

**XI SEPOPE**

16 a 20 de Março 2009
March – 16th to 20th – 2009
BELÉM (PA) - BRASIL

**XI SIMPÓSIO DE ESPECIALISTAS EM PLANEJAMENTO DA
OPERAÇÃO E EXPANSÃO ELÉTRICA****XI SYMPOSIUM OF SPECIALISTS IN ELECTRIC OPERATIONAL
AND EXPANSION PLANNING****INFLUECIA DEL COSTO DE DEFICIT EN LA VALORIZACION DEL AGUA DE LOS
EMBALSES DE URUGUAY****R. CHAER***

Facultad de Ingeniería
Uruguay

A. BRANDINO

ADME
Uruguay

M. LEON

ADME
Uruguay

S. PEREZ DE LA LLANA

URSEA
Uruguay

***Resumen** – Este trabajo presenta el análisis de sensibilidad de la valorización del agua del principal embalse del Uruguay a los cambios en el Costo de Racionamiento de Largo Plazo considerado para el despacho óptimo del sistema. También se presenta la sensibilidad del costo directo de operación, de la energía racionada, de la energía generada de origen hidráulico y del ingreso de un generador al spot.*

***Palabras clave:** Racionamiento – Energía - Optimización – Despacho Hidrotérmico.*

1 INTRODUCCIÓN

El Costo de Racionamiento de Largo Plazo (CRLP) de un sistema está asociado a los costos que tiene para la economía del país el no poder suministrar toda la energía demandada por el sistema. Las metodologías de determinación del CRLP es compleja [1] e incluye la realización de encuestas a diferentes sectores de la economía para determinar los costos que tendrían ante la falta de suministro de energía; así como la identificación y cuantificación de las matrices insumo producto de las diferentes cadenas productivas para evaluar en forma adecuada los impactos en cadena asociados a un racionamiento. No es intención de este estudio determinar el CRLP sino simplemente evaluar la sensibilidad de los principales indicadores de la gestión del sistema a dichos costo.

Dada la volatilidad del precio del petróleo durante el primer semestre del 2008 y dado lo complejo que puede ser determinar los CRLP es casi inevitable tener que operar el sistema con valores de CRLP que pueden no estar ajustados y por lo tanto es interesante conocer la sensibilidad de la gestión del sistema a dichos valores.

En la actualidad los valores de CRLP están fijados en el sistema Uruguayo por decreto del Poder Ejecutivo en 250 USD/MWh para el primer 5% (respecto de la demanda) de racionamiento, 400 USD/MWh para el siguiente 7.5% de racionamiento, 1200 USD/MWh para el siguiente 7.5 y 2000 USD/MWh para el 80% restante.

Para realizar los cálculos se utilizó el programa SimSEE [2] desarrollado en el Instituto de Ingeniería Eléctrica del Uruguay en el marco de un Proyecto de Desarrollo Tecnológico con financiación del Banco Interamericano de Desarrollo. Esta herramienta utiliza una optimización dinámica estocástica para valorizar el agua de los embalses.

2 EL SISTEMA URUGUAYO

El sistema uruguayo consta de cuatro embalses. El más grande de los embalses tiene capacidad de almacenamiento de aproximadamente 90 días (de generación a pleno). El resto de los embalses tienen constantes de tiempo inferiores a la semana, pero sin embargo por la capacidad de potencia instalada resultan relevantes para el sistema uruguayo. La demanda de energía del sistema Uruguayo es entre 22 y 25GWh por día hábil para el año 2008 con un pico de aproximadamente 1500MW. La potencia instalada de origen térmico es aproximadamente de 700MW. La potencia instalada de origen hidráulico es 1200 MW. La interconexión entre Uruguay y Argentina permite un intercambio máximo de aproximadamente 2000MW en ambos sentidos y la interconexión entre Uruguay y Brasil aproximadamente 70MW en el sentido de Brasil a Uruguay y 50MW en el sentido contrario.

El parque térmico esta formado por un grupo de unidades del tipo turbo-vapor alimentadas a fueloil pesado capaces de generar 243 MW en “Central Batlle” (CB) a un costo de 130 USD/MWh, 300MW de turbinas a gasoil de buen rendimiento en “Punta Del Tigre” (PTI), con un costo variable de 187 USD/MWh, 200MW de turbinas de gasoil de menor rendimiento ubicadas en la “Central Térmica de Respaldo” (CTR) con costo variable de 237 USD/MWh. En el sistema hay algunos proyectos de generación distribuida que constituyen del orden de 30MW más 20MW de una turbina a gasoil de muy bajo rendimiento.

Con los valores del precio del petróleo en la primer semestre del 2008, aproximadamente 220 MW de la oferta térmica quedó con un costo variable de generación algo superior a los 250 USD/MWh correspondientes al primer escalón de CRLP.

3 METODOLOGIA

Para el cálculo de las sensibilidades utilizamos el simulador SimSEE cargando el sistema uruguayo con su proyección a partir de noviembre del 2008. La optimización de los recursos se realizó con un paso de discretización temporal de 24 horas y un horizonte de dos años. Para los resultados se consideraron los valores acumulados del primer semestre de dicho horizonte.

La aleatoriedad tanto de las crónicas de aportes hidráulicos a las represas como de el estado de disponible/indisponible de las unidades de generación lleva a que los resultados sean presentados tanto en su valor esperado o promedio como para diferentes probabilidades de ser excedidos. Para la simulación estadística se utilizaron 100 realizaciones de los procesos estocásticos.

En SimSEE el racionamiento es simulado especificando para la demanda los escalones de racionamiento y sus precios. Cada escalón de racionamiento es simulado internamente como una central térmica sencilla con Costo Variable de Racionamiento (CVR) igual al fijado para el respectivo escalón en la demanda y potencia máxima igual a la resultante de la potencia demandada multiplicada por la profundidad del escalón. Se consideraron escalones de racionamiento equivalentes al 5%, 7.5%, 7.5% y 80% de la demanda. Para el caso base los CVR respectivamente son 450, 600, 1200 y 2000 USD/MWh respectivamente. Los casos considerados corresponden al caso base multiplicando los CVRs por 0.7, 0.8, 0.9, 1.3, 1.6 y 2 resultando en los valores que se muestran en la tabla I.

TABLA I. CASOS CONSIDERADOS.

	5%	7.50%	7.50%	80%
<i>caso</i>	CVR1	CVR2	CVR3	CVR4
0.7	315	420	840	1400
0.8	360	480	960	1600
0.9	405	540	1080	1800
1.0	450	600	1200	2000
1.3	585	780	1560	2600
1.6	720	960	1920	3200
2.0	900	1200	2400	4000

Para el cálculo de los ingresos al spot, se tuvo en consideración que el precio spot en Uruguay está topeado por ley al valor máximo de 250 USD/MWh. El valor calculado es el que recibiría un generador de 1MW que estuviese todas las horas del semestre despachado.

4 LOS RESULTADOS.

Las siguientes tablas resumen los resultados para el semestre noviembre 2008 – abril 2009. La tabla II presenta la generación hidráulica, la tabla III el costo de operación consistente en gasto de combustible más gasto en importaciones de energía, la tabla IV la energía racionada expresada en % de la demanda del período y la tabla V resume los ingresos al spot que recibiría un generador de 1MW que hubiese estado despachado todo el tiempo.

TABLA II. GENERACION HIDRAULICA [GWh].

<i>caso</i>	Prom	Pe10.0%	Pe30.0%	Pe70.0%	Pe90.0%
0.7	2424.5	3297.6	2780.3	2098.3	1744.9
0.8	2406.1	3286.7	2758.6	2085.5	1743.6
0.9	2389.3	3271.7	2735.3	2056.2	1735.6
1	2375.7	3260.7	2714.1	2039.3	1739.7
1.3	2344.4	3230.5	2663.7	2008.7	1700.9
1.6	2320.8	3216.0	2623.5	1980.5	1704.8
2	2299.5	3205.1	2574.8	1978.8	1706.6

TABLA III. COSTO COMBUSTIBLE+IMPORTACIONES [MUSD].

<i>caso</i>	Prom	Pe10.0%	Pe30.0%	Pe70.0%	Pe90.0%
0.7	269	382	328	212	140
0.8	274	385	334	216	142
0.9	278	388	338	220	145
1	281	391	341	223	150
1.3	288	399	348	233	160
1.6	293	399	351	242	166
2	297	399	355	252	172

TABLA IV. ENEGIA RACIONADA [% de la demanda].

caso	Prom	Pe5.0%	Pe30.0%	Pe70.0%	Pe95.0%
0.7	4%	22%	3%	0%	0%
0.8	4%	21%	2%	0%	0%
0.9	3%	20%	2%	0%	0%
1	3%	19%	2%	0%	0%
1.3	3%	19%	1%	0%	0%
1.6	3%	18%	1%	0%	0%
2	3%	18%	1%	0%	0%

TABLA V. INGRESOS 1MW AL SPOT [MUSD].

caso	Prom	Pe10.0%	Pe30.0%	Pe70.0%	Pe90.0%
0.7	0.79	0.99	0.88	0.71	0.63
0.8	0.80	1.00	0.89	0.72	0.63
0.9	0.81	1.00	0.89	0.73	0.63
1.0	0.81	1.00	0.90	0.73	0.64
1.3	0.82	1.00	0.91	0.74	0.64
1.6	0.83	1.00	0.92	0.76	0.64
2.0	0.83	1.01	0.93	0.76	0.65

La figura 1 muestra un resumen del conjunto de las cinco tablas I – V mostrando las variaciones en p.u. de las diferentes magnitudes respecto del caso base. En todos los casos se consideró la columna “promedio” de las tablas salvo en el caso de la energía racionada en que se consideró la columna correspondiente a un probabilidad de excedencia de 5%.

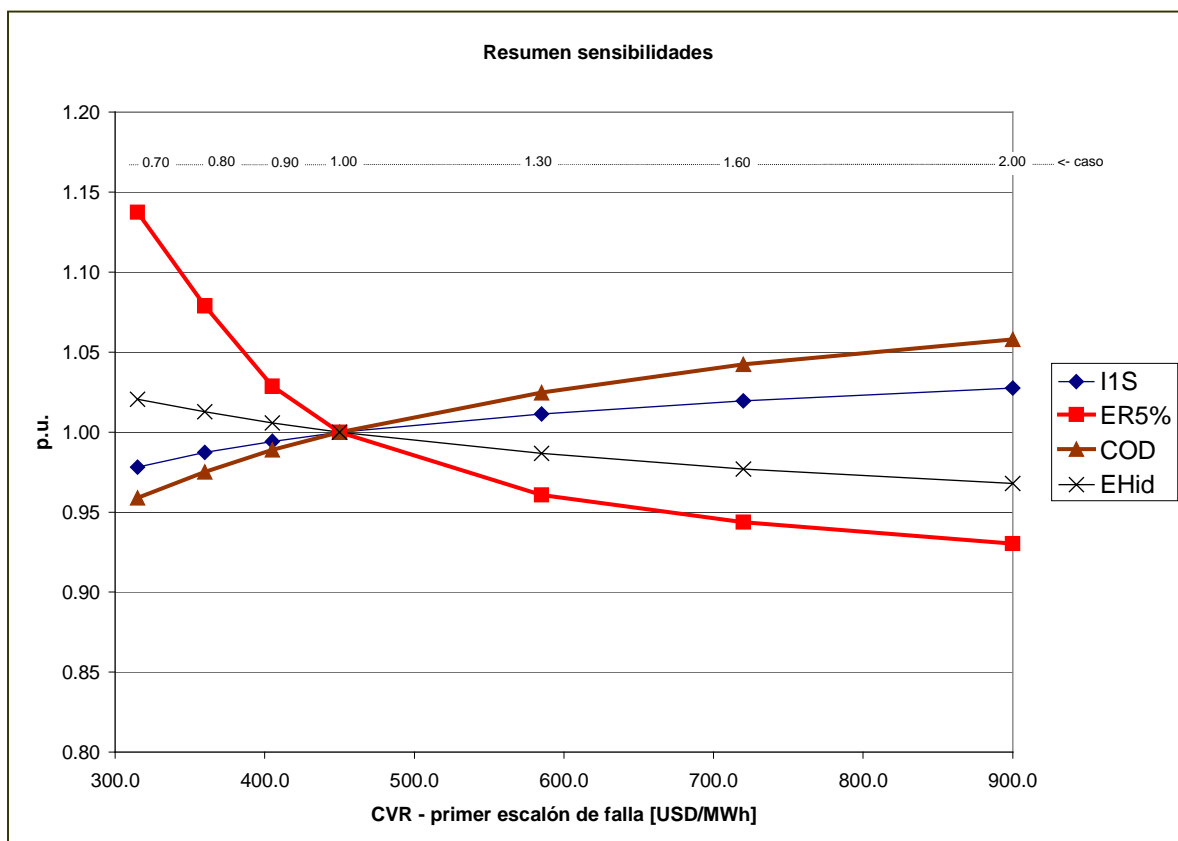


Fig. 1. Resumen de sensibilidades en p.u.

En la Fig.1. se puede apreciar que la mayor sensibilidad la presenta la energía racionada con probabilidad de excedencia 5% (ER5% en la figura) teniendo sensibilidad negativa, seguida de los Costos Operativos Directos (COD, térmicos más importaciones) con sensibilidad positiva y aproximadamente con el mismo nivel de sensibilidad están la Energía generada Hidráulica (EHid) y los Ingresos de 1MW al Spot (IIS) con sensibilidades negativa y positiva respectivamente.

Al aumentar los CVR disminuye el optimizador ve que le es más costoso racionar e intenta disminuir la energía racionada (sensibilidad negativa de ER5%), para ello intenta mantener el nivel de los lagos más altos para disponer de la energía en los momentos que pueda usarla para disminuir el racionamiento generando por lo tanto menos con las hidráulicas (sensibilidad negativa de EHid). Como contrapartida debe generar más con las térmicas o importar más energía (sensibilidad positiva de COD). Al aumentar el costo de generación sube el costo marginal del sistema y por lo tanto el precio spot de ahí la sensibilidad positiva de IIS. La menor sensibilidad de IIS está asociada a que el precio spot está topeado a 250 USD/MWh.

Observar en la Fig.1. que ER5% tiene pendiente superior para los casos de menor CVR que para los casos con mayor CVR. Este comportamiento de “saturación” indica que por más que se eleven los CVR llegará un momento que no es posible disminuir la energía de racionamiento con los recursos disponibles.

La Fig. 2. muestra la valorización del agua de la principal represa del sistema (lago de Rincón del Bonete). La figura corresponde a la valorización realizada suponiendo una condición hidrológica media.

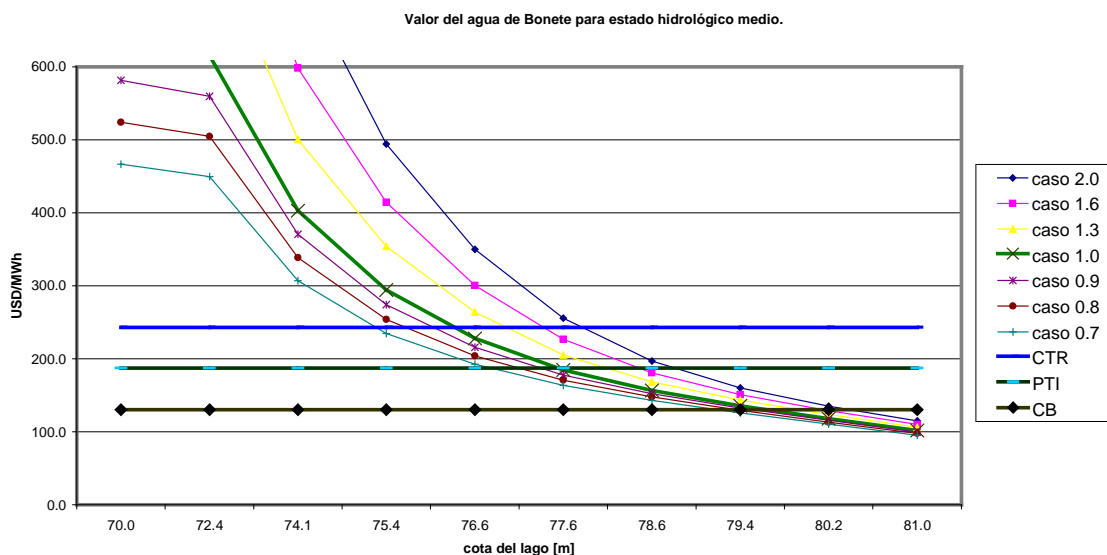


Fig. 2. Valor del agua de Bonente vs. térmicas del sistema.

Las rectas horizontales de la Fig. 2. corresponden a los costos variables de generación de las principales centrales térmicas del sistema. La recta horizontal superior corresponde a la CTR y como se puede observar, para el caso 0.7 se despacha la CTR si la cota del lago baja de 75.4 m mientras que si consideramos el caso 2.0 la CTR será despachada si la cota del lago baja de 77.85 m. En definitiva, la Fig. 2. nos muestra en qué medida somos más conservadores en el uso del agua del lago al subir los CRLP.

De la Fig. 2. se puede concluir que la política de uso del agua del lago de Rincón de Bonete tiene una sensibilidad importante a los CRLP considerados. Esta sensibilidad parece demasiada cuando se compara con la sensibilidad mostrada por la generación hidráulica (EHid en la Fig. 1.), pero se debe tener en cuenta que la generación hidráulica es del conjunto de centrales hidráulicas del país y que en ese conjunto la central de la represa de Rincón de Bonete general solamente el 20% aproximadamente.

5 CONCLUSIONES

Se mostró la importancia del Costo de Racionamiento de Largo Plazo en la determinación de la política de uso del agua del principal embalse del Uruguay. La sensibilidad de los costos directos de operación y de los

ingresos al spot a los valores del CRLP son poco relevantes comparados con la sensibilidad de la energía de racionamiento, por lo que parece razonable que ante un desajuste de los CRLP por variaciones bruscas en los costos de los combustibles se busque compensar dicho desajuste considerando valores de CVR incrementados hasta que se disponga de los nuevos valores de CRLP. Cuánto incrementarlos dependerá de la reducción que se tenga de la energía de racionamiento (valorizada al valor incrementado) por dicho incremento vs. el aumento de los costos operativos directos.

6 REFERENCIAS

- [1] Luis Vargas, Costo de Racionamiento de Larga Duración en el Mercado Eléctrico. (<http://iie.fing.edu.uy/epim2008/programa/luis%20vargas-costoracionamientolargaduracion.pdf>).
- [2] Sitio web del simulador SimSEE. (<http://iie.fing.edu.uy/simsee>).