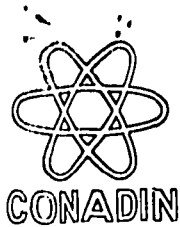


VE8400009

SE-TNA-0183



Consejo Nacional para el Desarrollo de la Industria Nuclear

EL WASP COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACION DE LA EXPANSION DE LOS SISTEMAS
DE GENERACION ELECTRICA.

SE-TNA -- 0183.

PONENCIA DEL CONADIN ANTE LA XVIII CONVENCION DE LA UNION PANAMERICANA
DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS (UPADI).

PONENTE:

ING° GASPARE D'ISIDORO

CARACAS, 31 DE OCTUBRE DE 1984

EL WASP COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACION DE LA EXPANSION DE LOS
SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA.

La planificación de los sistemas eléctricos forma parte de un problema más general, la planificación de la energía y del desarrollo económico. Su objetivo es, pues, definir una estrategia de costos mínimos para la ampliación a largo plazo de los sistemas de generación, transmisión y distribución adecuados para atender a la carga pronosticada, en unas condiciones técnicas, económicas y políticas dadas.

Tradicionalmente, por planificación de los sistemas eléctricos se entiende sobre todo la planificación del aumento de la capacidad de generación. Ello se debe principalmente a que la inversión que exigen las líneas de transmisión es una parte menor que el capital necesario para la construcción de centrales, y a que las inversiones requeridas para la distribución de electricidad a los abonados, si bien importantes, son en gran medida independientes del sistema de generación y transmisión.

Las principales etapas de la planificación de un sistema eléctrico se pueden resumir como sigue:

- a). Estudio para pronosticar la carga eléctrica en un período futuro de cinco a treinta años, basado en la información más fidedigna.
- b). Evaluación de los recursos energéticos disponibles en el futuro para la generación de electricidad y de las tendencias previsibles en los aspectos técnicos y económicos.
- c). Evaluación de las características económicas y técnicas de las unidades generadoras existentes y de las centrales que se consideren interesantes para la ampliación del sistema. Esas características son en particular los gastos de instalación, los gastos de combustible, los gastos de explotación y mantenimiento, el rendimiento, el tiempo de construcción, grado de participación doméstica, etc.
- d). Determinación de las características técnicas y económicas de las centrales disponibles para la ampliación.

- e) Determinación de los parámetros económicos y técnicos que influyen en las decisiones, por ejemplo, el tipo de descuento, el nivel de fiabilidad que haya de tener el sistema generador, etc.
- f) Elección de un procedimiento para determinar la estrategia óptima de ampliación teniendo en cuenta los factores restrictivos existentes.
- g) Examen cualitativo de los resultados para juzgar la viabilidad de la solución propuesta.

Para determinar la mayor parte de estos datos hay que tener en cuenta el ambiente económico y técnico actual en el sector eléctrico. Así, los recursos disponibles y los precios del combustible se ponen en relación con la política energética del país; se debe tener en cuenta, al pronosticar la demanda, la política actual y previsible de desarrollo económico; las tasas de interés y de subida de precios dependen también de la economía; el sistema debe tener una fiabilidad aceptable orientada hacia el futuro.

Dadas las numerosas variables englobadas en los problemas de ampliación de sistemas eléctricos, los planificadores han desarrollado numerosos modelos matemáticos para abordar la cuestión de manera sistemática.

Venezuela, como país joven en franco crecimiento, posee características muy peculiares que han dificultado durante los últimos años, el desarrollo armónico de las infraestructuras que deben soportar el peso de las actividades propias de los sectores económicos e industriales del país. La planificación de la expansión del sistema de generación se ha venido convirtiendo en un problema muy complejo, debido a varios factores, entre ellos:

- el tamaño de las unidades
- los factores de utilización
- el monto de las inversiones requeridas
- el costo de los combustibles
- los requerimientos de mantenimiento
- diferentes factores involucrados en la operación del sistema de generación.

Todos ellos complican el problema de elección de tipos y tamaños de las diferentes plantas a ser incorporadas al sistema para abastecer la creciente demanda.

La óptima utilización de nuestros recursos energéticos para la generación de electricidad, nos ha obligado a usar los modelos disponibles en el mercado que permitan tener a mano todas las herramientas que conduzcan a obtener toda la información necesaria para realizar óptima planificación del uso de esos recursos energéticos.

Con tal fin la Secretaría Ejecutiva del CONADIN adquirió el modelo WASP, el cual es usado para hallar la política óptima de expansión de generación del sistema eléctrico. Fue cedido a Venezuela por el Organismo Internacional de Energía Atómica (O.I.E.A.) y usado por primera vez para la elaboración del estudio de Planificación Nucleoeléctrica para Venezuela en 1978. Siendo elaborado por personal de CADAPE y la Secretaría Ejecutiva del CONADIN con la asistencia técnica expertos del OIEA.

En 1981 la tercera versión del WASP fue cedida al CONADIN, quien a su vez lo cedió a CADAPE, Electricidad de Caracas, EDELCA y ENELVEN.

La importancia de poseer el WASP III, consiste en que es un modelo que se adapta mas a las condiciones venezolanas, esto es, un tratamiento más realista de la Hidroelectricidad, la cual representa nuestro mayor recurso para la generación.

En Noviembre de 1981, se constituyó un grupo de trabajo formado por el Ministerio de Energía y Minas, CADAPE, EDC, EDELCA, ENELVEN, Fondo de Inversiones, La Universidad Simón Bolívar y el CONADIN con la finalidad de hacer un estudio de la expansión óptima usando como herramienta de trabajo el WASP III.

En Abril de 1982 el CONADIN realizó un seminario sobre el WASP. A éste asistieron representantes de los países Andinos, un experto del OIEA, y por Venezuela el grupo de trabajo ya mencionado.

En razón del laborioso trabajo efectuado para la recabación, normalización y entrada al programa de los datos, surgió una idea que consideramos muy importante, esta es la de la creación de un Banco de Datos Energéticos.

Este Banco de Datos permitirá mantener el insumo de información actualizado, lo que facilitará el uso casi inmediato de cualquier modelo energético que se adquiriera.

El WASP (Wien Automatic System Planning Package), traducido como: el Paquete de Viena de Planificación Automática del Sistema, fue desarrollado para acometer las necesidades del "Market Survey for Nuclear Power in Developing Countries" del OTEA, basándose en la experiencia de su uso en el Estudio de Mercado y en Estudios de Planificación Nucleoeléctrica; y está diseñado para determinar la política de expansión de generación económicamente óptima para un sistema eléctrico, dentro de las restricciones especificadas por el usuario.

Uno de los objetivos del empleo de la metodología del WASP es la de definir la óptima capacidad y conveniente oportunidad de incorporación en el sistema eléctrico de los diferentes tipos de plantas de potencia que pudieran ser construidas en el período de estudio. El mérito económico conducente a la determinación de la óptima expansión está basado en la denominada "función objetivo", la cual representa el valor presente de todos los costos asociados con la construcción y operación de las plantas generadoras en consideración menos el valor de salvamento al año horizonte del estudio (2000). Este valor de salvamento corresponde a un crédito que se otorga por el resto de la vida útil (a partir del año horizonte) de las plantas adicionales por el programa. Por otra parte, el programa de expansión óptimo determinado por el WASP está enmarcado dentro de los requerimientos, especificaciones y exigencias impuestas por los usuarios, aún cuando en muchos casos fueron requeridas ciertas suposiciones.

SOLUCIONES OPTIMA Y SUB-OPTIMAS LOGRADAS EN LA EJECUCION DEL PROGRAMA:

El módulo DYNPRO permite el reporte de hasta las diez mejores soluciones de manera que el usuario pueda escoger para analizar entre ellas la que crea razonablemente más realista, indistintamente de que la solución escogida sea la que tenga la mejor "función objetivo". En el presente ejercicio se solicitó del Programa solo las tres mejores, adoptándose como óptima la de menor función objetivo. Las tablas N° 1, 2 y 3 muestran las soluciones óptimas en orden decreciente, y la tabla N° 4 muestra las respectivas funciones objetivos desglosadas en sus componentes. Como se puede apreciar por inspección de las mencionadas tablas, las tres soluciones son bastante similares en cuanto a capacidad instalada se refiere. Todas tienen en común la ausencia de empleo de las plantas a Fuel Oil de 400 MW, y el programa de instalación de proyectos hidroeléctricos permanece invariable.

La primera de las adiciones térmicas aparece en el año 1998, una vez que los recursos hidroeléctricos han sido agotados.

TABLA N° 1.

Solución Optima

| ANO | NUMD Nuclear 1200 | CGU2 Carbón 250 | CGU4 Carbón 400 | P400 Fuel Oil 400 | P600 Fuel Oil 600 | VHYD Hidroeléc- tricidad | CAPACIDAD Añadida al Sistema. |
|---------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1980 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1981 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1982 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1984 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1985 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1986 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1987 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1988 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1989 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1560 |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3120 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5002 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6884 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9180 |
| 1998 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 11830 |
| 1999 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 14830 |
| Totales | 1 | 1 | 3 | 0 | 5 | 11 | 14830 |

TABLA N° 2

Solución sub-optima N° 1

| AÑO | NUMD Nuclear 1200 | CGU2 Carbón 250 | CGU4 Carbón 400 | P400 Fuel Oil | P600 Fuel Oil | VHYD Hidro- electricidad | CAPACIDAD añadida al sistema |
|----------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 1980 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1981 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1982 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1984 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1985 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1986 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1987 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1988 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1989 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1560 |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1560 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1882 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1882 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2296 |
| 1998 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2600 |
| 1999 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2650 |
| Totales | 2 | 1 | 2 | 0 | 3 | 11 | 14430 |

TABLA N° 3
Solución Sub-optima N° 2

| AÑO | NUMD Nuclear 1200 | CGU2 Carbón 250 | CGU4 Carbón 400 | P400 Fuel Oil 400 | P600 Fuel Oil 600 | VHYD Hidroelec tricidad. | CAPACIDAD Añadida al Sistema. |
|----------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1980 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1981 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1982 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1984 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1985 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1986 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1987 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1988 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1989 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1560 |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1560 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1882 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1882 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2296 |
| 1998 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2650 |
| 1999 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3000 |
| Totales | 2 | 1 | 3 | 0 | 3 | 11 | 14830 |

TABLA N° 4 Comparación económica
de las tres soluciones (cantidades
en millones de dólares).

| Solución | Valor presente costo de cons- trucción en 1999. | Valor presente costo de op.en 1999 | Valor presente valor de salva- mento en 1999 | Función objetivo | Capacidad MW | % |
|----------------|--|--|--|---------------------|-----------------|-------|
| Optima | 362.328 | 103.960 | 321.975 | 4129.184 | 14830 | - - - |
| Suboptima N° 1 | 345.928 | 93.340 | 307.429 | 4129.443 | 14430 | 0.006 |
| Suboptima N° 2 | 483.659 | 91.223 | 430.217 | 4129.535 | 14830 | 0.009 |

Solución Óptima Resultados de la Simulación.
Combustibles requeridos (cantidades y equivalencias)

| AÑO | Hidroelectricidad | | | Fuel Oil | | Gas Nat. | | | Diesel | | | Carbón | | | Uranio | |
|-------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------|----------------------|-------------------|--------------------------|--------|----------------------|
| | TWh | TEP $\times 10^6$ | BEP/d $\times 10^3$ | TON $\times 10^6$ | BEP/dia $\times 10^3$ | M $\times 10^9$ | TEP $\times 10^6$ | BEP/dia $\times 10^3$ | Ton $\times 10^5$ | TEP $\times 10^5$ | BEP/dia | Ton $\times 10^5$ | TEP $\times 10^5$ | BEP/dia $\times 10^3$ | TON | TEP $\times 10^6$ |
| 1980 | 18.93 | 5.66 | 107 | 2.69 | 51.5 | 1.41 | 1.32 | 25.2 | 21.2 | 21.0 | 403.2 | 0 | | | | |
| 1981 | 19.0 | 5.68 | 107.4 | 3.46 | 66.54 | 1.59 | 1.48 | 28.35 | 23.7 | 23.5 | 450 | 0 | | | | |
| 1982 | 19.6 | 5.86 | 110.8 | 4.06 | 77.75 | 1.86 | 1.73 | 33.24 | 27.6 | 27.3 | 522.9 | 0 | | | | |
| 1983 | 35.14 | 10.5 | 198.6 | 2.07 | 39.6 | .810 | .755 | 14.44 | 10.11 | 10.01 | 191.5 | 0 | | | | |
| 1984 | 42.2 | 12.68 | 239.8 | 1.84 | 35.3 | .099 | .093 | 1.78 | 1.51 | 1.5 | 28 | 0 | | | | |
| 1985 | 44.22 | 13.22 | 250 | 1.98 | 37.95 | .872 | .812 | 15.54 | 8.5 | 8.46 | 161.8 | 0 | | | | |
| 1986 | 56.89 | 17.0 | 321.6 | 0.62 | 11.87 | .071 | .066 | 1.26 | .55 | .55 | 10 | 5.514 | 3.242 | .62 | | |
| 1987 | 60.85 | 18.2 | 344 | 0.955 | 18.2 | .083 | .078 | 1.49 | 1.21 | 1.2 | 23 | 11.68 | 6.87 | .131 | | |
| 1988 | 60.85 | 18.2 | 344 | 1.74 | 33.38 | .387 | .36 | 6.9 | 1.3 | 1.3 | 25.8 | 119.3 | 70.5 | 1.34 | | |
| 1989 | 60.85 | 18.2 | 344 | 2.18 | 41.86 | 1.18 | 1.1 | 21.03 | 20.4 | 20.2 | 387.8 | 375 | 221 | 4.22 | | |
| 1990 | 60.85 | 18.2 | 344 | 3.10 | 59.29 | 1.33 | 1.24 | 23.86 | 23.3 | 23.1 | 442.4 | 533.1 | 313.6 | 5.99 | | |
| 1991 | 60.85 | 18.2 | 344 | 4.15 | 79.54 | 1.52 | 1.42 | 27.15 | 26.5 | 26.2 | 501.8 | 639 | 375 | 7.18 | | |
| 1992 | 60.85 | 18.2 | 344 | 5.11 | 97.76 | 2.0 | 1.86 | 35.66 | 29.8 | 29.5 | 565.0 | 874 | 514 | 9.83 | | |
| 1993 | 71.29 | 21.3 | 403 | 4.67 | 89.34 | 1.57 | 1.46 | 28.07 | 27.7 | 27.4 | 525 | 697 | 410 | 7.84 | | |
| 1994 | 81.74 | 24.4 | 462 | 4.16 | 79.71 | 1.33 | 1.24 | 23.86 | 26. | 25.7 | 493.2 | 659 | 387 | 7.4 | | |
| 1995 | 94.276 | 28.2 | 533 | 3.38 | 64.69 | 1.12 | 1.05 | 20.08 | 24.2 | 24. | 458.3 | 616 | 362 | 6.93 | | |
| 1996 | 106.7 | 31.9 | 603.2 | 2.77 | 53.05 | 1.0 | 0.934 | 17.87 | 22.8 | 22.6 | 432.8. | 682 | 342 | 6.54 | | |
| 1997 | 121.7 | 36.4 | 688 | 1.98 | 37.98 | 0.817 | 0.761 | 14.56 | 21.0 | 20.8 | 400 | 535 | 314 | 6.01 | | |
| 1998 | 121.7 | 36.4 | 688 | 2.44 | 46.83 | .55 | .51 | 9.8 | 22.7 | 22.5 | 430 | 3102 | 1 824 | 34.89 | | |
| 1999 | 121.7 | 36.4 | 688 | 3.27 | 62.67 | .43 | .40 | 7.7 | 23 | 22.9 | 438 | 3099 | 1 822 | 34.84 | 0.97 | 1.7 |
| Total | 1266.2 | 378.7 | -- | 56.73 | -- | 20 | 18.7 | -- | 364 | 360 | -- | 11.8x10 ⁶ | 6969 | -- | 0.97 | 1.7 |

En todos los casos se hacen presentes la alternativa nuclear y las plantas a fuel oil de 600 MW. Las "funciones objetivo" de las tres soluciones poseen valores bastante similares; sin embargo las componentes presentan, en algunos casos, notables diferencias entre sí, cosa que ameritaría un estudio económico detallado cuando se trate de escoger un programa; por ejemplo: La solución sub-óptima N° 2 es la que representa el menor costo de operación en el año 1999 (91.2 millones de \$), sin embargo, tal programa de expansión representaría una inversión en ese solo año de 483.6 millones de dólares (valor presente), por concepto de construcción, en tanto que la solución óptima requiere 103.9 y 362.3 millones respectivamente por los mismos conceptos. En el presente ejercicio, como se mencionó anteriormente se adoptó como mejor solución a la óptima por presentar la mejor función objetivo, lo que no necesariamente implica que sea la solución adoptada la más conveniente, pues son requeridas consideraciones adicionales que tomen en cuenta la disponibilidad de recursos financieros, materiales, humanos etc. para hacer frente a las exigencias de una determinada solución.

Una vez adoptada una solución, se procede entonces a resimularla con el fin de analizar sus problemas y virtudes. Esto permite formularse una idea más detallada e indicativa de las tendencias dominantes dentro del problema general de la toma de decisiones en la planificación a largo plazo. Informaciones relativas a la capacidad de reserva óptima, operación y consumo de combustibles, flujos de caja, costos de construcción, intereses, costo de divisas, etc., pueden ser obtenidas mediante la opción RESIMULATE del WASP. Adicionalmente, estudios de sensibilidad pueden ser realizados variando el valor de algunos parámetros importantes tales como los costos de combustibles, costo de instalación de diferentes unidades, aplicación de tasas de interés y descuento diferentes, etc.

CONCLUSIONES:

El trabajo llevado a cabo ha arrojado una serie de resultados no solo en cuanto respecta al estudio, sino que también en cuanto a la experiencia ganada.

CONCLUSIONES REFERENTES AL ESTUDIO

- a) Debido a las consideraciones de índole económica empleadas, la hidroelectricidad se presenta como la alternativa de mas atractivas perspectivas. Esto se hace patente cuando después de numerosas ejecuciones, el WASP invariablemente mostró inclinación por el empleo de los proyectos hidroeléctricos antes que cualquier otra alternativa.

La solución óptima muestra como hasta el año 1997 todas las adiciones son hidroeléctricas y no se hace ninguna adición térmica sino hasta después que los proyectos hidroeléctricos han sido empleados en su totalidad. Es importante destacar que esta preferencia prevalece aún ante la presencia de años extremos secos, situaciones estas que comprometerían la confiabilidad de un sistema tan altamente dependiente de las condiciones hidrológicas.

Aquí también serían necesarias consideraciones sobre los sistemas de transmisión que el desarrollo de esos proyectos requerirían.

- b) Bajo las condiciones de operación y mantenimiento asumidas para las unidades del sistema, el WASP indica que el margen de reserva de capacidad óptimo debe ser mantenido entre 28 y 30%, siempre y cuando el mantenimiento sea el adecuado y las tasas de salida forzada de las unidades sean realmente las reportadas. En esta situación, la probabilidad de pérdida de carga se mantendría por debajo de los 0.5 días/año.

- c) No existe ninguna alternativa de generación al final del período que sea capaz de reemplazar al petróleo, pues este será requerido para la complementación térmica en combinación con el carbón y el uranio. Afortunadamente, la presencia de la hidroelectricidad permitiría una operación optimizada del sistema que evitaría consumos exagerados de petróleo y gas natural.

En cuanto al consumo de fuel oil, la simulación de la operación optimizada del sistema indica que se requerirán unos 56 millones de toneladas, lo que representa un consumo promedio de unos 53000 barriles diarios. Por su parte, el sistema hidroeléctrico representa un ahorro de 378 millones de toneladas de fuel oil, y solo en el año 1998 representa un ahorro de 688 mil barriles diarios.

Estas cifras dan una idea de la importancia del desarrollo del recurso hidroeléctrico.

- d) Por el bajo costo asumido para la tonelada de carbón a pié de planta (Bs. 85/ton.) y el relativo bajo costo de instalación de plantas carboeléctricas (sin equipos de remoción de SO_2), la generación con esta alternativa es competitiva con el petróleo y el uranio, sin embargo existe un tope para su empleo en virtud de la disponibilidad de materia prima. La adopción del programa carboeléctrico tal como lo plantea el WASP requeriría una estructura de producción capaz de colocar a pié de planta unos 3.1 millones de toneladas como mínimo, en 1998.
- e) Al precio considerado para el Fuel Oil (380 Bs/ton), el uranio se hace competitivo empleado en reactores de 1200 MW tipo PWR. Sin embargo, existe toda una gama de reactores diferentes al tomado como referencia en este estudio. En consecuencia, el análisis posterior de la alternativa nuclear debe incluir consideraciones relativas al empleo de esos tipos de plantas y sus implicaciones.

CONCLUSIONES EN CUANTO AL EJERCICIO Y LA EXPERIENCIA.

- a) Mediante la ejecución de este trabajo se ha logrado calibrar la utilidad y limitaciones reales del programa aplicado al caso Venezolano, que es particularmente diferente del caso hipotético general para el que fue diseñado.
El WASP, utilizado como herramienta de estudio posee ideales cualidades para la planificación del complemento térmico del sistema de generación a largo plazo.
- b) La opción de simulación de la operación del sistema permite la obtención de un gran cúmulo de información que es útil no solo para planificar el equipamiento sino que también para prever los requerimientos mínimos de combustible e inversiones para la operación y financiamiento de las plantas.
- c) La solución óptima planificada por el programa requiere ser analizada desde el punto de vista de estabilidad del sistema incluyendo las consideraciones sobre la red de transmisión asociada ya que el WASP no posee medios para tomar en cuenta este aspecto.
- d) Los resultados que arroja el programa son altamente sensibles a los parámetros económicos empleados; en consecuencia, futuras corridas requerirán el tratamiento previo de la información relacionada con los costos por grupos multidisciplinarios conocedores de los aspectos económicos nacionales. El caso patético lo constituyen los precios de los combustibles, para los que fueron asumidos ciertos valores de cuestionable validez. Esto se agudiza aún más cuando el precio de los combustibles en el mercado interno obedece a razones de política energética más que a situaciones de oferta-demanda, lo que implica que la adopción de un valor determinado debe ser sugerida por las autoridades planificadoras.
- e) La ejecución de posteriores estudios requerirán la asistencia de un grupo de trabajo con mayor disponibilidad de tiempo, a fin de que la participación sea más fructífera.

6) La existencia en Venezuela de los minerales de uranio, torio y su posible empleo como fuente energética sustitutiva del petróleo, no son los únicos argumentos a ser considerados como favorables a la opción nucleoelectrónica. Se tiene también el carácter multiplicador de tecnología que implica la nucleoelectricidad en casi todos los campos de la actividad productiva nacional, lo cual constituiría un decisivo aporte en la lucha contra la dependencia tecnológica.