

¿Es posible una mejor calidad a un coste menor para el sistema de distribución eléctrica?

Una aplicación al caso en Europa

■■■■
 Angel Arcos-Vargas, Juan-Antonio Ballesteros-Gallardo y Fernando Núñez-Hernández
 Universidad de Sevilla (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7956>

1. INTRODUCCIÓN

El efecto que tiene el precio y la calidad de servicio eléctrica en la competitividad y el crecimiento de una economía, es un tema clásico de análisis y discusión. El sector eléctrico, dadas sus características, siempre ha estado fuertemente regulado en general, y la distribución, al tratarse de un monopolio natural, en particular. La regulación de la distribución eléctrica afecta tanto a la construcción, explotación, retribución y niveles de calidad de servicio, que las empresas distribuidoras le deben suministrar a cada tipo de clientes.

El efecto de una disminución de los precios, tiene un impacto en los costes de producción siendo especialmente relevantes en aquellos sectores intensivos en electricidad, mientras que el efecto de una mejora de la calidad, requiere de análisis más sofisticados, basados en el valor, y no tanto en los costes del servicio. Varias investigaciones han evaluado, para el caso español, el valor de esta no "calidad", entre 1 y 2 €/kWh, lo que podría servir como valor de contraste para determinar el valor de calidad del servicio eléctrico, que maximiza el bienestar global. En este artículo no se va a determinar este valor, ya que el alcance del mismo es la distribución europea, con países de realidades y estructuras industriales distintas.

El objeto de este artículo es analizar el efecto que tiene el modelo de regulación de la distribución en la calidad de servicio, es decir, responder a la pregunta de si es posible, dada una retribución a la distribución eléctrica, mejorar la calidad de servicio, mediante un cambio en el sistema de regulación, o la pregunta dual, de si es posible reducir la retribución de la distribución, sin que esto suponga

una disminución de la calidad de servicio. También se analiza la efectividad de los incentivos frente a la retribución base.

Para el desarrollo del modelo, se han utilizado datos de la distribución eléctrica de países europeos en el período 2004-2008. Aunque la información tratada, procede de fuentes públicas de cada país, la captura, elaboración, homogeneización y tratamiento de los datos, resulta una tarea tediosa, que no siempre es posible de finalizar debido a la heterogeneidad en la forma de presentarlos; por esta razón, no se han podido tomar en la muestra todos los países europeos y, al haber cambiado en algunos la forma de presentar los resultados, la actualización del período supondría la definición de las variables "ex novo".

El artículo, que trata de ser divulgativo, no desarrollando en exceso los razonamientos econométricos, que pudieran aburrir al lector, se estructura en cinco secciones. Tras esta introducción, se revisan las principales referencias que se han encontrado en la literatura sobre el impacto que los sistemas reguladores tienen en la calidad del suministro. En la sección 3, se exponen los datos utilizados para, a continuación en la sección 4, presentar los modelos econométricos utilizados, así como los resultados obtenidos. Para terminar, en la sección 5 se exponen las principales conclusiones obtenidas y se plantean algunas recomendaciones a las distintas Agencias Reguladoras.

2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES ANTERIORES SOBRE MODELOS REGULADORES Y CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

En este apartado se presenta una breve revisión de trabajos que analizan la calidad del suministro eléctrico y los sistemas reguladores. En el caso Español, el trabajo [8] plantea que la regulación eléctrica debe diseñarse de forma que las

compañías presten un servicio de suministro eléctrico con una calidad mínima acorde con sus niveles de remuneración. En Italia, existen también estudios referidos a la calidad del suministro eléctrico; en [2] se indica que existen cuatro objetivos principales para los marcos reguladores: informar y mostrar al consumidor una comparativa entre las diferentes compañías del sector, establecer y garantizar unos niveles mínimos de suministro eléctrico a los clientes, fomentar y favorecer iniciativas y proyectos para mejorar la calidad del suministro y, por último, determinar un sistema donde la calidad y los precios sean determinados por la relación directa entre los clientes y las empresas reguladas.

El estudio de los efectos de la regulación por incentivos en la calidad del suministro y la introducción de la calidad como mecanismo de *benchmarking* han sido aspectos muy estudiados en este campo. Desde que la regulación incentivada fuese introducida por primera vez en la reestructuración de la industria de telecomunicaciones británica, se ha ido incorporando paulatinamente al campo de la regulación eléctrica, existiendo numerosos estudios que analizan sus relaciones y efectos. En Estados Unidos, por ejemplo, [11] observa que la duración media de las interrupciones eléctricas deben estar acompañadas de medidas de *benchmarking* para obtener una mejora en la calidad desde el punto de vista del número y del tiempo de las interrupciones. En este sentido, el sistema *Yardstick* [10] consigue unos buenos resultados referidos a la eficiencia del sistema y a la calidad del servicio eléctrico, motivado principalmente por la elaboración detallada de los indicadores de calidad y del reembolso de parte los gastos realizados por las compañías. Por otro lado, el modelo *Price Cap* y los incentivos también ha sido motivo de estudio [12], mostrándose que este modelo no sería totalmente efectivo junto con un sistema de incentivos para la mejora de la calidad del sistema eléctrico, consecuencia extensible también a un marco regulador basado en penalizaciones

En principio parecen que las soluciones a adoptar para la regulación de la calidad de una forma efectiva no son simples [9], ya que éstas dependen de diferentes factores, como las relaciones internacionales

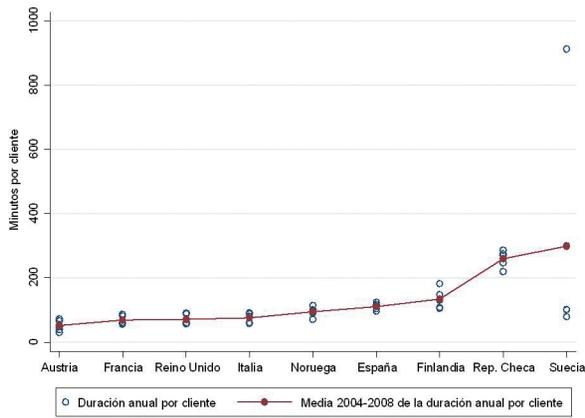


Fig. 1: Minutos de interrupción por cliente (SAIDI). 2004-2008

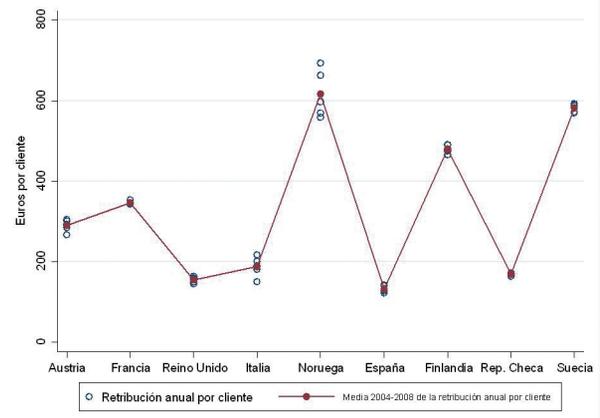


Fig. 2: Retribución base por cliente. 2004-2008

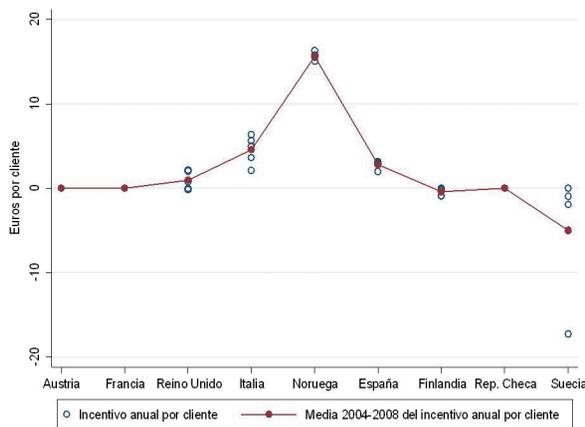


Fig. 3: Incentivos por cliente. 2004-2008

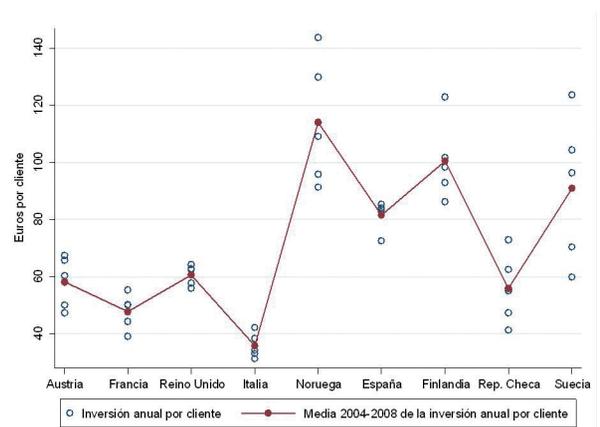


Fig. 4: Inversión por cliente. 2004-2008

entre países, las preferencias de los clientes y la información que se tiene de los propios reguladores eléctricos. Analizando un sistema regulador incentivado como el de Reino Unido, [5] concluye que las leyes reguladoras incentivadas promueven reducir los costes de las empresas, adecuar los precios y mantener la calidad del servicio.

Finalmente, se han realizado diversos estudios que indican que la introducción de la calidad del suministro en los modelos de *benchmarking* produce mejores resultados que si se prescinde de ella. En este sentido, [3] y [4] muestran que la introducción de la calidad del servicio en modelos de eficiencia produce mejores resultados que los basados exclusivamente en costes. [3] analiza el caso del Reino Unido mediante la técnica de envolvente de datos DEA y [4] analiza la eficiencia del suministro eléctrico en Europa mediante un modelo estocástico de frontera.

3. LOS DATOS

Las variables utilizadas en este estudio son la calidad del servicio eléctrico, los in-

centivos y la retribución base que se aplica en cada marco regulador. Los datos para cada una de las variables se corresponden con el período 2004-2008 y se refieren a un total de nueve países europeos (Austria, España, Finlandia, Francia, Italia, Noruega, República Checa, Reino Unido y Suecia); conforman por tanto un panel de cinco años con nueve países¹. De esta forma, se pueden realizar estimaciones controlando tanto la variación intragrupo como entre-grupo de las variables utilizadas.

La variable que se utiliza en el estudio para calcular el nivel de eficiencia de cada

¹ Toda la información procede de fuentes públicas proporcionadas por las Agencias Reguladoras de cada país: Austria, E-control; Finlandia, Energy Market Authority (EMV) y Energiateollisuus; Francia, Regulatory Commission of Energy (CRE); Italia, Regulatory Authority for Electricity Gas and Water; Noruega, Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE); República Checa, Office for the Protection of Competition (UOHS); España, Comisión Nacional de la Energía (CNE) y Ministerio de Industria, Energía y Turismo; Suecia, Svensk Energi; y Reino Unido, Office of Gas and Electricity Markets (Ofgem).

país es la calidad del servicio eléctrico. En la industria eléctrica, existen cinco formas de determinar el nivel de calidad del suministro eléctrico: el número de interrupciones, el tiempo medio de interrupción por cliente, los niveles de tensión, la calidad de la onda del suministro y la calidad de atención al cliente. Las variables de número y tiempo, pueden ser calculadas en referencia al número de clientes o a la potencia instalada. En el presente artículo se utilizará el tiempo de interrupción medio (SAIDI) expresado en minutos por cliente y año, que es la variable de calidad más extendida en la distribución eléctrica, y cuya definición se puede encontrar en [1]. La Figura 1 muestra el valor de esta variable para cada país y en cada año, además del valor medio anual para cada uno de ellos. Se observa que los países del norte de Europa poseen mayor variabilidad en los datos además de un mayor valor medio de las interrupciones motivado principalmente por sus condiciones meteorológicas más adversas.

Como variables explicativas de la calidad del servicio se utilizan la retribución base y los incentivos que perciben las com-

Modelo		Características	Objetivo
Modelos basados en costes	<i>Cost plus</i>	Costes incurridos por las empresas (costes de red, de medición, servicio al cliente...)	Asegurar la sostenibilidad de cada empresa, permitiendo la recuperación de todos sus costes.
	<i>Rate of return</i>	Los activos de la empresa determina la retribución asignada. Se consideran los costes de explotación, de capital y su rentabilidad. Establece los objetivos de eficiencia a medio y largo plazo.	Promover la eficiencia del sistema. Atraer inversiones en capital.
Modelos basados en incentivos	<i>Price Cap</i>	Separa la ganancia de los costes definiendo un precio máximo	Definen estándares de calidad y rendimiento que compensan/penalizan a las empresas si los logran/incumplen.
	<i>Revenue Cap</i>	Las empresas fijan el precio, siempre y cuando sus ingresos no superen un límite establecido.	Maximizar las ganancias mediante la reducción de costes. Estabilidad en los ingresos. Promover inversiones en la red.
	<i>Yardstick</i>	Se usa un modelo teórico de referencia para conseguir la convergencia de costes en las empresas. El modelo de referencia representa una hipotética red eficiente.	Eliminar las ineficiencias del pasado, mediante el contraste del desarrollo de la industria con un modelo teórico óptimo.

Tabla 1: Modelos Reguladores

pañías de cada país. También se analiza el efecto de la inversión en la calidad del suministro eléctrico. En las Figuras 2, 3 y 4 se muestran los valores anuales de cada una de las variables así como el valor medio de cada uno de los países del estudio.

Se observa que los niveles más altos de inversión se alcanzan en aquellos países que sufren una mayor duración media de las interrupciones. La retribución base sigue una tendencia similar a la inversión, siendo Noruega, Finlandia y Suecia los países que mayores retribuciones perciben. Una excepción a este hecho, la representan España y República Checa que poseen ingresos bajos en comparación con aquellos países que presentan valores de las interrupciones medias similares. Respecto a los incentivos, cabe destacar el caso de Noruega, con valores excepcionalmente altos, y el de Suecia, que ha sufrido penalizaciones con frecuencia.

Con la información obtenida de las diferentes agencias reguladoras, se puede asimilar cada uno de los países a uno de los modelos reguladores que se detallan en la Tabla 1. De esta forma, Francia se puede incluir dentro del modelo *Cost Plus*; España, Reino Unido, Noruega y República Checa se asemejan al modelo *Revenue Cap*; Finlandia al modelo *Rate of Return*; Suecia con el modelo *Yardstick*; Italia al modelo *Price Cap*; y por último, Austria se aproxima a un modelo *Cost Plus* en los dos primeros años (años 2004 y 2005) y a un modelo *Price Cap* en el resto del periodo.

4. EL MODELO SOBRE LA CALIDAD DE SUMINISTRO. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

Utilizando los datos presentados en el apartado anterior, se exponen una serie de estimaciones de datos de panel con el fin de establecer la relación existente entre la calidad del suministro eléctrico y los niveles de retribución e incentivos a la calidad. En principio, cabría esperar que a mayores niveles de retribución o de incentivos se obtuvieran mejores índices de calidad. Asimismo, este análisis permite establecer qué país realiza el suministro eléctrico con un uso más eficiente de sus recursos, y, por consiguiente, qué marco regulador es el más eficiente.

El panel de datos es una técnica econométrica que presenta como principal ventaja el hecho de que permite controlar la heterogeneidad no observada asociada a cada una de las unidades que componen el panel (en este caso los países). Un panel de datos ofrece información sobre $i=1,\dots,N$ unidades muestrales durante $t=1,\dots,T$ periodos; el modelo lineal sería el siguiente:

$$y_{it} = x_{it}\beta_k + z_i\delta + u_i + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, N; \quad t = 1, \dots, T \quad (1)$$

donde x_{it} es un vector ($1 \times k$) de variables explicativas que varían en el tiempo y de una unidad (o individuo) a otra, z_i es un vector ($1 \times k$) de variables que varían de un individuo a otro pero no en el tiempo, β_k y d son vectores ($1 \times k$) de coeficientes, u_i es el efecto a nivel individual y ε_{it} es el término de error idiosincrásico de la ecuación. Asumimos que u_i y ε_{it} no están correlacionados.

Las variables monetarias como la retribución y los incentivos han sido expresadas en términos reales considerando el índice de precios de consumo armonizado de cada país. Por otro lado, se han representado las variables reales en cantidades anuales por cliente puesto que la variable a explicar, la calidad del servicio, se expresa también en dichas unidades.

Las estimaciones realizadas emplean logaritmos para la variable dependiente y para la retribución base, por lo que el coeficiente que mide la relación entre ambas variables se puede interpretar como una elasticidad. Para la variable incentivos no es posible realizar esta transformación logarítmica al presentar algunos valores negativos. Asimismo, tras realizar algunas comprobaciones, se ha evitado introducir en el panel la variable inversión por cliente, ya que parece tener un efecto retardado sobre la retribución y la duración de las interrupciones –aunque al final de esta sección, se propone la estimación de un panel dinámico que incluye dicha variable–. Finalmente, se ha definido una

variable *dummy* para los años 2005 y 2007 en Suecia con el fin de controlar las inusuales condiciones meteorológicas que se produjeron en dicho país durante esos dos años.

Los modelos que se proponen para explicar el efecto de las diferentes variables explicativas en la calidad del suministro eléctrico de cada país son los siguientes:

$$\text{Log}(\text{dur})_{it} = a + \beta_0 \text{Sw}_{it} + \beta_1 \log(\text{rb/cli})_{it} + \beta_2 (\text{inc/cli})_{it} + \beta_3 (\text{inc/cli})_{it}^2 + u_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$\text{Log}(\text{dur})_{it} = a + \beta_0 \text{Sw}_{it} + \beta_1 \log(\text{rb/cli})_{it} + \beta_{11} [\log(\text{rb/cli})_{it} \cdot \text{HQ}_i] + \beta_2 \text{abs}(\text{inc/cli})_{it} + \beta_{21} [\text{abs}(\text{inc/cli})_{it} \cdot \text{HQ}_i] + u_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\text{Log}(\text{dur})_{it} = \alpha + \beta_0 \text{Sw}_{it} + \beta_1 \log(\text{rb}/\text{cli})_{it} + \sum_{j=1}^4 \beta_{1j} [\log(\text{rb}/\text{cli})_{ij} \cdot S_j] + \beta_2 (\text{inc}/\text{cli})_{it} + \beta_3 (\text{inc}/\text{cli})_{it}^2 + \mathbf{u}_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\text{Log}(\text{dur})_{it} = \alpha + \beta_0 \text{Sw}_{it} + \beta_1 \log(\text{rb}/\text{cli})_{it} + \beta_2 \text{abs}(\text{inc}/\text{cli})_{it} + \sum_{j=1}^4 \beta_{2j} [\log(\text{inc}/\text{cli})_{ij} \cdot S_j] + \mathbf{u}_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

donde:

i: países.

t: períodos (años).

dur_{it} : interrupciones imprevistas (minutos perdidos por año y cliente).

rb_{it} : retribución base (millones de euros).

inc_{it} : incentivos (nulos, positivos o negativos) (millones de euros).

cli_{it} : número de clientes (millones).

S_j : variables *dummy* de sistemas regulatorios.

Sw_{it} : variable *dummy* para Suecia, en 2005 y 2007.

HQ_i : variable *dummy* de países con alta calidad: Austria, Francia, Reino Unido e Italia.

u_i : efecto individual.

ε_{it} : término de error idiosincrático.

El primer modelo, correspondiente a la ecuación (2), constituye el *modelo base*. En dicho modelo la calidad se relaciona exclusivamente con la retribución base y los incentivos por cliente. El segundo modelo (*modelo nivel de calidad*) se corresponde con la ecuación (3), e incorpora al modelo anterior, mediante la introducción de una variable *dummy*, la distinción entre países con niveles altos de calidad del servicio y países con niveles bajos. Por su parte, los modelos 3 y 4, representados por las ecuaciones (4) y (5) respectivamente, tratan de obtener información acerca del nivel de eficiencia de cada sistema regulador. En concreto, el modelo 3 (*modelo retribución-sistema*) relaciona la retribución base con el sistema regulador haciendo interactuar a ambas variables, mientras que el modelo 4 (*modelo incentivo-sistema*) hace lo propio con los incentivos y el sistema regulador. La Tabla 2 muestra los valores de las estimaciones para cada modelo.

Los coeficientes de bondad del ajuste R^2 ajustado y R^2 intra-grupos toman valores comprendidos entre 0,74 y 0,91, mientras que el R^2 entre-grupos alcanza su valor mayor, 0,46, en el segundo modelo. Estos resultados sugieren que el modelo explica mejor las variaciones dentro de cada país que las diferencias promedio entre países.

Respecto a las variables del modelo se obtienen los siguientes resultados. En primer lugar, se observa una relación negativa y significativa entre la retribución base por cliente y la duración de las interrupciones en todos los modelos. En promedio, el coeficiente estimado es cercano a 1, lo cual indicaría que incrementos porcentuales en la retribución por cliente producirían disminuciones porcentuales

del mismo orden en la duración de las interrupciones, aumentando por tanto la calidad del servicio.

En cuanto a la variable de incentivos, los modelos (1) y (3) introducen dicha variable en forma cuadrática para permitir una relación no lineal con la calidad del suministro. La variable resulta significativa y con signo negativo en el término cuadrático, lo que indica que las interrupciones tienden a disminuir tanto si las empresas reciben incentivos positivos como negativos (penalizaciones). Partiendo de estos modelos, para calcular el impacto que tendría un incremento de la dotación de incentivos en la calidad de servicio, hay que derivar la función estimada de duración respecto a la variable de incentivos.

Para analizar el efecto que tendría un incremento de los incentivos en la calidad de servicio, si se considera en el modelo 1, que el incentivo por cliente fuera de 3 euros, un incremento de 1 euro en la variable (+33,3 %), produciría una disminución en la duración de las interrupciones de un -1,8 %. Este dato permite comparar el efecto de la retribución base con el de los incentivos. Supongamos el ejemplo de un país que tiene 30 millones de clientes y una retribución base anual de 3.000 millones de euros. Una elasticidad entre la duración y la retribución de -1 indicaría, en términos agregados, que un incremento de la retribución de un 1 % (es decir, 30 millones de euros) provocaría una disminución de las interrupciones de un 1 %, o lo que es lo mismo, cada millón utilizado provocaría una mejora de 0,033 puntos porcentuales en la duración. Por otro lado, una semi-elasticidad de -1,8 % entre la duración y los incentivos, implicaría que un incremento en los incentivos de un euro por cliente (30 millones de euros

en nuestro caso) provocaría una mejora de un 1,8 % en la calidad (es decir, por cada millón utilizado en incentivos mejoraría la calidad del servicio en 0,06 puntos porcentuales). Por tanto, se puede deducir que los incentivos son más eficaces que la retribución base para mejorar la calidad del servicio, lo que parece tener sentido si se considera que la mejora de la calidad es una de los principales objetivos de las políticas de incentivos.

Se puede profundizar más en el análisis si se permite que las variables cuantitativas (retribución e incentivos) interactúen con dos tipos de variables *dummies*, las que permiten diferenciar entre países con un nivel alto o bajo de la calidad del servicio eléctrico (modelo 2), y las que controlan por el marco regulador de cada país (modelos 3 y 4). En cada modelo, el coeficiente de la variable analizada ('retribución' o 'incentivo') sin interactuar es el que corresponde a la interacción entre dicha variable y la categoría de referencia (no incluida en la ecuación estimada). Para el resto de categorías (si incluidas en la ecuación estimada), el coeficiente de la variable analizada interactuando con una categoría en particular viene dado por la suma del coeficiente de referencia anterior y el coeficiente estimado de la interacción de la variable y dicha categoría.

En el modelo 2, las covariables 'retribución' e 'incentivos' se relacionan con la variable *dummy* que controla a los países dependiendo de su nivel de calidad del servicio eléctrico. El primer grupo de países está compuesto por aquellos que tienen una duración media de las interrupciones inferior a 75 minutos por cliente y año (Austria, Reino Unido, Francia e Italia), mientras que el segundo lo componen aquellos países con peores niveles de

VARIABLES explicativas	(1) Modelo base	(2) Modelo nivel de calidad	(3) Modelo retrib.-sistema	(4) Modelo inc.-sistema
Ln(rb / cli)	-0.88* 0,1	-1.44*** 0,01	-1.38* 0,07	-0.99* 0,1
Ln(rb / cli)·HQ		0,93 0,39		
Ln(rb / cli)·Cost plus			1,54 0,22	
Ln(rb / cli)·Rate of return			4,82 0,16	
Ln(rb / cli)·Price cap			1,64 0,19	
Ln(rb / cli)·Yardstick			-3,02 0,57	
Inc / cli	0,03 0,5		0,0 1,00	
(Inc / cli) ²	-0,003 0,12		-0.004** 0,02	
abs(inc / cli)		-0.08*** 0,00		-0.08*** 0,00
abs(inc / cli)·HQ		0,09 0,25		
abs(inc / cli)·Rate of return				0.60*** 0,00
abs(inc / cli)·Price cap				0,11 0,18
abs(inc / cli)·Revenue cap				0,12 0,24
Reino Unido	-1.4*** 0,00	-6,12 0,26	-1.42*** 0,00	-1.42*** 0,00
España	-1.12*** 0,00	-0.97*** 0,00	-1.15*** 0,00	-1.18*** 0,00
Austria	-1.19*** 0,00	-6,16 0,3	-9,98 0,14	-1.13*** 0,00
Italia	-1.22*** 0,00	-5,98 0,27	-9,58 0,14	-1.26*** 0,00
Francia	-0.71* 0,1	-5,74 0,35	-9,34 0,18	-0.63* 0,1
Finlandia	0,26 0,68	0,87 0,15	-29,01 0,17	0,15 0,83
Suecia	0,10 0,89	0,84 0,21	19,93 0,56	0,29 0,72
Noruega	0,384 0,74	2.13*** 0,00	1,864 0,28	-0,185 0,92
Constante	10.09*** 0,00	12.96*** 0,00	12.63*** 0,00	10.66*** 0,00
Dummy para Suecia	2.44*** 0,00	2.56*** 0,00	2.44*** 0,00	2.63*** 0,00
Número de observaciones	45	45	45	45
Número de grupos	9	9	9	9
R ² ajustado	0,88	0,87	0,91	0,89
R ² modelo intra-grupos	0,74	0,74	0,82	0,78
R ² modelo entre-grupos	0,008	0,46	0,09	0,004

Para cada variable se muestra el coeficiente estimado y su *p*-valor; * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

Tabla 2: Modelos explicativos de las interrupciones no planificadas (minutos perdidos por año y cliente). 2004-2008

calidad, donde la duración media es cercana o superior a 100 minutos por cliente y año (España, Noruega, Finlandia, Suecia y República Checa). Tomando como referencia a aquellos países con baja calidad en el suministro eléctrico, se puede afirmar que mayores ingresos e incentivos pueden ser medidas más eficaces en los países que tienen baja calidad que en los que presentan un mejor servicio. De esta forma, en los países con baja calidad se

obtienen coeficientes de $-1,4$ y $-0,08$ para la retribución e incentivos respectivamente, mientras que para los países de mejor calidad los coeficientes resultan ser no significativos, lo cual puede ser indicativo de que en estos países de elevada calidad resulta más complicado obtener mejoras adicionales –existen rendimientos decrecientes en la calidad–.

En el modelo 3, la retribución se relaciona con la variable *dummy* que controla

los sistemas reguladores, permitiendo observar si existe algún cambio significativo en el coeficiente de la retribución al considerar un sistema u otro. En el sistema de referencia, *Revenue Cap*, este coeficiente tiene un valor de $-1,38$, mientras que en el resto de casos, los coeficientes estimados no son significativos de forma individual, aunque la prueba de significativa conjunta indica rechazar la hipótesis nula de que los coeficientes sean todos nulos. Así pues, se puede concluir que una remuneración mayor parece ser más efectiva en el modelo *Revenue Cap* que en otros marcos reguladores. Por último, en el modelo 4, la variable incentivos interactúa con la *dummy* de sistema regulador. El sistema *Yardstick*, utilizado como categoría de referencia en la estimación, tiene un coeficiente significativo de $-0,08$, que indica efectividad de los incentivos bajo dicho marco regulador. Para los demás sistemas con incentivos, este coeficiente no parece alterarse significativamente, a excepción del sistema de *Rate of Return* en el que mayores incentivos no parecen producir los efectos esperados en la calidad del servicio –este último sistema es utilizado exclusivamente por Finlandia, cuyo sistema de incentivos ha generado sanciones monetarias a lo largo del período analizado–.

El Reino Unido, Italia, Austria y España son los países con un menor efecto fijo estimado, lo cual quiere decir que características no observables de estos países hacen que en promedio muestren mayores niveles de calidad que los predichos por el modelo general. En estos países relativamente más eficientes, los modelos de regulación que existen son el *Revenue Cap* y el *Price Cap*.

Para finalizar el análisis, se ha estimado un panel de datos dinámico que pretende identificar la existencia de dependencia temporal en la variable dependiente (duración de la interrupción) y, al mismo tiempo, analizar el efecto de la inversión por cliente –Tabla 3–².

Tras realizar varias pruebas, se ha optado por incluir en la estimación un retardo de la variable dependiente y dos retardos de la variable inversión por cliente. El panel se ha estimado con un total de 18 observaciones, por lo que los resultados obtenidos deben ser considerados como una primera aproximación. El coeficiente de la variable dependiente retardada un

² El panel de datos utilizado no es excesivamente extenso, pero con los 5 años disponibles es posible instrumentalizar el modelo para estimar su consistencia dinámica.

Ln (duración de la interrupción)(retarda un período)	-0,218** 0,05
Ln (retribución / cliente)	-1,059* 0,07
Ln (inversión / cliente)(retarda dos período)	-0,528*** 0,004
Incentivos por cliente	0,00 0,99
Incentivos por cliente^2	-0,002 0,28
Número de observaciones	18
Número de grupos	9

Para cada variable se muestra el coeficiente estimado y su *p*-valor;
* *p*<0,1; ** *p*<0,05; *** *p*<0,01

Tabla 3: Panel de datos dinámico de las interrupciones imprevistas (minutos perdidos por año y cliente). 2004-2008

año tiene un valor negativo de -0,21, lo cual indica que el sector tiende a mejorar la calidad año tras año. La elasticidad entre la duración de las interrupciones y la retribución presenta un valor nuevamente cercano a -1, con un nivel de confianza del 90 %. En cuanto a la inversión, se observa que tiene una influencia negativa en la duración del servicio con un desfase temporal de dos años; en este caso la elasticidad es de -0,5. Por último, cabe destacar que los coeficientes de las variables de incentivos no son significativos en las estimaciones dinámicas realizadas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A la vista de los resultados anteriores, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. La retribución y la calidad de servicio, como cabría esperar, son variables fuertemente relacionadas de forma inversa, presentando una elasticidad "tiempo de interrupción - retribución", observándose valores cercanos a -1 en todos los modelos propuestos y muy significativos. Es decir, un aumento del 1 % en los valores de la retribución, provocan una disminución de un 1 % en el tiempo de interrupción de suministro a los clientes.
2. Si se segmenta la muestra en dos grupos, atendiendo a su nivel de calidad, se observa que el efecto del aumento de la retribución no es significativo para los países que disfrutan de un mayor nivel de calidad. Esta evidencia, resulta razonable, ya que para estos países, el esfuerzo asociado al aumento de calidad es más que proporcional.

3. La forma más eficiente de mejorar la calidad son los incentivos. El efecto sobre los niveles de calidad, asociado a un incremento de una unidad monetaria de los incentivos, es del doble que aplicando la misma cantidad de recursos sobre la retribución base.
4. Reino Unido, Italia, Austria y España, presentan de forma significativa, un nivel de calidad superior, al que podría esperarse de sus niveles de retribución.
5. Si bien, a partir de los resultados econométricos no se pueden afirmar nada sobre la eficiencia de los sistemas de retribución, se observa que los países más eficientes presentan modelos basados en incentivos ("Price Cap" y "Revenue Cap").
6. Por último, se puede afirmar que la calidad de servicio, viene determinada por la inversión realizada dos periodos antes. Este periodo de dos años, es el plazo de ejecución de las obras en la red.

A la vista de los resultados, y con asumiendo que los resultados obtenidos son estructurales del sector, se pueden proponer las siguientes recomendaciones a las Agencias Reguladoras:

- El efecto positivo de la retribución sobre la calidad de servicio, sólo tiene un efecto positivo en los países con calidad de servicio baja y media.
- El efecto de los incentivos sobre la calidad de servicio es muy superior al de la retribución base. Sustituir recursos de la retribución base a favor de los incentivos, representaría una mejora de la calidad de servicio, sin necesidad de aumentar los recursos destinados a la actividad.

- Los modelos basados en incentivos, resultan más eficientes que los basados en costes. La regulación de la distribución de los países, deberían migrar a este tipo de modelos.

PARA SABER MÁS

- [1] 5th Benchmarking report on the quality of electricity supply 2011. Bruselas: Council of European Energy Regulators. 2012.
- [2] Fumagalli E, Lo Schiavo L. "Regulating and improving the quality of electricity supply: the case of Italy". *European Review of Energy Markets*. Vol.3-3. P.1-27. https://www.eeoinstitute.org/european-review-of-energy-market/EREM_9_-_Article_E._Fumagalli_&_Lo_Schiavo.pdf
- [3] Giannakis D, Jamasb T, Pollitt M. "Benchmarking and incentive regulation of quality of service: an application to the UK electricity distribution networks". *Energy Policy*. Vol.33 p.2256-2271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2004.04.021>
- [4] Growitsch C, Jamasb T, Pollitt M. "Quality of service, efficiency, and scale in network industries: an analysis of European electricity distribution". *Applied Economics*. vol.41 p.2555-2570. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00036840701262872>
- [5] Jamasb T, Pollitt M. "International benchmarking and regulation: an application to European electricity distribution utilities". *Energy Policy*. Vol.31 p.1609-1622. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00226-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00226-4)
- [6] Jamasb T, Pollitt M. "Incentive regulation of electricity distribution networks: lessons of experience from Britain". *Energy Policy*. Vol.35 p.6163-6187. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2007.06.022>
- [7] Pollitt M. "The role of efficiency estimates in regulatory price reviews: OFGEM's approach to benchmarking electricity networks". *Utilities Policy*. Vol.13 p.279-288. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jup.2005.01.003>
- [8] Rivier J, Gómez T. "Critical analysis of Spanish power quality regulation design. Methods to Regulate Unbundled Transmission and Distribution Business on Electricity Markets". En: *Market Design Conference (Stockholm 16-17 junio de 2003)*, p.29-38. https://www.iit.upcomillas.es/publicaciones/mostrar_publicacion_conferencia.php.en?id=10397
- [9] Sappington D. "Regulating service quality: A survey". *Journal of Regulatory Economics*. Vol.27 p.123-154. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11149-004-5341-9>
- [10] Tãngeras T. P. "Yardstick competition and quality". *Journal of Economics and Management Strategy*, Vol.18 p.589-613. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9134.2009.00223.x>.
- [11] Ter-Martirosyan A. "The effects of incentives regulation on quality of service in electricity markets". DEPARTMENT OF ECONOMICS. George Washington University, 2003.
- [12] Weisman D. "Price regulation and quality". *ECONOMICS AND POLICY*. Vol. 17, p. 165-174. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infoecopol.2003.11.002>