VI SEMINARIO ECUATORIANO DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA

NOVIEMBRE DE 1987

MODELOS ECONOMICOS DEL COMPORTAMIENTO DE UNA EMPRESA ELECTRICA

MODELOS ECONOMICOS DEL COMPORTAMIENTO DE UNA EMPRESA ELECTRICA

I INTRODUCCION

Aunque la industria de la generación y distribución de la energía eléctrica ha sido sujeta a un profundo examen por especialistas de distintas ramas, sorprendentemente, existe poco concenso con respecto a los objetivos de comportamiento de las empresas encargadas del Servicio Eléctrico.

El objetivo del presente trabajo es, en primer lugar, analizar los principios conflictivos que enmarcan la regulación de precios en una empresa eléctrica y luego presentar algunos modelos del comportamiento de las empresas eléctricas que han sido sugeridos y confrontados con datos empíricos en la literatura. Concretamente, se comparan cuatro modelos de comportamiento: maximización de utilidades, maximización de ingresos, minimización de costos y minimización de ingresos.

Cada modelo puede ser asociado con uno o mas actores: propietarios, administradores, reguladores o clientes. Los propietarios deberían preferir que la firma se comporte de tal manera que las utilidades o el valor presente neto de la inversión se maximizen. Los administradores, como agentes de los propietarios, deberían también maximizar utilidades. Pero dadas las estructuras de incentivos, tales como la medición de resultados por el nivel de los ingresos de explotación, los administradores pueden preferir maximizar ingresos. En principio el regulador ideal debería promover un esquema de minimización de costos, aunque éste no siempre es el caso. Finalmente, los consumidores o clientes del servicio preferirían un modelo de comportamiento que implique minimización de ingresos para las empresas, es decir, el menor costo posible para el consumidor.

En la sección II se definen las características generales de las empresas encargadas de suministrar servicios públicos y la naturaleza particular de las empresas eléctricas; en la sección III se introducen los principios económicos que se pueden utilizar en la fijación, control y regulación de precios en una empresa eléctrica; en la sección IV el problema del comportamiento de una empresa eléctrica sujeta a control es examinado en el contexto del modelo de Averch-Johnson; en las secciones V y VI se consideran los modelos de maximización de utilidades y de ingresos y los modelos de minimización de costos y de ingresos, respectivamente; y, la seccion VII presenta algunas conclusiones.

II EMPRESAS DE SERVICIOS PUBLICOS Y LAS EMPRESAS ELECTRICAS

Las empresas de servicios públicos son aquellas encargadas de suministrar servicios que se consideran como indispensables en una sociedad, tales como los servicios de: transporte, electricidad, gas, telecomunicaciones y agua. Estas empresas, por la naturaleza de los servicios que prestan, son generalmente supervisadas y reguladas por el gobierno quien a través de entes reguladores fija precios por los servicios en cada caso. Sin embargo, a pesar de la definición precisa de lo que es una empresa de servicio público, no ha sido facil explicar el comportamiento económico de estas empresas y el sentido real de la regulación de las mismas.

Una característica de las empresas de servicios públicos es que estas firmas proveen un bien o servicio que es una necesidad absoluta en una sociedad moderna. Otra característica de estas empresas es la gran cantidad de capital de inversion que se requiere para proveer el servicio. En general, la premisa clásica es que las empresas de servicios públicos tienen curvas de costos promedios que son decrecientes a largo plazo: esto es, la naturaleza de la tecnología involucrada en la provisión del servicio nos conduce a una situación en la cual la configuración de menor costo es un monopolio. La tecnología inherente en la provisión de un servicio publico está entonces sujeta a retornos de economía de escalas muy significativos.

Una tercera característica que diferencia a las empresas de servicios públicos de otras firmas es que las primeras sirven a mercados restringidos debido a la necesidad del contacto directo entre la empresa sumistradora del servicio y los consumidores. Asi, por ejemplo, los ductos de agua, las lineas de gas y las líneas de energía eléctrica constituyen enlaces físicos entre el suministrador y el consumidor, enlaces que representan inversiones de monto considerable.

En resumen las empresas de servicios públicos poseen las siguientes tres características: proveen un bien o servicio necesario, operan con una alta tasa de retorno en la escala de la tecnología y requieren una conexión física directa entre los proveedores y los consumidores del servicio. (Obsérvese también que el servicio que se provee no puede ser almacenado o diferido en alguna cantidad significativa). Estas caracteristicas claramente identifican una situacion en donde la ausencia de regulación representa la existencia de una empresa monopólica que tiene la potencialidad de extraer de sus usuarios utilidades exhorbitantes. Para evitar esta eventualidad de graves implicaciones sociales, se ha optado por conferir a una firma el privilegio exclusivo de servir a una region particular, pero esta firma tiene utilidades reguladas por el gobierno. En este sentido, "la tasa justa de retorno" determinada por un ente estatal regulador se supone que representa un substituto adecuado de los aspectos positivos de la libre competencia.

LA NATURALEZA DE LAS EMPRESAS ELECTRICAS

Las empresas encargadas del servicio eléctrico representan uno de los mayores componentes del sector de energía por lo que en muchos paises la proyección de la utilización de combustibles en estas empresas es una parte importante del cuadro total de oferta y demanda de los mismos.

Como regla general casi la mitad de los costos totales de producir electricidad es gasto en combustibles. La otra mitad es costos de capital para nuevos equipos de generación, costos de operación y mantenimiento de estos equipos y los costos de instalaciones y operaciones de los sistemas de transmisión y distribución del fluído eléctrico.

Comparadas con las industrias de manufacturas, las empresas eléctricas tienen un conjunto limitado de tecnologias de producción y una línea pequeña de productos. En los actuales momentos las plantas de generación disponibles son reactores nucleares de varios tipos, centrales térmicas que queman algún combustible como el carbón, gas o petróleo y centrales hidroeléctricas.

La característica dominante de las empresas eléctricas es que ellas no pueden facilmente almacenar su producto para satisfacer fluctuaciones en la demanda. En la actualidad, la única manera economica de "almacenar" electricidad es a través de plantas hidroeléctricas con instalaciones de bombeo para reclicar agua en los embalses. En este caso, cuando la demanda es baja, se utilizan bombas eléctricas para elevar el agua de regreso al embalse. Este incremento del recurso hídrico es utilizado para satisfacer requerimientos del servicio eléctrico en los períodos de demanda pico.

Pero aún en el caso que se pueda reciclar el agua, la electricidad debe ser generada conforme se la demande. Esto significa que en los modelos que explican el comportamiento de las empresas electricas se deben considerar las fluctuaciones de la demanda y como éstas fluctuaciones afectan la selección o dimensionamiento de las centrales de generación. La variación de la demanda en el tiempo se puede representar por una curva de carga como la mostrada en la figura 1 que refleja los patrones de consumo por las funciones de los equipos eléctricos (equipos de aire acondicionado, cocinas, etc.) en las diferentes horas del día. Estas curvas de carga diaria pueden ser diferentes en distintas regiones asi como pueden tener efectos característicos en cada estación.

La agregación de todas las curvas de carga diarias que ocurren en un año nos produce una curva anual de duración de carga como se ilustra en la figura 2. Esta curva anual es un reordenamiento de todas las curvas diarias por demanda en cada hora. (Se consideran 8760 horas/año). La curva de carga anual es ordenada en orden decreciente a la potencia demandada para poder obtener segmentos de demanda donde la capacidad de generación opera a diferentes tasas como se indica en la figura 3. Aquí $C_1/8760$ es la fracción de tiempo que se debe satisfacer un nivel de demanda D_1. El equipo asignado para satisfacer el incremento de demanda entre D_1 y D_2 opera a una tasa inferior que el equipo asignado a cubrir la demanda entre D_2 y D_3.

De lo anterior podemos ver que una parte de los equipos de generación se operan a su límite, esto es, con un alto factor de utilización mientras que otra parte se opera solamente un tiempo reducido. Para instalaciones que operan con un alto factor de utilización es conveniente tener un bajo costo por concepto de combustibles; para equipos de poca utilización, es importante tener bajos costos de capital. Por lo tanto, es de esperar que las empresas eléctricas tengan una combinación de instalaciones de generación que puedan cumplir eficientemente la demanda en los distintos segmentos de la curva de carga.

La figura 4 ilustra como diferentes clases de instalaciones de generación son mas económicas a diferentes niveles de utilización, donde los costos totales consisten de un costo fijo de capital mas un costo variable de operación. Una planta con un costo de capital bajo como A es mas económica a un factor bajo de utilización que una planta como C con un alto costo de capital pero un bajo costo de operación.

De lo anterior podemos concluír que las decisiones más importantes asociadas con las facilidades de generación de las empresas eléctricas se relacionan a los siguientes aspectos:

- Adquisición de los bienes de capital

- Utilización de los equipos (despacho económico)

- Disponibilidad de los equipos (programación de mantenimiento)

Esta discusión simplificada ignora otros aspectos importantes en la gestión de las empresas eléctricas tales como financiamiento, regulaciones contractuales y tarifarias y todos los aspectos relacionados con la transmisión, subtransmisión y distribución de la energía eléctrica.

III PRINCIPIOS ECONOMICOS Y LA REGULACION DE PRECIOS EN UNA EMPRESA ELECTRICA

Como sabemos los precios cumplen dos funciones básicas en una economía: desalentar a un comprador de un bien o servicio el consumo excesivo del mismo e inducir al suministrador para que produzca una cantidad adecuada del producto. Cualquier incremento en el consumo de un producto es un beneficio al consumidor pero tal expansión implica una disminución de los recursos escasos disponibles para la provisión de otros bienes o servicios. Por lo tanto la expansión en el consumo de un servicio como el servicio eléctrico conlleva un perjuicio o un daño a los probables consumidores de productos o servicios alternativos. Cuando el beneficio es mayor que el daño, la producción y consumo del bien en cuestión debería expanderse y en el caso contrario debería contraerse. Es decir, la producción óptima se establece cuando el beneficio social marginal es igual al costo social marginal.

El precio que paga un comprador de cualquier cosa es lo que le cuesta a el obtener una unidad adicional del producto siempre y cuando el consumo adicional no incremente el precio del producto. En caso contrario, el precio real es igual al precio más el incremento en el precio de todas las otras unidades del producto que se compran. Esto es, el precio de un artículo es una medida del beneficio marginal que cada consumidor deriva del consumo adicional de una unidad de un producto. Sí este consumo adicional no beneficia ni perjudica a ningún miembro de la sociedad, entonces el beneficio marginal privado es también una medida del beneficio marginal social.

Las condiciones ideales mencionadas se logran en una economía perfectamente competitiva donde nadie en particular tiene control sobre los precios y éstos son determinados por las fuerzas impersonales de la oferta y la demanda en los varios mercados. Una empresa eléctrica de propiedad del sector público puede perfectamente comportarse como un negocio privado de competitividad perfecta. En ese caso, los precios todavía cumplirían su misión básica de inducir el consumo y la producción correcta del fluído eléctrico. Una empresa eléctrica del sector público puede siempre elevar los precios vendiendo menos (restringiendo la oferta del servicio eléctrico) o comprando más (incrementando el consumo de energía eléctrica del sector público) y disminuír los precios vendiendo mas o comprando menos.

En general en una firma en un entorno de competitividad perfecta (pública o privada) y en la ausencia de externalidades existen cuatro factores determinados por la estrategia de producción de la firma que son todos iguales entre sí en la gestión a largo plazo; precio, ingreso marginal, costo promedio y costo marginal. Lerner (1964) sugiere la factibilidad de una estructura regulatoria basada en la igualdad de cualquier par de estas cantidades. De esta manera se derivan las siguientes seis relaciones:

1 - Precio = Ingreso marginal

La igualdad entre precio e ingreso marginal no se puede imponer pués solamente representa una descripción del rol de los precios en un estado de competitividad perfecta del mercado en el cual no hay monopolios.

2 - Ingreso marginal = Costo marginal

La igualdad entre ingreso marginal y costo marginal no necesita ser impuesta. Se logra automáticamente en el proceso de maximización de utilidades en la firma. Sin embargo, puesto que externalidades no están incluidas, el ingreso marginal social no es necesariamente igual al costo marginal social.

3 - Costo marginal = Costo promedio

La igualdad entre costo promedio y costo marginal es algo que puede ser impuesto por el regulador. Una firma con poder monopólico en el mercado puede ser obligada a producir a un nivel tal que implique esta igualdad (este nivel de producción se logra cuando los costos promedios se minimizan). Pero, lo que realmente se necesita es algo completamente diferente. El nivel de producción adecuado debería ser producido a un costo promedio mínimo.

4 - Precio = Costo promedio

La igualdad entre precio y costo promedio es una regla disponible y ampliamente usada para regular la producción de una firma monopólica. Esta igualdad se ilustra vía la siguiente relación (ver Olsen, 1975):

$$IR = GO + d + I + (V - DA)r$$

donde IR = requerimiento de ingresos
GO = gastos de operación
d = depreciación anual
V = valor bruto de la propiedad
DA = depreciación acumulada
r = tasa de retorno

Basado en experiencia histórica, a veces el período de 12 meses mas reciente, la tasa de retorno r se fija de tal manera que el requerimiento de ingresos de la empresa se satisfaga. Uno de los objetivos importantes del proceso es determinar el requerimiento de ingresos que le permita a la firma atraer y mantener una apropiada base de capital.

En su forma mas simple, los ingresos recibidos por la empresa serán $\bar{p}.\ \bar{q}$, donde $\bar{q}$ es la cantidad vendida al precio promedio $\bar{p}$. De esta manera, el precio promedio dado por

$$\bar{p} = (GO + d + I + (V - DA)r) \ / \ \bar{q}$$

será suficiente para cubrir todos los costos incluyendo una tasa de retorno r sobre la base de los activos netos.

Con una tasa de retorno sobre la inversión que sea "justa", se puede llegar a la conclusión de que este es el mecanismo mas idóneo para regular una empresa con poder monopólico tal como una empresa eléctrica.

El problema con el enfoque anterior es doble. Por un lado es posible que para una empresa en particular existan mas de un nivel de producción para el cual el costo promedio es igual al precio (en cuyo caso la solución podría ser escoger la solución que corresponde al mayor nivel). Por otro lado, el precio puede ser inferior al costo promedio para todos los niveles de producción en cuyo caso no habría solución que satisfaga la igualdad planteada aunque, por ejemplo, alguna cantidad de oferta de servicio eléctrico es siempre deseable en una sociedad. Para resolver esta dificultad se podría establecer diferentes precios a diferentes grupos de consumidores, de tal manera que se logre un precio promedio igual al costo promedio, aunque algunos de los precios esten por debajo o por encima del costo promedio. (Pero de esta manera estaríamos introduciendo un elemento incompatible con el modelo de competitividad perfecta como es la discriminación de precios).

5 - Precio = Costo marginal

La igualdad entre precio y costo marginal es por supuesto la relación más significativa pués en la ausencia de externalidades ésta induce a los consumidores a consumir la cantidad correcta. Esta relación cumple con el objetivo social optimo de igualar valor y costo marginal donde los recursos son asignados en una manera eficiente. Es esta relación la que sirve de base para muchos de los experimentos de fijar precios para el consumo de energía eléctrica en las denominadas horas pico.

6 - Costo promedio = Ingreso marginal

Este criterio es lo contrario de la relación 5 y podría ser aplicado para los casos donde los consumidores tienen poder para fijar precios como compradores. Como esta situación se presenta en pocos casos, éste criterio no ha merecido mayor atención en la literatura.

La amplia aceptación del criterio de que el precio debe ser igual al costo promedio (igualdad 4) implica que en algunos casos se pudiera estar cobrando un precio mayor que el costo marginal (en cuyo caso tendríamos un impuesto al despilfarro o subsidio negativo al consumo del producto o servicio en cuestión) y en otros casos un precio actual menor que el costo marginal (en cuyo caso tendríamos la existencia de un subsidio positivo a favor del consumidor que es financiado de las utilidades que generaría la firma si ésta cobrara un precio igual a su costo marginal).

Por algun tiempo el criterio de la igualdad 4 se lo ha defendido como un mecanismo que facilita la distribución de la riqueza a diferencia del criterio de fijar precios en base a costos marginales. El argumento es de que un precio igual al costo marginal pero menor que el costo promedio resultaría en un beneficio injustificado para aquellos consumidores de grandes cantidades del bien o servicio abaratado a expensas de aquellos que usan cantidades menores, contrarrestando de esta manera el incremento en la eficiencia del sistema económico que presupone el establecer precios al nivel de los costos marginales. Pero este argumento, como señala Lerner (1964), tambien puede aplicarse en forma contraria es decir: fijar precios a un costo marginal que es mayor que el costo promedio resultaría en un injustificado beneficio para aquellos usuarios o consumidores pequeños en perjuicio de los consumidores mayores y esta injusticia debe añadirse a la disminución en la eficiencia de la economía en su conjunto.

IV COMPORTAMIENTO DE UNA EMPRESA ELECTRICA SUJETA A CONTROL

Para juzgar el nivel de precios que las empresas eléctricas cobran a los usuarios, las agencias de control del gobierno generalmente emplean el criterio de "la tasa de retorno justa". Lo que esto implica es que después de substraer los gastos de operación de los ingresos brutos de explotación, el remanente (ingresos netos) debería ser suficiente para compensar a la empresa por sus inversiones en planta y equipos. Si la tasa de retorno, computada como la relación de ingresos netos sobre el monto de inversiones (la base del retorno) se encuentra que es excesiva, los reguladores del Estado tratarán de que la empresa en cuestión reduzca sus precios. Si la tasa se considera que es muy baja o inferior a un porcentaje previamente establecido, entonces los reguladores permitirán que la empresa incremente sus precios para corregir la situación de su retorno.

EL MODELO DE AVERCH-JOHNSON

En un conocido trabajo, Averch y Johnson (1962) desarrollaron una teoría de una firma monopólica que busca maximizar ganancias sujeta a la restricción en su tasa de retorno fijada por un ente regulador. En el modelo se considera una firma monopólica (como por ejemplo una empresa eléctrica) con una función de producción dada por $q = F(x_1, x_2)$ en la cual

x_1 = base de inversiones

x_2 = trabajo

con factores de costos r_1 y r_2, respectivamente. Expresando la función de demanda inversa por $p(q)$ la firma que maximiza utilidades buscará una cantidad q que maximize

$$\max f(x_1, x_2) = p(q)\, q - r_1 x_1 - r_2 x_2 \qquad (1)$$

El objetivo expresado en (1) es para la firma que no está sujeta a regulación y la intersección de la curva de ingresos marginales con la curva de costos marginales se obtiene haciendo que $\delta f/ \delta x_i = 0$, $i = 1,2$; esto es,

$$q\, p'(q)\, \delta F/ \delta x_i + p(q)\, \delta F/ \delta x_i - r_i = 0 \qquad (2)$$

La expresión (2) también puede expresarse como

$$[q\ p'(q) + p(q)]\ \delta F/\ \delta x_i = r_i \tag{3}$$

que muestra que la firma no regulada compra sus factores de producción en los mercados competitivos de tal manera que

$$\frac{\delta F\ /\ \delta x_1}{\delta F/\ \delta x_2} = \frac{r_1}{r_2} \tag{4}$$

es decir, la relación de los productos marginales del capital y trabajo es igual a la relación de los precios de los factores. (Esta relación se denomina comúnmente la tasa marginal de sustitución técnica).

Cuando una firma es regulada, generalmente se señala una restricción en las utilidades que va a afectar la función objetivo dada por (1). Supongamos que las utilidades tienen una cota superior determinada por algun porcentaje fijo r sobre el total de las inversiones de capital. En este caso la restriccion se puede expresar como:

$$(p(q)\ q - r_2\ x_2\ )\ /\ x_1 \leq r \tag{5}$$

Asumiendo que la base inicial de inversiones de capital es cero, la desigualdad (5) indica que los ingresos totales menos los costos de mano de obra por sucre de capital no puede exceder una tasa de retorno de r% previamente señalada por el regulador. En otras palabras, si una empresa eléctrica invierte \$100 en bienes de capital cuando r = 0.08, entonces los ingresos de explotación menos los gastos de operación no pueden exceder \$8. La restricción dada por (5) entonces solamente tiene sentido si el costo del capital $r_1 < r$. En caso contrario, la empresa perdería dinero. El comportamiento de una empresa monopólica es explorado por Averch-Johnson analizando las soluciones y caracteristicas del siguiente problema de optimización económica:

$$\text{Max } p(q)\ q - r_1\ x_1\ - r_2\ x_2$$

$$\text{sujeto a: } p(q)q - r\ x_1\ - r_2\ x_2 \leq 0 \tag{6}$$

$$q = F(x_1, x_2)$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

La conjetura básica de Averch-Johnson es que en general, una solución optima de (6) provee valores (x_1^*, x_2^*) que no satisfacen (4). Esto puede verse directamente observando que si (5) es una cota en (6), entonces la solución de (4) no es factible. Lo que resulta de (6) es una solución en donde para un nivel dado de producción q_2, la empresa tiende a invertir más en capital y menos en trabajo que la solución correspondiente a los costos mínimos. Las lineas punteadas en la figura 5 representan la familia de líneas rectas $r_1 x_1 + r_2 x_2$ y las líneas sólidas representan las curvas de producción eficiente para distintas combinaciones de capital-trabajo. La naturaleza de la solución de Averch-Johnson se ilustra con el punto x en la curva q_2.

En un análisis riguroso de las condiciones necesarias de Kuhn-Tucker para una solución óptima de (6), Averch y Johnson demostraron que estas condiciones necesarias implican para una solución óptima (x_1^*, x_2^*) lo siguiente:

$$\frac{\delta F / \delta x_1}{\delta F / \delta x_2} = \frac{r_1}{r_2} - \frac{\lambda^*(r - r_1)}{(1 - \lambda^*) r_2} \tag{8}$$

donde λ^* es el multiplicador de Lagrange en el problema de optimización. Si $0 < \lambda^* < 1$ y $r > r_1$, entonces

$$(\delta F / \delta x_1) / (\delta F / \delta x_2) < r_1 / r_2 \tag{9}$$

que es el resultado algebraico equivalente a la observación anterior de que la firma escoge una combinación de trabajo-capital no eficiente; esto es, $\delta F / \delta x_1$, el producto marginal del capital es proporcionalmente menor que el producto marginal del trabajo. La variable dual λ^* puede ser interpretada como la fracción de ingresos adicionales o disminución de costos que debe ser incluída en los gastos de capital.

La conjetura original de Averch-Johnson fué de que el resultado dado por (8) implica que la empresa tenderá a sobrecapitalizarse. Esto es, de (8) se concluyó que x_1^* sería mayor que la selección de capital de la firma monopólica no regulada que quiera maximizar utilidades. Baumol y Klevorick (1970) demostraron que ésto no es necesariamente cierto. En realidad de la empresa descrita por (6) puede llegarse a las siguientes conclusiones: 1) en general la firma puede adoptar proporciones de factores diferentes a los de la combinación de costos minimos del nivel de producción q^* y 2) la relación capital-trabajo de la empresa regulada será mayor que la relación que minimiza costos para un nivel dado de producción que la firma decida producir. Pero, en general el nivel de producción será diferente. Si la producción es menor, puede utilizarse menos capital en la firma regulada que en el caso de la firma no regulada.

Otro resultado importante en el estudio de Baumol y Klevorick es que, contrario a lo que uno podia esperar, a medida que r se aproxima a r_1 (el costo del capital) el uso de capital en realidad se incrementa. En particular, ellos mostraron que

$$dr_1/dr < 0 \qquad (10)$$

para $r_1 < r < r_m$, donde r_m es la tasa de retorno sobre el capital para la firma no regulada que maximiza utilidades. Las implicaciones del resultado (10) son muy relevantes para la gestión del regulador porque a medida que se precise el verdadero costo del capital r se tendrá mayor y no menor ineficiencia en el uso del capital.

PRUEBAS EMPIRICAS DE LA TESIS DE AVERCH-JOHNSON

La mayoría de los estudios empíricos en el sector de las empresas eléctricas tienen características similares. Ciertos parámetros y relaciones de la firma regulada, derivados de las condiciones necesarias de Kuhn-Tucker para el modelo de Averch-Johnson, son estimados via las técnicas estadísticas de regresión. En cada estudio se recolecta información histórica sobre gastos de capital, combustible y trabajo y se estiman importantes parámetros, relaciones y patrones de operación. Un instrumento básico en cada estimación es la especificación de una forma particular de la función de producción para poder hacer inferencias sobre la eficiencia de producción.

Casi todos los estudios proveen alguna evidencia que soportan la tesis de Averch-Johnson que la tasa de retorno impuesta por los entes reguladores produce ineficiencias en la selección de los factores de entrada. A manera de ejemplo mencionaremos dos de los trabajos empíricos realizados.

Spann (1974) considera una investigación empírica de dos hipótesis en las empresas de servicio eléctrico, cualquiera de las cuales invalidaría las conclusiones del modelo de Averch-Johnson:

1- La restricción del ente regulador no entra en la función objetivo de la firma.

2- Las empresas reguladas no maximizan utilidades.

En el modelo de Spann se asumen formas para las funciones de producción y demanda y se las integra en el modelo de Averch-Johnson resultando el siguiente modelo:

$$\begin{aligned} &\text{Max } P(Q)\ Q(K,L,F) - wL - rK - qF \\ &\text{Sujeto a: } P(Q)\ Q(K,L,F) - wL - qF \leq sK \end{aligned} \qquad (11)$$

donde $Q(K,L,F)$ es la función de producción con K, capital; L, trabajo; y F, combustible. Los precios de los factores son r, w y q respectivamente y la función de demanda está dada por $Q = a P^{-n}$. Obteniendo las condiciones de primer orden para la solución óptima de (11), substituyendo y rearreglando términos se puede obtener la siguiente expresión

$$rK/PQ = b_1 + b_2 \log K + b_3 \log F + b_4 \log L + \lambda sK/PQ \qquad (12)$$

donde el término rK/PQ representa los pagos requeridos al capital (como una fracción de los ingresos) y sK/PQ representa los pagos permitidos al capital. De acuerdo a Spann, la expresión (12) es estimable y lo relevante es encontrar si el parámetro es significativamente diferente de cero. La ecuación de regresión resultante resultó

$$rK/PQ = .112 - .0149 \log F + .010 \log L + .00762 \log K + .661\ sK/PQ$$

en donde $\lambda = 0.661$ es estadísticamente diferente de cero (a un nivel del 0.01) lo cual significa que sí hay un impacto en la función objetivo de la firma de la restricción impuesta por el ente regulador.

En otro estudio, Courville (1975) expresó la tesis de Averch-Johnson en el siguiente modelo:

$$\text{Max } R(q) - P_f F - rP_k K$$

$$\text{Sujeto a: } R(q) - P_F F \leq sP_k K \tag{13}$$

$$q = G(K,F)$$

donde F y K representan combustible y capital, G(K,F) es la función de producción, R(q) son los ingresos, P_f y P_k son los precios de los factores, r es el costo del capital y s la tasa de retorno permitida (s > r). Obteniendo las condiciones de primer orden, para una solución óptima se obtienen dos situaciones alternativas.

$$\text{a) } \lambda^* = 0 \text{ implica } r\, P_k/P_f = G_k/G_f \tag{14}$$

$$\text{b) } \lambda^* > 0 \text{ implica } r\, P_k/P_f \geq G_k/G_f \tag{15}$$

La primera condición representa la situación para la empresa monopólica que maximiza utilidades; es decir, los productos marginales del capital y el combustible están en la misma relación que los precios de los factores de entrada. La segunda condición es el clásico efecto de Averch-Johnson en el cual el producto marginal del capital, en relación al combustible, es menor que los precios de entrada, esto es, hay sobreinversión.

Para investigar las condiciones anotadas, Courville utilizó una función de producción de Cobb-Douglas de la forma

$$q_i = m^A K_i^a F_i^b U_i^d C_i^b \tag{16}$$

donde para la firma i, U_i representa la utilización y C_i la

capacidad. K_i y F_i son los factores de capital y combustible.
Para una muestra de 110 empresas eléctricas durante el período 1960-1966, los parámetros estimados para esta función de producción fueron (usando costos de capital deflatados) los siguientes:

$$\log A = .7347 \text{ (3.46 estadístico t)}$$

$$\hat{a} = .1044 \ (3.08)$$

$$\hat{B} = .9711 \ (17.36)$$

$$\hat{d} = .3372 \ (3.04)$$

$$\hat{b} = .00012 \ (.13)$$

$$R^2 = .994$$

Los productos marginales de capital y trabajo derivados de (16) son

$$\delta q_i / \delta K_i = m^A a K_i^{a-1} F_i^b U_i^d C_i^b$$

y

$$\delta q_i / \delta F_i = m^A K_i^a B F_i^{b-1} U_i^d C_i^b \qquad (17)$$

que implica

$$(\delta q_i / \delta K_i) / (\delta q_i / \delta F_i) = a F_i / B K_i \qquad (18)$$

De lo anterior, Courville confrontó la hipótesis nula dada por

$$H_o : a F_i / B K_i - r P_{ki} / P_{fi} = 0$$

que tiene una distribución t de Student. Courville computó esta prueba estadística para 110 empresas eléctricas en tres períodos de tiempo diferentes: 1948-1950, 1951-1955 y 1960-1966. El número de veces que la hipótesis nula fue rechazada al nivel de 0.05 fue 105, 99 y 74, respectivamente para cada período. De acuerdo a estos resultados, el efecto del modelo de Averch-Johnson está definitivamente presente en las empresas eléctricas.

EFECTIVIDAD DE LA GESTION DE REGULACION

En la literatura sobre la economía de las empresas de servicios públicos sujetas a control estatal usualmente se considera que estas empresas trataran siempre de inflar su base de retorno para incrementar sus utilidades. Sin embargo, el problema se considera generalmente como un problema sobre

la valuación apropiada de la base es decir, la empresa tiene siempre el incentivo de lograr la valuación de su propiedad a un valor mayor que su costo. Esta posibilidad ha originado una constante controversia alrededor de la valuación apropiada especialmente en aspectos relacionados con costos originales versus costos de reposición y politicas de depreciación de activos.

En el modelo de Averch y Johnson el problema no radica necesariamente en la valuación del monto de inversiones sino en la adquisición de la base. Ahora la firma tiene el incentivo no solamente de sobrevaluar sus activos fijos sino también de adquirir más bienes de capital si la tasa de retorno fijada por los reguladores excede el costo de oportunidad del capital.

En la literatura encontramos numerosos trabajos en donde se analiza la efectividad de las medidas regulatorias en las empresas de servicio público tales como las del servicio eléctrico. En un conocido trabajo, Stigler y Friedland (1962) sostienen que la regulación de las empresas eléctricas no ha sido efectiva básicamente por dos razones:

1) Las empresas eléctricas no poseen un verdadero poder monopólico.

2) Los entes reguladores no pueden realmente controlar utilidades y la calidad del servicio a un nivel significativo.

Posner (1969) sugiere que existen por lo menos cuatro areas que pueden anular los efectos de una política de control de la gestión de las empresas eléctricas:

1) El carácter intermitente de la regulación permite que las utilidades en un momento dado sean mayores que las permitidas.

2) El costo del capital es difícil de definir.

3) La calidad del servicio puede ser cambiada sin que se pueda facilmente detectar las diferencias. Así, por ejemplo, una reducción de la tasa de retorno puede traer consigo una reducción correspondiente en la calidad del servicio.

4) Prácticas contables que pueden distorsionar facilmente la información de una empresa.

Para ilustrar el último punto consideremos el siguiente ejemplo. Supongamos que una empresa eléctrica tiene una base de retorno (inversiones de capital) de \$100000, costo de capital del 8%, depreciación permitida del 10% de la base y gastos de operación de \$30000, entonces los ingresos requeridos R se estiman via

$$(R - (30000 + 10000)) / 100000 = 0.08 \tag{19}$$

o R = 48000. Pero si la base de retorno es revaluada a \$120000, el costo del capital se considera al 9.5% y los gastos de operacion son \$33000, entonces

$$(R - (33000 + 12000)) / 120000 = .095 \tag{20}$$

que implica que R = 56400. Substituyendo los ingresos requeridos de \$56400 en (19), las ecuaciones reales de costos producen una rentabilidad o tasa de retorno del 16.4%. Por lo tanto, ligeras diferencias en los costos estimados nos conducen a diferencias significativas en las tasas de retorno.

V MODELOS DE MAXIMIZACION

Aunque muchos economistas asumen que las empresas eléctricas tienen una frontera de posibilidades de producción contínua, ésta es una representación no apropiada para la selección de tecnología que tienen las empresas en el sector eléctrico. Un procedimiento mas realista es asumir que las empresas están restringidas a seleccionar de entre un numero discreto de tecnologías, la tecnología apropiada para un nivel dado de capacidad. Este enfoque ha sido utilizado en numerosos trabajos y asume que la selección de tecnologias es una decision ex-ante con relaciones fijas de factores ex-post. De esta manera, el problema para el investigador es uno de modelar ex-ante el proceso de toma de decisiones.

EL VALOR ACTUAL NETO DE UNA PLANTA DE GENERACION ELECTRICA

En general el modelo de maximización de utilidades (una de cuyas variantes es el modelo de Averch-Johnson) sostiene que una empresa privada encargada del servicio eléctrico maximiza las utilidades para sus accionistas seleccionando la tecnología de generación que represente el mayor valor actual neto sujeto a la restricción de una tasa de retorno permitida. Para simplificar el modelo, asumamos que la empresa considera cada unidad generadora como un proyecto independiente. En el modelo introducido por Rothwell (1985) se muestra que el valor actual neto de una planta puede ser representado como una función de la tasa de retorno permitida (s), la tasa de descuento o costo de oportunidad del capital (r), la tasa de depreciación (d), la distribución de los gastos de construcción en el tiempo (n_t), el tiempo de construcción (L), la vida útil de la planta (T) y los costos totales de la planta y equipos (CT).

El valor actual neto, NPV_o, es la suma de los flujos de caja de la firma durante la vida de la planta descontados al año 0, el año en que la empresa empieza el proyecto de inversión. Para comparar decisiones de tecnología, el NPV_o es expresado en sucres por kilovatio-hora. Asumamos la construcción empieza en tiempo t=1 y continua hasta L, cuando la planta ingresa a la base de retorno y sea T el tiempo en el cual la planta se retira de servicio. De esta manera podemos subdividir los flujos de caja en dos períodos: construcción de 1 a L y operación de (L + 1) a (L + 1 + T). Sea L+ = L + 1 y T+ = L + 1 + T. Si solamente se incorpora una unidad a la base de retorno en el tiempo L+ entonces:

$$NPV_o = \sum_{t=L+}^{T+} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{L} \frac{CX_t}{(1+r)^t} \qquad (21)$$

donde CF_t son los flujos de caja desde t = L+ a T+, CX_t son los gastos de construcción de la planta desde t =1 a L y r es la tasa de descuento a tiempo cero.

Los flujos de caja son iguales a los ingresos totales, RV_t, menos los gastos, EX_t, es decir, $CF_t = RV_t - EX_t$. Por efectos del control de las empresas eléctricas, los ingresos totales igualan al producto de la tasa de retorno permitida, s, con la base de retorno, RB_t, más depreciación, DB_t, y más gastos de operación, EX_t, es decir: $RV_t = s. RB_t + DB_t + EX_t$, donde se asume que se aplica un valor fijo de s durante la vida de la planta. El flujo de caja de L+ a T+ es igual al retorno sobre la base más depreciación, es decir, $CF_t = s.RB_t + DB_t$.

En el primer año de operación, RB_L es igual al costo de la planta, PT. En cada año, la base de retorno decrece por la depreciación que en el modelo se asume lineal (cantidad de depreciación es uniforme durante la vida útil de la planta) a una tasa d. La depreciación anual es igual al producto de d y PT. Bajo estas condiciones, $RB_t = [1 - d.(t - L - 1)].PT$. El flujo de caja durante cada año es entonces función de s, d, L y PT:

$$CF_t = PT.(s.[1 - d.(t - L - 1)] + d) \qquad (22)$$

Representando los gastos anuales como una fracción del total de los gastos, es decir, $CX_t = m_t . PT$, donde m_t denotan los porcentajes de gastos ponderados para cada año, el NPV_o puede ser expresado como

$$NPV_o = PT. \sum_{T=LT}^{T+} \frac{[S+d-S.d.(t-L-1)]}{(1+r)t} - PT \sum_{t=1}^{L} \frac{m+}{(1+r)t}$$

$$= PT . SD - PT . MD \qquad (23)$$

donde $SD = \sum_{t=L+}^{Tt} \frac{[S+d-S.d.\ (t-L-1)]}{(1+r)t}$

$MD = \sum_{t=1}^{L} \frac{mt}{(1+r)t}$

La ecuación (23) sugiere que las empresas eléctricas que maximizan utilidades tratarán siempre de maximizar el flujo de caja descontado generado por la operación de la planta y de minimizar el costo descontado de la inversión.

El modelo anterior de maximización de utilidades puede ajustarse para incluír otros factores tales como: 1) métodos para compensar a la empresa por el costo del capital durante la etapa de construcción; y 2) desface entre las resoluciones del ente regulador y el tiempo en que ocurren los incrementos en costos variables.

Entre los estudios empíricos que muestran resultados que soportan el modelo de maximización de utilidades citaremos Joskow y Mishkin (1977), Ellis y Zimmerman (1983) y Rothwell (1985). En este último, se acepta la tesis de maximización de utilidades y se rechaza la influencia de la diferencia entre la tasa de retorno permitida y el costo del capital que Baumol y Klevorick (1970) habían encontrado como significativa en la sobrecapitalización de las empresas.

MAXIMIZACION DE INGRESOS

En el modelo de maximización de ingresos las empresas eléctricas tratan de maximizar ingresos sujetos a una tasa de retorno permitida por el ente regulador y a la restricción de su costo del capital. Los ingresos son iguales al retorno de la base mas depreciación y mas gastos de operación. Los ingresos totales por kilovatio-hora descontados a una tasa de descuento r son

$$DTR = \sum_{t=L+}^{T+} (S.RB_t + DB_t + EX_t)$$

$$= PT.SD + EV \qquad (24)$$

Obsérvese que (24) representa la suma del flujo de caja generado por la planta durante su vida útil más los gastos variables (gastos de operación) en cada año de operación descontados a valor actual. De esta manera, podemos ver que las firmas que maximizan ingresos trataran siempre de maximizar los costos variables. Estudios que consideran modelos de maximización de ingresos incluyen Baumol y Klevorick (1970), Bailey y Malone (1970) y Rothwell (1985).

VI MODELOS DE MINIMIZACION

Ahora consideremos los modelos de minimización de costos y de ingresos. El modelo de costos tiene por lo menos tres variantes: minimización de costos totales descontados (DTC), minimización de costos fijos descontados (DFC) y minimización de costos variables descontados (DVC). El primero ha sido usado ampliamente en trabajos empíricos sobre la selección de tecnología en las empresas eléctricas y los dos restantes en realidad son modelos incluídos en el modelo de costos totales.

El modelo de costos totales descontados puede ser representado por:

$$DTC = \sum_{t=1}^{L} \frac{CX_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=L+}^{T+} \frac{EX_t}{(1+r)^t}$$

$$= PT \,.\, MD + EV \qquad (25)$$

De acuerdo a (25) la firma que minimiza costos fijos minimiza el valor actual de los gastos de construcción por kilovatio-hora, PT.MD; y la firma que minimiza costos variables tratara de minimizar el valor actual de los gastos de operación por kilovatio-hora (EV) durante la vida útil de la planta.

En los modelos de minimización de ingresos la idea básica es encontrar el valor mínimo de los ingresos que se requiere para la operación adecuada de la empresa, es decir, un nivel de ingresos que mantenga la integridad financiera de la empresa, permita atraer capitales para inversiones en planta y compense a los inversionistas. En una versión, el modelo de ingresos requeridos descontados (DRR), la empresa tratara de minimizar las variables del modelo de maximización de ingresos totales, es decir:

$$DRR = \text{Min} \, [\, PT.SD + EV \,] \qquad (26)$$

De la relación (26) podemos ver que en este caso la empresa tratará de minimizar el flujo descontado de caja generado por la operación de la planta así como los gastos de operación descontados.

El enfoque de minimización de costos ha sido rechazado en numerosos estudios empíricos tales como Spann (1974), Courville (1974), Petersen (1975), Atkinson y Halvorsen (1980) y Rothwell (1985). Una de las conclusiones importantes de estos estudios es que si bien es cierto no se encuentra que los modelos de minimización de costos y de ingresos reflejen adecuadamente el comportamiento de las empresas eléctricas, esto no quiere decir que necesariamente la regulación y control de las empresas por parte de entes estatales sea ineficiente. En realidad, parece que la regulación de las empresas ha reducido en alguna medida el comportamiento de maximizar utilidades que se encuentra como el patrón general de las empresas eléctricas privadas en numerosos estudios empíricos.

VII CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han presentado varios modelos económicos que pretenden explicar el comportamiento de una empresa eléctrica. Aunque los modelos básicamente surgen de la necesidad de explicar el comportamiento de empresas privadas encargadas de un servicio público como el de la energía eléctrica que es generalmente supervisado y regulado por un ente estatal, también pueden aplicarse para el caso de las empresas eléctricas del sector público.

En el enfoque de maximización de utilidades, las empresas eléctricas sujetas a regulación pueden presentar el denominado efecto de Averch-Johnson que no es otra cosa que el incentivo que tiene una firma de escoger una combinación de trabajo-capital no eficiente en donde el producto marginal del capital es proporcionalmente menor que el producto marginal del trabajo; es decir, la empresa muestra tendencias a sobrecapitalizarse.

La presencia del efecto de Averch-Johnson, detectado en numerosos estudios empíricos, representa un factor limitante en la efectividad del trabajo de regulación de las empresas eléctricas.

De la comparación de los modelos de comportamiento mencionados en el presente estudio, se puede concluir que los resultados empíricos en varios trabajos refuerzan la tesis que las empresas eléctricas privadas, aunque reguladas, tratan al igual que las demas firmas de maximizar utilidades y no necesariamente de minimizar costos.

Las conclusiones anteriores nos plantean criterios que pueden ayudarnos a entender el comportamiento histórico de la única empresa eléctrica privada que opera en el Ecuador: Empresa Eléctrica del Ecuador, Inc. (EMELEC). En este sentido, dos aspectos serían interesantes de investigarse: la determinación empírica de si alguna vez se presentó el efecto de Averch-Johnson en la gestión de EMELEC y el análisis de la efectividad de la labor de regulación de las actividades de esta empresa.

REFERENCIAS

Atkinson, S. y R. Halvorsen, "A Test of Relative and Absolute Price Efficiency in Regulated Utilities," The Review of Economics and Statistics 62, 1 (Febrero 1980) pp 81-88.

Averch, H.., y L. L. Johnson, "Behavior of the Firm Under Regulation Constraint," American Economic Review, 52, (Diciembre 1962).

Bailey, E. E., y S. C. Malone, "Resource Allocation and the Regulated Firm," Bell Journal of Economics, 1, 1970.

Baumol, W. J., y A. K. Klevorick, "Input Choices and Rate of Return Regulation: An Overview," Bell Journal of Economics, 1, 1970.

Courville, L., "Regulation and Efficiency in the Electric Utility Industry," Bell Journal of Economics, 6, 1975.

Ellis, R. P. y M. Zimmerman, "What happened to Nuclear Power: A Discrete Model of Technology Adoption," Review of Economics and Statistics 65, 2 (Mayo 1983), pp 234-42.

Joskow, P. y F. S. Mishkin, "Electric Utility Fuel Choice Behavior in The United States," International Economic Review, 18, 3 (Octubre 1977) pp. 719-36.

Lerner, A. P., "Conflicting Principles of Public Utility Rate Regulation," Journal of Law and Economics, 1964 vol. 12.

Olsen, C. E., "Public Utility Regulation in Practice and its impact on Electricity Demand and Production," en Studies in Electric Utility Regulation (C. J. Cicchetti, ed.). Cambridge, Mas: Ballinger Publishing Company, 1975.

Petersen, H. C., "An Empirical Test of Regulatory Effects," Bell Journal of Economics, 6, 1975.

Posner, R. A., "Measuring the Success of Regulation in Terms of Its Economic Effects," Stanford Law Review (Febrero 1969).

Rothwell, G., "Comparing Models of Electric Utility Behavior," Social Science Working Paper 588, California Institute of Technology (Noviembre 1985).

Spann, R. M., "Rate Of Return Regulation and Efficiency in Production- An Empirical Test of Averch-Johnson Thesis," Bell Journal of Economics, 5, 1974.

Stigler, G.J., y C. Friedland, "What can Regulators Regulate?.

The Case of Electricity," Journal of Law and Economics, 5
(Octubre 1962).