

RELACIONES ENTRE LOS MERCADOS SPOT Y DE FUTUROS: EL CASO DEL SECTOR ELÉCTRICO⁺

RAÚL GARCÍA C.⁺; TATIANA NARIO^{♦♦} y CRISTHIAN FLORES A.^{♦♦♦}

Resumen

Las relaciones entre los diferentes tipos de mercados en los cuales se puede transar un producto, en particular la relación entre los mercados spot y los mercados a futuro, ha sido objeto de una serie de análisis recientes. En particular, luego de un proceso de liberalización y reformas en actividades como la provisión de electricidad, una serie de modelos teóricos y estudios empíricos han mostrado cómo un mercado de contratos desarrollado y competitivo puede influir en los incentivos de los generadores para ejercer o no poder de mercado en las bolsas de energía o mercados spot y explicar algunos comportamientos estratégicos que de otra forma serían difíciles de identificar. En este documento se revisan los principales modelos que desarrollan estas ideas, la experiencia internacional relevante y se discuten algunas implicancias para el análisis de competencia en el mercado eléctrico peruano.

⁺ Las opiniones vertidas en el presente documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente son compartidas ni comprometen las instituciones donde laboran. Asimismo, los autores agradecen los invalorable comentarios de Gonzalo Ruiz, así como aquellos realizados por el lector anónimo designado por la Revista los cuales ayudaron a precisar la notación y mejorar las explicaciones.

[♦] Economista y Magister en Regulación de Servicios Públicos por la Pontificia Universidad Católica del Perú, Profesor de la Pontificia Universidad Católica del Perú y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Actualmente se desempeña como Especialista en la Oficina de Estudios Económicos – OSINERGMIN en actividades relacionadas con el apoyo a los procesos regulatorios, el seguimiento del sector energético y cálculo de sanciones.

^{♦♦} Bachiller en Economía por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y alumna de la Maestría de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Economista de la Oficina de Estudios Económicos – OSINERGMIN.

^{♦♦♦} Bachiller en Economía por la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Asistente de Cátedra del Curso de Economía y Organización Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Economista de la Secretaría Técnica de la Comisión de Defensa de la Libre Competencia del INDECOPI.

I. Introducción

Los bienes y servicios se pueden transar en diferentes tipos de mercado. En algunos casos, la forma predominante puede ser las transacciones en mercados al contado o *spot* y en otros las ventas mediante contratos de corto, mediano y largo plazo con precios preestablecidos. Estos últimos mercados se han creado debido a la necesidad de cubrir algunos riesgos asociados a la volatilidad de los precios *spot* y a los riesgos de cantidad o de entrega física de los productos como suele suceder en el caso de los *commodities*. La interacción entre estos dos mercados ha empezado a ser estudiada por la Teoría de la Organización Industrial a partir de los trabajos de Allaz y Vila (1993) y extendida a diferentes industrias, destacando sus aplicaciones en el sector eléctrico, las cuales se revisarán en el presente documento.

El presente artículo, en primer lugar, presenta un modelo básico de competencia a lo Cournot en el que se ilustran los efectos en el mercado de la introducción de contratos a futuro con precios preestablecidos. En una segunda sección, se discute acerca de los modelos más avanzados de “supply function equilibria”, más adecuados para mercados con altos niveles de incertidumbre. En una tercera sección, se analizan las aplicaciones más importantes de dichos modelos al análisis de la competencia en el sector eléctrico, tanto para evaluar *ex-post* el desempeño de los mercados, particularmente en el mercado de Inglaterra y Gales, como para simular sus posibles efectos en mercados liberalizados. Por último, en una cuarta sección se discutirán algunas implicancias de estos modelos para analizar las condiciones de competencia en el mercado eléctrico peruano teniendo en cuenta los cambios recientes en su diseño.

II. El modelo de Cournot con contratos bilaterales

Se considera una empresa i cuya producción (q_i) incluye las cantidades que ha pactado en contratos de venta con sus clientes (q_{ci}) a un precio (pc_i) y la diferencia entre la cantidad que produce y la contratada ($q_i - q_{ci}$) la puede vender o comprar al mercado *spot* al precio P_S , el cual podría ser mayor o menor al precio pactado en el contrato. Este tipo de transacciones son comunes en mercados como el eléctrico y, en general, en los mercados donde exista un precio muy volátil, lo cual genera la necesidad de firmar contratos a futuro, donde la entrega del producto más que una responsabilidad física implica una responsabilidad financiera, pues de no colocar la cantidad contratada en el mercado *spot* lo que tendría que hacer el vendedor es comprarlo en la bolsa o mercado mayorista. Bajo este contexto, los ingresos de la firma (IT_i) quedan expresados como:

$$IT_i = qc_i pc_i + (q_i - qc_i) P_S(Q_T)$$

Donde:

- ▶ qc_i : cantidad pactada en el contrato.
- ▶ pc_i : precio pactado en el contrato.
- ▶ P_S : precio *spot* o precio del mercado.
- ▶ q_i : cantidad total producida por la firma.
- ▶ Q_T : cantidad total producida en el mercado $\left(Q_T = \sum_{i=1}^T q_i\right)$.

Se considera que la firma se encuentra en el largo plazo y tiene la siguiente estructura de costos:

$$CT_i = cq_i$$

Donde:

- ▶ c : costo marginal.
- ▶ q_i : cantidad total producida por la firma i .

Asumiendo que la cantidad contratada (qc_i) y el precio acordado en el contrato (pc_i) son independientes del precio de mercado o precio *spot* (P_S), es decir, que se pactaron antes (modelos más avanzados introducen una interacción más directa entre ambos mercados), que el costo marginal de la firma (CM_g) es independiente de la cantidad producida, y que la firma puede ejercer influencia negativa en el precio *spot* a través de una mayor cantidad vendida (formalmente $P_S(Q_T)$ o demanda inversa); los beneficios de la firma i ($\pi_i = IT_i - CT_i$) quedarían expresados de la siguiente manera:

$$\pi_i(Q) = pc_i qc_i + (q_i - qc_i) \times P_S(Q_T) - cq_i$$

La empresa maximiza beneficios cuando:

$$\frac{\partial \pi}{\partial q_i} = P_S + (q_i - qc_i) \frac{\partial P_S}{\partial Q_T} \frac{\partial Q_T}{\partial q_i} - c = 0$$

Con el fin de obtener una expresión en términos de la elasticidad de la demanda (ε), y luego el Índice del Lerner (L_i), consideramos en primer lugar que $\partial Q_T / \partial q_i = 1^1$ y multiplicamos y dividimos el segundo término de la ecuación anterior por Q_T / P_S de la siguiente manera:

¹ Recordar que en competencia a lo Cournot se asume que las derivadas cruzadas son cero, es decir, que la empresa toma como dadas las cantidades de las otras empresas

$$P_s(Q_T) + (q_i - qc_i) \underbrace{\frac{\partial P_s}{\partial Q_T} \frac{Q_T}{P_s}}_{1/\varepsilon} - c = P_s(Q_T) + \frac{(q_i - qc_i)}{Q_T} \cdot \frac{1}{\varepsilon} \cdot P_s - c = 0$$

$$\underbrace{\frac{P_s(Q_T) - CMg}{P_s(Q_T)}}_{L_i} = - \underbrace{\frac{(q_i - qc_i)}{Q_T}}_{ss_i} \cdot \frac{1}{\varepsilon} \Rightarrow L_i = - \frac{ss_i}{\varepsilon}$$

Donde:

- ▶ $L_i = \frac{P_s(Q_T) - CMg}{P_s(Q_T)}$: Índice de Lerner de la firma i en un contexto de contratos bilaterales.
- ▶ $ss_i = \frac{q_i - qc_i}{Q_T}$: participación de la firma i en el mercado spot neta de sus contratos.

Si $ss_i = 0$ (es decir, que la cantidad contratada coincide con la producida en el mercado *spot*), el Índice de Lerner L_i sería igual a cero. Esto significa que en un contexto donde las firmas comercializan toda su producción mediante contratos bilaterales a futuro, éstas no tienen incentivos para ejercer poder de mercado (es decir, modificar sus niveles de producción con el objetivo de influir sobre el precio *spot*). La intuición detrás de este resultado es que una empresa con importantes obligaciones adquiridas en los contratos tiene un alto riesgo de intentar obtener ganancias extraordinarias en el mercado *spot* pues otra empresa ofertando un precio menor, pero todavía superior al costo marginal, puede desplazarla, haciendo que termine comprando las cantidades necesarias para cumplir con sus contratos a un precio mayor al costo marginal. Incluso puede darse el caso que una empresa “*sobre contratada*” pueda tener incentivos a declarar por debajo de su costo marginal tal como indican Arellano (2000) y De la Cruz y García (2002).

Por ejemplo, si la demanda tiene elasticidad unitaria ($\varepsilon = -1$) y ss_i en equilibrio es 0,3, el índice de Lerner (L_i) y el “*mark-up*” (v) serían²:

$$L_i = - \frac{ss_i}{\varepsilon} = - \frac{30\%}{-1} = 30\% \qquad v_i = \frac{L_i}{1 - L_i} = \frac{30\%}{1 - 30\%} = 42.9\%$$

² $v_i = \frac{P - c_i}{c_i}$

En este contexto, la firma i tendría incentivos para ejercer poder de mercado reflejándose dicha influencia en un “*mark-up*” de 42.9%.

Si la demanda es elástica ($\varepsilon = -1.5$) y ss_i en equilibrio es 90%, el índice de Lerner (L_i) y el “*mark-up*” (v_i) serían:

$$L_i = -\frac{ss_i}{\varepsilon} = -\frac{90\%}{-1.5} = 60\% \qquad v_i = \frac{L_i}{1 - L_i} = \frac{60\%}{1 - 60\%} = 150\%$$

En este contexto, aun cuando la demanda tiene alguna elasticidad, si la firma tiene un bajo nivel de contratación, ello hará que la empresa pueda ejercer su poder de mercado en el mercado *spot* reflejándose dicha influencia en un “*mark-up*” de 150%.

Un punto importante en el análisis es que la coincidencia entre el nivel de contratación y la producción, que haría óptimo ofertar al costo marginal, es una condición endógena, por lo que es difícil identificar *a priori* estas cantidades. Una alternativa es suponer que las empresas contratan la cantidad de competencia perfecta. Sin embargo, la forma cómo funciona la competencia en el mercado de contratos determinará los niveles de contratación. Si en el mercado de contratos existe poder de mercado, ello hará que los consumidores igual se vean afectados. Como veremos más adelante, ambos mercados deben modelarse de forma conjunta para tener mejores intuiciones sobre este resultado.

A continuación se muestra cómo se puede calcular el equilibrio tomando como dadas las cantidades contratadas y suponiendo que el precio de los contratos ya está fijado antes de iniciar la competencia en el mercado *spot*, considerando una demanda lineal y costos marginales constantes. Se tiene un mercado donde existen dos empresas (compitiendo a lo Cournot), en el mercado *spot* enfrentan una función inversa de demanda dada por $P = 400 - Q$.

Si suponemos que las empresas 1 y 2 poseen unos costos marginales iguales a 35 y 15 respectivamente, y se han comprometido mediante contratos a futuro por 55 y 40 unidades, y que los precios de los contratos a futuro vienen dados ($P_C = 150$), entonces la primera empresa maximizará la siguiente función:

$$\begin{aligned} \pi_1(Q) &= 8250 + (q_1 - 55)(400 - q_1 - q_2) - 35q_1 \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = 0 &\rightarrow q_1 = \frac{420 - q_2}{2} \quad (i) \end{aligned}$$

Y la segunda empresa también maximizará su función de beneficios dada por:

$$\pi_2(Q) = 6000 + (q_2 - 40)(400 - q_1 - q_2) - 15q_2$$

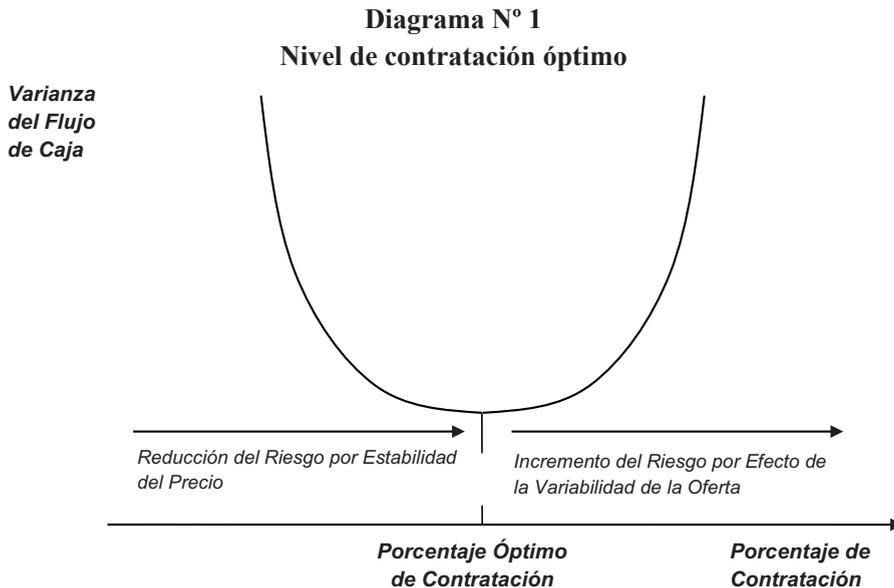
$$\frac{\partial \pi_2}{\partial q_2} = 0 \rightarrow q_2 = \frac{425 - q_1}{2} \quad (ii)$$

Y reemplazando (ii) en (i) obtenemos $q_1 = 138.33$ y $q_2 = 143.33$:

Si suponemos que ninguno vende en el mercado de contratos a futuro, las cantidades producidas son las de Cournot: $q_1 = 115$ y $q_2 = 135$, las cuales, como se pueden ver, son menores.

Respecto al nivel de contratación, este dependerá de una serie de factores tales como el nivel de incertidumbre sobre la evolución de los precios *spot*, el grado de aversión al riesgo de las empresas y la exposición a *shocks* de disponibilidad de recursos. Por ejemplo, las centrales hidroeléctricas tienen el problema de la variabilidad de su potencia disponible, lo que reduce su nivel de contratación óptimo respecto a otras tecnologías. En el Diagrama N° 1 podemos observar que al inicio, realizar contratos de largo plazo reduce la variabilidad del flujo de caja de las empresas y éstas, se exponen menos a las ventas a precios variables. Sin embargo, pasado cierto nivel, el riesgo de no poder cumplir con los contratos y tener que comprar en el mercado *spot* empieza a incrementar la volatilidad del flujo de caja de las empresas (más detalles y cálculos para el mercado peruano se pueden ver en García (2008)).

Una discusión más detallada de los modelos de equilibrio oligopólico en los mercados de contratos de electricidad se puede encontrar en Bushnell (2006), donde se generalizan los resultados para n empresas asumiendo la condición de no arbitraje entre mercados (es decir, que el precio en el mercado de contratos es igual al precio esperado en el mercado *spot*), calculándose las cantidades a contratar y los precios. En dicho artículo, también se evalúa mediante simulaciones el efecto comparado de incrementar la elasticidad de la demanda en el mercado *spot* versus el fomento de la competencia en el mercado de contratos, que, tal como se pudo ver en el Índice de Lerner derivado en la primera sección, son medidas alternativas de fomento de la competencia.



Fuente: García (2008)

III. El modelo de funciones de oferta con contratos bilaterales

El Modelo de “Supply Function” (Klemperer y Meyer (1989)) describe la relación *precio-cantidad* que una empresa está dispuesta a ofrecer en el mercado. Este modelo surgió para describir situaciones donde las empresas buscan ofertar de manera óptima en presencia de incertidumbre. Este modelo es importante porque nos enseña que los resultados de los modelos de competencia en precios (Bertrand) o cantidades (Cournot) no alcanzan el nivel óptimo de precios y cantidades cuando existe incertidumbre en la demanda. Es decir, no son óptimas *ex-post* una vez conocida la demanda real; por lo que no existe un único *precio-cantidad*, sino un conjunto de combinaciones óptimas, siendo más realista pensar que las empresas se adaptan a los “*shocks*” en la demanda ajustando simultáneamente precios y cantidades. Cuando hay incertidumbre la demanda residual es estocástica, incluso en equilibrio, y por tanto hay un conjunto de puntos óptimos, uno por cada realización de la demanda.

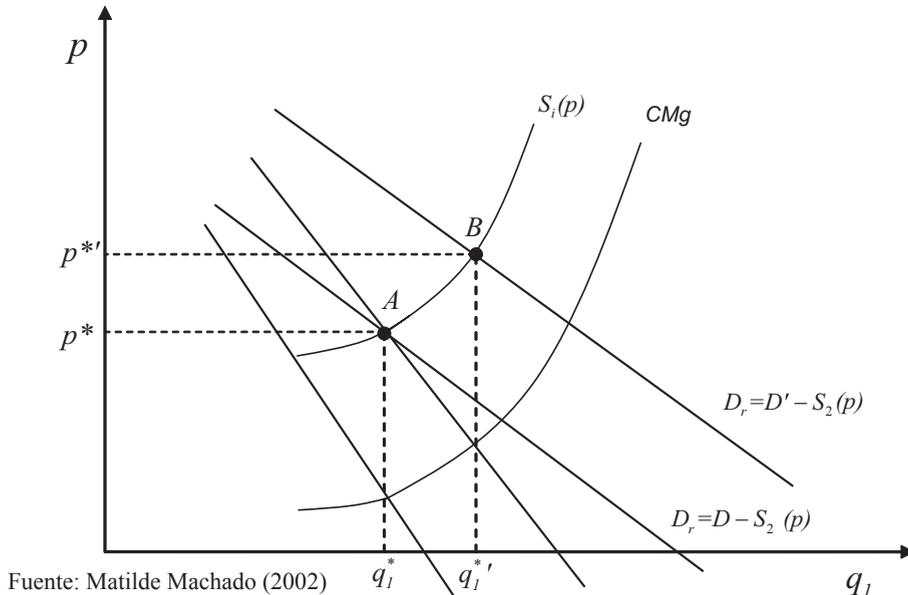
Por otro lado, Grossman (1981) y Hart (1985) estudiaron el Modelo de Funciones de Oferta sin incertidumbre, detectando dos tipos de problemas: en primer término, existe multiplicidad de equilibrios (introduciendo la incertidumbre se limita la multiplicidad de equilibrios); y en segundo, modelar las firmas bajo

una función de oferta ya no sería muy lógico pues las empresas conocerían con certeza sus demandas residuales y podrían simplemente fijar precios o cantidades para maximizar beneficios.

Los supuestos del modelo planteado por Klemperer y Meyer son los siguientes: i) producto homogéneo, ii) empresas son simétricas (tecnologías idénticas), iii) duopolio i, j (generalizable para más empresas), iv) la incertidumbre es unidimensional y exógena, v) las estrategias de las empresas no afectan su curva de costos marginales, vi) se analiza solamente el caso de equilibrio simétrico y el caso de estrategias puras y, v) se analiza un único periodo.

En el Diagrama N° 2, se presenta la forma como se construye la función de oferta óptima de las empresas, considerando dos curvas de demanda, las que dan origen a curvas de demanda residuales en base a las cuales las empresas eligen sus cantidades y precios óptimos como si fueran monopolistas (puntos A y B). Repitiendo este ejercicio para otros casos se puede construir la curva $S_i(p)$.³

Diagrama N° 2
Equilibrio con Funciones de Oferta (incertidumbre en la demanda)



Fuente: Matilde Machado (2002)

³ Se representa la demanda residual para la empresa 1, dada la estrategia de la empresa 2, en este caso la oferta de la empresa 2, S_2 .

Siguiendo a Kemplerer y Meyer (1989), Newbery (1998) y Vives (2001), la forma analítica de la función de oferta óptima se puede obtener para el caso del duopolio simétrico partiendo de una demanda agregada estocástica (donde ε es un escalar) de la forma:

$$Q = D(p, \varepsilon), \quad \varepsilon \in [\underline{\varepsilon}, \bar{\varepsilon}], \quad D_p < 0, \quad D_{pp} < 0, \quad D_\varepsilon > 0$$

Uno de los supuestos va a ser que el shock desplaza la curva de demanda agregada paralelamente, es decir $D_{p\varepsilon} = 0$

Asimismo, en relación a la función de costos se asume lo siguiente:

$$c(q), \quad c'(q) \geq 0, \quad c''(q) \geq 0, \quad q \geq 0$$

Después de la realización de ε , se determina el precio y cantidades de equilibrio, como:

$$D(p^*(\varepsilon), \varepsilon) = S_i(p^*(\varepsilon)) + S_j(p^*(\varepsilon))$$

La diferencia con respecto a la situación de certidumbre es que ahora la curva de demanda residual es estocástica. Esto implica que la función de oferta óptima es la que maximiza los beneficios esperados (dada la función de oferta del rival) y también es óptima *ex post* (después de conocerse ε). La demanda residual para cualquier precio p es:

$$D_i(p, \varepsilon) = D(p, \varepsilon) - S_j(p)$$

Dado el supuesto $D_\varepsilon > 0$, las curvas de demanda residual no se interceptan para distintos ε y la curva de oferta óptima intercepta $D_i(p, \varepsilon)$ una sola vez. Dado que la curva de oferta tiene que ser óptima para cada una de las posibles realizaciones de ε , el problema se simplifica haciendo la maximización condicional en ε , es decir como si se observase ε . El problema de la empresa i es⁴:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{S_i(p)} E_\varepsilon [pS_i(p) - C(S_i(p))] \\ \text{s.a. : } & S_j(p) \\ & D(p, \varepsilon) = S_i(p) + S_j(p) \end{aligned}$$

⁴ En este caso se está maximizando el valor esperado del beneficio, denotado por E [.]

Se puede escribir como:

$$\text{Max}_p E_\varepsilon \left[p \left(\underbrace{D(p, \varepsilon) - S_j(p)}_{\text{Demanda Residual dado } \varepsilon} \right) - C \left(\underbrace{D(p, \varepsilon) - S_j(p)}_{\text{Demanda Residual dado } \varepsilon} \right) \right]$$

La condición de primer orden para i es:

$$\frac{\partial E_\varepsilon}{\partial p} = D(p, \varepsilon) - S_j(p) + [p - C'(D(p, \varepsilon) - S_j(p))] [D_p(p, \varepsilon) - S_j'(p)] = 0$$

$$S_j'(p) = \frac{S_i(p)}{p - C'(S_i(p))} + D_p(p, \varepsilon(2S(p), p))$$

El equilibrio simétrico satisface:

$$S'(p) = \frac{S(p)}{p - C'(S(p))} + D_p(p) = f(p, S)$$

Miremos primero las funciones que solucionan los dos casos extremos:

$$\begin{aligned} f(p, S) = 0 &\Leftrightarrow S^{0'}(p) = 0 \\ f(p, S) = \infty &\Leftrightarrow S^{0'}(p) = \infty \end{aligned}$$

La solución a la primera ecuación (primer caso extremo) corresponde al modelo de Cournot (se asume que la cantidad del rival es fija):

$$S'(p) = \frac{S^0(p)}{p - C'(S^0(p))} + D_p(p) = 0 \Leftrightarrow IM = CMg \Leftrightarrow p + \frac{S^0(p)}{D_p} = C'(S^0(p))$$

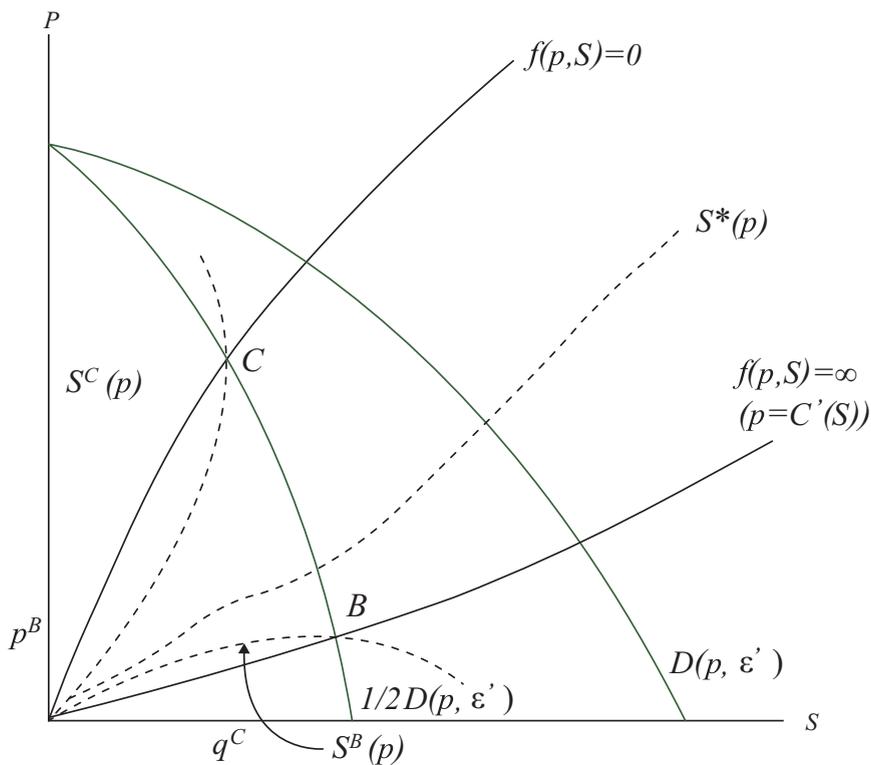
La solución a la segunda ecuación (segundo caso extremo) corresponde al resultado de competencia perfecta o Bertrand:

$$S'(p) = \frac{S^\infty(p)}{p - C'(S^\infty(p))} + D_p(p) = \infty \Leftrightarrow p = C'(S^\infty(p))$$

En el Diagrama N° 3 se puede observar que el resultado correspondiente a cualquier valor de ε es intermedio entre el resultado que se podría obtener si las firmas compiten a lo Cournot y el resultado que se obtiene si las firmas compiten

a lo Bertrand. Para un valor dado de ε igual a ε' , se grafica la función de demanda. El punto C , en la intersección de $f = 0$ con $1/2D(p, \varepsilon')$ representa la cantidad y precio para cada firma en el equilibrio de Cournot. Por otro lado, el punto B en la intersección de $f = \infty$ con $1/2D(p, \varepsilon')$ representa el equilibrio de Bertrand.

Diagrama N° 3
Equilibrio con Funciones de Oferta (incertidumbre en la demanda)



Fuente: Klemperer y Meyer (1989)

Dado que cualquier función de Oferta de Equilibrio se interseca con $1/2D(p, \varepsilon')$ entre los puntos C y B , el precio y la cantidad en cualquier función de oferta de equilibrio están entre los niveles de Cournot y Bertrand, para cualquier valor realizado de ε .

A continuación, se analiza cómo afecta la introducción de contratos en este tipo de modelos en base a Green (1999), donde se asumen algunos supuestos que simplifican el análisis tales como funciones de oferta lineales.

El precio de equilibrio en el mercado *spot* implica que las cantidades (q) producidas por las empresas (i y j) deben igualar a la demanda a un precio dado (p^*). Asumiendo una demanda cuasi lineal, ello implica que se cumpla:

$$A - bp^* = q_i(p^*) + q_j(p^*) \quad (1)$$

Donde $A > 0$ y $b > 0$ son escalares.

La función de beneficios de la empresa i sería:

$$\pi_i = p^*(q_i(p^*) - x_i) + fx_i - C_i(q_i(p^*)) \quad 2 \quad (2)$$

Donde $(q_i(p^*) - x_i)$ es la cantidad que vende la empresa i en el mercado *spot* y x_i es la cantidad contratada, de manera que el beneficio es la suma de ingresos de las ventas en el mercado *spot* y en el mercado de contratos (al precio f) menos los costos de producción.

Asumiendo una función de costos cuadrática de la forma: $c_i(q_i) = 0.5c_i q_i^2$ (lo que implica costos marginales lineales iguales a $c_i q_i$), reemplazando (1) en (2) y derivando la ecuación (2) respecto al precio, se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{d\pi_i}{dp} = A - bp - q_j(p) - x_i + (p - c_i(A - bp - q_j(p))) \left(-b - \frac{dq_j}{dp} \right) \quad (3)$$

Igualando a cero la expresión (3) (condición de primer orden) y reordenando se obtiene la función de oferta que maximiza los beneficios para cada nivel de precios:

$$q_i = x_i + (p - c_i q_i(p)) \left(b + \frac{dq_j}{dp} \right) \quad 4 \quad (4)$$

Vemos que para cualquier función de oferta de equilibrio, una firma producirá una cantidad igual a la cantidad cubierta por los contratos si el precio iguala al costo marginal. Cuando la producción es mayor (menor) que las ventas contratadas, el precio será mayor (menor) que el costo marginal.

El siguiente paso planteado por Green es asumir funciones de ofertas lineales de la forma $q_i = \alpha_i + B_i p$, por lo que la ecuación (4) se expresa como:

$$\alpha_i + \beta_i p = x_i + (p - c_i(\alpha_i + \beta_i p))(b + \beta_j) \quad 5 \quad (5)$$

Esta ecuación se cumple para todos los puntos de la función de oferta (esto es, para cualquier valor de p) si:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_i &= x_i - c_i \alpha_i (b + \beta_j) \\ \beta_i p &= p(1 - c_i \beta_i)(b + \beta_j) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Cuyas soluciones son:

$$\alpha_i = \frac{x_i}{1 + c_i(b + \beta_j)} \quad \beta_i = \frac{b + \beta_j}{1 + c_i(b + \beta_j)} \quad (7)$$

Asumiendo funciones de oferta lineales, el precio de equilibrio en el mercado *spot* es:

$$\begin{aligned} (A - bp &= \alpha_i + \beta_i p + \alpha_j + \beta_j p) \\ p &= \frac{1}{b + \beta_i + \beta_j} \left(A - x_i \frac{\beta_i}{b + \beta_j} - x_j \frac{\beta_j}{b + \beta_i} \right) \quad 8 \quad (8) \end{aligned}$$

Mientras que la producción de las firmas se deduce de sus funciones de oferta:

$$q_i = \frac{\beta_i}{b + \beta_i + \beta_j} \left(A - x_j \frac{\beta_j}{b + \beta_i} + x_i \right) \quad 9 \quad (9)$$

Para modelar el mercado de contratos se asume que las firmas tienen el mismo costo marginal, lo que quiere decir que sus funciones de oferta en el mercado *spot* tienen la misma pendiente.

Otro supuesto, es que los compradores en el mercado de contratos son neutrales al riesgo con expectativas racionales, por lo que el precio en el mercado de contratos, f , se iguala al precio esperado en el mercado *spot*. Por lo tanto, el precio que están dispuestos a pagar depende de la cantidad de contratos:

$$f = \frac{1}{2\beta + b} \left(A - \frac{\beta}{\beta + b} (x_i + x_j) \right) \quad 10 \quad (10)$$

Dado que los precios futuros son iguales a los precios *spot* esperados, se puede escribir el beneficio (ecuación 2) en términos del precio futuro y del producto:

$$\pi_i = f(x_i, x_j) q_i(x_i, x_j) - \frac{1}{2} c q_i(x_i, x_j)^2 \quad 11 \quad (11)$$

Diferenciando la expresión anterior respecto a los contratos, se tiene:

$$\frac{d\pi_i}{dx_i} = \frac{df}{dx_i} q_i + (f - c q_i) \frac{dq_i}{dx_i} + \left(\frac{df}{dx_i} q_i + (f - c q_i) \frac{dq_i}{dx_i} \right) \frac{dx_j}{dx_i} \quad 12 \quad (12)$$

Usando la expresión (4) para reemplazar $(q_i - x_i)/(\beta + b)$ por $f - c q_i$ (dado que en equilibrio $f = p$), simplificando, ordenando la ecuación (12) y asumiendo la condición de primer orden se obtiene la siguiente función de ventas en el mercado de contratos:

$$x_i = -q_i \frac{(2\beta + b) \frac{dx_j}{dx_i}}{\beta + b - \beta \frac{dx_j}{dx_i}} \quad (13)$$

La expresión anterior permite establecer las ventas en el mercado de contratos de acuerdo a las conjeturas que asuman las firmas respecto a la conducta de sus rivales.

Una firma con conjeturas del tipo “Bertrand” ($dx_j / dx_i = -1$) cubrirá toda su producción esperada en el mercado de contratos, mientras que una firma con conjeturas del tipo “Cournot” ($dx_j / dx_i = 0$) no venderá en el mercado de contratos.

Así, con conjeturas “Bertrand”, es decir, considerando un precio efectivamente fijo, la maximización de beneficios implica que la empresa produzca hasta un nivel tal que su costo marginal iguale el precio, vendiendo vía contratos todo este producto.

Veamos un ejemplo. Asumamos un duopolio con empresas simétricas, con una función de demanda lineal $D(p) = 50 - 0.75p$, y además, que el costo marginal es: $CMg = 1.5q$.

Dado que las dos empresas son simétricas, cada empresa recibe la mitad de la demanda: $D(p)_i = \frac{1}{2} (50 - 0.75P)$.

Se analizarán dos casos: cuando las empresas producen una cantidad igual a la cantidad de contratos y cuando ninguna empresa tiene cantidades contratadas, es decir, todo se negocia en el mercado *spot*.

Caso 1: ($x_i = q_i$)

$$\frac{1}{2} (50 - 0.75P) = q_i$$

La empresa produce una cantidad igual a la cantidad cubierta por los contratos cuando el precio es igual al costo marginal:

$$\frac{1}{2} [50 - (0.75) (1.5q_i)] = q_i$$

$$25 = 1.5625 q_i$$

$$q_i = 16 ; Q = 2 q_i = 32$$

Reemplazando Q en la función de demanda obtenemos $P = 24$:

Caso 2: ($x_i = 0 \rightarrow \alpha_i = 0$)

$$\frac{1}{2} [A - bp] = q_i = \alpha_i + \beta_i p \dots$$

(14)

De la ecuación (7), obtenemos β :

$$\beta_i = \frac{b + \beta_j}{1 + c_i(b + \beta_j)}$$

$$1.5\beta^2 + 1.125\beta - 0.75 = 0$$

$$\beta = \frac{-1.125 \pm \sqrt{1.125^2 - 4(1.5)(-0.75)}}{2(1.5)}$$

$$\beta = 0.4254 \vee \beta = -1.1754$$

Ya que la cantidad debe ser positiva seleccionamos $\beta = 0.4254$

Luego reemplazamos β en (14):

$$p = 31.23$$

Reemplazando en la función de demanda, obtenemos:

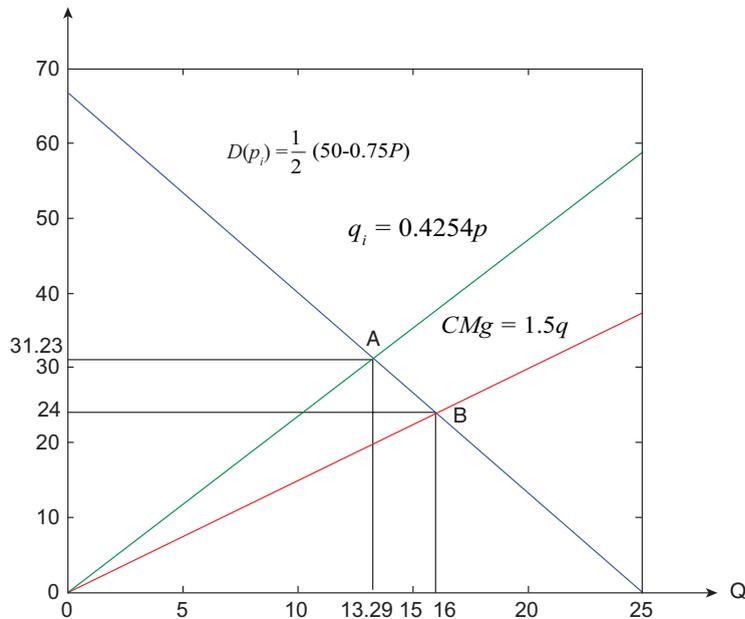
$$q = \frac{1}{2} [50 - 0.75 (31.23)]$$

$$q = 13.29; Q = 2q_i = 26.58$$

Como se puede observar en el Diagrama N° 4, cuando todo se vende vía contratos el precio es menor y la cantidad mayor (Punto B), a diferencia del caso 2 (Punto A) en el que todo es vendido en el mercado *spot*, en este caso el precio es mayor y la cantidad menor. En el siguiente Diagrama N°4 se muestra la solución de la empresa *i* para los dos casos.

Diagrama N° 4

Precios y cantidades para casos de mercado con contratos y sin contratos



Fuente y Elaboración: Propia

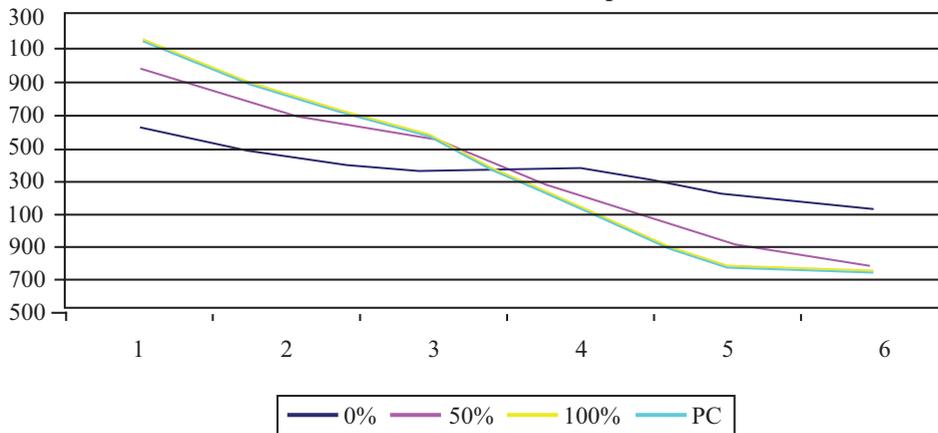
En el Anexo 1 se discute brevemente el modelo más general de Newbery (1998) derivándose las funciones de oferta para n empresas y cuando se introducen contratos bilaterales.

IV. Análisis empírico aplicado al sector eléctrico

Arellano (2000, 2004) discute la posibilidad de liberalizar el mercado eléctrico chileno, en el sentido que los precios a nivel mayorista surjan de una bolsa de energía y no sean producto de una operación a mínimo costo basada en la disponibilidad de las centrales y la auditoría de costos. Entre sus conclusiones destaca la posibilidad de que las empresas ejerzan un poder de mercado significativo, por lo que considera esta opción como no recomendable. La metodología usada es la calibración de un modelo de Cournot con franja competitiva. Entre las medidas mitigadoras del poder de mercado Arellano evalúa tres: la venta de activos térmicos, la venta de activos hidráulicos y la obligación de contratar a largo plazo. El modelo fue estimado suponiendo que los productores contratan un porcentaje “ x ” de su producción, el que se calcula en relación a la producción que se observaría si el equilibrio fuera competitivo. Este supuesto permite incorporar el hecho de que el monto contratado no necesariamente es constante a lo largo del mes. Cuando $x = 0\%$, el equilibrio de mercado replica al equilibrio Cournot, mientras que cuando las empresas están totalmente contratadas, $x = 100\%$, el equilibrio de mercado es prácticamente idéntico al equilibrio competitivo.

En el caso de las centrales hidroeléctricas, que pueden realizar un uso estratégico de sus embalses, se encontró que el mayor cambio en el comportamiento se observa en el caso de la empresa Endesa. Esta empresa no sólo aumenta en forma notoria su producción a partir de plantas térmicas, sino que además asigna proporcionalmente más agua a los períodos de mayor demanda y proporcionalmente menos a los períodos de menor demanda. El resultado de que mientras más contratada está la empresa, más eficiente es la asignación intertemporal del agua se refleja claramente en el Gráfico N° 1. La empresa utiliza más agua cuando está sub –contratada (períodos de alta demanda) y pasa lo contrario cuando está sobre-contratada. Estos resultados difieren de lo encontrado por Scott (1998), quien encuentra una relación positiva entre el nivel de contratos y la producción total a partir de plantas hidráulicas. Las simulaciones desarrolladas por Arellano (2004) indican en cambio, que la producción hidráulica total no cambia el producto de los contratos; lo que cambia –en particular se torna más eficiente– es la asignación intertemporal del agua.

Gráfico N° 1
Generación Hidráulica de la la Empresa Endesa



Fuente: Arellano (2004)

Asimismo, Arellano (2004) observa que mientras las empresas adquieren más contratos los precios y los *mark-ups* son menores, mientras que las cantidades son mayores. En particular, cuando las generadoras venden toda su producción bajo contratos, el equilibrio es muy parecido al equilibrio competitivo. Además, los precios se acercan a los costos marginales mientras el nivel de contratación se incrementa.

Cuadro N° 1
Indices de Lerner

Periodo	Cantidad Contratada=0%		Cantidad Contratada=50%		Cantidad Contratada=100%	
	Endesa	Gener	Endesa	Gener	Endesa	Gener
1	76.4%	38.4%	53.3%	24.7%	0%	0%
2	74.7%	41.2%	51.2%	25.8%	0%	0%
3	73.3%	43.5%	49.6%	26.7%	0%	0%
4	70.3%	48.5%	46.2%	28.5%	0%	0%
5	67.8%	48.2%	42.8%	30.3%	-1%	0%
6	66.0%	45.3%	38.5%	32.6%	0%	0%

Fuente: Arellano (2004)

Los siguientes cuadros muestran los principales resultados, considerando una elasticidad de la demanda de $-1/3$:

Cuadro N° 2
Resultados de Simulación del Modelo Base de Equilibrio Competitivo

Periodo	Qt1	Qt2	QT	Qh1	Qh2	QH	QF	P
1	673.1	944.4	1617.5	2133.1	0	2133.1	420.5	29.4
2	673.1	944.4	1617.5	1802.6	0	1802.6	420.5	29.4
3	673.1	944.4	1617.5	1564.1	0	1564.1	420.5	29.4
4	673.1	944.4	1617.5	1116.3	0	1116.3	420.5	29.4
5	673.1	944.4	1617.5	764.7	0	764.7	420.1	28.9
6	566.2	944.4	1510.6	743.7	0	743.7	416.6	26.0

Fuente: Arellano (2004)

Cuadro N° 3
Resultados de Simulación del Modelo de Cournot para un nivel de contratación del 0%

Periodo	K1	K2	Qt1	Qt2	QT	Qh1	Qh2	QH	QF	P
1	0	0	258.4	944.4	1202.8	1618.5	0	1618.5	441.2	47.2
2	0	0	258.4	944.4	1202.8	1453.7	0	1453.7	437.5	44.0
3	0	0	258.3	944.4	1202.7	1334.5	0	1334.5	434.9	41.7
4	0	0	0	944.4	944.4	1369.0	0	1369.0	429.9	37.4
5	0	0	0	867.7	867.7	1221.1	0	1221.1	426.6	34.6
6	0	0	0	773.6	773.6	1127.0	0	1127.0	424.5	32.8

Fuente: Arellano (2004)

Cuadro N° 4
Resultados de Simulación del Modelo de Cournot para un nivel de contratación del 50%

Periodo	K1	K2	Qt1	Qt2	QT	Qh1	Qh2	QH	QF	P
1	1403.1	472.2	454.6	944.4	1399.0	1967.6	0	1967.6	429.1	36.7
2	1237.8	472.2	454.6	944.4	1399.0	1720.1	0	1720.1	427.2	35.1
3	1118.6	472.2	454.6	944.4	1399.0	1541.3	0	1541.3	425.9	34.0
4	894.7	472.2	454.6	944.4	1399.0	1205.4	0	1205.4	423.4	31.8
5	718.9	472.2	454.6	944.4	1399.0	931.3	0	931.3	421.2	29.9
6	655.0	472.2	454.6	944.4	1399.0	758.2	0	758.2	418.8	27.8

Fuente: Arellano (2004)

Cuadro N° 5
Resultados de Simulación del Modelo de Cournot para un nivel de
contratación del 100%

Periodo	K1	K2	Qt1	Qt2	QT	Qh1	Qh2	QH	QF	P
1	2806.2	944.4	673.1	944.4	1617.5	2134.7	0	2134.7	420.5	29.3
2	2475.7	944.4	673.1	944.4	1617.5	1804.6	0	1804.6	420.5	29.3
3	2237.2	944.4	673.1	944.4	1617.5	1566.2	0	1566.2	420.5	29.3
4	1789.4	944.4	673.1	944.4	1617.5	1118.4	0	1118.4	420.5	29.3
5	1437.8	944.4	673.1	944.4	1617.5	756.3	0	756.3	420.3	29.1
6	1310.0	944.4	566.4	944.4	1510.8	743.6	0	743.6	416.6	26.0

Fuente: Arellano (2004)

Donde:

K_i : Cantidad de energía contratada de la firma i

Q_{ti} : Cantidad de energía producida en Central Térmica por la firma i

Q_{hi} : Cantidad de energía producida en Central Hidráulica por la firma i

Q_F : Cantidad de energía producida por la Franja competitiva

P : Precio

La literatura indica que mientras un productor tenga mayor cantidad de contratos firmados, sus beneficios estarán determinados por el precio del contrato y, por lo tanto, no tendrán incentivos para manipular el precio *spot*, ya que este precio tiene menor impacto en sus beneficios.

En los Cuadros N° 3, 4 y 5 podemos observar que cuando las empresas tienen un menor porcentaje de contratos sobre su producción, las cantidades producidas son menores y los precios mayores. Por otro lado, cuando el 100% de su producción está contratada, las cantidades son mayores y los precios menores. En este caso, el equilibrio converge al equilibrio competitivo.

En este caso, la empresa Gener tiene la posibilidad de ejercer poder de mercado cuando la demanda es baja, pero cuando es posible la firma de contratos a largo plazo, no puede ejercer poder de mercado aun en periodos de baja demanda. Por otro lado, en el caso de Endesa se observa que mientras los niveles de contratación se incrementan, la asignación horaria de los recursos hídricos se acerca a la asignación eficiente.

Otro estudio en el que se analiza el efecto de los niveles de contratación sobre la competencia dentro de un análisis de poder de mercado, es el realizado por Wolfram (1999) para el mercado eléctrico inglés. Este estudio estima el parámetro de conducta θ para este mercado concluyendo que osciló entre 0.05 y 0.10 para los meses analizados del año 1993 y 1994. Este nivel era menor al predicho en los modelos teóricos. Asimismo, también encontró que la existencia de contratos entre generadores y clientes tiene un efecto menos importante que el predicho, una reducción de 20% sólo se traduce en un incremento del *mark-up* de 2%.

Un caso de especial interés lo representa la crisis del mercado de California, uno de los principales fracasos de las reformas en el sector eléctrico. Este mercado inició sus operaciones en el año 1998, cayendo en una crisis en el año 2000 producto de una serie de factores coyunturales y estructurales así como de una serie de problemas de suministro de gas natural, restricciones de transmisión y un incremento inesperado de la demanda en un verano especialmente caluroso⁵. Un aspecto importante de la reforma consistió en prohibir a las distribuidoras, que pertenecían a un mismo grupo, comprar directamente la energía a las generadoras mediante contratos sino que debían comprar en el mercado *spot* (administrado por el Power Exchange) recientemente creado. Esta medida se tomó para incentivar el mercado *spot* y se basaba en la expectativa de que los precios en este mercado tenderían a disminuir producto de la mayor competencia. Sucede que en una coyuntura de crisis, esta medida habría exacerbado la posibilidad de ejercer poder de mercado por parte de los generadores, lo cual se tradujo en pérdidas enormes para las empresas distribuidoras que tenían congelados sus precios finales (ver Joskow y Kahn (2002)). Una lección de acuerdo con Joskow (2001) es que se debe fomentar la contratación de largo plazo de los mercados eléctricos como forma predominante de realizar negocios en el sector eléctrico.

Por otro lado, la vinculación entre el mercado *spot* y el mercado de contratos tiene una serie de implicancias para la creación de mecanismos de formación de precios en mercados más administrados. En particular, si se fijase un precio para los contratos basado en un *pass trough* de los precios *spot*, como puede ser un media móvil, mecanismo propuesto y usado en algunas experiencias para mitigar la volatilidad del precio *spot*; ello tendría algunos problemas pues vincula directamente los precios de contratos a los precios *spot*, cuando justamente la desvinculación entre ambos es lo que genera incentivos a no ejercer poder de mercado en el mercado *spot*.

⁵ Ver el capítulo 6 de Dammert, García y Molinelli (2008) para más detalles.

V. Implicancias de política para el caso peruano

El diseño del mercado eléctrico peruano, plasmado en la Ley de Concesiones Eléctricas de noviembre de 1992, se basó en la reforma pionera de Chile realizada una década antes⁶. En este diseño no existe propiamente un mercado *spot* mayorista donde las empresas puedan ofertar precios y cantidades sino que este opera al mínimo costo, siendo una entidad denominada COES (Comité de Operación Económica del Sistema) la encargada de efectuar dicha labor. En el marco regulatorio peruano, la única forma de comprar electricidad para la demanda (tanto “*libre*” como “*regulada*”) es mediante contratos de mediano y largo plazo. Este tipo de contratos a precios estables es usado para manejar la volatilidad y les conviene tanto a los generadores como a los compradores. Cuando el precio del contrato es mayor al precio *spot*, el comprador (empresa distribuidora o cliente libre) cubre del riesgo al vendedor y cuando el precio *spot* es mayor que el precio de contrato, el vendedor cubre al comprador.

Sin embargo, a ello hay que añadir el riesgo de entrega física o riesgo cantidad. Es decir, aquellos generadores que no lograron abastecer todo lo contratado en el despacho (el cual se realiza a mínimo costo mediante las decisiones que toma el operador del sistema eléctrico o COES) entran en déficit y tienen que comprar la energía a otros generadores. En el caso en que los precios *spot* están por encima del precio regulado y los generadores tienen que comprar al precio *spot*, éstos incurren en pérdidas financieras, como suele suceder para las centrales hidroeléctricas. En otros casos, en una central térmica puede ocurrir lo contrario como cuando hay un año de hidrología húmeda y no se utilizan tanto las centrales térmicas⁷.

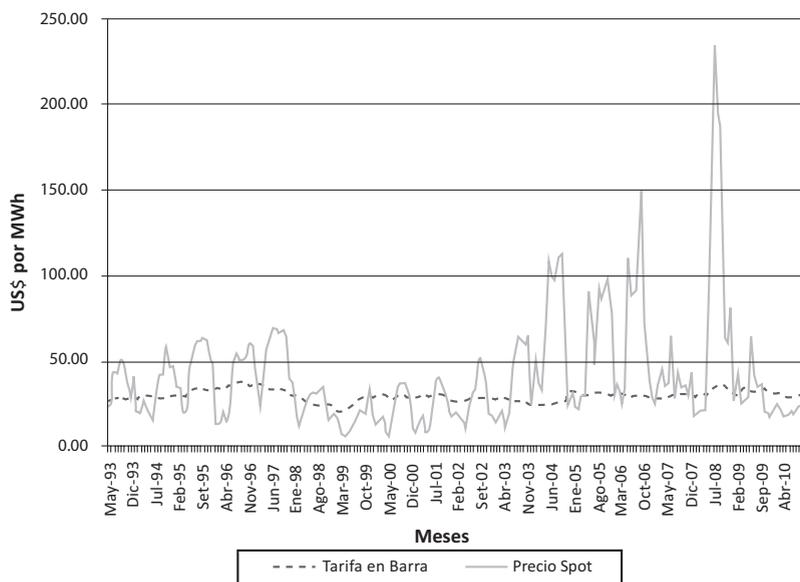
Dado que en el Perú ningún agente puede comprar electricidad sin el respaldo de un contrato, y que ello influiría en el comportamiento del mercado *spot*, disciplinando a las empresas, un primer análisis indicaría que el énfasis de las políticas de monitoreo de la competencia debería asociarse más con el comportamiento en las licitaciones de los contratos de largo plazo de las distribuidoras y la competencia en el mercado libre. Sin embargo, si bien esta conclusión es razonable, existe una serie de excepciones que muestran la necesidad de seguir analizando en detalle las interacciones entre ambos mercados. Un primer caso, estaría relacionado con los precios de contratos asociados a los precios *spot*, como sucede en algunos contratos de clientes libres, donde el poder de mercado, ejercido de forma indirecta mediante

⁶ Ver detalles de la reforma en Dammert, Gallardo y García (2005).

⁷ Ver detalles en la sección 7 del capítulo 3 de Dammert, García y Molinelli (2008).

la declaración de indisponibilidades y otras prácticas puede incidir en los precios de otros mercados. Otros casos, pueden ser el comportamiento como grupo de algunos agentes cuyo nivel de contratación no sea tan alto, en cuyo caso pueden incrementar sus ganancias declarándose indisponibles.

Gráfico N° 2
Evolución del precio spot y tarifa en barra de energía en el Perú
(1993 – 2010)



Fuente: OSINERGMIN - GART

Elaboración: Propia

En este contexto, un mayor precio *spot* genera ganadores y perdedores, por lo que el incentivo para ejercer poder de mercado en el mercado *spot* no es uniforme, aunque éste sea indirectamente generado por indisponibilidades o mantenimientos que excedan el tiempo programado. Ello ocurre en particular en el caso de aquellos generadores que reciben una ganancia neta al estar poco contratados o donde la ganancia por el mercado *spot* supere una eventual pérdida por comprar más caro para cumplir con algún requerimiento contractual, la cual puede ser menor dependiendo del perfil de demanda de los clientes.

Otro comportamiento que se ha identificado en este tipo de mercados (Galetovic (2000)) es la posible existencia de conductas estratégicas de los generadores

como declarar la disponibilidad de agua al operador del sistema para no tener que comprar caro en el mercado *spot* y poder cumplir con los contratos por parte de las generadoras hidroeléctricas. En particular, se ha observado en el mercado chileno un uso ineficiente del agua embalsada a lo largo del tiempo que dio origen a algunas crisis como la de 1999.

En particular, Galetovic (2000) menciona que cuando la energía es escasa, vale más porque existe un costo de oportunidad, es decir, en periodos de escasez existen compensaciones por energía no servida. Por ejemplo, en el caso chileno, el costo de oportunidad de consumir un KWh adicional es el costo de falla, alrededor de 18 centavos de dólar por KWh. Esto generaría que todos consuman eficientemente y no ocurran cortes. Sin embargo, este mecanismo nunca se ha implementado debido a la falta de incentivos por parte de los generadores para autorregular eficientemente el consumo.

Galetovic (2000) explica que el precio *spot* al que los generadores intercambian energía es igual al costo de oportunidad del agua embalsada. Si se usa más agua embalsada el precio *spot* cae, si se usa menos agua embalsada el precio *spot* aumenta. Lo que ocurre es que, en tiempos de escasez no se paga el costo de oportunidad y la tasa de uso del agua embalsada es ineficientemente rápida. En este caso existe un problema de *moral hazard* porque los precios en escasez hacen que los generadores deficitarios no internalicen el costo de esa escasez; lo que ellos buscan es presionar para que el agua embalsada sea usada de manera ineficientemente rápida, lo que finalmente aumenta la posibilidad de una escasez. Entonces, si un generador está *sobre-contratado* va tener incentivos para incurrir en este tipo de comportamientos. Ello originará una serie de ineficiencias en el despacho de electricidad así como una volatilidad de los precios *spot* mayor a la necesaria, por las correcciones en las proyecciones de disponibilidad de recursos a la que se verá obligado el operador del sistema eléctrico.

Por último, documentos como el de Arellano (2004) se han enfocado en analizar las posibles consecuencias de la liberalización de los mercados *spot* y los posibles efectos sobre la competencia, incluyendo el rol de los contratos a largo plazo.

VI. Esquema de licitaciones de contratos en el Perú

La legislación actual en el Perú establece que la provisión de la demanda de los usuarios regulados debe estar permanentemente asegurada mediante contratos. La tarifa eléctrica se determinaba administrativamente bajo criterios de largo plazo

lo cual generó una serie de críticas pues no tomaba en cuenta las situaciones de abundancia o escasez de un momento en particular.

El año 2004, ante un incremento notable de precios de corto plazo, producto de un crecimiento no previsto de la demanda y de una baja afluencia hidrológica, no se renovaron los contratos de algunas empresas distribuidoras y se produjo una crisis. Si bien no era posible cortar el suministro de los usuarios regulados, quienes pagan por sus consumos, no existía la obligación a los generadores de renovar estos contratos al precio regulado y muchos no tenían interés pues el precio de corto plazo resultaba más atractivo. Es así que en el año 2006, se aprueba la Ley N° 28832, “Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación” mediante la cual se buscó:

- Reemplazar la tarifa administrativa (que involucra riesgo regulatorio y problemas de información en su cálculo) por una tarifa obtenida mediante procesos de licitación efectuados con un grado razonable de competencia y que permitan brindar de manera adecuada las señales de escasez a tiempo.
- Efectuar las licitaciones con suficiente anticipación para cubrir el grueso de las proyecciones de crecimiento y permitir la participación de nuevos agentes.
- Las subastas son en sobre cerrado bajo la modalidad “*pay as bid*”, en los que cada postor cobra el valor ofertado y no el marginal.
- Este esquema sería más adecuado que uno de “*reloj descendente*”, es decir, empezando con un precio alto y reducirlo hasta eliminar el exceso de oferta, en mercados con bajo número de actores.

La idea básica es reducir el riesgo de las empresas así como las barreras de entrada (máximos niveles de competencia) al mercado de contratos de energía. En definitiva, se trata de que el Gobierno pueda ejercer su papel de garante de una política y planificación energética nacional adecuada y protector de los usuarios regulados. Las subastas son convocadas por las empresas distribuidoras y OSINERGMIN calcula un precio máximo de reserva, por encima del cual no se adjudica. Dicho precio no es revelado salvo que sea superado por las ofertas. Sistemas similares han sido implementados en Brasil y Chile (ver Caravia y Saavedra (2005) para un análisis del caso chileno).

En las licitaciones de los contratos de corto plazo se observa que los precios promedio de las ofertas estuvieron aumentando desde el 2006 al 2009. Asimismo, al analizar la información se aprecia que la desviación estándar de las ofertas en muchos casos es menor al 1%. Sin embargo, ello no necesariamente es evidencia de prácticas concertadas pues en el sector, dada la disponibilidad de información y

Iniciados en 2008	Hidrandina -	1	04/01/2008	Desierto	-	-	-	-	-	No revelado
	Electro Nor Oeste	2	28/02/2008	Desierto	-	-	-	-	-	No revelado
	- Electrocentro -	3	31/03/2008	19,1%	9.93	-	-	-	-	No revelado
	Electro Ucayali	4	30/04/2008	3,3%	10.13	-	-	-	-	10.50
Iniciados en 2009	Electro Sur Medio	3	24/10/2008	Desierto	-	-	-	-	-	No revelado
	Luz del Sur -	1	22/10/2008	30%	12.89	13.49	15.27	12.62	1.21	13.20
	Edecañete	2	12/12/2008	Desierto	-	14.40	16.05	12.74	1.00	No revelado
	Hidrandina -	1	30/01/2009	Desierto	-	13.66	13.91	13.41	0.35	11.28
Iniciados en 2009	Electronoroeste	2	27/02/2009	8,1%	11.44	11.97	12.55	11.44	0.56	11.70
	-Electronorte -	3	02/06/2009	21,9%	10.66	10.66	10.88	10.47	0.21	No revelado
	Electrocentro	1	26/03/2009	Desierto	-	13.84	17.55	12.40	1.46	12.30
	Edelnor	2	03/06/2009	80%	12.23	12.53	15.03	11.43	0.82	13.10
Iniciados en 2009	Electrocentro	3	22/07/2009	12%	12.93	13.23	15.03	12.86	0.59	13.10
	Luz del Sur	1	04/06/2009	8,8%	12.99	13.53	15.52	12.96	0.93	13.10
	Electro Tocache	1	21/08/2009	Desierto	-	-	-	-	-	No revelado
	Electro Sur Medio	1	24/08/2009	Desierto	-	-	-	-	-	No revelado

Fuente: OSINERGMIN - GART

la experiencia de muchos años en proyecciones de los precios en barra, existirían algunos puntos focales respecto a los precios esperados.

Por otro lado, en el caso de los contratos de largo plazo, los precios han sido menores respecto a los contratos de corto plazo, lo cual pudo deberse a la coyuntura en que se firmaron los contratos de corto plazo, especialmente complicada, a la mayor competencia debido a la posibilidad de participación de empresas que todavía no tienen centrales (gracias a la anticipación con que se contrata, de por lo menos tres años) y al mayor plazo de los contratos (por lo menos de ocho años), lo cual presumiblemente reduciría los incentivos a la colusión tácita pues se tendría que esperar mucho tiempo para esperar la respuesta de los rivales. Estos resultados se habrían logrado pese a que en los contratos a largo plazo los generadores incurren en un mayor riesgo de incumplimiento pues existen riesgos como el de construcción y el atraso en la entrada en operación de las centrales. En particular, en la última subasta, los precios fueron menores a los esperados teniéndose casi toda la demanda contratada para los próximos años, con las implicancias que ello supone en los incentivos de las empresas dentro del mercado *spot*.

Sin embargo, es necesario indicar que todavía no se ha hecho un análisis detallado del nivel de competencia en las subastas de contratos y las estrategias de las empresas, y es una tarea pendiente por parte de OSINERGMIN e INDECOPI.

Los diferentes tipos de conductas de los generadores se deben ir identificando con herramientas de monitoreo de los mercados donde en base a indicadores de concentración por horas, el cálculo de las ofertas residuales por período o la identificación de los generadores pivotaes, se puedan identificar las estrategias de los generadores. Es más, tal como indica la revisión realizada, estos indicadores deben sofisticarse para incorporar en la medida de lo posible la forma como puede cambiar su lectura con la introducción del efecto de las obligaciones contractuales de las empresas. Estas herramientas también permitirían mejorar las opiniones del INDECOPI sobre los procesos de fusiones horizontales.

Cuadro N° 7
Resultados de Procesos de Licitación Pública de Largo Plazo – Ley N° 28832

Año	Licitación	Convocatoria	Fecha	Cubierto	Potencia Adjudicada (MW)	Precio Ponderado de Ofertas (ctms. S./ KWh)	Precio Máximo de Adjudicación	Periodo
Iniciados en 2009	Edelnor – Luz del Sur –	1	14/04/10	100%	649.89	12.61	12.50	2014 - 2025
	Electro Sur Este – Electro Sur Oeste – Electro Puno y Electro Sur	2	02/09/10	100%	30.83	9.97	No revelado	
Iniciados en 2010	Luz del Sur – Edelnor – Edecañete – Electro Oriente y Electro Dunas	1	18/11/10	100%	669.57	10.86	No revelado	2014 - 2023

Fuente: OSINERGMIN - GART

Referencias

- ALLAZ, Blaise y VILA, Jean-Luc (1993). “Cournot Competition, Forward Markets and Efficiency”. *Journal of Economic Theory*, Vol. 59, pp.1-16.
- ARELLANO, Soledad (2002). “Diagnosing Market Power in Chile’s Electricity Industry”. Documento de Trabajo N° 214. Universidad de Chile.
- BUSHNELL, James (2006). “Oligopoly Equilibria in Electricity Contract Markets”. *University of California Energy Institute*. CSEM WP 148R.
- CARAVIA, Francisco y Eduardo SAAVEDRA (2005) Subastando la Energía para Clientes Regulados: Un Análisis de Equilibrio. ILADES Georgetown University (mimeo).
- DAMMERT, Alfredo; GALLARDO, José y GARCIA, Raúl (2005). “Reformas Estructurales en el Sector Eléctrico Peruano”. Documento de Trabajo N° 5. Lima: Oficina de Estudios Económicos - Osinergmin.

- DAMMERT, Alfredo; GARCIA, Raúl y MOLINELLI, Fiorella (2008). Regulación y Supervisión del Sector Eléctrico. Fondo Editorial de la PUCP.
- DE LA CRUZ, Ricardo y GARCIA, Raúl (2002). “Mecanismos de Competencia en Generación y su Impacto en la Eficiencia: El Caso Peruano”. Proyecto Breve N° 46, Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES).
- CARAVIA, Francisco y SAAVEDRA, Eduardo (2005). “Subastando la Energía para Clientes Regulados : Un Análisis de Equilibrio”. Universidad Alberto Hurtado. Chile.
- GALETOVIC, Alexander (2000). “Crisis de Abastecimiento. ¿Por qué ocurren en Chile?”. Club de La Unión.
- GARCIA, Raúl (2008) “Propuesta de un mercado de capacidad vía contratos de cobertura como mecanismo para mejorar el manejo de riesgos y la confiabilidad en el suministro de electricidad”. Tesis para optar el título de Magíster en Regulación de Servicios Públicos en la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- GARCIA, Raúl (2006). “¿Por qué no Firman Contratos los Generadores con las Distribuidoras de Electricidad?”. Revista Peruana de Derecho de la Empresa. N° 62: Hidrocarburos y Electricidad.
- GARCIA, Raúl y PÉREZ – REYES, Raúl (2006). “Condiciones de Competencia en el Sector Eléctrico Peruano”. Documento de Trabajo N° 25. Lima: Oficina de Estudios Económicos - Osinergmin (mimeo).
- GENC, Talat y REYNOLDS, Stanley (2010). “Supply Function Equilibria with Capacity Constraints and Pivotal Suppliers”.
- GREEN, Richard (1999). “The Electricity Contract Market in England and Wales”. *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 47, Issue 1, pp. 107-124.
- GROSSMAN, Sanford (1981). “Nash Equilibrium and the Industrial Organization of markets with large fixed costs”. *Econometrica*, Vol. 49, pp. 1149-1172.
- HART, Oliver (1985). “Monopolistic Competition in the Spirit of Chamberlin : A General Model”. The Society for Economic Analysis Limited, pp. 529-546.
- HARVEY, S. y W. HOGAN (2000). “California Electricity Prices and Forward Market Hedging”. *LECG, LLC – John F. Kennedy School of Government, Harvard University*.
- JOSKOW, Paul (2001) “California’s Electricity Crisis”. *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 17, N° 3.
- JOSKOW, Paul y KAHN, Edward (2002). “A Quantitative Analysis of Pricing Behavior in California’s Wholesale Electricity Market during Summer 2000”. *The Energy Journal*, Vol. 23, N° 4, pp. 1-35.
- KLEMPERER, P. y MEYER, M. (1989). “Supply Function Equilibria in Oligopoly Under Uncertainty”. *Econometrica*, Vol. 57, pp. 1243-1277.

- MACHADO, Matilde (2002). “Modelación de Mercados Eléctricos”. Presentación en OSINERGMIN.
- MARTIN, Stephen (2002). “Advanced Industrial Economics”. Segunda edición. Blackwell: Massachusetts.
- NEWBERY, David (1998) “Competition, Contracts and Entry in the Electricity Spot Market”. *RAND Journal of Economics*, Vol. 29, N° 4, pp. 726-749.
- SCOTT, Tristram (1998). “Hydro reservoir management for an electricity market with long term contracts”. Tesis Doctoral. *Thesis, University of Canterbury*.
- STOFT, Steven (2002). “Power System Economics: Designing Markets for Electricity”. Wiley-IEEE Press. En www.stoft.com se pueden encontrar referencias adicionales sobre los temas tratados en este libro.
- VIVES, Xavier (2001). “Precios y Oligopolio: Ideas Clásicas y Herramientas Modernas”. Madrid: Antoni Bosch Editor.
- WOLFRAM, Catherine (1999). “Measuring Duopoly Power in British Electricity Spot Market”. *The American Economic Review*.

Apéndice I

El Modelo General de Supply Function con introducción de Contratos (Newbery, 1998)⁸

Siguiendo a Newbery (1998), la forma analítica de la función de oferta óptima se puede obtener de maximizar la siguiente función de beneficios asociada al tiempo (cuando es necesario realizar diferentes ofertas como en los pools de electricidad):

$$\pi_i(p, t) = p \cdot (D(p, t) - q_j(p)) - C(D(p, t) - q_j(p))$$

Las condiciones de primer orden pueden ser escritas como:

$$\frac{d\pi_i}{dp} = p \cdot \left(D_p - \frac{dq_j}{dp} \right) + (D(p, t) - q_j(p)) - C'() \cdot \left(D_p - \frac{dq_j}{dp} \right) = 0$$

$$p \cdot D_p - p \cdot \frac{dq_j}{dp} + D(p, t) - q_j(p) - C'() \cdot D_p + C'() \cdot \frac{dq_j}{dp} = 0$$

$$(p - C'()) \cdot \frac{dq_j}{dp} = D(p, t) - q_j(p) + (p - C'()) \cdot D_p$$

Entonces, la condición de primer orden implica que:

$$\frac{dq_j}{dp} = \frac{q_i}{p - C'(q_i)} + D_p$$

Si la solución es simétrica entonces:

$$\frac{dq}{dp} = \frac{q}{p - C'(q)} + D_p$$

⁸ Este modelo fue trabajado cuando se discutía en la Oficina de Estudios Económicos de OSINERGMIN las diferentes propuestas de modelamiento de la competencia en los mercados eléctricos.

1. El caso de costos marginales constantes y demandas lineales

Suponiendo que los costos marginales son constantes y normalizados a cero y que la función de demanda es lineal y decreciente en el tiempo, con una pendiente constante con respecto al precio $D(p, t) = a(t) - bp$, entonces la ecuación diferencial a resolver es la siguiente:

$$\frac{dq}{dp} = \frac{q}{p} - b$$

Reordenando tenemos:

$$\frac{dq}{dp} - \frac{1}{p} \cdot q = -b$$

El factor de integración es:

$$\mu(p) = e^{\int \frac{-1}{p} dp} = e^{-\ln p - A_1} = e^{-A_1} \cdot e^{\ln p^{-1}} = A_2 \cdot \frac{1}{p}$$

Multiplicando ambos lados de la ecuación por el factor de integración:

$$A_2 \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{dq}{dp} - A_2 \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{1}{p} \cdot q = -A_2 \cdot \frac{1}{p} \cdot b$$

Equivalente a:

$$\frac{d(p^{-1} \cdot q)}{dp} = -\frac{1}{p} \cdot b$$

Integrando tenemos:

$$\int d(p^{-1} \cdot q) = -b \int \frac{1}{p} dp \quad \rightarrow \quad p^{-1} \cdot q = -b(\ln p + A_3)$$

$$q = -b \cdot A_3 \cdot p - b \cdot p \cdot \ln p \quad \rightarrow \quad q = A \cdot p - b \cdot p \cdot \ln p$$

Bajo el esquema de Cournot, la cantidad de cada empresa es $q = a_0/3$ y $p = a_0/3b$ donde $a_0 = a(0)$. Esto permite calcular el valor de la constante arbitraria A .

$$\frac{a_0}{3} = A \cdot \frac{a_0}{3 \cdot b} - b \cdot \frac{a_0}{3 \cdot b} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{3 \cdot b}\right) \rightarrow A \cdot \frac{1}{b} = 1 + \ln\left(\frac{a_0}{3 \cdot b}\right)$$

$$A = b \cdot \left(1 + \ln\left(\frac{a_0}{3 \cdot b}\right)\right) = b \cdot \left(1 - \ln\left(\frac{a_0}{3 \cdot b}\right)^{-1}\right) \rightarrow A = b \cdot \left(1 - \ln\left(\frac{3 \cdot b}{a_0}\right)\right)$$

2. El caso de un oligopolio lineal de n empresas

En este caso, se tiene la siguiente ecuación diferencial:

$$(n-1) \cdot \frac{dq}{dp} - \frac{q}{p} = -b$$

$$\frac{dq}{dp} - \frac{1}{(n-1) \cdot p} \cdot q = -\frac{b}{(n-1)}$$

Utilizando como factor de integración:

$$\mu(p) = e^{\int -\frac{1}{(n-1) \cdot p} dp}$$

$$\mu(p) = e^{-\frac{1}{(n-1)} \int \frac{1}{p} dp} = e^{-\frac{1}{(n-1)} (\ln p + A_1)} = e^{-\frac{1}{(n-1)} \cdot A_1} \cdot e^{\ln p^{-\frac{1}{(n-1)}}} = A_2 \cdot p^{-\frac{1}{(n-1)}}$$

Multiplicando ambos lados de la ecuación por el factor de integración tenemos:

$$A_2 \cdot p^{-\frac{1}{(n-1)}} \cdot \frac{dq}{dp} - A_2 \cdot p^{-\frac{1}{(n-1)}} \cdot \frac{1}{(n-1) \cdot p} \cdot q = -A_2 \cdot p^{-\frac{1}{(n-1)}} \cdot \frac{b}{(n-1)}$$

$$\frac{d(p^{-\frac{1}{(n-1)}} \cdot q)}{dp} = -p^{-\frac{1}{(n-1)}} \cdot \frac{b}{(n-1)}$$

$$\int d(p^{-\frac{1}{(n-1)}} \cdot q) = -\frac{b}{(n-1)} \cdot \int p^{-\frac{1}{(n-1)}} dp$$

$$p^{\frac{1}{(n-1)}} \cdot q = -\frac{b}{(n-1)} \cdot \left(\frac{(n-1) \cdot p^{\frac{n-2}{n-1}}}{(n-2)} + A_3 \right)$$

$$p^{\frac{1}{(n-1)}} \cdot q = -\frac{b}{(n-2)} \cdot p^{\frac{n-2}{n-1}} - \frac{b}{(n-1)} \cdot A_3$$

$$q = -\frac{b}{(n-2)} \cdot p^{\frac{n-2}{n-1}} \cdot p^{\frac{1}{(n-1)}} - \frac{b}{(n-1)} \cdot A_3 \cdot p^{\frac{1}{(n-1)}}$$

Reagrupando:

$$q = A \cdot p^{\frac{1}{(n-1)}} - \frac{b}{(n-2)} \cdot p$$

En el equilibrio Cournot tenemos:

$$q = \frac{a_0}{n+1}, \quad p = \frac{a_0}{b \cdot (n+1)}$$

Entonces reemplazando:

$$A \cdot \left(\frac{a_0}{b \cdot (n+1)} \right)^{\frac{1}{n-1}} = \frac{a_0}{n+1} + \frac{b}{n-2} \cdot \frac{a_0}{b \cdot (n+1)} \rightarrow A = \frac{a_0 \cdot (n-2) + a_0}{(n-2) \cdot (n+1)} \cdot \left(\frac{a_0}{b \cdot (n+1)} \right)^{-\frac{1}{n-1}}$$

$$A = \frac{a_0}{(n+1)(n-2)} \cdot \left(\frac{a_0}{n+1} \right)^{-\frac{1}{n-1}} \cdot \left(\frac{1}{b} \right)^{-\frac{1}{n-1}} \rightarrow A = \frac{(n-1)}{(n-2)} \cdot \left(\frac{a_0}{n+1} \right)^{\frac{n-2}{n-1}} \cdot b^{\frac{1}{n-1}}$$

$$\frac{a_0}{n+1} = A \cdot \left(\frac{a_0}{b \cdot (n+1)} \right)^{\frac{1}{n-1}} - \frac{b}{n-2} \cdot \frac{a_0}{b \cdot (n+1)}$$

Reemplazando en la ecuación de q y sumando para las n empresas tenemos:

$$n \cdot q = \frac{n \cdot (n-1)}{(n-2)} \cdot \left(\frac{a_0}{n+1} \right)^{\frac{n-2}{n-1}} \cdot b^{\frac{1}{n-1}} \cdot p^{\frac{1}{n-1}} - \frac{n \cdot b \cdot p}{n-2}$$

Reemplazando $n.q = Q$:

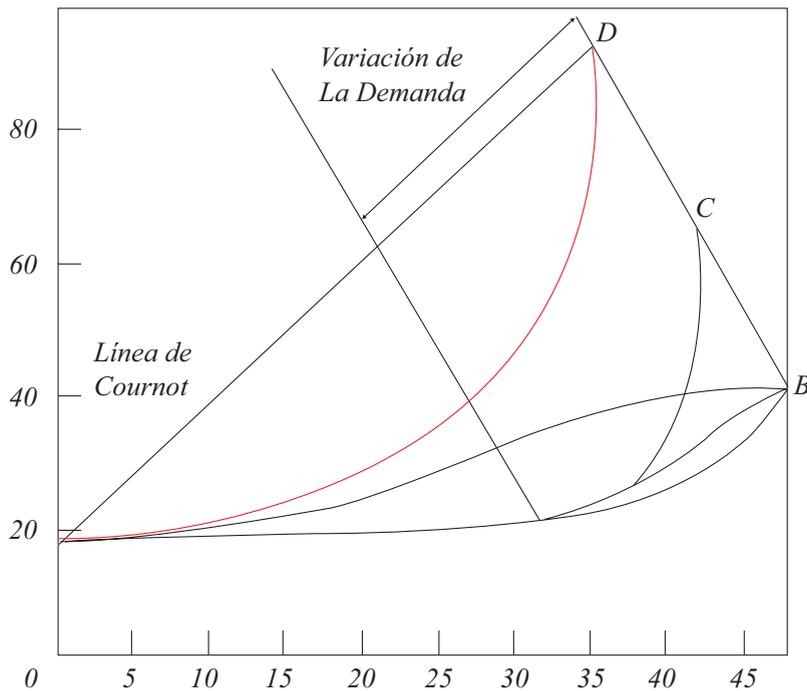
$$Q = \frac{n \cdot (n-1)}{(n-2)} \cdot \left(\frac{a_0}{n+1} \right)^{\frac{n-2}{n-1}} \cdot (b.p)^{\frac{1}{n-1}} - \frac{n \cdot b \cdot p}{(n-2)}$$

El Diagrama N° 5 muestra que a medida que se incrementa el número de competidores se estrecha el rango de equilibrio. Neewbery indica que las amenazas de entrada y los contratos pueden reducir este rango para dar un único equilibrio sin el artificio de la demanda ilimitada.

Diagrama N° 5

Funciones de Oferta factibles para el caso de dos y cinco empresas

£/MWh



Fuente: Newbery (1998)

3. Modelando Contratos

$$\pi_i(p, t) = p \cdot (D(p, t) - q_j(p)) - C(D(p, t) - q_j(p)) + (f - p) \cdot x_i$$

Derivando con respecto al precio:

$$\frac{\partial \pi_i(p, t)}{\partial p} = (D(p, t) - q_j(p)) + p \cdot \left(D_p - \frac{\partial q_j}{\partial p} \right) - C'(\cdot) \cdot \left(D_p - \frac{\partial q_j}{\partial p} \right) - x_i = 0$$

En caso de un duopolio:

$$q_i + p \cdot D_p - p \cdot \frac{\partial q_j}{\partial p} - C'(\cdot) \cdot D_p + C'(\cdot) \cdot \frac{\partial q_j}{\partial p} - x_i = 0$$

$$(p - C'(\cdot)) \cdot \frac{\partial q_j}{\partial p} = (p - C'(\cdot)) \cdot D_p + q_i - x_i \rightarrow \frac{\partial q_j}{\partial p} = \frac{q_i - x_i}{p - C'(\cdot)} + D_p$$

Si normalizamos los costos marginales a cero y asumimos una demanda lineal tenemos:

$$\frac{\partial q}{\partial p} = \frac{q - x}{p} - b \rightarrow \frac{\partial q}{\partial p} - \frac{1}{p} \cdot q = \frac{-x}{p} - b$$

$$\mu(p) = e^{\int \frac{-1}{p} dp} = A_1 \cdot p^{-1}$$

$$A_1 \cdot p^{-1} \cdot \frac{\partial q}{\partial p} - A_1 \cdot p^{-1} \cdot \frac{1}{p} \cdot q = A_1 \cdot p^{-1} \cdot \left(\frac{-x}{p} - b \right)$$

$$\frac{d(p^{-1} \cdot q)}{dp} = p^{-1} \cdot \left(\frac{-x}{p} - b \right)$$

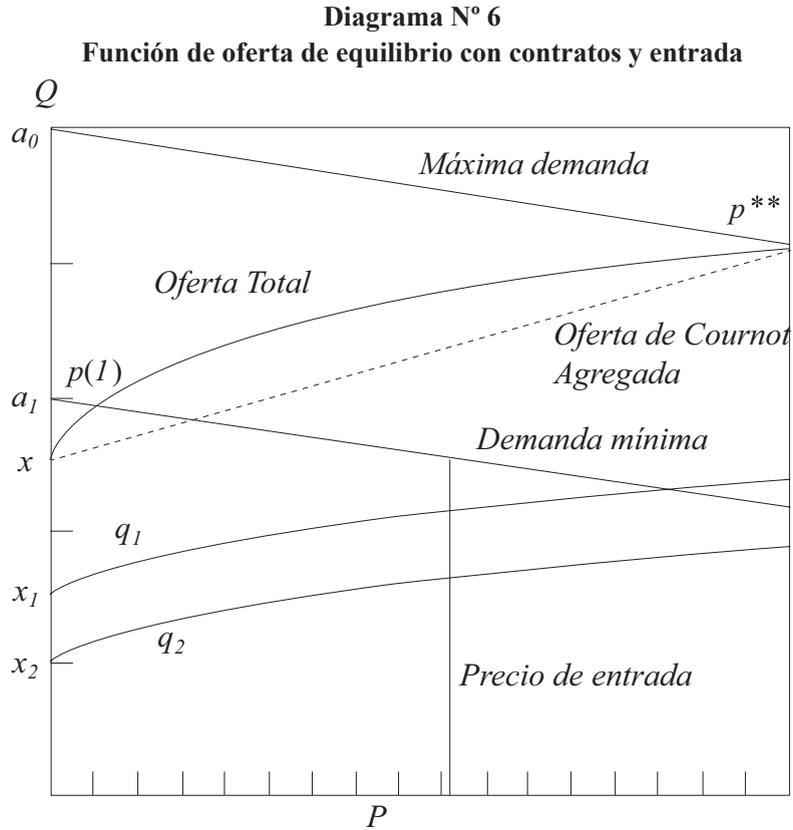
Integrando:

$$\int p^{-1} \cdot q \, dp = -\int (p^{-2} \cdot x + p^{-1} \cdot b) \, dp$$

$$p^{-1} \cdot q = -(-x \cdot p^{-1} + b \cdot \ln p + A_2)$$

$$p^{-1} \cdot q = x \cdot p^{-1} - b \cdot \ln p - A_2 \rightarrow q = A \cdot p + x - b \cdot p \cdot \ln p$$

Finalmente, el Diagrama N° 6 muestra que si los generadores coordinan en la constante A en la función de oferta, entonces al incrementar los contratos la función de oferta neta se desplaza hacia arriba, y esto va reducir los precios en cada periodo, reduciendo los beneficios.



Fuente: Newbery (1998)