. Sus resultados sugieren que el  $R^2$  parcial y el estadístico de la  $F$  de esta primera etapa son una guía útil a la hora de valorar la calidad de las estimaciones, poniendo especial énfasis en la significación conjunta del modelo.

En este sentido podemos convenir que, si bien la bondad del ajuste de la primera etapa de la estimación no alcanza un valor demasiado elevado 29,96 %, podemos considerarlo aceptable, dada la naturaleza de los datos que estamos manejando y el tamaño total de la muestra. Por su parte, la significación conjunta de los instrumentos está garantizada, lo cual nos hace pensar que los instrumentos elegidos son fuertes.



Anexo 5B

Aplicación de un *bootstrap* sobre un modelo *probit* ordenado con variables instrumentales

Tabla 5B.1. Resultados de la aplicación del procedimiento de *bootstrap* sobre el modelo

Nº observaciones=8659		Repeticiones =100		Intervalo confianza de 95%					
Variable	Observado	Sesgo	e.s.	Observado	Sesgo	e.s.	Intervalo confianza de 95%		
$\alpha_1$	0,809337	0,0026	0,0461	0,7178	0,09009	(N)	0,1264	0,4031	(P)
				0,7299	0,09018	(P)	0,1245	0,3864	(BC)
				0,7269	0,9007	(BC)	-0,2734	0,0477	(N)
C-ILE	0,516118	-0,0044	0,0426	0,4317	0,6006	(N)	-0,2972	0,0269	(P)
				0,4172	0,5801	(P)	-0,3236	0,0158	(BC)
				0,4230	0,5867	(BC)	-0,5911	-0,3554	(N)
A <sub>1002</sub>	0,687561	0,0153	0,0679	0,5527	0,8224	(N)	-0,5943	-0,3455	(P)
				0,5671	0,8698	(P)	-0,5784	-0,3293	(BC)
				0,5608	0,8109	(BC)	-0,5355	-0,2861	(N)
A <sub>1003</sub>	0,305189	0,0102	0,0656	0,1750	0,4354	(N)	-0,5447	-0,2957	(P)
				0,1633	0,4373	(P)	-0,5232	-0,2836	(BC)
				0,1582	0,4134	(BC)	-0,1059	0,2722	(N)
A <sub>1004</sub>	-0,428798	-0,0125	0,0782	-0,5841	-0,2735	(N)	-0,1173	0,2386	(P)
				-0,5973	-0,2912	(P)	-0,1083	0,2504	(BC)
				-0,5853	-0,2717	(BC)	-0,4020	-0,1607	(N)
A <sub>1005</sub>	0,094029	0,0014	0,0719	-0,0485	0,2366	(N)	-0,3961	-0,1692	(P)
				-0,0405	0,2120	(P)	-0,4099	-0,1766	(BC)
				-0,0739	0,2118	(BC)	0,0590	0,3234	(N)
A <sub>1006</sub>	0,714541	-0,0071	0,0938	0,5284	0,9007	(N)	0,0845	0,3167	(P)
				0,5254	0,8832	(P)	0,0514	0,3059	(BC)
				0,5485	0,8903	(BC)	-0,3766	-0,0946	(N)
A <sub>1007</sub>	0,251648	0,0081	0,0696	0,1136	0,3897	(N)	-0,3655	-0,0904	(P)
							-0,3612	-0,0640	(BC)

Anexo 5B (Continuación)

Variable		Nº observaciones=8659		Repeticiones =100		Intervalo confianza de 95%	
Observado	Sesgo	es	es				
ANNO15	0,853786	0,0213	0,1129	0,6297	1,00779	(N)	
				0,6299	1,0994	(P)	
				(0,5449	0,9885	(BG)	
ANNO16	0,628410	0,0105	0,0614	0,5067	0,7502	(N)	
				0,5119	0,7366	(P)	
				0,4735	0,7280	(BG)	
ANNO17	0,609528	0,0165	0,0932	0,4246	0,7944	(N)	
				0,4162	0,8020	(P)	
				0,4138	0,7644	(BG)	
ANNO18	0,441610	0,0155	0,1491	0,1458	0,7374	(N)	
				0,1996	0,7990	(P)	
				0,1244	0,7752	(BG)	
URBAN14	0,214501	0,0008	0,0493	0,1167	0,3123	(N)	
				0,1000	0,3082	(P)	
				0,08827	0,2940	(BG)	
ANNCON2	-0,077533	0,0015	0,0681	-0,2126	0,0576	(N)	
				-0,2169	0,0522	(P)	
				-0,2169	0,0522	(BG)	
ANNCON3	-0,006405	0,0037	0,0435	-0,0928	0,0800	(N)	
				-0,1041	0,0822	(P)	
				-0,1082	0,0725	(BG)	
ANNCON4	0,113598	-0,0001	0,0485	0,1273	0,3199	(N)	
				0,1460	0,3305	(P)	
				0,1491	0,3336	(BG)	
ANNCON5	0,534696	0,0077	0,1095	0,3175	0,7519	(N)	
				0,3581	0,7486	(P)	
				0,3581	0,7486	(BG)	
DENS12	-0,134947	0,0127	0,0438	-0,2218	-0,0481	(N)	
				-0,1998	-0,0373	(P)	
				-0,2109	-0,0678	(BG)	
DENS13	-0,318430	0,0017	0,0480	-0,4136	-0,2232	(N)	
				-0,4085	-0,2345	(P)	
				-0,4524	-0,2475	(BG)	
TPOCAS42	-0,159447	0,0065	0,0522	-0,2630	-0,0559	(N)	
				-0,2772	-0,0575	(P)	
				-0,2784	-0,0712	(BG)	
TPOCAS43	-0,426251	0,0078	0,0627	-0,5507	-0,3018	(N)	
				-0,5528	-0,3056	(P)	
				-0,5640	-0,3277	(BG)	
TPOCAS44	-2,197474	-0,0151	0,5316	-3,2522	-1,1427	(N)	
				-3,0708	-0,8556	(P)	
				-3,0112	-0,7851	(BG)	
GAS	-0,097583	0,0042	0,0408	-0,1784	-0,0167	(N)	
				-0,1795	-0,0136	(P)	
				-0,1871	-0,0326	(BG)	
NIVESTUD1	-0,378910	-0,0031	0,0364	-0,4511	-0,3068	(N)	
				-0,4519	-0,3070	(P)	
				-0,4362	-0,2925	(BG)	

Anexo 5B (Continuación)

Variable	Observado	Sesgo	e.s.	Repeticiones = 100	Intervalo confianza de 95%
NIVESTUD2	0,089768	-0,0002	0,0471	-0,0037	0,1833 (N)
				0,0139	0,1968 (P)
				0,0188	0,2062 (BC)
TENEVIV	0,245617	-0,0034	0,0398	0,1667	0,3246 (N)
				0,1724	0,3159 (P)
				0,1726	0,3202 (BC)

Nota: N (normal), P (percentil), BC (corregido por el sesgo)



**Resumen y  
Conclusiones**

En esta investigación hemos estudiado la demanda residencial de electricidad en España en el corto plazo. La realización de este análisis ha permitido la obtención de evidencia favorable a la tesis que se sostenía al inicio del trabajo y que consta de tres hipótesis fundamentales.

En primer lugar hemos contrastado que la demanda de electricidad no sólo depende del precio y de la renta de los consumidores, sino también de las características de los individuos, así como de características de las viviendas que habitan y de su ubicación geográfica.

La formulación detallada de esta hipótesis se ha realizado en el capítulo 1. En este capítulo hemos descrito el fundamento microeconómico que subyace a la obtención de la función de demanda eléctrica residencial, hemos derivado analíticamente esta función para el corto plazo en el caso de España y hemos discutido sus determinantes fundamentales, poniendo nuestros resultados en el contexto de las especificaciones empíricas adoptadas por la literatura en las últimas décadas.

En este sentido, podemos decir que la especificación de la función de demanda doméstica de electricidad que proponemos satisface las condiciones impuestas por la teoría neoclásica del comportamiento del consumidor. Los supuestos sobre la separabilidad de las preferencias y su naturaleza no homotética que hemos incorporado no nos parecen excesivamente restrictivos. En efecto, estos supuestos están en la línea del enfoque adoptado en la literatura internacional y redundan en una especificación satisfactoria de la función de demanda.

Además, creemos que la derivación analítica de esta especificación empírica de la demanda doméstica de electricidad es una contribución a la literatura existente, puesto que no conocemos ningún otro trabajo que haya derivado explícitamente una función de demanda de este tipo para el caso español. Si bien en el ámbito internacional se han derivado funciones genéricas de este tipo, no se ha incorporado el detalle de la estructura tarifaria eléctrica en esta derivación, ni se ha obtenido una expresión explícita de la ecuación para el ámbito geográfico y el contexto histórico analizado.

En nuestro caso, la obtención de la expresión concreta de la función de demanda eléctrica residencial nos ha permitido discutir los determinantes de esta forma funcional. A partir de aquí hemos formulado la hipótesis de que los factores que

influyen sobre esta ecuación, y que por tanto definen el comportamiento de los individuos son: el nivel de renta del consumidor, una serie de características de los individuos y del hogar y, por último, una expresión del precio de la electricidad que combinará elementos del precio medio y del precio marginal, tal y como argumenta la literatura internacional.

Las características personales y de la vivienda contribuyen a una estimación más precisa de los parámetros de la función de demanda y tienen un papel relevante a la hora de enriquecer el análisis y los resultados de la estimación. Esta riqueza de análisis se ve incrementada en el caso de que podamos llevar a cabo un estudio con microdatos, en lugar de optar por una estimación a partir de datos agregados.

Por su parte, en consonancia con la evidencia empírica existente, corroboramos que existe una correlación positiva entre el nivel de renta de los consumidores y su consumo de electricidad. Sin embargo, deberemos estar atentos en la estimación empírica, a la hora de abordar los posibles problemas de simultaneidad que la variable de renta pueda ocasionar sobre la estimación eficaz y eficiente de los parámetros correspondientes.

Por último, hemos abordado la influencia de la estructura tarifaria española sobre el consumo doméstico de electricidad. Al respecto concluimos que tanto el precio medio como el precio marginal tendrán un efecto relevante sobre el consumo eléctrico, en la línea de trabajos pioneros sobre esta cuestión, como los de Houthakker (1951a) y Taylor (1975), por citar sólo dos de los ejemplos más destacados.

Sin embargo, el hecho de que en España exista una estructura tarifaria en dos partes impone que no exista variabilidad entre individuos en términos de precios marginales, pues este precio es uniforme para todos los consumidores, independientemente de la cantidad de electricidad consumida. En consecuencia proponemos que sea el indicador del precio medio la variable relevante para recoger los efectos sobre el consumo de variaciones en el precio de la electricidad.

Una vez planteada la función de demanda residencial de electricidad genérica, hemos estimado una forma concreta en el capítulo 3. Los resultados de la estimación parecen evidenciar que el consumo eléctrico residencial depende, básicamente, de la renta de los individuos, del precio medio que perciben los

consumidores de su factura eléctrica, de una serie de características del hogar, así como de características personales de los individuos.

En segundo lugar, hemos obtenido evidencia favorable al hecho de que los consumidores son sensibles tanto a variaciones en el nivel de precios como en el nivel de renta, contraviniendo la creencia de que la demanda de electricidad es muy rígida y no experimenta apenas cambios ante variaciones en estas variables.

En este contexto, hemos revisado la evidencia empírica internacional para obtener una primera indicación sobre la sensibilidad de los consumidores a variaciones en el nivel de precios de la electricidad y en su nivel de renta.

Para ello, el capítulo 2 revisa la literatura más relevante de las últimas décadas respecto a la estimación de la demanda doméstica de electricidad y la obtención de resultados, en términos de elasticidades precio y renta del consumo.

Los modelos utilizados en las estimaciones empíricas se dividen entre las aproximaciones de corto y largo plazo. Esta distinción radica en si el stock de electrodomésticos en el hogar es fijo, lo cual correspondería al corto plazo, o bien se permite que varíe, que concuerda con una aproximación de largo plazo.

En el primer grupo de modelos hemos destacado la contribución seminal de Fisher y Kaysen (1962) que propusieron estimar la demanda residencial de electricidad condicionada o de corto plazo como la suma de las demandas individuales de cada uno de los electrodomésticos en el hogar. Estos autores concluyeron que el stock de electrodomésticos, las características de los individuos y el nivel de renta del consumidor son las variables más influyentes sobre la demanda doméstica de electricidad, siendo el nivel de precios de esta fuente de energía una variable de importancia secundaria.

Con el paso del tiempo, hubo una serie de trabajos que replicaron las conclusiones anteriores, en el sentido de que el precio de la electricidad es una variable clave a la hora de determinar el consumo de energía eléctrica. Esta conclusión se ha defendido por Acton, Mitchell y Mowill (1976), Parti y Parti (1980), Gillingham y Hagemann (1981), Baker, Blundell y Micklewright (1989), Branch (1993) o Reiss y White (2005a), entre otros.

De hecho, la discusión sobre cuál es la especificación del precio de la electricidad que mejor aproxima la estructura tarifaria de este bien, ha sido uno de los debates

más relevantes de la literatura empírica del sector, tanto en los enfoques de corto plazo como los de largo plazo.

Al respecto hay autores que apuestan por la inclusión de una medida del precio marginal de la energía eléctrica cuando los consumidores se enfrentan a un programa tarifario por bloques de consumo, como Houthakker (1951a), Taylor (1975, 1977a, 1977b), Hsiao y Mountain (1985) o Leth-Petersen y Togeby (2001), mientras que otros autores van más allá y sugieren que la variable de precios debe especificarse conjuntamente a través de un indicador del precio marginal y del precio intramarginal. Ejemplos de esta última tendencia son Roth (1981), Garbacz (1983) y Reiss y White (2005a).

Asimismo, hay trabajos que obtienen evidencia a favor del uso exclusivo de un indicador del precio medio de la electricidad, como Parti y Parti (1980), Baker, Blundell y Micklewright (1989) o Branch (1993).

Por otro lado, los grandes requisitos de información que demandaba una aproximación como la de Fisher y Kaysen (1962), respecto al stock de electrodomésticos en cada hogar, ha dado paso a una evolución de este enfoque. En efecto, existen trabajos que han optado por especificar las demandas de corto plazo utilizando variables *dummy* que informan sobre la tenencia o ausencia de un electrodoméstico determinado en el hogar, o bien se ha optado por calcular consumos medios genéricos por tipo de aparato. En esta línea de trabajo están los estudios de Parti y Parti (1980), Baker (1992), Leth-Petersen y Togeby (2001) o Halvorsen, Larsen y Nesbakken (2003).

La estimación econométrica de los trabajos de corto plazo se ha servido del método de mínimos cuadrados ordinarios, las variables instrumentales y otros métodos de estimación en dos etapas, la máxima verosimilitud, el método de regresiones aparentemente no relacionadas o el método generalizado de los momentos.

Estas estimaciones tienen lugar, mayoritariamente, sobre datos de corte transversal, aunque en ocasiones se ha optado por el uso de series temporales y datos de panel. En cualquier caso la mayoría de evidencia empírica se localiza en Estados Unidos, y con menor asiduidad en Europa.

Los resultados sugieren que la elasticidad precio es negativa y tiene una magnitud no despreciable. El valor medio de esta elasticidad es de -0,42 en el conjunto de trabajos que hemos analizado en este capítulo.

La elasticidad renta, por su parte, acostumbra a tener signo positivo y tiene un rango de variación mayor que en el caso de la elasticidad precio. Sin embargo, algunos autores apuntan que esta elasticidad renta puede llegar a ser negativa, sugiriendo que la electricidad es un bien inferior. Otros autores creen que esta elasticidad es bastante rígida o bien que su valor aumenta a medida que lo hace el nivel de renta de los individuos.

Por último la práctica totalidad de los trabajos de corto plazo encuentran evidencia de que los determinantes fundamentales del consumo eléctrico doméstico son el nivel de precios del bien, su nivel de renta y las características de los individuos y del hogar.

En el segundo grupo de modelos, encontramos las aproximaciones de largo plazo a la estimación de la ecuación de demanda residencial de energía eléctrica.

En este tipo trabajos, las inquietudes son muy similares a las que concernían a los trabajos de corto plazo. En primer lugar, ha existido un debate intenso sobre la especificación del precio de la electricidad en la ecuación de demanda y, al igual que en el corto plazo, la evidencia se divide entre los autores que utilizan indicadores de precio marginal, como Halvorsen (1975), Dubin y McFadden (1984) o Dubin (1985), los trabajos que utilizan simultáneamente un indicador de precio marginal e intramarginal, como McFadden, Kirshner y Puig (1977) o Mount y Chapman (1977), y los autores que sugieren que el precio medio es el indicador correcto, como Griffin (1974), Silk y Joutz (1997), Nesbakken (1999) o Benavente, Galetovic, Sanhueza y Serra (2005).

Asimismo, la mayoría de trabajos obtienen mejores resultados en el caso de que se incluyan características de los individuos y del hogar para estimar la demanda de electricidad de largo plazo.

Los modelos de largo plazo experimentaron un avance notable en la década de los ochenta, con el desarrollo de la metodología necesaria para estimar los modelos discretos-continuos de forma simultánea. Los precursores de este avance metodológico fueron, fundamentalmente, Dubin y McFadden (1984).

Bajo este nuevo enfoque la demanda eléctrica residencial parte de la idea de que estamos considerando una demanda derivada del uso de electrodomésticos, a partir de los cuales se obtienen una serie de servicios. Bajo este supuesto, la demanda de electricidad comprendía dos decisiones, una elección de carácter discreto: qué configuración de electrodomésticos utilizar en el hogar, y una elección continua, en la que, una vez decidido el stock de aparatos, abordar simultáneamente la decisión de cuánta energía consumir.

Con el paso del tiempo, este tipo de modelos han adquirido un mayor grado de sofisticación y han dado paso a modelos de ingeniería (Dubin, 1985) y modelos de ajuste parcial, (Mount y Chapman, 1977; Fouquet, 1995 o Hondroyannis, 2004).

La estimación de estos modelos se ha servido de técnicas de estimación cualitativas *logit* multinomial, *probit* y variables instrumentales, en el caso de los modelos discretos continuos, *logit* anidado y regresiones aparentemente no relacionadas, para los modelos de ingeniería y el mecanismo de corrección del error y cointegración, en el caso de los modelos de ajuste parcial.

Las estimaciones de los trabajos de largo plazo han utilizado mayoritariamente series temporales y datos de panel y se han concentrado en Estados Unidos.

Respecto a los resultados, la tendencia general es que las elasticidades de largo plazo sean superiores en valor absoluto a las de corto plazo. Las elasticidades precio obtenidas son negativas y las elasticidades renta positivas, aunque conviene destacar que, en el caso de las elasticidades renta, los valores de corto plazo son sensiblemente inferiores a los obtenidos en los trabajos que utilizaban exclusivamente un enfoque de corto plazo.

Además, hay trabajos que encuentran evidencia de elasticidades renta negativas, como Fouquet (1995), lo cual estaría en consonancia con la argumentación de que la electricidad es un bien inferior. Por su parte, una serie de trabajos encuentran que la elasticidad renta es bastante reducida, o bien es creciente con el nivel de ingreso de los consumidores, como Dubin y McFadden (1984), Dubin (1985), Nesbakken (1999) o Benavente, Galetovic, Sanhueza y Serra (2005), lo cual iría a favor del argumento de que la electricidad es un bien de consumo necesario.

Por tanto, teniendo en cuenta que en esta investigación se ha optado por seguir un enfoque de corto plazo, el contraste de las hipótesis enunciadas en el capítulo

1, que se ha realizado en el capítulo 3, deberá tomar como referencia el siguiente contexto empírico:

En primer lugar, deberemos atender a la especificación de la demanda eléctrica residencial condicionada, tanto en el sentido de establecer que es una demanda de corto plazo sujeta a la tenencia de electrodomésticos, como a la especificación del nivel de renta de los consumidores, el nivel de precios de la electricidad, debiendo decidir si optamos por un indicador de precio marginal, medio o ambos, y la inclusión de características personales y del hogar.

En segundo lugar, deberemos tener en cuenta que la evidencia empírica internacional se decanta mayoritariamente por una relación negativa entre el consumo de electricidad y el nivel de precios de este bien, inferior a uno, aunque con valores que no podrían calificarse de modestos.

Respecto al nivel de renta, la literatura empírica de las últimas décadas no establece un consenso claro, aunque deberemos corroborar o rechazar la naturaleza de bien necesario o inferior del consumo doméstico residencial.

Una vez revisada la evidencia empírica internacional hemos estimado las elasticidades precio y renta del consumo residencial de electricidad en el caso español. Para ello hemos estimado la ecuación de demanda eléctrica doméstica de corto plazo en España, para el año 1999.

Los resultados confirman que la electricidad es un bien inelástico al precio en el corto plazo, aunque los consumidores manifiestan sensibilidad a esta variable. Por otra parte, su elasticidad renta es positiva y menor a uno, y además, esta sensibilidad al consumo es creciente a medida que nos movemos hacia arriba en la distribución de la renta de los individuos.

Ambos resultados coinciden con nuestras hipótesis de partida y conforman una buena base para un análisis posterior de la conducta de estos mismos individuos ante un cambio en la estructura tarifaria residencial del sector eléctrico o la introducción de alguna medida impositiva que pretenda favorecer una política de conservación energética y del medio ambiente.

En el caso de que se tomaran este tipo de medidas sería necesario replantearnos la forma de incorporar el indicador del precio de la electricidad en la ecuación de la demanda. Con toda probabilidad, un cambio en la estructura tarifaria a favor de

un programa de precios por bloques de consumo o por tiempo de uso aconsejarían la inclusión de indicador del precio intramarginal, del precio marginal, o de ambos, tal y como se sostiene de forma sólida en la literatura.

Por su parte, los aspectos metodológicos son muy importantes en el trabajo realizado en el capítulo 3. En este sentido creemos que el uso de técnicas no paramétricas debe explotarse, en la medida de lo posible, en aras de obtener una buena radiografía de la situación que se pretende analizar, pues en muchos casos su uso nos desvela relaciones que no se sospechaban a nivel intuitivo, o nos confirman otras que, sin duda, no hacen más que aportar solidez a la especificación paramétrica que se adopte en un análisis posterior.

Adicionalmente, abogamos por el análisis riguroso y exhaustivo de bases de datos con observaciones individuales a nivel de hogar como la que hemos utilizado, pues esto nos permite la explotación de una inmensa riqueza de información, que contribuye a la obtención de resultados más precisos.

En este sentido nos parece fundamental la consideración de la especificidad de criterios utilizados en el muestreo de la encuesta, que en este caso partían de una metodología de muestreo complejo. Este hecho tiene consecuencias importantes sobre cualquier análisis microeconómico posterior y no deja de invitarnos a tenerlo en cuenta explícitamente, tal y como hemos hecho en este caso.

A partir de aquí podemos sentar las bases de la investigación futura, donde consideremos una serie temporal de observaciones y en la que el stock de electrodomésticos del hogar no se considere exógeno, en lugar de la muestra transversal utilizada aquí. Una base de datos de este tipo permitiría el uso de técnicas con datos de panel y metodologías de carácter discreto-continuo para poder derivar conclusiones de largo plazo, en términos de las elasticidades precio y renta.

Este aspecto es sumamente importante en el actual contexto de liberalización que está experimentando el sector, no sólo en España, sino también a nivel internacional, puesto que de esta forma podremos conocer el perfil completo de la conducta de los consumidores que, en definitiva, son uno de los agentes sobre los que repercute directamente los resultados del proceso liberalizador, y en el caso concreto de los consumidores residenciales, éstos sean quizás los más

indefensos a la hora de poder contrarrestar cualquier efecto no deseado de las medidas que les afectan.

Por eso, el conocimiento profundo de la estructura de la demanda y de su comportamiento, puede ayudarnos a la hora de tomar las decisiones más acertadas para el conjunto de los agentes implicados en el proceso.

Por último, los capítulos 4 y 5 se han dirigido a contrastar la hipótesis de que una tarifa en dos partes no es una forma eficiente ni progresiva de tarifar la electricidad, puesto que esta estructura de precios no ofrece señales adecuadas a los consumidores para que consuman y gestionen su demanda de una forma que evite la congestión en el mercado.

Para ello, en el capítulo 4 hemos revisado las distintas opciones tarifarias bajo las que puede facturarse a los consumidores residenciales su consumo de electricidad.

La idea central que hemos defendido en este capítulo es que la tarificación del consumo de electricidad, dadas las características de este insumo energético y del propio mercado en el que se ofrece, debe tener una estructura no lineal. De entre las opciones disponibles para tarifar este suministro, hemos visto que todas ellas son una forma de discriminación de precios, aunque el objetivo subyacente de esta discriminación es distinto según de la tarifa de que se trate.

Al respecto, las tarifas tradicionales en dos partes y en bloques, han discriminado precios para financiar los costes de generación, transporte y distribución de la electricidad, a través de los excedentes del consumidor de los que se han apropiado las *utilities*.

Sin embargo, las tarifas por tiempo de uso y en tiempo real han pretendido discriminar precios para conseguir un funcionamiento más eficiente del sistema, evitar la congestión, y la necesidad de sobreinversiones en capacidad instalada de generación. Estos objetivos se han conseguido a través del envío de señales de precios adecuadas a los consumidores. En efecto, cuando los usuarios perciben el mayor coste marginal de producir electricidad, a través de un mayor precio, son capaces de cambiar sus pautas de consumo y hacer uso de la electricidad en aquellos momentos en que su producción es menos costosa.

En segundo lugar, dadas las alternativas tarifarias anteriores hemos presentado los elementos que suscitan discusión en la elección de uno u otro sistema tarifario y

las consecuencias de su aplicación, en términos de eficiencia y equidad en el funcionamiento del mercado.

Asimismo, hemos seleccionado evidencia empírica internacional relevante sobre el estudio de experimentos de precios y la aplicación permanente de nuevas tarifas. Dicha evidencia permite valorar si la implementación de las nuevas estructuras tarifarias ha tenido los efectos deseados, es decir, si ha llevado a una mejor gestión de la demanda por parte de los consumidores, y en consecuencia, esta demanda ha adquirido un carácter estacional menos marcado.

Por otro lado, hemos visto que el uso de experimentos de precios es un buen instrumento para probar los efectos de una estructura tarifaria determinada antes de pasar a la aplicación masiva de la misma. No obstante, el diseño de estos experimentos debe hacerse desde la minuciosidad y el conocimiento profundo del mercado, para conseguir resultados lo más fiables posibles.

La conclusión que podemos extraer de todas las experiencias anteriores es que bajo estas estructuras de precios alternativas, el consumo de la energía se vuelve más racional y se acostumbra a penalizar más a aquéllos individuos que consumen más en los períodos de demanda punta. Ante esta situación los consumidores reaccionan modificando su conducta y trasladan parte de su consumo en punta a los períodos valle de demanda. Esta situación suaviza los posibles problemas de congestión que podrían existir en el mercado y confieren un patrón más estable al ciclo de demanda.

Por otro lado, podríamos pensar que los consumidores que consumen mayoritariamente en los períodos punta de demanda coinciden con personas que disfrutan de un nivel más elevado de renta.

Al hilo de esta constatación, creemos que se abre al debate una cuestión relevante: ¿Debe utilizarse un sistema tarifario como un mecanismo redistributivo? O, ¿debería dejarse esta función al sistema tributario? En nuestra opinión, la respuesta a esta pregunta no es obvia, pero en cualquier caso, creemos que el consumo de un bien tan difícilmente prescindible como la electricidad debería garantizarse para el conjunto de los consumidores del mercado, sin posibilidad de excluir a nadie. Por tanto, no vemos por qué la tarifa eléctrica no puede contribuir a esta función redistributiva.

Una vez constatada la bondad de los programas tarifarios distintos de los que podríamos llamar tradicionales, en dos partes y en bloques de consumo, en el capítulo 5 hemos contrastado los efectos del programa tarifario en dos partes existente en España para facturar el consumo de electricidad.

En este capítulo hemos estimado los determinantes de la potencia eléctrica contratada por las familias y la incidencia de una tarifa en dos partes sobre el precio medio pagado por los consumidores, en términos de eficiencia y progresividad.

Para ello, hemos estimado un modelo *probit* ordenado con variables instrumentales y una regresión no paramétrica *spline*.

Los resultados de estas estimaciones apuntan a que la potencia contratada en el hogar depende del consumo de electricidad, de características de los individuos y de características de la vivienda y de la zona en la que ésta se encuentra situada.

Por otro lado, las estimaciones no paramétricas señalan que la tarifa en dos partes introduce elementos de ineficiencia y regresividad sobre el precio medio pagado por los consumidores residenciales de electricidad.

Estas deficiencias de la tarifa se observan a partir de la relación que se establece entre el precio medio de la electricidad y el consumo de este suministro energético, en función de la potencia eléctrica que contratan los hogares. En efecto, a medida que aumenta el consumo de electricidad el precio medio se reduce en una proporción mayor para los individuos que contratan una potencia más alta. Esto es así hasta el punto de que este precio medio es prácticamente igual para todos los usuarios en los niveles de consumo más altos, independientemente de la potencia que hayan contratado.

Concluimos que lo anterior es ineficiente puesto que, dado que la potencia es un indicador de capacidad de consumo, los usuarios que contratan una potencia más elevada lo hacen para consumir más cantidad de electricidad de forma simultánea, lo cual generaría demandas más apuntadas en momentos concretos del tiempo. En la medida en que el precio medio acaba siendo prácticamente igual para todos los consumidores, la tarifa en dos partes no penaliza estos consumos más concentrados en el ciclo de demanda y, en consecuencia, podría ocurrir que en algún momento la capacidad de generación fuera insuficiente para satisfacer estas demandas apuntadas. Sin embargo, en los ciclos de demanda bajos o valle,

existiría capacidad de generación instalada excedentaria, con el correspondiente coste de mantenimiento de este capital inactivo en esos momentos.

Por otro lado, apuntamos que la tarifa en dos partes es regresiva porque no conduce a que los individuos que más potencia contratan paguen más por su consumo en todos los niveles de uso del suministro. Nuestro razonamiento se basa en que los consumidores que contratan más potencia suelen tener un equipo más amplio de electrodomésticos, lo cual está generalmente correlacionado con un mayor nivel de renta. En este sentido la tarifa eléctrica no introduce ningún elemento de progresividad.

Otra cuestión sería si estamos de acuerdo con que la tarifa eléctrica deba cumplir una función redistributiva o si esa tarea debería dejarse en exclusiva al sistema tributario, tal y como nos planteamos en el capítulo 4. En cualquier caso, lo que parece claro es que en el caso de la tarifa en dos partes las cuestiones de eficiencia y progresividad están interrelacionadas, por lo que una tarifa ineficiente, como en este caso, incorpora además elementos de regresividad. Seguramente, la mejora de la eficiencia llevaría asociada una mejora en la progresividad por el pago del consumo de electricidad.

Ante esta situación sería oportuno plantear una revisión del sistema tarifario al que se enfrentan los consumidores domésticos de electricidad. Esta revisión tarifaria está muy presente en la literatura académica internacional y en algunos mercados eléctricos, donde han apostado claramente por otros sistemas tarifarios. En particular parece que una tarifa por tiempo de uso o una tarifa dinámica o en tiempo real sería mucho más adecuada.

En el caso de España creemos que la aplicación de una tarifa que discrimine por tiempo de uso sería una opción que mejoraría sustancialmente la eficiencia del conjunto del sistema eléctrico.

A pesar de que la aplicación de una tarifa de este tipo tendría costes, pues sería necesario cambiar los equipos de medida de los usuarios residenciales, de forma que fueran capaces de distinguir el consumo realizado en los distintos períodos del día, nos parece que valdría la pena estudiar la viabilidad de su implementación y los efectos de ésta.

En este contexto creemos que el gobierno actual podría estar pensando en una actuación de este tipo. En efecto, en el Real Decreto 1556/2005, de 23 de

diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2006, en su disposición adicional decimoquinta. *Informe de la Comisión Nacional de Energía sobre el sector doméstico*, se dice que: “Antes del 1 de mayo de 2006 la Comisión Nacional de Energía remitirá a la Dirección General de Política Energética y Minas un informe donde se establezca un plan de implantación de contadores horarios que permitan discriminar el consumo en diferentes periodos horarios en el sector doméstico así como el coste asociado a los mismos en función de la curva de carga de este tipo de consumidores, con objeto de posibilitar a estos consumidores un uso racional de la energía eléctrica”.

Por tanto, existen indicios de que podría haber empezado a trazarse el camino hacia una reforma tarifaria en el sector eléctrico residencial.

En conclusión podemos afirmar que hemos obtenido evidencia favorable a la tesis que se sostenía en este trabajo. Es decir, hemos contrastado que los determinantes de la función de demanda residencial de electricidad en España son el precio medio de este suministro, el nivel de renta de los individuos, características de los consumidores y características del hogar y de su entorno.

En segundo lugar, concluimos que los consumidores son sensibles al precio y a la renta. La elasticidad precio es negativa e inferior a uno, aunque tiene un valor de  $-0,59$ , por lo que la sensibilidad al precio es notable. Por su parte la elasticidad renta es positiva e inferior a uno, aunque su valor es creciente conforme consideramos a individuos con un mayor nivel de renta.

Estos resultados están en la línea de los apuntados por la evidencia empírica internacional para trabajos en que se analice el segmento residencial del mercado con datos individuales y en el corto plazo.

En tercer lugar hemos aportado evidencia del debate que existe en estos momentos a nivel internacional, en el sentido de que las estructuras tarifarias por tiempo de uso y en tiempo real ofrecen mejores resultados en la gestión de la demanda que las tarifas tradicionales en dos partes o por bloques de consumo. En particular, las tarifas alternativas consiguen reducir la estacionalidad de la demanda y penalizan a los consumidores que consumen más electricidad en los momentos en que es más costosa la producción de este bien.

Por último, hemos contrastado que la tarifa en dos partes en España introduce elementos de ineficiencia y regresividad en el consumo de electricidad. De esta forma, los consumidores no reciben incentivos del sistema tarifario para consumir de una forma más eficiente ni se penaliza el consumo de los consumidores que contratan más potencia o consumen más electricidad.

A partir de aquí, la investigación futura se encaminará a la obtención del perfil de comportamiento de los consumidores en el marco de un modelo de largo plazo, con el cálculo de las elasticidades precio y renta en ese ámbito temporal.

Asimismo tenemos interés en realizar un estudio de simulación en el que se contraste la eficiencia y progresividad de una tarifa alternativa por tiempo de uso a la existente actualmente en dos partes.

En suma, nuestra investigación futura está encaminada a profundizar en el análisis del comportamiento del consumidor. El estudio de esta cuestión es y será relevante en el estado de reestructuración actual del sector eléctrico en España, puesto que cuanto más profundo sea el conocimiento de la estructura y comportamiento de la demanda, más atinadas serán las políticas que afecten a este mercado y más eficiente y equitativo será su funcionamiento.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acton, J.; B. Mitchell y R. Mowill (1976) "Residential demand for electricity in Los Angeles: An econometric study of disaggregated data", *The RAND Corporation*, R-1899-NSF. September.
- Aigner, D.J. y K. Ghali (1989) "Self-selection in the residential electricity Time-of-Use pricing experiments", *Journal of Applied Econometrics*, 4 (Supplement: Special issue on topics in applied econometrics), S131-S44.
- Ariño, G. y L. López de Castro (2004) "Liberalización y competencia en el sector eléctrico. Balance 1998-2003", en *Privatizaciones y liberalización en España: Balance y Resultados (1996-2003). Tomo II. La liberalización de la energía (gas, electricidad y petróleo)*, Ariño, G. (Director), Biblioteca Comares de Ciencia Jurídica, Granada, 145-293.
- Arocena, P.; I. Contín, y E. Huerta (2002) "Price regulation in the Spanish Energy Sectors: Who benefits?" *Energy Policy*, 30(10), 885-895.
- Arocena, P. y C. Waddams-Price (2002) "Generating efficiency: Economic and environmental regulation of public and private generators in Spain", *International Journal of Industrial Organization*, 20(1), 41-69.
- Atkinson, S.E. (1979) "Responsiveness to Time-of-Day electricity pricing", *Journal of Econometrics* 9, 79-95.
- Aubin, C., D. Fougere, E. Husson y M. Ivaldi (1995) « Real-Time pricing of electricity for residential customers: Econometric analysis of an experiment", *Journal of Applied Econometrics*, 10(Special Issue: The microeconometrics of dynamic decision making), S171-S191.
- Auerbach, A.J. y A.J. Pellechio (1978) "The two-part tariff and voluntary market participation", *The Quarterly Journal of Economics*, 92(4), 571-87.
- Ault, R.W. y R.B. Ekelund Jr. (1987) "The problem of unnecessary originality in economics", *Southern Economic Journal*, 53(3), 650-661.
- Baker, P. (1992) "Modelling household energy demand using micro data: the IFS simulation program for energy demand (SPEND)", en *Energy demand: evidence and expectations*, David Hawdon Ed., Surrey University Press. London, 185-211.

- Baker, P. y R. Blundell (1991) "The microeconomic approach to modelling energy demand: some results for UK households", *Oxford Review of Economic Policy*, 7(2), 54-76.
- Baker, P.; R. Blundell y J. Micklewright (1989) "Modelling household energy expenditures using micro data", *The Economic Journal*, 99 (397), 720-738.
- Baladi, S.M.; J.A. Herriges y T.J. Sweeney (1998) "Residential response to voluntary time-of-use electricity rates", *Resource and Energy Economics*, 20(3), 225-244.
- Balestra, P. y M. Nerlove (1966) "Pooling cross-section and time series data in the estimation of a dynamic model: the demand for natural gas", *Econometrica*, 34(3), 585-612.
- Banks, J.; R. Blundell y A. Lebwel (1997) "Quadratic Engel curves and consumer demand" *The Review of Economic and Statistics*, 79(4), 527-539.
- Barnes, R.; R. Gillingham y R. Hagemann (1981) "The short-run residential demand for electricity", *The Review of Economics and Statistics*, 63(4), 541-552.
- Barnett, W.A.; J.L. Powell y G. Tauchen (1991) *Nonparametric and semiparametric estimation methods in econometrics and statistics*, Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- Bartels, R. y D.G. Fiebig (1996) "Metering and modelling residential end-use electricity load curves", *Journal of Forecasting*, 15, 415-426.
- Barten, A.P. (1992) "Income and price sensitivity in consumer demand analysis" en *Aggregation, consumption and trade: Essays in Honour of H.S. Houthakker. Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics*, 27, 21-36. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht and London.
- Baumol, W.J. y D.R. Bradford (1970) "Optimal departures from marginal cost pricing", *The American Economic Review*, 60(3), 265-283.
- Benavente, J.M., A. Galetovic, R. Sanhueza, P. Serra (2005) "Estimando la demanda residencial por electricidad en Chile: el consumo es sensible al precio", *Cuadernos de Economía*, 42 (Mayo) 31-61.
- Beneito, P. (2003) "A complete system of Engel curves in the Spanish Economy", *Applied Economics*, 35, 803-816.

- Bentzen, J. y T. Engsted (1993) "Short and long-run elasticities in energy demand: a cointegration approach", *Energy Economics*, 15(15), 9-16.
- Berg, S.V. y W.E. Roth (1976) "Some remarks on residential electricity consumption and social rate restructuring", *The Bell Journal of Economics*, 7(2), 690-698.
- Bernard, J.T.; D. Bolduc y D. Belanger (1996) "Québec residential electricity demand: a microeconomic approach", *Canadian Journal of Economics*, 29(1), 92-113.
- Blackorby, C.; D. Primont y R.R. Rusell (1977) "Separability vs functional structure. A characterization of their differences", *Journal of Economic Theory*, 15(1), 135-144.
- Blackorby, C.; D. Primont y R.R. Rusell (1998) "Separability: a survey", en *Handbook of utility theory. Volume I. Principles*, Barbara, S.; P.J. Hammond y C. Seidl Eds.. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston and London, 49-92.
- Blundell, R.W. (1988) "Consumer behaviour: theory and empirical evidence: A survey", *The Economic Journal*, 98(389), 16-65.
- Blundell, R.; A. Duncan y K. Pendakur (1998) "Semiparametric estimation and consumer demand" *Journal of Applied Econometrics*, 13(5), 435-461.
- Bohi, D.R. (1981) *Analyzing demand behaviour: a study of energy elasticities*, Johns Hopkins Press. Baltimore.
- Bohi, D.R. y M. Zimmerman (1984) "An update of econometric studies of energy demand" *Annual Review of Energy*, 9, 105-154.
- Bohn, R.E., M.C. Caramanis y F.C. Schweppe (1984) "Optimal pricing in electrical networks over space and time", *Rand Journal of Economics*, 15(3), 360-376.
- Boiteux, M. (1949) "La tarification des demandes en point: application de la theorie de la vente au coût marginal", *Revue Generale de l'Electricité*, 58(Aug), 321-340. Traducción inglesa publicada en : Boiteux (1960) "Peak-load pricing", *Journal of Business*, 33(April), 157-179.
- Borenstein, S. (2005) "The long-run efficiency of real-time electricity pricing", *Energy Journal*, 26(3), 93-116.

- Borenstein, S. y J. Bushnell (1997) "An empirical analysis of the potential for market power in California's electricity industry", *Program on Workable Energy Regulation Working Paper 044*, University of California Energy Institute.
- Borenstein, S. y S.P. Holland (2003) "On the efficiency of competitive electricity markets with time-invariant retail prices", *NBER Working Paper Series*, Working Paper 9922, August 2003.
- Borenstein, S.; M. Jaske y A. Rosenfeld (2002) "Dynamic pricing, advanced metering and demand response in electricity markets", CSEM Working Paper 105. *University of California Energy Institute. Center for the study of energy markets*. Palo Alto (CA).
- Bound, J.; D.A. Jaeger y R.M. Baker (1995) "Problems with instrumental variables estimation when the correlation between the instruments and the endogenous explanatory variable is weak", *Journal of the American Statistical Association. Applications and Case Studies*, 90(430), 443-450.
- Branch, R.E. (1993) "Short run income elasticity of demand for residential electricity using consumer expenditure survey data", *Energy Journal*, 14(4), 111-121.
- Brown, J.A.C. y Deaton, A.S. (1972) "Surveys in applied economics: models of consumer behaviour", *The Economic Journal*, 82(328), 1143-1236.
- Browning, M. y C. Meghir (1991) "The effects of male and female labour supply on commodity demands", *Econometrica*, 59(4), 925-951.
- Buchanan, J.M. (1966) "Peak loads and efficient pricing: comment", *Quarterly Journal of Economics*, 80(3), 463-471.
- Buisán, A.C. (1992) "Tarifas óptimas en dos partes: el caso de la energía eléctrica residencial en España", *Investigaciones Económicas (Segunda época)* 16(1), 99-125.
- Bushnell, J.B. y E.T. Mansur (2004) "The impact of retail rate deregulation on electricity consumption in Sand Diego", *University of California Energy Institute. Program on Workable Energy Regulation*, Working Paper 82.
- Castro-Rodríguez, F. (1999) "Wright tariffs in the Spanish electricity industry. The case of residential consumption", *Utilities Policy*, 8, 17-31.
- Castro-Rodríguez, 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*, 0(783), 119-131.
- Caves, D.W. y L.R. Christensen (1980a) “Econometric analysis of residential time-of-use electricity pricing experiments” *Journal of Econometrics* 14(3), 287-306.
- Caves, D.W. y L.R. Christensen (1980b) “Residential substitution of off-peak and peak electricity usage under time-of-use pricing: an analysis of 1976 and 1977 data from the Wisconsin experiment”, *Energy Journal*, 1(2), 85-142.
- Caves, D.W., L.R. Christensen y J.A. Herriges (1984) “Modelling alternative residential peak-load electricity rate structures”, *Journal of Econometrics*, 24(3), 249-268.
- Caves, D.W., L.R. Christensen y J.A. Herriges (1986) “Consistency of residential customer response in Time-of-Use electricity pricing experiments”, *Journal of Econometrics*, 26(1-2), 179-203.
- Caves, D.W., L.R. Christensen y J.A. Herriges (1987) “The neoclassical model of consumer demand with identically priced commodities: an application to Time-of-Use electricity pricing”, *The RAND Journal of Economics*, 18(4), 564-580.
- Chao, H.P. (1983) “Peak-load pricing and capacity planning with demand and supply uncertainty”, *Bell Journal of Economics*, 14(1), 170-190.
- Chao, H.P. y R. Wilson (1987) “Priority service: pricing, investment and market organization”, *American Economic Review*, 77(5), 899-916.
- CNE (2000) *El consumo eléctrico en el mercado peninsular en 1999. Clasificación de los consumidores según actividad económica, bandas de precios y características del suministro*, Comisión Nacional de la Energía, Dirección de Relaciones Externas. Madrid.
- CNE (2003) *Información básica de los sectores de la energía*, Comisión Nacional de la Energía, Madrid.
- CNE (2005) “Boletín informativo sobre la evolución del mercado minorista de electricidad en la zona peninsular. Primer trimestre de 2005”, *Dirección de Relaciones Externas y Documentación*, CNE, Madrid.
- Cowing, T.G. y D.L. McFadden (1984) *Microeconomic modelling and policy analysis: Studies in residential energy demand*, Academic Press, Orlando, Florida.

- Cranfield, J.A.L.; J.S. Eales; T.W. Hertel y P.V. Preckel (2003) "Model selection when estimating and predicting consumer demands using international, cross section data", *Empirical Economics*, 28(2), 353-364.
- Crew, M.A.; C.S. Fernando y P.R. Kleindorfer (1995) "The theory of peak-load pricing: a survey", *Journal of Regulatory Economics*, 8(3), 215-248.
- Dahl, C. (1993) *A survey of energy demand elasticities in support of the development of the NEMS*, US Department of Energy. Contract De-AP01-93EI23499. Washington D.C. (October).
- Dahl, C. (2004) "What do we know about worldwide energy demand elasticities? A survey update", *mimeo*.
- Dax, P. (1987) "Estimation of income elasticities from cross-section data", *Applied Economics*, 19(11), 1471-1482.
- Deaton, A. y J. Muellbauer (1980a) *Economics and consumer behaviour*, Cambridge University Press, Cambridge (U.K)
- Deaton, A. y J. Muellbauer (1980b) "An almost ideal demand system", *The American Economic Review*, 70(3), 312-326.
- Deaton, A.S., J. Ruiz Castillo y D. Thomas (1989) "The influence of household composition on household expenditure patterns: theory and Spanish evidence", *Journal of Political Economy*, 97(1), 179-200.
- Dennerlein, R.K.H. (1987) "Residential demand for electrical appliances and electricity in Federal Republic of Germany", *The Energy Journal*, 8(1), 60-86.
- Dimopoulos, D. (1981) "Pricing schemes for regulated enterprises and their welfare implications in the case of electricity", *The Bell Journal of Economics*, 12(1), 185-200.
- Doane, M.; R. Hartman y C.K. Woo (1988) "Household preference for interruptible rate options and the revealed value of service reliability", *The Energy Journal*, 9(Special issue on electricity reliability), 121-134.
- Doucet, J.A. y M. Roland (1993) "Efficient self-rationing of electricity revisited", *Journal of Regulatory Economics*, 5(1), 91-100.

- Dubin, J.A. (1985) *Consumer durable choice and the demand for electricity*, Contributions to Economic Analysis 155. Honorary Editor: J. Tinbergen Editors: D.W. Jorgenson, J. Waelbroeck. North Holland (Amsterdam - New York - Oxford).
- Dubin, J.A. (1986) "Will mandatory conservation promote energy efficiency in the selection of households appliance stocks?" *The Energy Journal*, 7(1), 99-118.
- Dubin, J.A. y D.L. McFadden (1984) "An Econometric analysis of residential electric appliance holdings and consumption", *Econometrica*, 52(2), 345-362.
- Dubin, J.A.; A.K. Miedema y R.V. Chandran (1986) "Price effects of energy-efficient technologies: a study of residential demand for heating and cooling", *The RAND Journal of Economics*, 17(3), 310-325.
- Durán Cabré, J.M. y C. Gispert Brosa (2001) "Imposición energético-ambiental en España", *Institut d'Economia de Barcelona. Universitat de Barcelona*, Documento de Trabajo 2001/10.
- Engle, R.F y C.W.J. Granger (1987) "Cointegration and error-correction: representation, estimation and testing", *Econometrica* 55, 251-276.
- Engle, R.F.; C.W.J. Granger; J. Rice y A. Weiss (1986) "Semiparametric estimates of the relationship between weather and electricity sales", *Journal of the American Statistical Association*, 81(394), 310-320.
- Espey, J.A. y M. Espey (2004) "Turning on the lights: a meta-analysis of residential electricity demand elasticities", *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 36(1), 65-81.
- Fahrmeir, L. y G. Tutz (1994) "Non parametric regressions", en *Multivariate Statistical Modelling based on generalized linear models*, Springer Series in Statistics-Verlag, New York, 151-181.
- Faruqui, A. y K. Eakin (2000) *Pricing in competitive electricity markets*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Faruqui, A. y S.S. George (2002) "The value of dynamic pricing in mass markets", *Electricity Journal*, 15(6), 45-55.
- Faruqui, A. y S.S. George (2005) "Quantifying customer response to dynamic pricing", *Electricity Journal*, 18(4), 53-63.

- Faruqui, A. y J.R. Malko (1983) "The residential demand for electricity by Time-of-Use. A survey of twelve experiments with peak-load pricing", *Energy*, 8(10), 781-795.
- Feldstein, M.S. (1972) "Equity and efficiency in public sector pricing: the optimal two-part tariff", *The Quarterly Journal of Economics*, 86(2), 175-187.
- Filippini, M. (1995) "Electricity demand by TOU. An application of the households AIDS model", *Energy Economics*, 17(3), 197-204.
- Filippini, M. (1999) "Swiss residential demand for electricity", *Applied Economics Letters*, 6(8), 533-538.
- Filippini, M. y S. Pachauri (2002) "Elasticities of Electricity demand in urban Indian households", *Centre for Energy Policy and Economics Working Paper 16*, Swiss Federal Institutes of Technology, 1-10.
- Fisher, F.M. y C. Kaysen (1962) *A study in econometrics: the demand for electricity in the United States*, Contributions to Economic Analysis 27. Edited by R. Strotz, J. Tinbergen, P.J. Verdoorn, H.J. Witteveen. North Holland. Amsterdam.
- Fouquet, R. (1995) "The impact of VAT introduction on UK residential energy demand. An investigation using the cointegration approach", *Energy Economics*, 17(3), 237-247.
- Fraser, H. (2001) "The importance of an active demand side in the electricity industry", *The Electricity Journal*, 14(9), 52-73.
- Fuss, M; R. Hyndman y L. Waverman (1977) "Residential, commercial and industrial demand for energy in Canada: projections to 1985 with three alternative models", en *International Studies of the Demand for Energy*. William D. Nordhaus Editor. Contributions to Economic Analysis Series. North-Holland, 151-179.
- Gabor, A. (1955) "A note on block tariffs" *Review of Economic Studies*, 23, 32-41.
- Gallant, A.R. y R. Koenker (1984) "Costs and benefits of peak-load pricing of electricity: a continuous-time econometric approach", *Journal of Econometrics*, 26(1-2), 83-113.
- Garbacz, C. (1983) "Electricity demand and the elasticity of intra-marginal price", *Applied Economics*, 15(5), 699-701.

- Garbacz, C. (1984) "A national micro-data based model of residential energy demand: new evidence on seasonal variation", *Southern Economic Journal*, 51(1) 235-249.
- Gaudin, S. (2005) "Effect of price information on residential water demand", *Applied Economics*, forthcoming.
- Giulietti, M.; C. Waddams-Price y M. Waterson (2003) "Consumer choice and industrial policy: a study of UK energy markets", *Center for the Study of Energy Markets Working Paper 112*, University of California Energy Institute, 1-44.
- Goett, A.; D.L. McFadden y C.K. Woo (1988) "Estimating household value of electrical service reliability with market research data", *The Energy Journal*, 9(Special issue on electricity reliability), 105-120.
- González Sánchez, M. y R. Comendador García (2002) "Determinación de variables estratégicas en el precio eléctrico. Análisis del mercado español", *Economía Industrial* 345(3), 101-124.
- Green, R. (1987) "Regional variations in US consumer response to price changes in home heating fuels: the Northeast and the South" *Applied Economics*, 19(9), 1261-1268.
- Green, R.J. y D. Newbery (1992) "Competition in the British electricity spot market", *Journal of Political Economy*, 100(5), 929-953.
- Greene, W.H. (1999) *Análisis Económico. Tercera Edición*, Prentice Hall. Pearson Educación. Madrid.
- Griffin, J.M (1974) "The effects of higher prices on electricity consumption", *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 5(2), 515-539.
- Griffin, J.M. (1993) "Methodological advances in energy modelling: 1970-1990", *Energy Journal*, 14(1), 111-124.
- Haas, R.; P. Biermayr; J. Zochling y H. Auer (1998) "Impacts on electricity consumption of household appliances in Austria: a comparison of time series and cross section analysis", *Energy Policy*, 26(13), 1031-1040.
- Halvorsen, R. (1972) *Residential demand for electricity*, Environmental Systems Program, Harvard University, Cambridge (MA).

- Halvorsen, B. (1975) "Residential demand for electric energy", *The Review of Economics and Statistics*, 57(1), 12-18.
- Halvorsen, B. y B.M. Larsen (2001) "The flexibility of household electricity demand over time", *Resource and Energy Economics*, 23(1), 1-18.
- Halvorsen, B., B.M. Larsen y R. Nesbakken (2003) "Possibility for hedging from price increases in residential energy demand", *Statistics Norway, Research Department, Discussion Papers* n° 347.
- Ham, J.C.; D.C. Mountain y M.W. Luke Chan (1997) "Time-of-use prices and electricity demand: allowing for selection bias in experimental data", *The RAND Journal of Economics*, 28(0), S113-S141.
- Hanemann, W.M. (1984) "Discrete/Continuous models of consumer demand", *Econometrica*, 52(3), 541-561.
- Härdle, W. (1990) "Applied nonparametric regression" *Econometric Society Monographs*, 19. Cambridge University Press, U.K.
- Hausman, J. (1979) "Individual discount rates and the purchase of and utilisation of energy using durables", *The Bell Journal of Economics*, 10(1), 33-54.
- Hausman, J.A.; M. Kinnucan y D. McFadden (1979) "A two-level electricity demand model", *Journal of Econometrics*, 10(3), 263-289.
- Hausman, J.W. y J.L. Neufeld (1984) "TOD pricing in the US electric power industry at the turn of the century", *The RAND Journal of Economics*, 15(1), 116-126.
- Hausman, J. y J. Trimble (1984) "Appliance purchase and usage adaptation to a permanent TOD electricity rate schedule", *Journal of Econometrics*, 26(1-2), 115-139.
- Hawdon, D. (1992) "Is electricity consumption influenced by Time-of-Use tariffs? A survey of results and issues", en *Energy Demand: Evidence and Expectations*. David Hawdon Ed. Surrey University Press. London, 97-112.
- Hawkins, R.G. (1975) "The demand for electricity: a cross-section study of the New South Wales and the Australian Capital Territory", *Economic Record*, 51(133), 1-18.

- Heckman, J.J. (1979) "Sample selection bias as a specification error", *Econometrica*, 47(1), 153-162.
- Helm, D. y A. Powell (1992) "Pool prices, contracts and regulation in the British electricity supply industry", *Fiscal Studies*, 13(1), 89-105.
- Henley, A. y J. Peirson (1998) "Residential energy demand and the interaction of price and temperature: British experimental evidence", *Energy Economics*, 20(2), 157-171.
- Herriges, J.A. y K. Kuester (1994) "Residential demand for electricity under inverted block rates: evidence from controlled experiment", *Journal of Business & Economic Statistics*, 12(4), 419-430.
- Hewlett, J. (1977) "Changing patterns of households' consumption of energy commodities", *Proceedings of the Business and Economics Statistics Section. American Statistical Association. Part I*, 99-108.
- Hirshleifer, J. (1958) "Peak-loads and efficient pricing: comment", *Quarterly Journal of Economics*, 72(August), 451-462.
- Hondroyannis, G. (2004) "Estimating residential demand for electricity in Greece", *Energy Economics*, 26(3), 319-334.
- Houthakker, H.S. (1951a) "Some calculations on electricity consumption in Great Britain", *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 114(3), 359-371.
- Houthakker, H.S. (1951b) "Electricity tariffs in theory and practice", *Economic Journal* 61(241), 1-25.
- Houthakker, H.S. (1980) "Residential electricity revisited", *The Energy Journal*, 1(1), 29-41.
- Houthakker, H. S. y L. D. Taylor (1970) *Consumer Demand in the United States: Analyses and Projections 2<sup>nd</sup> enlarged ed.* Harvard Economic Studies 74. Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Hsiao, C. y D. Mountain (1985) "Estimating the short-run income elasticity of demand for electricity by using cross-sectional categorized data", *Journal of the American Statistical Association: Applications*, 80(390), 259-265.

- Hunt, L. y N. Manning (1989) "Energy price and income elasticities of demand: some estimates for the UK using the cointegration procedure", *Scottish Journal of Political Economy*, 36(2), 183-193.
- Hutton, S. (1983) "Fuel expenditure", en *Energy and Social Policy*, Bradshaw, J. y T. Harris Eds. Routledge and Kegan Paul: London (UK), 34-57.
- Hutton, S. (1984) "Domestic fuel expenditure: an analysis of three national surveys", *Energy Economics*, 6(1), 52-58.
- Kahn, A.E. (1976) *The Economics of Regulation: principles and institutions. Vol. I*, John Wiley & Sons. New York. 2<sup>nd</sup> printing 1989.
- Kamerschen, D.R. y D. Porter (2004) "The demand for residential, industrial and total electricity, 1973-1998", *Energy Economics*, 26(1), 87-100.
- Keane, D.; L. MacDonald y C.K. Woo (1988) "Estimating residential partial outage cost with market research data", *The Energy Journal*, 9(Special issue on electricity reliability), 151-159.
- King, M.A. (1980) "An econometric model of tenure choice and demand for housing as a joint decision", *Journal of Public Economics*, 14(2), 137-160.
- Klein, Y.L. (1988) "An econometric model of the joint production and consumption of residential space heat" *Southern Economic Journal*, 55(2), 351-359.
- Kleindorfer, P.R. y C.S. Fernando (1993) "Peak-load pricing and reliability under uncertainty", *Journal of Regulatory Economics*, 5(1), 5-23.
- Kohler, D.F. y B. M. Mitchell (1984) "Response to residential Time-of-Use electricity rates", *Journal of Econometrics*, 26(1-2), 141-177.
- Kokkelenberg, E.C. y T.D. Mount (1993) "Oil shocks and the demand for electricity", *The Energy Journal*, 14(2), 113-138.
- Krinsky, I. y A.L. Robb (1986) "On approximating the statistical properties of elasticities", *Review of Economics and Statistics*, 68(4), 715-719.
- Kühn, K-U. y P. Regibeau (1998) *¿Ha llegado la competencia? Un análisis económico de la reforma de la regulación del sector eléctrico en España*, IAE-CSIC, Madrid.

- Labandeira, X.; J.M. Labeaga y M. Rodríguez (2004) “Microsimulating the effects of household energy price changes in Spain”, *Estudios Sobre la Economía Española, EEE 196*, FEDEA, Madrid, 1-30.
- Labandeira, X.; J.M. Labeaga y M. Rodríguez (2006) “A residential energy demand system for Spain”, *Energy Journal, forthcoming*, 1-33.
- Labandeira, X. y A. López Nicolás (2002) “La imposición de los carburantes de automoción en España: algunas observaciones teóricas y empíricas”, *Hacienda Pública Española*, 160(1), 177-210.
- Labeaga, J.M.; I. Preston y J. Sanchis (2001) “Children and demand patterns: evidence from Spanish panel data”, *Documento de Trabajo 02, Departamento de Análisis Económico*, UNED, Madrid.
- Laferty, R.; D. Hunger; J. Ballard; G. Mahrenhoiz; D. Mead; D. Bandera (2001) “Demand responsiveness in electricity markets”, *Office of Markets, Tariffs and Rates. Federal Energy Regulatory Commission*, Washington D.C. January 15th 2001.
- Lawrence, A. y S. Braithwait (1979) “The residential demand for electricity with TOD pricing”, *Journal of Econometrics*, 9(1), 59-77.
- Lee, R.S. y N. Singh (1994) “Patterns in residential gas and electricity consumption: an econometric analysis”, *Journal of Business & Economic Statistics*, 12(2), 233-241.
- Leland, H.E. y R.A. Meyer (1976) “Monopoly pricing structures with imperfect discrimination”, *The Bell Journal of Economics*, 7(2), 449-462.
- Leth-Petersen, S. (2002) “Micro econometric modelling of household energy use: testing for dependence between demand for electricity and natural gas”, *Energy Journal*, 23(4), 57-84.
- Leth-Petersen, S. y M. Togeby (2001) “Demand for space heating in apartment blocks: measuring effects of policy measures aiming at reducing energy consumption”, *Energy Economics*, 23(4), 387-403.
- Lewis, W.A. (1941) “The two-part tariff”, *Economica*, 8(31), 249-270.
- Lillard, L.E. y J.P. Acton (1981) “Seasonal electricity demand and pricing analysis with a variable response model”, *The Bell Journal of Economics*, 12(1), 71-82.

- Linderhof, V.G.M. (2001) *Household demand for energy, water and the collection of waste: a microeconomic analysis*, PhD dissertation, University of Groningen, Netherlands.
- Little, R. y D. Rubin (2003) *Statistical analysis with missing data. 2<sup>nd</sup> Edition*. John Wiley & Sons. New Jersey.
- Liu, G. (2004) “Estimating energy demand elasticities for OECD countries. A dynamic panel data approach”, Discussion papers 373, *Statistics Norway Research Department*, 1-27.
- López Nicolás, A. (1995a) “Algunas consideraciones sobre el uso de datos microeconómicos en el análisis de la demanda. El caso de la ECPF”, *Hacienda Pública Española*, 132(1), 133-141.
- López Nicolás, A. (1995b) “Transporte privado y fiscalidad”, *Revista de Economía Aplicada*, 8(3), 25-39.
- Loughran, D.S. y J. Kulick (2004) “Demand-side management and energy efficiency in the United States”, *Energy Journal*, 25(1), 19-43.
- Mackie-Mason, J.K. (1990) “Optional time-of-use pricing can be Pareto superior or Pareto inferior?”, *Economics Letters*, 33(4), 363-367.
- Maddock, R.; E. Castano y F. Vella (1992) “Estimating electricity demand. The cost of linearising the budget constraint”, *Review of Economics and Statistics*, 74(2), 350-354.
- Madlener, R. (1996) “Econometric analysis of residential energy demand: a survey”, *The Journal of Energy Literature*, 2(2), 3-32.
- Mak, J.C. y B.R. Chapman (1993) “A survey of current Real-Time pricing programs”, *The Electricity Journal*, 6(7), 54-65.
- Marchand, M.G. (1974) “Pricing power supplied on an interruptible basis”, *European Economic Review*, 5, 263-274.
- Matsukawa, I. (2001) “Household response to optional peak-load pricing of electricity”, *Journal of Regulatory Economics*, 20(3), 249-267.
- Matsukawa, I. (2004) “The effects of information on residential demand for electricity”, *Energy Journal*, 25(1), 1-17.

- McFadden, D. (1974) "Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour", en *Frontiers in Econometrics*, Zarembka, I. Ed. Academic Press, New York, 105-142.
- McFadden, D; D. Kirshner y C. Puig (1977) "Determinants of the long run demand for electricity", *Proceedings of American Statistical Association*, Part 2, 109-117.
- Micklewright, J. (1989) "Towards a household model of UK domestic energy demand", *Energy Policy*, 17(3), 264-276.
- Mount, T.D. y L. D. Chapman (1977) "Electricity demand, sulfur emissions and health: an econometric analysis of power generation in the United States", en *International Studies of the Demand for Energy*. William D. Nordhaus Editor. Contributions to Economic Analysis Series. North-Holland, 95-113.
- Mountain, D.C. (1993) "An overall assessment of the responsiveness of households to time-of-use electricity rates: the Ontario experiment", *Energy Studies Review*, 5, 190-203.
- Mountain, D.C. y E.L. Lawson (1992) "A disaggregated nonhomothetic modelling of responsiveness to residential time-of-use electricity rates", *International Economic Review*, 33(1), 181-207.
- Mountain, D.C. y E.L. Lawson (1995) "Some initial evidence of Canadian responsiveness to time-of-use electricity rates: Detailed daily and monthly analysis", *Resource and Energy Economics*, 17(2), 189-212.
- Müller-Jentsch, D. (2001) "The development of electricity markets in the Euro-Med area. Trends and prospects for liberalization and regional integration", *World Bank technical paper n°491*, Washington DC, World Bank/European Commission Programme on Private Participation in Mediterranean Infrastructure.
- Munasinghe, M. (1980) "The costs incurred by residential electricity consumers due to power failures", *Journal of Consumer Research*, 6(4), 361-369.
- Munasinghe, M. y A. Sanghvi (1988) "Reliability of electricity supply outage costs and value of service: an overview", *The Energy Journal*, 9(Special issue on electricity reliability), 1-18.
- Nesbakken, R. (1999) "Price sensitivity of residential energy consumption in Norway", *Energy Economics*, 21(6), 493-515.

- Nesbakken, R. (2001) “Energy consumption for space heating: a discrete-continuous approach”, *Scandinavian Journal of Economics*, 103(1), 165-184.
- Nieto, I. y Solà, J. (2003) *El sistema elèctric espanyol des de la perspectiva industrial*, Document d'Economia Industrial n°18. Centre d'Economia Industrial. UAB. Setembre 2003.
- Panzar, J.C. y D.S. Sibley (1978) “Public utility pricing under risk: the case of self-rationing”, *American Economic Review*, 68(5), 888-895.
- Pardo, A.; V. Meneu y E. Valor (2002) “Temperature and seasonality influences on Spanish electricity load”, *Energy Economics*, 24(1), 55-70.
- Parks, R.W. y D. Weitzel (1984) “Measuring the consumer welfare effects of time-differentiated electricity prices”, *Journal of Econometrics*, 26(1-2), 35-64.
- Parti, M. y C. Parti (1980) “The total and appliance-specific conditional demand for electricity in the household sector”, *The Bell Journal of Economics*, 11(1), 309-321
- Patrick, R. H. y F.A. Wolak (2000) “Customer response to real-time prices in the England and Wales electricity markets. Implications for demand-side bidding and pricing options design under competition”, en Michael Crew Ed., *Regulation under increasing competition*. Kluwer Academic Publishers. Boston/Dordrecht/London. Second Printing, 155-182.
- Patrick, R.H. y F.A. Wolak (2001) “Estimating the customer-level demand for electricity under real-time market prices”, *NBER Working Paper Series*. Working Paper 8213 (April 2001).
- Pérez Arriaga, J.I. (1997) “Fundamentos teóricos de la nueva regulación eléctrica”, *Economía Industrial*, 0(4), 27-42.
- Pérez Arriaga, J.I., L.J. Sánchez de Tembleque. y M. Pardo (2005) “La gestión de la demanda de electricidad”, *Fundación Alternativas. Laboratorio de Alternativas*. Documento de trabajo 65(I)/2005.
- Pineau, P.O. (2000) *Electricity market reforms: institutional developments, investment, dynamics and game modelling*, PhD Dissertation, École des Hautes Études Commerciales, Montreal, Québec, Canada.
- Plourde, A. y D. Ryan (1985) “On the use of double-log forms in energy demand analysis”, *The Energy Journal*, 6(4), 105-113.

- Pollak, R.A. (1969) "Conditional demand functions and consumption theory", *Quarterly Journal of Economics*, 83(1), 60-78.
- Pollak, R.A. (1971) "Conditional demand functions and the implications of separable utility", *Southern Economic Journal*, 37(4), 423-433.
- Pollak, R.A. (1972) "Generalized separability", *Econometrica*, 40(3), 431-453.
- Pollak, R.A. y T.J. Wales (1981) "Demographic variables in demand analysis", *Econometrica*, 49(November), 1533-1551.
- Poyer, D.A.; L. Henderson y A.P.S. Teotia (1997) "Residential energy consumption across different population groups: comparative analysis for Latino and non-Latino households in USA", *Energy Economics*, 19, 445-463.
- Prais, S.J. y H.S. Houthakker (1955) *The analysis of family budgets*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Red Eléctrica de España (1998) *Proyecto INDEL. Atlas de la demanda eléctrica española*, Programa de Investigación y Desarrollo electrotécnico PIE. REE SA Madrid.
- Rehdanz, K. (2005) "Determinants of residential space heating demand in Germany", *Working Paper FNU-66*, Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science, 1-19.
- Reinoso-y-Reino, V. (1997) "Un nuevo modelo para la regulación de la actividad de distribución del sector eléctrico en España", *Economía Industrial*, 0(4), 141-147.
- Reiss, P.C. y M.W. White (2003) "Demand and pricing in electricity markets: Evidence from San Diego during California's energy crisis", *NBER Working Papers*. Working Paper 9986, Cambridge (MA), 1-53.
- Reiss, P.C. y M.W. White (2005a) "Household electricity demand, revisited", *Review of Economic Studies*, 72(3), 853-883.
- Reiss, P.C. y M.W. White (2005b) "What changes energy consumption habits? Price versus public pressures", *mimeo*, 14 noviembre 2005, 1-40.
- Rodríguez Romero, L. (1997) "La liberalización del sector eléctrico y la capacidad de elección del consumidor", *Economía Industrial*, 0(4), 149-158.

- Roth, T.P. (1981) "Average and marginal price changes and the demand for electricity: an econometric study", *Applied Economics*, 13(3), 377-388
- Schweppe, F., M. Caramanis, R. Tabors y R. Bohn (1988) *Spot pricing of Electricity*. Kluwer Academic Publishers, Boston. MA.
- Scott, D.W (2003) "Non parametric functional estimation", *mimeo, handouts at Rice University and Princeton*. Houston, Texas; Princeton, NJ. 1-4.
- Shin, J.S. (1985) "Perception of price when price information is costly: Evidence from residential electricity demand", *The Review of Economics and Statistics*, 67(4), 591-598.
- Silk J.I. y F. L. Joutz (1997) "Short and long-run elasticities in US residential electricity demand: a co-integration approach", *Energy Economics*, 19(4), 493-513
- Skinner, C.J.; D. Holt y T.M.F. Smith Eds. (1989) *Analysis of complex surveys*, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England.
- Stone, J.R.N. y D.A. Rowe (1957) "The market demand for durable goods", *Econometrica*, 25(3), 423-443.
- Strout, A.M. (1961) "Weather and the demand for space heat", *Review of Economics and Statistics*, 43(2), 185-192.
- Sweeney, J.L. (1984) "The response of energy demand to higher prices: what have we learned?", *The American Economic Review*. Papers and Proceedings of the Ninety-sixth Annual Meeting of the American Economic Association, 74(2), 31-37.
- Taylor, L.D. (1975) "The demand for electricity: a survey", *The Bell Journal of Economics*, 6(1), 74-110.
- Taylor, L.D. (1977a) "Decreasing block pricing and the residential demand for electricity", en *International Studies of the Demand for Energy*. William D. Nordhaus Editor. Contributions to Economic Analysis Series. North-Holland, New York, 65-80.
- Taylor, L.D. (1977b) "The demand for energy: a survey of price and income elasticities", en *International Studies of the Demand for Energy*. William D. Nordhaus Editor. Contributions to Economic Analysis Series. North-Holland, 3-43.

- Taylor, L.D. (1979) "On modelling the residential demand for electricity by time-of-day", *Journal of Econometrics*, 9, 97-115.
- Taylor, L.D. (2005) "An additive double-logarithmic consumer demand system", *Cardon Research Papers in Agricultural and Resource Economic*. Research Paper 2004-17. University of Arizona, 1-16.
- Taylor, T.N. y P.M. Schwarz (1986) "A residential demand charge: evidence from the Duke Power Time-of-Day pricing experiment", *The Energy Journal*, 7(2), 135-151.
- Taylor, T.N. y P.M. Schwarz (1990) "The long-run effects of a time-of-use demand charge", *The RAND Journal of Economics*, 21(3), 431-445.
- Train, K. (1986) *Qualitative choice analysis: theory, econometrics and an application to automobile demand*. Cambridge: The MIT Press, Cambridge (MA).
- Train, K. (1988) "Incentives for energy conservation in the commercial and industrial sectors", *Energy Journal*, 9(3), 113-132.
- Train, K. (1991) *Optimal regulation: the economic theory of natural monopoly*, Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge (MA).
- Train, K.; D.L. McFadden y A.A. Goett (1987) "Consumer attitudes and voluntary rate schedules for public utilities", *The Review of Economics and Statistics*, 69(3), 383-391.
- Train, K. y G. Mehrez (1994) "Optional time-of-use prices for electricity: econometric analysis of surplus and Pareto impacts", *The RAND Journal of Economics*, 25(2), 263-283.
- Verbeek, M. (2000) *A guide to modern econometrics*, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, West Sussex, England.
- Vickrey, W.S. (1971) "Responsive pricing of public utility services", *Bell Journal of Economics* 2(1), 337-46.
- Von der Fehr, N-H. y D. Harbord (1993) "Spot market competition in the UK electricity industry", *The Economic Journal*, 103(Mayo), 531-546.

- Waddams-Price, C (2004) "Reforming household energy markets: some welfare effects in the United Kingdom", *Centre for Competition and Regulation*. Working Paper CCR 04-2, 1-25.
- Waddams-Price, C. (2004) "Spoilt for choice? The costs and benefits of opening UK residential energy markets", *Center for the Study of Energy Markets Working Paper 123*, University of California Energy Institute, 1-21.
- Walker, J. (1979) "The residential demand for electricity: further empirical evidence", *Resources and Energy*, 2(4), 391-396.
- Watkins, G.C. (1992) "The econometric analysis of energy demand: perspectives of a practitioner", en *Energy demand: evidence and expectations*, David Hawdon Ed., Surrey University Press. London, 29-96.
- Waverman, L. (1992) "Econometric modelling of energy demand: when substitutes are good substitutes?" en *Energy demand: evidence and expectations*, David Hawdon Ed., Surrey University Press. London, 7-28.
- Wilder, R. y J. Willenborg (1975) "Residential demand for electricity: a consumer panel approach", *Southern Economic Journal*, 42(2), 212-217.
- Williams, R.A. (1972) "Demand for consumer durables: stock adjustment models and alternative specifications of stock depletion", *The Review of Economic Studies*, 39(3), 281-295.
- Williamson, O.E. (1966) "Peak-load pricing and optimal capacity under indivisibility constraints", *The American Economic Review*, 56(4), 810-827.
- Wills, T. (1981) "Residential demand for electricity", *Energy Economics*, 3(4), 249-255.
- Wilson, J. W. (1971) "Residential demand for electricity", *Quarterly Review of Economics and Business*, 11(1), 7-22.
- Wilson, R.B. (1993) *Nonlinear pricing*. Oxford University Press, New York.
- Woo, C.K. (1990) "Efficient electricity pricing with rationing", *Journal of Regulatory Economics*, 2(1), 69-81.
- Woo, C.K. (1993) "Efficient electricity pricing with self-rationing: reply", *Journal of Regulatory Economics*, 5(1), 101-104.

- Yamasaki, E. y N. Tominaga (1997) "Evolution of an aging society and effect on residential energy demand", *Energy Policy*, 25(2), 903-912.
- Yatchew, A. (1998) "Nonparametric regression techniques in economics", *Journal of Economic Literature*, 36(2), 669-721.
- Yong Jung, T. (1993) "Ordered logit model for residential electricity demand in Korea", *Energy Economics*, 15(3), 205-209.
- Zarnikau, J. (2003) "Functional forms in energy demand modelling", *Energy Economics*, 25, 603-613.
- Zheng, J.X. (1996) "A consistent test of functional form via nonparametric estimation techniques", *Journal of Econometrics*, 75(2), 263-289.



