

Asignación Horaria de Costos Complementarios del Sistema de Transmisión utilizando Teoría de Juegos

H.M. Khodr¹, P. M. De Oliveira-De Jesús² and J.M. Yusta-Loyo³

¹ Departamento de Transporte y Conversión de Energía - Universidad Simón Bolívar
Valle de Sartenejas, Caracas – Venezuela hkhodr@usb.ve

² Electrical and Computer Department of Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)
Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC Porto)
Dr. Roberto Frias, 378 4200-465 Porto Portugal (contact e-mail: pdeoliv@fe.up.pt)
Phone: +351 22 209 4230 Fax: +351 22 209 4150 <http://power.inescn.pt/>

³ Departamento de Ingeniería Eléctrica - Centro Politécnico Superior
Universidad de Zaragoza, Zaragoza – España jmyusta@unizar.es

Resumen. En este trabajo, se presenta una metodología basada en la Teoría de Juegos para la asignación de los costos complementarios de la red de transmisión tomando en cuenta la cooperación y la competencia de los distintos productores. Como aporte original, se determina el grado de participación en los costos complementarios en función del comportamiento temporal de la demanda. Se realiza un estudio comparativo entre los resultados obtenidos mediante la aplicación del equilibrio de Nucleolo y Valor Shapley, con otras técnicas de asignación como el método de participaciones medias y el método de los factores de distribución de carga generalizados. Se ha utilizado un sistema ejemplo de seis nodos para la realización de las simulaciones. Los resultados demuestran la posibilidad de obtener soluciones adecuadas para un ambiente de libre acceso a las redes.

Palabras clave

Teoría de juegos, nucleolo, valor Shapley, costos complementarios, sistemas de transmisión.

1. Introducción

LA TENDENCIA actual del sector eléctrico es la desverticalización y descentralización. Las empresas de servicio pasan de ser consideradas monopolios naturales a ser introducidas en un ambiente de mercado basado en la competencia. El producto comercial -la energía eléctrica- es separado de su transporte por la incompatibilidad entre las actividades competitivas asociadas -generación y comercialización-, de las actividades que siguen siendo consideradas monopolios naturales como lo son la transmisión y distribución. En este sentido, Venezuela se suma al proceso de reforma con la promulgación de la Ley Orgánica del Servicio Eléctrico en el año 2001 y el problema fundamental por resolver es como distribuir los costos del transporte entre los distintos agentes del sector.

La transmisión constituye el vínculo físico y comercial entre los productores y consumidores, por sus características de monopolio natural debe ser regulada de forma tal que promueva la competencia e incentive la operación óptima de la red. Dos aspectos son básicos en la regulación del sector de la transmisión: obligatoriedad al libre acceso, sin discriminación, de todos los usuarios a

la red y la remuneración adecuada a las grandes inversiones requeridas por sus características de economía de escala, indivisibilidad y requerimientos de seguridad. En cuanto a la remuneración de la actividad de transmisión no existe consenso, a nivel mundial, de la metodología que debe ser aplicada, cada país ha diseñado un esquema acorde con su realidad; sin embargo se pueden distinguir dos criterios básicos en la estructura tarifaria [8]:

- Acceso abierto o uso multilateral, donde todos los agentes contribuyen al financiamiento de la red tomando en consideración el uso físico o económico que cada agente hace de la red.
- Transacciones Bilaterales o “Wheeling” donde se determina el costo incurrido por una transacción específica entre dos barras.

En países sudamericanos, tales como Argentina, Bolivia, Chile, Colombia y Perú, se ha implementado esquemas de acceso abierto con tarifas basadas en costos marginales [1]. Se ha encontrado que el esquema tarifario sólo recupera un pequeño porcentaje de los costos de inversión y operación, entre el 4 y 40% [11] dependiendo de las características del sistema, ello se debe a que los costos marginales son inferiores a los costos medios, motivo por el cual se ha incluido un cargo complementario o peaje que permita recuperar la diferencia. Por lo tanto, los costos complementarios pueden definirse como la asignación de los costos de transmisión no recuperables por la vía de las tarifas de índole marginal entre los distintos agentes del sistema. Su asignación entre los distintos agentes debe ser la más equitativa posible y constituye aún un problema por resolver por la regulación del sector eléctrico, siendo sus propuestas de resolución ampliamente documentadas en la literatura. En concordancia con el principio de simplicidad que debe regir el diseño de las tarifas, el costo complementario se ha distribuido entre los agentes aplicando métodos tradicionales como la estampilla postal [1], que no toman en cuenta la ubicación del agente en la red de transporte. Otras metodologías más elaboradas se basan en participaciones medias [7] y los factores de distribución [6].

Recientemente, se han propuesto nuevos modelos de equilibrio de mercado fundamentados en conceptos de la Teoría de Juegos [9,11] que procuran asignar de una forma equitativa los costos fijos de la red, tomando en cuenta la participación de los agentes del mercado.

En este trabajo, se presenta una metodología basada en la Teoría de Juegos para la asignación de los costos complementarios de la red de transmisión tomando en cuenta la cooperación y la competencia de los distintos productores. Se ha utilizado el sistema de seis barras de Garver [12] para la realización de las simulaciones y los resultados demuestran la posibilidad de obtener soluciones adecuadas para un ambiente de libre acceso a las redes.

2. Teoría de Juegos

La Teoría de Juegos es una disciplina usada para analizar problemas de conflicto entre dos agentes que toman decisiones. Puede ser considerada como una generalización de la teoría de decisiones para incluir múltiples jugadores [2]. La Teoría de Juegos es un tipo de análisis matemático orientado a predecir cuál será el resultado cierto o el resultado más probable de una disputa entre dos individuos [3][13].

2.1 Juego.

Un juego es un proceso en que dos o más personas (denominadas jugadores), toman decisiones y realizan acciones, bajo una estructura que está inscrita en un conjunto de reglas (que pueden ser formales o informales), a fines de obtener beneficio [3].

Corresponde a cada entidad capacitada para tomar decisiones en forma autónoma sobre la base de un interés unitario, pueden ser por ejemplo, generadores, consumidores, etc. Para cada juego se asume un número finito de jugadores [4]. La conducta de cada jugador, deberá ser tipificada de manera que pueda saberse de qué forma probable o cierta se comportará, bajo la premisa de que cada jugador buscará su máximo bienestar posible.

De esta forma, al analizar el comportamiento de un jugador, sabremos que éste deberá calificar cada situación y perseguir siempre las situaciones particulares que ofrezcan el mayor bienestar [3]. La solución de un juego es la combinación de ganancias o pérdidas que da el juego con certidumbre o con alta probabilidad a los jugadores. Si el juego es suma cero, lo que ganan unos lo pierden otros.

Cuando el juego es suma no-cero, se denota el valor del juego como la combinación de las ganancias que el juego da, una vez resuelto, a los jugadores [3].

2.2 Juegos no Cooperativos.

Parte de considerar que los jugadores no cooperan y buscan maximizar sus beneficios individuales por lo que es la opción adecuada en el estudio de situaciones asociadas a la competencia. [4]

2.3 Juegos Cooperativos.

Parte de considerar que los jugadores se agrupan y cooperan con el fin de buscar la equidad y bienestar colectivo, siendo por lo tanto la opción más indicada para la asignación de costos [4].

2.4 Desarrollo de una aplicación de la Teoría de Juegos.

Para usar la Teoría de Juegos como una aplicación para una situación real, se requiere construir modelos simplificados de la realidad. En estos modelos, se tendrá que representar adecuadamente a cada jugador con sus respectivas formas de conducta. Dicha conducta puede ser conocida con certidumbre, o sólo en forma probable (estocástica). Es posible que se requiera plantear dos o más representaciones de la conducta probable de los jugadores, siendo cada una de estas representaciones un escenario. Cada escenario es un juego simple. El conjunto de dos o más escenarios es un juego compuesto [3].

2.5 Coaliciones

Generalmente los jugadores se agrupan en coaliciones con el fin de obtener mayores beneficios que sí actúan de forma separada, por lo cual dentro de un juego existirán diversas coaliciones, entre ellas tenemos:

- Individual: formada por un sólo jugador.
- Vacía: no tiene jugadores.
- Gran coalición: formado por todos los agentes del juego.

Se asume que las coaliciones son mutuamente exclusivas y excluyentes, es decir, que la formación de una coalición implica que cada uno de los jugadores que la forma esté de acuerdo y que un jugador no pueda formar parte de más de una coalición [4]. La estructura de las coaliciones describe como los jugadores se agrupan dentro de coaliciones en un juego:

$$\delta = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_m\} \quad (1)$$

Donde δ corresponde a la estructura de coaliciones de un juego y S_i a Coaliciones mutuamente exclusivas y excluyentes. Para un juego de n jugadores existirán 2^n coaliciones posibles [4]. La formación de coaliciones es un proceso en el que se realizan alianzas entre un grupo de participantes, los cuales buscan aumentar su beneficio. En [5] se describe un algoritmo para el proceso de reconocimiento cooperativo que consta de cuatro fases:

Fase 1- Obtención de la información local.

Cada agente obtiene su propia información, por ejemplo, el costo de generación o el beneficio del consumo de energía eléctrica, y determina el beneficio cuando actúa solo. Este beneficio es llamado el valor propio del agente, y será el mínimo valor que el agente podría alcanzar sin cooperar con otros.

Fase 2 - Comunicación.

La comunicación entre agentes les permite a éstos localizar otros agentes con quienes puede tener negocios beneficiosos si ellos colaboran. Durante esta fase, cada agente intercambia información obtenida anteriormente, incluyendo su valor propio con otros agentes, directa o indirectamente a través de un coordinador. También se obtiene información del operador del sistema sobre el ambiente que rodea a los agentes. La información intercambiada entre los agentes debe ser suficiente para la calcular los pagos de las uniones.

Fase 3- Cálculo local.

Una vez que cada agente ha recibido la información del resto de los agentes, comienza la fase de cálculo local.

Aquí, cada agente calcula el beneficio compartido que obtendría si trabaja junto a otro y crea un orden de preferencia con respecto a las coaliciones. El campo de la teoría de juegos ofrece varias alternativas para dividir la utilidad de la coalición entre los agentes que participan en ella.

Fase 4- Negociación bilateral.

En esta fase, cada agente mantiene una lista de preferencia de aquellos agentes con los cuales puede colaborar en forma beneficiosa. Los agentes extenderán ofertas a otros de acuerdo con su lista de preferencias, aceptaran aquellas que mejoren su beneficio y rechazarán otras que no sean provechosas. La coalición recién formada, se convierte en una unidad de decisión, es decir, un nuevo agente.

Las cuatro fases anteriores son iterativas, hasta que no sea posible formar más coaliciones, o hasta que se haya alcanzado un límite de tiempo preestablecido.

A cada jugador le corresponde un pago o asignación x_i . El conjunto de todos los pagos se expresan como un vector o función de pagos [4]:

$$\bar{x} = [x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n] \quad (2)$$

Un juego cooperativo de N jugadores puede ser definido por un par (N, c) , donde N corresponde al conjunto de jugadores (A, B, \dots, n) siendo c una función de valores reales definida para los subconjuntos de N y que se denomina función característica del juego, ella asigna un valor $c(S_i)$ a cada coalición S_i . Para el caso de dos jugadores se tendrá:

$$\{0, c(0)\}, \{A, c(A)\}, \{B, c(B)\}, \{AB, c(AB)\} \quad (3)$$

A partir de la función característica, se definen los siguientes términos:

Simetría: Dos jugadores, A y B , son simétricos si para todas las coaliciones en que ellos pueden participar se cumple:

$$c(S \cup \{A\}) = c(S \cup \{B\}) \quad \forall S \subset N \text{ tal que } A, B \notin S \quad (4)$$

Atractibilidad: Un jugador, A , es más deseable que otro jugador, B , si se cumple:

$$c(S \cup \{A\}) \leq c(S \cup \{B\}) \quad \forall S \subset N \text{ tal que } A, B \notin S \quad (5)$$

Subaditividad: este principio establece que el valor de una coalición de coaliciones separadas debe ser, como máximo, igual a la suma de sus valores individuales.

$$c(S \cup T) \leq c(S) + c(T) \quad (13)$$

Monotonicidad: Los costos de una coalición se mantienen o aumentan a medida que se adicionan más jugadores a una coalición.

$$c(S) \leq c(S + \{A\}) \quad (6)$$

Juego no esencial: Un juego es no esencial cuando no existen incentivos para formar coaliciones, es decir:

$$c(S \cup T) = c(S) + c(T) \quad (7)$$

La configuración de pagos es el resultado del juego, ésta se encuentra conformada por el vector de pagos, costos en dinero para cada jugador, y la estructura de coalición bajo la cual se obtuvo la solución.

$$(x, \delta) = (x_A, x_B, \dots, x_N, S_1, \dots, S_M) \quad n \geq M \quad (8)$$

El área o región definidas por las inequaciones de racionalidad individual y de coalición y la ecuación de racionalidad colectiva constituyen el núcleo del juego. Un juego sin núcleo representa que no es posible encontrar una configuración de pagos, que mantenga satisfecho a todos los jugadores por lo que al menos una coalición no lo estará.

A partir del núcleo, como primera solución del juego, es factible obtener soluciones como conjunto estable, conjunto negociable, Kernel y Nucleolos (teoría del exceso), Valor Shapley, etc. En el presente proyecto se analizarán solo dos de ellos, Nucleolos y Valor de Shapley [4].

3. Planteamiento del Problema

3.1 Obtención del Nucléolo.

El Nucleolo puede ser obtenido a partir de la determinación del exceso. Se define el exceso e como una medida de disconformidad de una coalición con respecto a una determinada comparación de costos, entonces el nucleolo contiene las configuraciones de pagos que minimizan esta disconformidad entre todas las coaliciones. Este puede ser expresado como un problema de programación matemática:

$$\max e \quad (9)$$

sujeto a:

$$c(S) - x(S) \geq e \quad (10)$$

$$x(N) = c(N) \quad (11)$$

3.2 Obtención del Valor Shapley.

Es una valoración a priori de cada jugador que juega un juego definido como una función característica c y cualquier estructura de coalición S [4]. Para cualquier función característica existirá un vector de pago único $\phi = (\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_n)$ que cumpla con los siguientes axiomas:

Axioma 1, Simetría: El valor del juego de un jugador no depende de la designación o nombre de los jugadores, es decir, los jugadores simétricos tendrán el mismo valor.

Axioma 2, Optimalidad de Pareto y eficiencia: La suma de los valores de cada coalición en cada coalición:

$$\sum \phi_i = c(N) \quad (12)$$

Axioma 3, Jugador nulo: Si el jugador A es nulo $c(S) = c(S - \{A\})$, entonces $\phi_A = 0$.

Axioma 4, Aditividad: El valor de la suma de dos juegos es la suma de los valores de los juegos. Si el Valor Shapley para un juego v es x y para un juego v' es y , el vector de pago de Shapley para un juego $(v+v')$ sera $x+y$. Para la gran coalición de un juego estarán determinados por:

$$\phi_i = \sum_{S \in N} \frac{(n-S)(S-1)!}{n!} [c(S) - c(S - \{i\})] \quad i \in N \quad (13)$$

Para el problema de asignación de costos complementarios, se ha determinado el nucleolo y el

Valor Shapley para cada una de las condiciones horarias del sistema.

Los resultados se han ponderado tomando en cuenta el máximo valor de participación de cada agente. Para la resolución de los problemas de optimización, se ha utilizado la herramienta de programación lineal LINDO [14].

4. Caso de Estudio

La metodología propuesta se ha aplicado a la red de 6 barras de Garver [12] cuya topología se muestra en la Fig. 1.

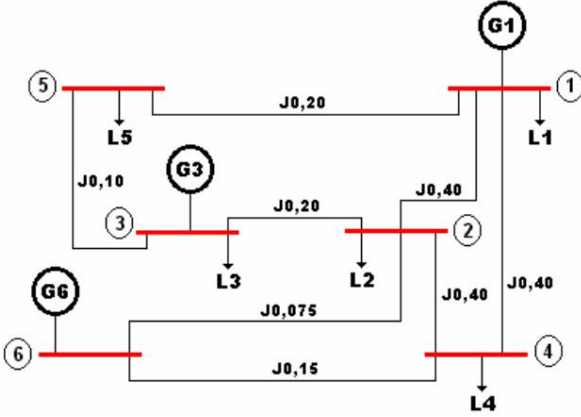


Fig. 1. Red de 6 nodos

La Tabla 1 muestra las características de los generadores conectados a las barras 1, 3 y 6 respectivamente.

Tabla I.- Mercado de las empresas distribuidoras

Generador	Pmax (MW)	Costo (\$/MWh)
G1	150	70
G2	165	22
G3	545	12

Para la determinación de los costos complementarios, se ha tomado en cuenta la condición temporal de la generación y la carga, tal como se indica en la Tabla 4 contenida en el Apéndice.

En base a esta información, se aplica un flujo de carga para cada una de las horas del periodo de estudio. El valor absoluto del flujo de potencia, en pu, por cada una de las líneas de acuerdo a la programación horaria se muestra en la Tabla 2.

Para cada hora se ha determinado de asignación de costos complementarios aplicando la metodología propuesta en este trabajo (Nucleolo y Valor Shapley) y además se han computado los cargos complementarios utilizando el método de las participaciones medias [7] y el método de los factores de distribución [6]

Tabla II. - Flujo de Potencia en las Líneas

HORAS	VALOR ABSOLUTO FLUJO DE POTENCIA LINEAS EN PU (100 MVA)							
	1-2	1-4	1-5	2-3	2-4	2-6	3-5	4-6
0	0.41	0.31	0.39	0.78	0.06	2.48	0.87	1.08
1	0.36	0.27	0.35	0.67	0.05	2.22	0.80	0.98
2	0.30	0.23	0.32	0.57	0.04	1.96	0.73	0.87
3	0.28	0.21	0.30	0.51	0.04	1.83	0.69	0.82
4	0.26	0.20	0.29	0.48	0.04	1.74	0.66	0.77
5	0.26	0.20	0.29	0.48	0.04	1.75	0.67	0.77
6	0.27	0.21	0.30	0.51	0.04	1.82	0.68	0.80
7	0.42	0.31	0.44	0.81	0.04	2.63	0.94	1.20
8	0.56	0.41	0.57	1.10	0.05	3.42	1.18	1.57
9	0.59	0.42	0.66	1.19	0.04	3.74	1.30	1.76
10	0.60	0.41	0.66	1.20	0.02	3.76	1.33	1.83
11	0.59	0.41	0.65	1.18	0.02	3.71	1.31	1.81
12	0.58	0.40	0.64	1.16	0.01	3.65	1.29	1.79
13	0.57	0.39	0.64	1.15	0.02	3.62	1.29	1.77
14	0.56	0.39	0.63	1.12	0.02	3.55	1.26	1.73
15	0.59	0.41	0.65	1.18	0.02	3.69	1.31	1.80
16	0.62	0.43	0.66	1.23	0.02	3.81	1.34	1.86
17	0.66	0.46	0.66	1.29	0.03	3.92	1.35	1.87
18	0.67	0.48	0.64	1.31	0.05	3.92	1.34	1.83
19	0.68	0.49	0.63	1.32	0.06	3.91	1.32	1.80
20	0.69	0.50	0.61	1.33	0.07	3.91	1.31	1.77
21	0.67	0.50	0.60	1.31	0.08	3.85	1.28	1.71
22	0.65	0.49	0.59	1.26	0.09	3.75	1.24	1.64
23	0.54	0.41	0.49	1.04	0.07	3.16	1.07	1.39
24	0.41	0.31	0.39	0.78	0.06	2.48	0.87	1.08

Los resultados han sido ponderados en base al máximo flujo de potencia obtenido en cada línea y presentados resumidamente en la Tabla 3.

Tabla III. - Asignación de Costos

LINEAS	METODO	CONTRIBUCION FLUJO GENERADORES				ASIGN. % COSTOS GENERADORES		
		No 1 (MW)	No 3 (MW)	No 6 (MW)	TOTAL (MW)	No 1 (%)	No 3 (%)	No 6 (%)
1-2	Nucleolo	1.1	2.1	65.3	68.5	1.5	3.1	95.4
	Valor Shapley	48.0	0.0	20.5	68.5	70.0	0.0	30.0
	GGDF	0.0	0.0	68.5	68.5	0.0	0.0	100.0
	Part. Medias	0.0	0.0	68.5	68.5	0.0	0.0	100.0
1-4	Nucleolo	25.1	11.6	13.9	50.5	49.7	22.9	27.4
	Valor Shapley	37.5	0.0	12.9	50.4	74.4	0.0	25.6
	GGDF	0.0	0.0	50.4	50.4	0.0	0.0	100.0
	Part. Medias	0.0	0.0	50.4	50.4	0.0	0.0	100.0
1-5	Nucleolo	5.7	0.0	60.6	66.3	8.6	0.0	91.4
	Valor Shapley	61.8	0.0	4.2	66.0	93.6	0.0	6.4
	GGDF	6.0	0.0	60.0	66.0	9.1	0.0	90.9
	Part. Medias	8.5	0.0	57.6	66.0	12.8	0.0	87.2
2-3	Nucleolo	15.2	0.0	117.7	132.9	11.4	0.0	88.6
	Valor Shapley	0.0	106.6	26.3	132.9	0.0	80.2	19.8
	GGDF	0.0	0.0	132.9	132.9	0.0	0.0	100.0
	Part. Medias	0.0	0.0	132.9	132.9	0.0	0.0	100.0
2-4	Nucleolo	0.0	0.0	8.6	8.6	0.0	0.0	100.0
	Valor Shapley	0.0	8.6	0.0	8.6	0.0	100.0	0.0
	GGDF	0.0	0.0	8.6	8.6	0.0	0.0	100.0
	Part. Medias	0.0	0.0	8.6	8.6	0.0	0.0	100.0
2-6	Nucleolo	0.0	0.0	392.3	392.3	0.0	0.0	100.0
	Valor Shapley	0.0	13.4	378.9	392.3	0.0	3.4	96.6
	GGDF	0.0	0.0	392.3	392.3	0.0	0.0	100.0
	Part. Medias	0.0	0.0	392.3	392.3	0.0	0.0	100.0
3-5	Nucleolo	33.2	48.9	53.2	135.3	24.6	36.1	39.3
	Valor Shapley	2.7	129.3	3.4	135.3	2.0	95.6	2.5
	GGDF	0.0	17.5	117.9	135.3	0.0	12.9	87.1
	Part. Medias	0.0	29.5	105.8	135.3	0.0	21.8	78.2
4-6	Nucleolo	3.1	1.3	183.3	187.7	1.7	0.7	97.7
	Valor Shapley	0.0	24.7	161.9	186.6	0.0	13.2	86.8
	GGDF	0.3	3.8	182.6	186.6	0.1	2.0	97.8
	Part. Medias	0.0	0.0	186.6	186.6	0.0	0.0	100.0
	Nucleolo	83.4	63.8	895.0	1042.2	8.0	6.1	85.9
TOTAL	Valor Shapley	149.9	282.6	608.2	1040.7	14.4	27.2	58.4
	GGDF	6.3	21.3	1013.1	1040.7	0.6	2.0	97.4
	Part. Medias	8.5	29.5	1002.7	1040.7	0.8	2.8	96.4

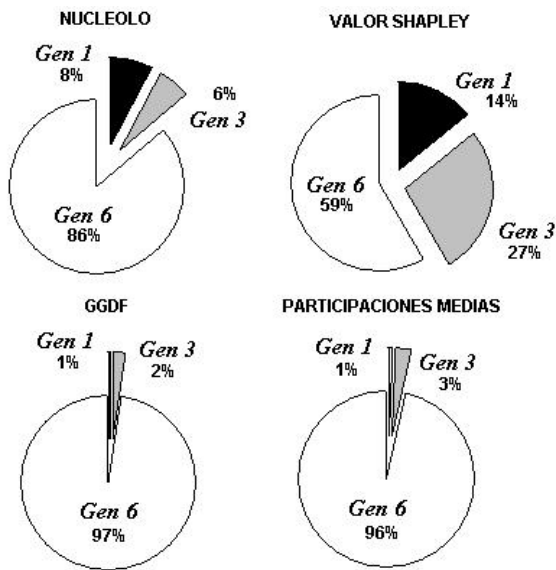


Fig. 2. Asignación de Costos Totales

En general todos los métodos asignan mayor responsabilidad en el flujo de potencia al generador No 6, tal como se puede observar en la Fig. 2. De los dos métodos basados en teoría de juegos el del Nucléolo es el que da resultados más cercanos a los obtenidos vía participaciones medias y factores de distribución que arrojan resultados bastante similares. Es de hacer notar que la asignación está muy influenciada por las condiciones de operación que se consideren por ello es de fundamental importancia establecer las condiciones reales de operación del sistema (flujos máximos). Los métodos considerados no son intercambiables dado que las asignaciones que ellos especifican para cada uno de los generadores son distintas. Adicionalmente, el programa realizado permite calcular la asignación de costos por los métodos de participaciones medias, factores de distribución y teoría de juegos, para los dos primeros métodos no existen limitaciones en cuanto al número de generadores, mientras que para juegos cooperativos se permiten un máximo de cinco generadores.

5. Líneas de Investigación

En cuanto a la utilización de la teoría de juegos para la asignación de peajes quedan como puntos pendientes para trabajos posteriores los siguientes aspectos:

- Asignación de costos por medio de otros métodos de resolución de juegos cooperativos tales como Kernel, Nucléolo per capita, etc.
- Desarrollo de algoritmos para la formación de coaliciones, lo cual puede ser de extrema complejidad en sistemas con gran número de agentes, pues estas son del orden de 2^n , siendo n el número de agentes.
- Asignación de costos utilizando los consumidores como agentes del sistema.

5. Conclusiones

La adopción de un esquema tarifario vía costos marginales permite enviar señales de eficiencia al mercado. Sin embargo, la aplicación de precios marginales de corto plazo permite recuperar solo parte de los costos de inversión, por lo que se hace necesario aplicar un cargo adicional o complementario que se debe repartir entre los usuarios de la red. El estudio de la asignación de este peaje es motivo de discusión y estudio por cuanto no existe un método mundialmente aceptado. Los tres métodos de asignación de costos analizados: Teoría de Juegos, Participaciones Medias y Factores de Distribución arrojan resultados distintos de lo cual se deduce que no son intercambiables. Debido a la inclusión del análisis temporal, en base a la introducción del estado del sistema para cada hora del día, observamos que los resultados se encuentran fuertemente influenciados por las condiciones de operación que se utilicen ya sea en la hora punta y valle las curvas de cargas. En efecto los resultados obtenidos para el sistema de seis barras y tres generadores ofrecen resultados distintos para las todas condiciones consideradas. Es difícil hacer una valoración del cada uno de los métodos estudiados en cuanto que ninguno de ellos hace uso de las leyes físicas que rigen el comportamiento real de los flujos de potencia sino que estiman el uso de la red por parte de los generadores en bases a aproximaciones.

Referencias

- [1] Gatica P., Skoknic E. "Marcos Regulatorios en el Sector Eléctrico Sudamericano", Endesa. 2002
- [2] H. Singh, "Introduction to Game Theory and Its application in Electric Power Markets", IEEE. Computer Applications in Power. 2001.
- [3] A. Rufasto, "Manual de Teoría de Juegos". Estrategia Consultores de Negocio. Lima, Perú. 2003
- [4] J. Contreras. A cooperative game theory approach to transmission planning in power systems. Tesis de Doctorado. University of California. Berkeley. 1997.
- [5] C.S: Yeung, et al. "Game theoretical Multi-Agent Modelling of Coalition Formation for Multilateral Trades". IEEE. Transactions on Power Systems. Vol.14, No.3. Agosto 1999.
- [6] F. Danitz., Métodos de Asignación de Peajes de los Sistemas de Transmisión Eléctricos Según el Uso de la Red. Tesis Doctoral Pontificia Universidad Católica de Chile. 2001
- [7] J. Bialek, "Tracing The Flow of Electricity". IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution, Vol. 143, No 4, July 1996, pp 313-320
- [8] E. Cura, Tarificación de Sistemas de Transmisión Eléctrica: Evaluación de Métodos de Asignación de Costos. Tesis Doctoral Pontificia Universidad Católica de Chile. 1998
- [9] J. Zolezzi. Asignación de Costos de Transmisión Vía Juegos Cooperativos. Tesis Doctoral Pontificia Universidad Católica de Chile. 2002
- [10] F. Rubio, Metodología de Asignación de Costes de la Red de Transporte en un Contexto de Regulación Abierta a la Competencia. Tesis Universidad Pontificia Comillas de Madrid. 1999

- [11] J. Zolezzi and H. Rudnick, "Transmission Cost Allocation by Cooperative Games and Coalition Formation". IEEE Transactions on Power Systems, Volume: 17, Issue: 4, Nov. 2002
- [12] R. Villasana, L.L. Garver and T. Salon. "Transmission Network Planning Using Linear Programming", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS-104. Feb. 1985 I
- [13] IEEE Power Engineering Society, IEEE Tutorial On Game Theory Applications in Electric Power Markets, Winter Meeting, New York, 1999.
- [14] LINGO Systems. Online <http://www.lindo.com>

Apéndices

Tabla III. - Perfil Diario de Generación y Consumo

HORAS	CARGAS						GENERACION		
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	G1	G2	G3
0	48.80	134.40	26.90	71.20	126.00	0.00	15.00	36.00	356.30
1	42.72	123.36	23.56	65.28	115.20	0.00	15.00	36.00	319.12
2	36.48	113.04	20.22	59.04	104.64	0.00	15.00	36.00	282.42
3	33.76	107.28	18.72	56.00	99.12	0.00	15.00	36.00	263.88
4	32.96	102.48	18.28	53.44	94.80	0.00	15.00	36.00	250.96
5	31.60	104.40	17.61	53.84	95.88	0.00	15.00	36.00	252.33
6	32.80	108.00	18.36	55.04	98.88	0.00	15.00	36.00	262.08
7	43.52	144.96	23.08	84.18	137.76	0.00	15.00	36.00	382.50
8	54.40	181.20	28.10	111.20	175.20	0.00	15.00	36.00	499.10
9	50.40	200.40	24.82	130.08	195.36	0.00	15.00	36.00	550.06
10	50.72	197.76	23.60	139.84	198.72	0.00	15.00	36.00	559.64
11	50.08	194.94	23.20	138.56	196.08	0.00	15.00	36.00	551.86
12	48.80	192.00	22.46	137.44	193.68	0.00	15.00	36.00	543.38
13	47.80	191.52	22.08	136.00	192.48	0.00	15.00	36.00	538.88
14	46.40	189.60	21.64	132.16	189.12	0.00	15.00	36.00	527.92
15	50.56	193.68	23.52	137.60	195.12	0.00	15.00	36.00	549.48
16	53.76	197.28	25.02	141.60	199.92	0.00	15.00	36.00	566.58
17	61.12	200.16	29.82	137.12	200.88	0.00	15.00	36.00	578.10
18	65.28	199.44	32.82	131.04	198.24	0.00	15.00	36.00	575.82
19	68.96	197.28	35.46	124.96	194.64	0.00	15.00	36.00	570.30
20	72.64	196.32	38.12	119.36	192.00	0.00	15.00	36.00	567.44
21	72.48	194.64	36.68	113.28	187.92	0.00	15.00	36.00	554.00
22	70.40	192.00	38.18	106.72	182.64	0.00	15.00	36.00	538.94
23	60.48	164.64	32.72	91.28	156.72	0.00	15.00	36.00	454.84
24	48.80	134.40	26.90	71.20	126.00	0.00	15.00	36.00	356.30

Agradecimientos

Proyecto S1 No. 2001000917 "Gestión Económica óptima del suministro de energía eléctrica en sistemas de distribución en mercados eléctricos liberalizados" financiado por el FONACIT-Venezuela

Biografías

H. M. Khodr, Recibió sus títulos de Doctorado, y de Maestría y Licenciatura en Ingeniería Eléctrica en la ISPJAE en 1997 y 1993 respectivamente. Actualmente, es Profesor Asociado en el área de Ingeniería Eléctrica adscrito al Departamento de Conversión y Transporte de Energía de la Universidad Simón Bolívar. Ha sido responsable de numerosos proyectos desarrollados para las industrias locales. Sus actividades de investigación actualmente se concentran en la planificación, operación y economía de sistemas eléctricos de potencia, tanto de distribución como industriales.

P. M. De Oliveira De Jesús, Obtuvo el M.Sc. y el grado de Ingeniero Electricista en 2002 y 1.995 por la Universidad Simón Bolívar. Fue profesor adscrito al Departamento de Conversión y Transporte de Energía de la Universidad Simón Bolívar y actualmente realiza estudios de doctorado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Oporto (FEUP) y trabaja como investigador el Instituto de Ingeniería de Sistemas y Computadores (INESC Porto), Portugal. Sus áreas de investigación incluyen aspectos técnicos y económicos de sistemas eléctricos de potencia.

J. M. Yusta-Loyo, Obtuvo sus títulos de Doctorado y de Ingeniero Industrial en Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza en 2000 y 1994 respectivamente. Actualmente es Profesor Asociado en el área de Ingeniería Eléctrica adscrito al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zaragoza. Sus actividades de investigación se concentran en los problemas técnicos y económicos de los sistemas de distribución de energía eléctrica.