

Análisis de la Compensación por Cesión de Energía en ITAIPU Binacional utilizando la herramienta Teoría de Juegos

Joel López, José González, Félix Fernández, Manuel García, Richard Ríos, Eduardo Ortigoza, Victorio Oxilia

Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción

Paraguay

Resumen

Para el año 2023 está convenida la revisión del Anexo C del Tratado de la Central ITAIPU Binacional. Uno de los temas más discutidos últimamente tiene que ver con la energía eléctrica que Paraguay no utiliza, debido a la demanda de su mercado, y es transferida al vecino país, Brasil, debido a condiciones del tratado. Actualmente, Brasil paga a Paraguay una compensación por dicha Cesión de Energía y tiene un valor aproximado de 9,96 USD/MWh. Sin embargo, en los próximos años se espera saldar la deuda de la central hidroeléctrica, lo que significa una disminución de aproximadamente un 63% en el Costo del Servicio de Electricidad. En este contexto, el presente trabajo analiza las variables involucradas en el proceso de negociación de una posible nueva Tarifa eléctrica, utilizando la herramienta de decisión denominada Teoría de Juegos, en busca de la solución a un problema de negociación entre ambos países, Paraguay y Brasil. Por lo tanto, se parte de un escenario de reducción de Tarifas, de 43,8 USD/MWh a 16,23 USD/MWh, debido a la amortización de la deuda. Con la metodología propuesta es posible expresar un portafolio de alternativas racionales con relación a las posibles Tarifas, cuyos resultados dependen principalmente de la actitud ante el riesgo de los negociadores y también de las opciones externas a la negociación del año 2023. Finalmente, considerando las estrategias que cada país podría tener, la Compensación por Cesión de Energía podría oscilar entre 9,96 USD/MWh (valor de statu quo) y 37,53 USD/MWh. Esto significa que el precio vinculado a la energía paraguaya oscilaría entre 26,19 USD/MWh (valor de statu quo) y 53,76 USD/MWh. En torno a la discusión del trabajo, se encuentran que los valores de los resultados obtenidos son competitivos si se comparan con los precios de energía del mercado eléctrico brasileño.

Palabras clave

Anexo C, Brasil, Cesión de Energía, Teoría de Juegos, ITAIPU, Negociación, Paraguay

1. INTRODUCCIÓN

ITAIPU Binacional es una central que fue construida en base a un Tratado Binacional. El mismo establece la forma en que deben ser aprovechados, para la generación de electricidad, los recursos hídricos del río Paraná que pertenecen a Paraguay y Brasil. Son parte de dicho Tratado, el Anexo A (estatuto de la entidad), el Anexo B (descripción general de las instalaciones, obras auxiliares y modificaciones), y el Anexo C (bases financieras y de prestación de servicios de electricidad). Además, existen las notas reversales y los acuerdos diplomáticos entre ambos países que pueden modificar partes del Tratado [1].

Según el Tratado, la energía producida por la central ITAIPU debe ser dividida en partes iguales entre los dos países, al mismo tiempo, se reconoce a cada parte el derecho de adquirir la energía no utilizada por el

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

otro país [2]. En este caso, Paraguay es el copropietario que en la actualidad no ha podido consumir la mitad que le corresponde (debido a la demanda de su mercado), lo que lleva a la cesión de energía de esa parte no utilizada, recibiendo una Compensación por Cesión de Energía (CCE), en contrapartida.

Por otra parte, debido a lo estipulado en el Tratado, el Anexo C del mismo deberá ser revisado en el año 2023 [3]. Además, para el mismo año se espera la amortización de la deuda tomada para la construcción de la central eléctrica. En este sentido, si no se llega a un acuerdo en torno a dicha revisión, entre Paraguay y Brasil, se espera una reducción automática de la Tarifa, como efecto inmediato de la culminación de los compromisos sobre la deuda. Por lo tanto, el presente trabajo analiza dicha situación y plantea escenarios en el contexto de la CCE, atendiendo a la futura negociación que ocurrirá y se llevará a cabo en el año 2023.

Con relación al escenario planteado, se estima que la Tarifa podría disminuir alrededor de un 60%, lo que también influye en el valor de la energía paraguaya cedida actualmente al Brasil. Esta situación vuelve factible un nuevo estudio de la CCE, que fije un precio racional por la energía paraguaya no utilizada en su propio mercado. Para dicho análisis se propone utilizar la herramienta de decisión llamada Teoría de Juegos (TJ), la cual se basa en la solución de una negociación, y fue propuesta por el matemático John Forbes Nash, ganador del Premio Nobel de Economía.

Con el análisis realizado se han encontrado una serie de situaciones posibles en el sentido de una nueva CCE, lo que también permite definir un portafolio de precios de la energía paraguaya para central ITAIPU. Se encuentra que el equilibrio final de Nash, depende de la preparación de los países en torno a la revisión del 2023, teniendo en cuenta principalmente dos elementos, el nivel de actitud ante el riesgo y las opciones externas a la negociación, en caso de haber desacuerdos. Como Brasil es el que recibe actualmente la exportación de energía paraguaya proveniente de ITAIPU, los valores obtenidos con la metodología también se comparan con los precios del mercado eléctrico brasileño, bajo las distintas condiciones existentes, en torno a discutir la competitividad de los valores obtenidos como resultados.

Haciendo una revisión de la literatura se pueden observar diferentes aplicaciones de la herramienta TJ. Se realizaron varios abordajes en la región, como, por ejemplo: el análisis realizado sobre mecanismos de asignación de rentas de congestión en un caso de mercados eléctricos [4], estimación del estado de equilibrio de Nash, dentro de un esquema de valoración de inversiones en la interconexión de industrias electrointensivas [5]. Además, un trabajo que busca desarrollar un modelo del mercado de generación eléctrica basado en TJ [6], un análisis sobre los conflictos en torno a un acuerdo comercial internacional [7]; así también, un análisis basado en intereses en esquemas de juego finito e infinito [8]. Por último, un estudio con TJ aplicado al caso de la interconexión Paraguay - Brasil [9].

2. METODOLOGÍA

2.1 Teoría de Juegos

Los juegos de negociación se refieren a situaciones en las que 2 o más partes deben alcanzar un acuerdo acerca de cómo repartirse un determinado bien. La parte de Teoría de Juegos que este trabajo utiliza en la metodología es la solución de John Nash (1950), utilizado en los modelos de Negociación. Este se desprende de 4 axiomas o condiciones que son: La eficiencia en el sentido de Pareto ($x_1 + x_2 = B$, no se deja dinero sobre la mesa). Simetría (si el juego es simétrico la solución debe ser simétrica). Invariabilidad respecto de transformaciones afines (sólo depende de la curva de utilidad) e Independencia de alternativas irrelevantes [10]. Estas se cumplen al maximizar el producto de las utilidades de los jugadores, lo que significa encontrar la solución de Negociación de Nash, según el tipo de negociación, ver (1) y (2).

$$\text{máx} [(u_1 - d_1) \cdot (u_2 - d_2)] \quad (1)$$

$$\frac{d[(u_1 - d_1) \cdot (u_2 - d_2)]}{du_1} = \frac{d[(u_1 - d_1) \cdot (u_2 - d_2)]}{du_2} = 0 \quad (2)$$

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

Donde u_1 es la utilidad del jugador 1 y u_2 es la utilidad del jugador 2. Así también d_1 y d_2 son los puntos de desacuerdo de los jugadores 1 y 2, respectivamente. La solución luego de la maximización varía según el tipo de juego, que puede ser simétrico o asimétrico. En los juegos simétricos, para cada jugador la utilidad es igual al dinero ($u_1 = a_1$ y $u_2 = a_2$), donde a_1 y a_2 son las ganancias de los jugadores, y ambos llevan cero en caso de que no haya acuerdo, $d = (0,0)$. Entonces, se tiene la siguiente expresión (3):

$$a_1 = a_2 = D/2 \quad (3)$$

Cuando se trata de juegos asimétricos se consideran 2 asimetrías que impactan en el juego, la actitud ante el riesgo y las opciones externas a la negociación. En el primer caso, las utilidades dependen del nivel de actitud ante el riesgo de cada negociador. Estas actitudes pueden ser neutrales al riesgo (solo tienen en cuenta el valor esperado), o aversos al riesgo (rechazan todo riesgo en la negociación). Al maximizar el producto de las utilidades, considerando al jugador 1 neutral ante el riesgo y al jugador 2 averso ante riesgo, se obtienen las utilidades según (4) y (5):

$$u_1 = D/(1 + b) \quad (4)$$

$$u_2 = bD/(1 + b) \quad (5)$$

Cuando un jugador es más averso al riesgo, más cerca de cero está b y más cerca de cero está la parte del dinero de dicho jugador. Por ejemplo, si $b = 0.5$, se tiene que al jugador le corresponde $2D/3$, mientras que al jugador 2 le pertenece $D/3$. Esto es porque el jugador 2 es averso al riesgo y paga las consecuencias, según se puede ver en la Fig. 1. Lo anterior supone que los jugadores con actitudes diferentes ante el riesgo, enfrentan la negociación de forma diferente. La utilidad se supone que es una función de la ganancia de la cartera. La función de utilidad cuyo valor esperado se maximiza es convexa para un tomador de riesgo, cóncava para una persona con aversión al riesgo y es lineal para una persona neutral al riesgo, o persona promedio [11]. Por otro lado, en el caso de la asimetría que tiene que ver con las opciones externas a la negociación, toma la forma de un punto de desacuerdo distinto de cero y deriva de las diferencias en las opciones externas de los jugadores, en caso de un desacuerdo. En este sentido, ya no se habla de un dinero D disponible, más bien $D + d_1 + d_2$ en juego, con punto de desacuerdo $d = (d_1, d_2)$. La solución, que era u^* , pasa a ser la siguiente:

$$u^* + d = (u_1^* + d_1, u_2^* + d_2) \quad (6)$$

El jugador que tiene la mejor opción externa es el más beneficiado en este tipo de asimetría. De hecho, se sabe que se tiene suerte cuando se puede abandonar un trato e involucrarse en otro casi tan beneficioso, mientras el otro jugador no tiene otra opción diferente [12].



Fig. 1. Niveles de actitud ante el riesgo de los jugadores

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

3. CASO DE ESTUDIO

El Costo Unitario del Servicio de Electricidad (CUSE) es igual a la Tarifa de Electricidad de la central ITAIPU, según lo expresado en el reglamento del Anexo C del Tratado Binacional. Se calcula según (7).

$$Tarifa = \frac{\text{Costo anual del Servicio de Electricidad}}{\text{Suma de las Potencias contratadas}} \quad (7)$$

Asociadas a la Potencia Contratada por las entidades, existen dos clasificaciones de energía: la Energía Garantizada, energía con un riesgo menor a 5% de no lograr producirse, y la Energía Adicional a la Garantizada, con riesgo mayor al 5% de no tener disponible. En este caso, con la Energía Garantizada se busca cubrir el Costo del Servicio de Electricidad (CSE), mientras que, con la energía producida por arriba de la garantizada deben cubrirse los compromisos de montos de Royalties y Resarcimientos, calculados con esa parte de la energía, por lo que resulta menos costoso [1]. Las estimaciones en el análisis se hacen en base a la Energía Garantizada y para fines prácticos se utiliza el Costo de Energía Garantizada (CEG), para representar a la Tarifa. Esto significa utilizar el costo de energía en lugar de la Potencia, según se ve en (8).

$$CEG = \frac{\text{Costo anual del Servicio del Electricidad}}{\text{Energía Garantizada}} \quad (8)$$

La Tarifa para el año 2019 fue de 22,6 USD/kw – es, o su equivalente en CEG de 43,8 USD/MWh [13]. En este sentido, los componentes relacionados a la deuda de ITAIPU forman parte del CSE y de no variar las expresiones de los documentos, se espera una disminución automática de la Tarifa para el año 2023 (año de revisión). En la Tabla I se pueden ver los componentes del CSE.

3.1 Renta adicional en la Cesión de Energía

Con la revisión del Anexo C, también se espera la amortización total de la deuda de la central. En este caso, para el análisis se ha utilizado la Tabla I [14], donde el nuevo CSE disminuye aproximadamente en 1.219.400.000 USD. Esto podría ocurrir si se dan las condiciones y escenarios mencionados anteriormente.

Tabla I: Costos del Servicio de Electricidad 2019

Componentes del CSE	Montos (MUSD)
Utilidad del capital	51,6
Royalties	434,4
Resarcimiento de cargas de supervisión y administración	33,4
Amortización de préstamos y financiamientos	1640,3
Cargas financieras de préstamos	430,6
Gastos de explotación	858,8
Saldo de la cuenta de explotación	-158,8
Total	3291,0

Por lo tanto, para fines prácticos se utiliza $CEG_{pos-2023}$ (en representación de la Tarifa correspondiente al año 2023), entonces se tiene:

$$CEG_{pos-2023} = \frac{1.219.400.000 \text{ USD}}{75.138.800 \text{ MWh}} = 16,23 \text{ USD/MWh}$$

En el contexto del costo de la energía, la disminución significaría una rebaja muy importante para el comprador, y haciendo una operación de diferencia aritmética entre CEG y $CEG_{pos-2023}$ se podría apreciar dicha situación. La diferencia mencionada se puede representar como una renta adicional disponible para los

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

países, por unidad de energía, lo que permitiría utilizarla en el ámbito de una nueva evaluación de la Compensación por Cesión de Energía, como se verá más adelante. Entonces, se considera lo siguiente: *Renta Adicional Disponible = D*, por lo tanto:

$$D = 43,8 \text{ USD/MWh} - 16,23 \text{ USD/MWh} = 27,57 \text{ USD/MWh}$$

Para distribuir este beneficio para ambos países, se ha utilizado la técnica de solución de Negociación de Nash, donde se consideraron 2 Alternativas para el caso de estudio, ellas son:

3.1.1 Alternativa 1

Se considera el juego como uno simétrico, donde se tiene que las utilidades son iguales a las ganancias y el punto de desacuerdo es $d = (0,0)$; ó $d_P = 0$; $d_B = 0$. Por lo tanto:

$$a_P = u_P, a_B = u_B \quad (9)$$

Donde a_P, u_P, a_B, u_B, d_1 y d_2 representan las ganancias, las utilidades y los desacuerdos de Paraguay y Brasil, respectivamente. Lo anterior significa que ambos jugadores tienen las mismas posibilidades de obtener cualquier ganancia dentro de D . En este caso la solución, al maximizar el producto de las utilidades, es dividirse el dinero en forma equitativa, siendo:

$$a_P = a_B = \frac{D}{2} = \frac{27,57}{2} = 13,79 \text{ USD/MWh}$$

De esta forma, la ganancia para Paraguay se traduce en 13,79 USD/MWh y la utilidad para Brasil 13, 79 USD/MWh.

3.1.2 Alternativa 2

Se considera el juego como uno asimétrico, lo que implica que se puede dar una de las dos, o las dos asimetrías estudiadas. A continuación, se explican los impactos de cada una de ellas:

Caso 1: asimetría de actitud ante el riesgo. En este caso, se considera el desacuerdo $d = (0,0)$ y se estudian las dos situaciones de extremo para la asimetría del caso 1, donde primero se presenta un Paraguay neutral ante el riesgo y un Brasil averso ante el riesgo, la solución se puede obtener de la siguiente manera:

$$a_P = u_P; a_B = (u_B)^{1/b} \quad (10)$$

Reemplazando (10) en la recta de reparto eficiente y luego maximizando el producto de las utilidades, se tiene:

$$u_P + (u_B)^{1/b} = D \quad (11)$$

$$u_P = D/(1 + b); u_B = bD/(1 + b) \quad (12)$$

Cuando más cerca de cero esté b , más cerca de cero está la parte del dinero del jugador B , es decir, Brasil. De igual manera, si Paraguay es averso al riesgo y Brasil neutral al riesgo, se tienen:

$$a_B = u_B; a_P = (u_P)^{1/b} \quad (13)$$

$$u_B + (u_P)^{1/b} = D \quad (14)$$

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

$$u_B = D/(1 + b); u_P = bD/(1 + b) \tag{15}$$

En este caso, se alternan las condiciones, lo que resulta en una alternancia de las soluciones, favoreciendo al jugador *B*, Brasil. Las expresiones anteriores se refieren a las soluciones generales en cuanto a la actitud ante el riesgo, reemplazando el valor de *D* y utilizando distintos valores para *b*, distintos niveles de actitud ante el riesgo, es decir, se puede graficar un portafolio de posibles ganancias. En la Fig. 2 y la Fig 3, cada curva (sin tener en cuenta la recta superior), representa una posible solución. En la recta superior se proyectan cada uno de los escenarios de ganancias de los jugadores para cada nivel de *b* (o nivel de aversión ante el riesgo).

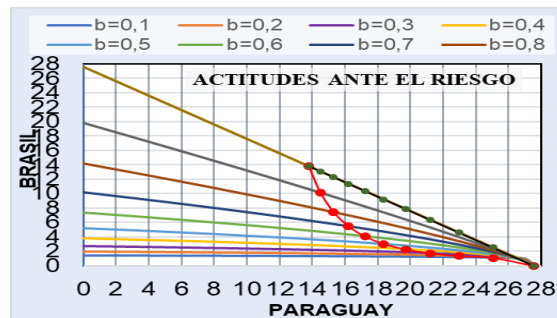


Fig. 2. Portafolio de posibilidades con Paraguay neutral y Brasil averso ante el riesgo

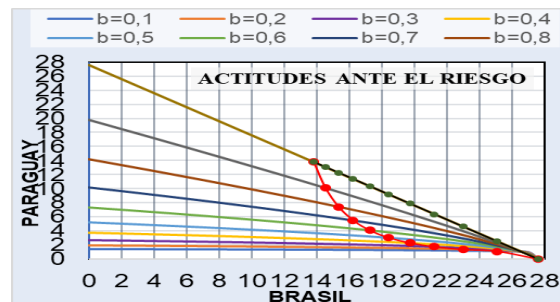


Fig. 3. Portafolio de posibilidades con Brasil neutral y Paraguay averso ante el riesgo

Se puede notar que a medida que hay una mayor diferencia de actitudes (variando *b*), menor va a ser el pago para el jugador más averso y el jugador que es neutral ante el riesgo puede quedarse incluso con todo.

Caso 2: asimetría de opciones externas a la negociación. Las opciones externas de los jugadores, Paraguay y Brasil, pueden utilizarse en el caso de que no se llegue a un acuerdo en la mesa de negociación. Si estas existen, existen puntos de desacuerdo entre los jugadores, es decir, $d \neq (0,0)$.

El punto de desacuerdo para Paraguay se basa en que pueda encontrar una mayor rentabilidad con el uso de su energía en comparación a la renta generada con la Cesión de Energía al Brasil. Esto significa que se debe obtener un pago total mayor al obtenido por su energía en ITAIPU, con el escenario de Tarifa reducida y el valor de statu quo de la CCE. Por lo tanto, las opciones son:

Opción externa deseable para Paraguay \geq (CCE vigente + Tarifa estimada al 2023), es decir:

Opción externa deseable para Paraguay \leq (9,96 USD/MWh + 16,23 USD/MWh).

Opción externa deseable para Paraguay \geq 26, 19 USD/MWh.

Por otro lado, el punto de desacuerdo para Brasil se da en torno a conseguir una energía más rentable que la que dispone en ITAIPU. Esto equivale a encontrar un vendedor que establezca un precio menor de la energía de ITAIPU estimada al año 2023, más el valor de la CCE de statu quo, es decir:

Opción externa deseable para Brasil \leq (CCE vigente + Tarifa estimada al 2023), es decir:

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

Opción externa deseable para Brasil $\leq (9,96 \text{ USD/MWh} + 16,23 \text{ USD/MWh})$.

Opción externa deseable para Brasil $\leq 26,19 \text{ USD/MWh}$.

Para un caso en particular, la opción externa de Paraguay podría ser la utilización de su energía en industrias locales [15], siempre y cuando logre mayores rentas que la situación de statu quo ya expresada. Por otro lado, Brasil debería encontrar mejores precios que los considerados en sus opciones externas deseables. En general, la parte que tenga una mejor opción externa, tenderá a obtener mayores beneficios. Sin embargo, en torno a la importancia que representa para ambos países lograr un acuerdo, el análisis considera que ambos jugadores tienen suficientes incentivos para permanecer en la mesa, teniendo en cuenta los intereses comunes existentes; para Paraguay por la posibilidad de acordar un buen precio por su energía excedente y para el Brasil, seguir contratando una energía rentable y conveniente para sus consumidores [16]. Entonces, se simplifica esta asimetría considerando $d = (0,0)$, o sólo por el efecto de la actitud ante el riesgo.

3.2 Ordenamientos finales del análisis

Con la idea de la influencia unilateral de la actitud ante el riesgo, al utilizar cualquiera de los dos gráficos anteriores, con la siguiente ecuación, se puede definir un valor para la energía excedente paraguaya:

$$\text{Valor Cesión Energía} = CEG_{pos-2023} + CCE_{pos-2023} \quad (16)$$

Siendo $CEG_{pos-2023}$ el Costo de Energía Garantizada y $CCE_{pos-2023}$ la Compensación por Cesión de Energía, posterior a la revisión del Anexo C del año 2023. En este caso, manteniendo fijo el primer elemento y variando el segundo elemento por las ganancias que se pueden dar, se tiene:

$$CCE_{pos-2023} = a_p + CCE \quad (17)$$

La mínima ganancia para Paraguay es $a_p = 0$, que sería el caso de una situación de Compensación por Cesión de Energía de statu quo, y el máximo valor posible es $a_p = D = 27,57$, con máximos beneficios para Paraguay, teniendo:

$$\text{Valor Máximo Cesión de Energía} = CEG_{pos-2023} + CCE_{pos-2023} \quad (18)$$

Utilizando (18) se obtiene la máxima CCE posible, como sigue:

$$CCE_{pos-2023} = a_p + CCE = D + CCE = 27,57 + 9,96 = 37,53 \text{ USD/MWh}$$

$$\text{Valor Máximo Cesión de Energía} = 16,23 + 37,53 = 53,76 \text{ USD/MWh}$$

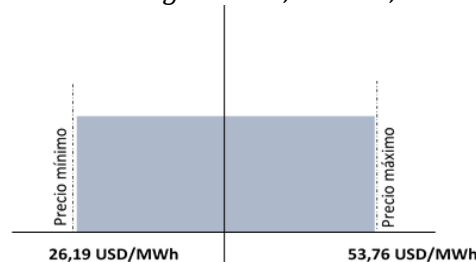


Fig. 4. Zona de Posible Acuerdo con precios de energía y repartición de ganancias

De manera similar, siendo $a_p = 0$, para la menor ganancia de Paraguay se llega a la compensación por cesión en calidad de statu quo (el valor mínimo), de la siguiente manera:

$$CCE_{pos-2023} = a_p + CCE = 0 + CCE = 0 + 9,96$$

$$CCE_{pos-2023} = 9,96 \text{ USD/MWh}$$

$$\text{Valor Mínimo Cesión de Energía} = CEG_{pos-2023} + CCE_{pos-2023}$$

$$\text{Valor Mínimo Cesión de Energía} = 16,23 + 9,96 = 26,19 \text{ USD/MWh}$$

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

Por lo tanto, la CCE podría estar entre 9,96 USD/MWh, situación de statu quo y 37,53 USD/MWh. Los precios de la energía actualmente cedida por Paraguay al Brasil, forman un portafolio de posibilidades o una Zona de Posible Acuerdo (ZOPA), como se puede ver en la Fig. 4. El precio mínimo de la ZOPA es el precio de statu quo, o el precio si no se logran acuerdos que cambien los términos de los documentos, mientras que el precio máximo es el que brinda a Paraguay la totalidad de los beneficios del juego. La solución final dependerá de las estrategias de los negociadores considerando el manejo de los factores de asimetría, la actitud ante el riesgo y las opciones externas que pudiesen surgir en el proceso de negociación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estimación de la Tarifa, representado por el $CEG_{pos-2023}$, se realizó en términos de energía considerando a la Energía Garantizada. Dicha estimación se realizó teniendo en cuenta la amortización de la deuda de ITAIPU, además de considerar el posible caso de que no se llegue a concretar un acuerdo, sobre cambios en la Tarifa, lo que equivale a una disminución del mismo. Como el precio de la energía cedida también queda modificada ante cualquier variación de la Tarifa, se ha hecho un análisis de la CCE a partir de la solución de Nash, encontrando que las decisiones de los negociadores pueden ser afectados por dos elementos causantes de asimetría: la actitud ante el riesgo y las opciones externas. Se han evaluado los impactos de éstos y se generaron distintos escenarios para la CCE. A partir de esto se ha conformado un portafolio de precios para la energía paraguaya. Los valores máximos y mínimos de la CCE y el Precio de la Energía Paraguaya ($PEP_{pos-2023}$) se pueden ver en la siguiente Tabla II. Cabe mencionar que se podría dar cualquier situación entre los valores mínimo y máximo, tanto para la CCE como para el PEP, en el contexto de la Cesión de Energía. Además, se ha discutido sobre los valores obtenidos como resultados en comparación con los valores establecidos en el ambiente de contratación del Mercado Eléctrico Brasileño (MEB) [17], los mismos se pueden ver en la Tabla III. Con relación a los valores de la Tabla III [18], se puede observar que se obtuvo un portafolio de precios competitivos en comparación con los precios de energía del MEB. Esta situación podría ser una justificación para que Paraguay pueda plantear un aumento de la CCE para el año 2023.

Tabla II: Valores Máximos y Mínimos del Portafolio

	Valor mínimo (USD/MWh)	Valor máximo (USD/MWh)
$CCE_{pos-2023}$	9,96	37,53
$PEP_{pos-2023}$	26,19	53,76

Tabla III: Comparación de precios de energía del MEB (Tasa de Cambio del 2019)

MEB	Precio (R\$/MWh)	Precio (USD/MWh)
Precio de LEE del tipo UHE del ACR. Fin de suministro en 2019 (CCEE)	369,06	70,12
Precio medio del ACR. Primer trimestre del 2020 (reporte a inversores-Eletróbrás)	308,36	58,58
Promedio general de precios UHE. 2019-2054 (CCEE)	209,9	39,88
Precio Medio ACL. 1° trimestre 2020 (Reporte a inversores-Eletróbrás)	172,31	32,73

5. CONCLUSIONES

Se ha podido establecer escenarios que podrían surgir para el año 2023, considerando de que no se llegue a un acuerdo antes de dicho año, para la Tarifa de ITAIPU. La Energía Garantizada podría disminuir un 60%, pudiendo llegar a un valor de 16,23 USD/MWh. Con este escenario y la aplicación de la solución de Nash, se han determinado escenarios para la compensación (CCE), considerando una negociación simétrica y una asimétrica para el 2023, con valores que van desde 9,96 USD/MWh hasta 37,57 USD/MWh. Además, con

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

los escenarios planteados para la CCE, se pudo definir un portafolio de Precios de la Energía Paraguaya con un rango favorable para Paraguay (de 39,97 a 53,76 en USD/MWh) y un rango propicio para Brasil (de 26,19 a 39,97 USD/MWh), dichos valores dependen de las estrategias y posiciones que tomen los países negociadores. Se ha propuesto una metodología que beneficia a ambos países, considerando la actitud de los negociadores y la posibilidad de que surjan opciones externas, con esto Paraguay podría obtener mayores beneficios, de tal manera a que se pueda invertir en sus prioridades (salud, educación, infraestructura), sin que Brasil deje de percibir sus propios beneficios como consecuencia de la negociación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ITAIPU Binacional, Prestación de los Servicios de Electricidad y Bases Financieras, ITAIPU, 2003, páginas 29-38
- [2] Tratado de ITAIPU. ITAIPU Binacional, Paraguay-Brasil, 1973, páginas 1-8
- [3] Anexo C al Tratado de ITAIPU. ITAIPU Binacional, Paraguay-Brasil, 1973, páginas 1-5
- [4] J. Chávez, J. Fernández, P. Laurente, Análisis de mecanismos de asignación de rentas de congestión, empleando la teoría de juegos cooperativos, y su aplicación en el caso de la integración del Perú con otros mercados eléctricos, Universidad ESAN, 2019.
- [5] F. Fernández, M. García, “Valoración de inversiones en la interconexión de industrias electrointensivas bajo incertidumbres externas y comportamiento estratégico” tesis, FP-UNA, San Lorenzo, Paraguay, 2012.
- [6] C. Testart. “Análisis del Mercado de Generación Eléctrica: Spot, Contratos y Comportamientos Estratégicos.” tesis, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2010.
- [7] INNOVA Research Journal. ”Teoría de los juegos y su aplicación a los negocios internacionales: acuerdo comercial Unión Europea- Ecuador en el sector agrícola bananero”, número 12, 2018, páginas 55-66.
- [8] M. García, V. Oxilia, R. Careaga y F. Fernández. “Negociación basada en intereses con un enfoque estratégico: Anexo C Estudio de caso binacional ITAIPU”, IEEE Power and Energy Conference 2020 en Illinois (PECI), 2020, páginas 1-8.
- [9] XIV ERIAC “Pensando estratégicamente sobre la renegociación del tratado de Itaipú: una visión desde la teoría de juegos”, Octubre de 2013, páginas 1-8.
- [10] Revista Sociedad y Economía “Teoría de juegos de negociación: una visión general. Sociedad y Economía”, número 7, Octubre de 2004, páginas 45-64.
- [11] PMQuality “La actitud frente al Riesgo”, Octubre de 2014, páginas 1-6.
- [12] R. Gardner, Juegos para Empresarios y Economistas, Barcelona: Bosch, 1995, páginas 371-398.
- [13] Memoria Anual 2019. ITAIPU Binacional, 2019,
<https://www.itaipu.gov.py/sites/default/files/Informe%20Anual%202019.pdf>, páginas 1-137
- [14] Comunicación privada. Defensoría General ITAIPU, Paraguay, 2020
- [15] Observatorio de la Red Sudamericana de Economía Aplicada “Paraguay: cuando la energía no es igual a desarrollo”, 2011, páginas 1-5.
- [16] 10 motivos para promover la hidroelectricidad. ITAIPU Binacional, enero de 2020,
<https://www.itaipu.gov.py/es/energia/10-motivos-para-promover-la-hidroelectricidad>
- [17] R. Ríos, Análisis de opciones de comercialización de Energía Eléctrica paraguaya de ITAIPU Binacional en el mercado eléctrico brasileiro, FP-UNA, 2017, páginas 33-35
- [18] Resultado Consolidado. CCEE, mayo 2020, <https://www.ccee.org.br>



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022
