

# METODOLOGÍAS PARA EL PLANEAMIENTO DE LA EXPANSIÓN SISTEMA DE POTENCIA COLOMBIANO

*Ricardo Smith<sup>1</sup>*

*John Jairo Uribe<sup>2</sup>*

*Pos grado en Aprovechamiento de Recursos*

*Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia,*

*Sede Medellín. A.A 1027*

## Resumen

En el presente trabajo se realiza un análisis crítico de las metodologías con que cuenta el Sector Eléctrico Colombiano para la planeación de la expansión y operación a la luz de los requerimientos de los agentes, en un esquema competitivo de mercado. Se discute acerca de los elementos que deben tenerse en cuenta en el desarrollo de nuevos esquemas metodológicos para la ayuda al proceso de toma de decisiones de los agentes.

## Abstract

A critical analysis of the methodologies currently used in the Colombian Electricity Sector is discussed in this work. Both actual capacity expansion and operation planning are reviewed at the sight of agents requirements in a competitive market environment. Some elements related to methodological frameworks needs for the decision-making process of the agents in the market are finally discussed.

## 1. Presentación

Uno de los principales objetivos de la reestructuración del Sector Eléctrico Colombiano, fue introducir la competencia en el negocio de la generación y comercialización de energía, con el fin de incentivar la eficiencia de las empresas del Sector.

El gobierno pretende en este marco de competencia ser reemplazado por agentes privados, dentro de su objetivo de **disminuir paulatinamente su participación económica** en el Sector Eléctrico, y de esta manera, poder realizar mayores inversiones en otros sectores económicos, supuestamente más deprimidos y de mayor rentabilidad social.

Para lograr tales objetivos básicos, el gobierno ha pretendido diseñar una regulación que permita garantizar un ambiente de competencia lo más transparente posible, donde se busca que las leyes del mercado sean las que marquen su dinámica a través de una claridad y transparencia en precios, que garanticen que el sistema evolucione a la confiabilidad deseada por la sociedad y por los demás sectores económicos del país. En otras

<sup>1</sup> Email: rasmith@perseus.unahmed.edu.co

<sup>2</sup> Email: jsuribe@epm.net.co

palabras, que las fuerzas del mercado den señales económicas que incentiven a los agentes privados a invertir en el Sector Eléctrico Colombiano; pero que al mismo tiempo el proceso competitivo garantice una tarifa adecuada para los usuarios.

Ahora, la regulación emprendida por el gobierno en la búsqueda de la conformación de un verdadero mercado, se debe orientar a que el Estado asuma un papel de promotor del desarrollo del mercado eléctrico, alejándose paulatinamente de su papel de empresario y **paralelamente, enmarcar una regulación fuerte y con relativa autonomía que posibilite la promulgación de unas reglas claras y estables que permitan atraer a los inversionistas privados; por otro lado, introducir competencia donde sea posible, tratando de evitar con ello las prácticas monopolicas, lo cual requiere de una separación clara de las diferentes actividades que conforman el servicio de energía, esto es, la generación, la transmisión, la distribución y la comercialización de la energía.**

En este marco conceptual de un mercado competitivo para el Sector Eléctrico y en las especificidades físicas del sistema de potencia colombiano, es donde se deben construir los diferentes **elementos metodológicos que se desarrollen para la toma de decisiones.**

Este artículo, se centra en analizar las consecuencias de una posible utilización de las diferentes metodologías de planeación con que contaba el Sector en el esquema de monopolio estatal, en el nuevo contexto de competencia, tanto a nivel del sistema como un todo, como a nivel de los agentes o empresas que lo conforman, e igualmente plasmar algunos elementos básicos que debería tenerse en cuenta en el desarrollo de nuevos esquemas metodológicos para la toma de decisiones.

## **2. Elementos introductorios al análisis**

Es de vital importancia conocer la naturaleza y características más importantes del sistema de potencia analizado, las cuales deben quedar plasmadas convenientemente en los esquemas metodológicos propuestos, so pena de desarrollar modelos alejados de la realidad y por tanto, carentes de contexto e inútiles, y sobra decirlo, peligrosos para la toma de decisiones.

En este apartado analizaremos las características físicas actuales del sistema de potencia colombiano y del entorno económico e institucional en que se mueve el Sector.

### **2.1 Naturaleza del sistema de potencia colombiano**

El sistema de potencia colombiano tiene unas características físicas muy claras como son: es predominantemente hidráulico, presenta una alta variabilidad hidrológica y la componente hidráulica del sistema es de baja capacidad de regulación.

Ahora, los sistemas con una importante componente hidráulica, tienen unas diferencias muy grandes con relación a los sistemas predominantemente térmicos, que deben ser entendidas adecuadamente para su planeación y toma de decisiones. Estas diferencias básicas son las siguientes:

En el medio es conocido, que los sistemas predominantemente hidráulicos se diseñan por energía para una confiabilidad determinada, con los correspondientes chequeos de confiabilidad de los requerimientos de potencia. Ahora, normalmente estos sistemas requieren de una alta componente de reserva para cumplir los requisitos de confiabilidad de energía, en comparación con los sistemas térmicos, hecho que se agrava si el parque de generación hidráulico tiene una baja capacidad de regulación y se complica aun más a medida que aumenta la variabilidad hidrológica.

En contraposición los sistemas predominantemente térmicos se diseñan bajo sus requerimientos de potencia.

En los sistema térmicos, el problema de la operación más económica se resuelve colocando las plantas en orden creciente del costo de producir un MINh adicional o costo marginal de corto plazo.

Un sistema puramente térmico es desacoplado en el tiempo y espacialmente, esto es, una decisión de cuanto generar en el sistema en un periodo, no afecta el costo o beneficio operativo de los próximos periodos del horizonte de planeamiento y el costo operativo de una unidad térmica depende solamente de su propio nivel de generación y no del nivel de generación de las otras unidades del sistema. La confiabilidad del sistema en el suministro de la

demanda depende solamente de la capacidad total efectiva de generación disponible, y no de cuales térmicas se utilicen en el momento. (Pereira, 1994; Turvey and Anderson, 1979).

- La característica principal de los sistemas de generación hidroeléctrica es la posibilidad de almacenar agua hoy, para utilizarla en períodos subsiguientes, donde tendría un mayor beneficio, al evitar posibles déficit en el futuro y generación térmica costosa. En este contexto, el valor del agua, aunque gratis, se induce en el tiempo a través de los costos de combustibles o déficit evitados mediante algún algoritmo de programación matemática de naturaleza dinámica.

Por lo tanto, estos sistemas son acoplados en el tiempo, esto es, una decisión de cuanto generar en el sistema en un período, afecta el costo operativo de los períodos futuros. La confiabilidad y el costo económico son antagónicos, en el sentido que el sistema más confiable es el menos económico, por hacer un uso menos intensivo de los recursos hídricos; se prefieren racionamientos preventivos (pequeños) en un período para evitar racionamientos significativos (grandes) de mayor costo en el futuro.

## 2.2 Marco regulatorio del Sector Eléctrico Colombiano

El marco regulatorio en el Sector Eléctrico Colombiano en el nuevo contexto de mercado ha sido muy cambiante, en parte, porque se han orientado unas reglas de juego y un marco regulatorio a veces no muy acordes a su naturaleza.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), debe velar porque el mercado de las señales económicas adecuadas a los diferentes agentes involucrados en el proceso. Es claro, que la estabilidad en el marco regulatorio sólo podrá darse cuando se comprenda la real naturaleza del sistema de potencia colombiano y en consecuencia se promulgen unas reglas de juego acordes al mismo.

Tener unas reglas de juego cambiantes, se constituyen en una de las principales fuentes de incertidumbre del mercado y en una barrera para la entrada de un mayor número de nuevos inversionistas privados y por tanto, va en contravía de los objetivos básicos del Gobierno Nacional.

## 2.3 Entorno económico

En el mundo actual se esta viviendo una globalización de la economía mundial que introduce un marco de análisis mucho **más** amplio para los agentes económicos, el cual genera muchas **más** posibilidades, pero también, muchos más riesgos.

Lester Thurow en su libro "La Guerra del Siglo XXI" manifiesta: "En la economía Mundial los nuevos protagonistas, las nuevas tecnologías y las nuevas normas están confluyendo para generar una forma económica de superconductividad. Habrá que desechar las antiguas costumbres. De pronto, aparecerán nuevas reglas en un juego muy distinto. Es posible concebir la creación de economías mucho más productivas, pero controlar la corrientes desencadenadas será sumamente difícil."

En el contexto del Sector Eléctrico colombiano, las empresas dedicadas al negocio de la energía y particularmente en el negocio de la generación, tradicionalmente se han dedicado a dos labores primordiales de planeamiento, la expansión y operación de sus sistemas mirando un entorno muy cerrado, con centro de atención en los elementos de tipo físico del sistema de potencia, como es la tasa de salida de las unidades generadoras, restricciones eléctricas de todo tipo y particularmente la hidrología, etc. Se aclara que estos aspectos son importantes y que se deberán seguir estudiando y mejorando, pero que no son los únicos que deben analizarse, y que por el contrario existen una serie de nuevas variables que cada vez cobran mayor importancia y que de su buen análisis radicarán la buena marcha del negocio para las empresas y, consecuentemente del mercado como un todo.

Las empresas en general y entre ellas las dedicadas al negocio de la energía deben mirar un entorno mucho más global y en tal sentido, deben explícitamente considerar para sus procesos de toma de decisiones nuevos aspectos como son: el comportamiento de los competidores en el mercado, la influencia de los parámetros macroeconómicos en sus objetivos económicos, los aspectos ambientales asociados a los proyectos de inversión, la regulación existente y sus posibles inconvenientes, las restricciones financieras que pueden afectar en algún momento su crecimiento, las estrategias de mercado dentro de un contexto de decisión netamente privado, etc.

### 3. Descripción de las metodologías del Sector

En Colombia, en el contexto del monopolio estatal, el planeamiento de la operación del sistema de generación se planeaba casi separadamente del contexto de las nuevas inversiones, lo cual se denominaba planeamiento de la expansión. Sobra decir, que estos dos planeamientos eran realizados de manera centralizada para el país.

El planeamiento de la operación lo que pretendía fundamentalmente era realizar un uso racional de los recursos energéticos del sistema, dentro de unos niveles de calidad y confiabilidad aceptables, a través de un despacho de mínimo costo para el país, y para tal fin, se utilizaba un costo de racionamiento para el sistema, cuyo nivel más bajo de costos era más alto que el asignado a la planta térmica más costosa del sistema.

Para el planeamiento de la expansión, se definía una secuencia de proyectos cuya generación atendiera la demanda nacional con un nivel de confiabilidad de energía preestablecido (con chequeos en la confiabilidad en potencia) y a mínimo costo para el país, para unas condiciones futuras determinadas. Una vez definido el plan, se distribuía entre las empresas del sector, de acuerdo con sus necesidades futuras en energía y potencia, en el horizonte de estudio. Los porcentajes así asignados a las empresas eran de obligatorio cumplimiento y los costos asociados a su participación en cada proyecto del plan se cubrían mediante las compras obligatorias de energía y potencia suministradas por las plantas durante su vida útil.

El criterio del mínimo costo en la prestación del servicio se sustentaba en la concepción económica que los beneficios para el país, por contar con una adecuada prestación de los servicios de energía eléctrica, superaban por mucho los costos y en tal sentido, lo único que había que hacer era diseñar mecanismos para prestarla bajo este criterio.

El esquema tarifario se definía posteriormente a partir, supuestamente (porque tenían mucho tinte político) de los costos incrementales de largo plazo, calculados a partir de la secuencia de proyectos que definían el plan de mínimo costo para el país.

Bajo este marco de análisis, se tenía una serie de metodologías para el planeamiento del sector, tanto para la parte operativa como para la expansión del sistema.

#### 3.1 Metodologías para el planeamiento de la operación

Se describirá muy sucintamente las metodologías, mostrando simplemente el resultado final que pretendían y por sobre todo, el análisis de las mismas estará enmarcado en el objetivo de señalar, posteriormente, las consecuencias de su utilización en un contexto de mercado (ISA, 1985).

Estas metodologías, como ya se anotó, simplemente buscaban como objetivo central realizar un despacho a mínimo costo del sistema como un todo y para esto, se requería inducir un valor del agua a través de los ahorros de recursos térmicos y racionamientos no causados en un horizonte de tiempo de planeación. El grupo de metodologías que realizaban esta tarea pueden dividirse en dos grupos de modelos o metodologías:

Dada la magnitud y diversidad del problema a resolver, el primer grupo de metodologías realizaba una descomposición tanto funcional como temporal del mismo.

La descomposición funcional estaba dada en las siguientes funciones: energía, potencia, análisis eléctricos, mantenimientos y funciones de soporte (predicciones de demanda e hidrología básicamente).

La descomposición temporal arrancaba en un planeamiento denominado de largo plazo, cuyo objetivo central era inducir el valor futuro del agua en los embalses, el cual se realizaba mediante la programación dinámica estocástica, con alguna estrategia de solución para mantener la dinimensionalidad controlada de las variables de estado del problema (programación dinámica por aproximaciones sucesivas y programación dinámica con procedimientos de agregación y descomposición). Con su solución se obtenían las políticas óptimas, a partir de las cuales se realizaba un proceso de simulación para obtener diferentes estadísticos de desempeño del sistema.

A partir de esta valoración de los recursos hídricos en el largo plazo, se pasaba a un horizonte de mediano plazo donde se resolvía un problema de naturaleza determinística vía programación lineal. Finalmente, se pasaba al despacho propiamente de los recursos.

Un segundo grupo de metodologías consistía en el modelo de despacho hidrotérmico con restricciones por transmisión, denominado cortamente Sistema **SDDP**, el cual realizaba tan solo una descomposición funcional del problema y además no requería de estrategias simplificadoras en la topología del sistema, ya que la valoración futura de los recursos la realizaba mediante el algoritmo de descomposición de **Benders**, donde no hay problemas de dimensionalidad para construir la función de costos futuros de los recursos, y adicionalmente se realizaba una extensión estocástica del algoritmo y en tal sentido, su nombre de programación dinámica dual estocástica (Pereira, 1997).

De todo esto debe quedar claro, porque será muy útil para los análisis siguientes, que estas metodologías tan solo pretenden una valoración marginal de los recursos existentes del sistema dentro de una visión espacial y temporal, con el objetivo de realizar un despacho de los mismos en forma integrada, a un mínimo costo para el sistema en un horizonte de estudio.

### 3.2 Metodologías para el planeamiento de la expansión

El Sector contaba con dos grupos de metodologías para realizar esta tarea:

Un primer grupo de metodologías, eran las denominadas metodologías del mediano plazo (tenían un horizonte entre 15 a 20 años), cuyo objetivo era determinar una secuencia de proyectos, a partir de un catálogo normalizado, de tal manera que se minimizara la suma de los costos de inversión de los nuevos proyectos y los costos esperados de operación de todo el sistema, para unas condiciones futuras de referencia. Para su solución se utilizaba programación dinámica estocástica con una estrategia de agregación para mantener controlada la dimensionalidad del algoritmo. Posteriormente se realizaba un proceso de desagregación heurística para determinar las reglas de operación

individualizadas de los proyectos hidroeléctricos, y finalmente se pasaba a un proceso de simulación del sistema, a partir de una generación sintética de caudales, para obtener los costos esperados de generación del sistema y otra serie de estadísticos de desempeño del mismo (ISA, 1990).

El análisis anterior, presentaba serios inconvenientes en cuanto a los supuestos que se hacían para los valores de referencia futuros de las variables inciertas (no tiene manera objetiva de asignar una estructura probabilística) involucradas en el proceso de planeamiento, como eran la demanda, los precios de los combustibles, los tiempos de construcción de los proyectos, etc. Esto se traducía en que los planes supuestamente de mínimo costo finalmente resultaban en planes muy costosos, por la gran discrepancia que se daba entre los valores reales de las variables inciertas y los valores futuros de referencia utilizados en los modelos. Ante tal situación, se abrió paso el diseño de unos criterios más robustos de decisión.

El segundo grupo de metodologías, se denominará acá, metodologías robustas. Estas metodologías buscaban determinar una estrategia de expansión flexible a los cambios de las variables inciertas de planeamiento, medida esta flexibilidad, en términos de robustez económica. Bajo este grupo el sector contaba con dos metodologías, a saber:

Una desarrollada al interior del Sector, que partía de las metodologías del mediano plazo, para determinar estrategias de expansión para el sistema, que cumplieran dos medidas de robustez denominadas, robustez al nivel  $f_i$  y robustez al percentil  $u$ .

La robustez al nivel  $f_i$  limitaba los sobrecostos de la estrategia de expansión con relación al plan de mínimo costo al valor de este parámetro; y la robustez al percentil  $u$  se centraba en la evaluación del desempeño de la estrategia de expansión para valores críticos de las condiciones futuras de las variables inciertas del proceso de planeamiento. Los valores de  $f_i$  y  $u$  se definían de acuerdo a criterios económicos para el país.

El modelo **MODPIN** (módulo de planificación bajo incertidumbre) del grupo de metodologías

del sistema SIJPERJOLADE-BID. En este caso se plantean una serie de escenarios para las variables inciertas consideradas. Luego se toma como estrategia óptima de expansión aquella que minimice el máximo arrepentimiento; lo que limita los máximos perjuicios en todos los escenarios plausibles. En este modelo se utiliza descomposición de Benders para separar el problema operativo del problema de expansión.

#### 4. Planeamiento de las nuevas inversiones de las empresas del Sector

Para abordar este tema, lo primero que surge es enmarcar las nuevas inversiones dentro de sus objetivos básicos, que deben estar explícitamente representados en la misión y visión de la empresa.

En lo que sigue se parte del supuesto que los objetivos e la empresa están enmarcados en una misión guiada básicamente por el criterio de maximizar sus beneficios netos y su valor económico dentro de un contexto de largo plazo que posibilite diversas estrategias como pudieran ser, la de ser líderes en el mercado, participación activa en la definición de los nuevos marcos regulatónos, defender la participación en el mercado, etc. y minimizar los riesgos asociados al negocio. Todos estos hechos, deben estar contextualizados con el entorno del sector energético (electricidad, gas, carbón, ambiente y otros).

Con base en este nuevo contexto, parecería evidente afirmar que las metodologías con que contaba el Sector son de poca utilidad para las empresas inmersas en un mercado competitivo; afirmación que se complementa con los siguientes análisis:

Como se anotó, el papel del estado en el Sector **debe ser el de regular y controlar su funcionamiento**, incentivando la competencia y la participación del sector privado. Sin embargo, por mandato de la constitución de 1991, la Nación deberá desempeñar un papel subsidiario en la atención de la demanda cuando la iniciativa empresarial sea insuficiente.

Este mandato constitucional, libera por completo, a las empresas generadoras de cualquier obligatoriedad de expandir sus sistemas y en tal sentido, solo deberían hacerlo si les es atractivo hacerlo. En este

punto, empiezan a surgir una serie de preguntas como por ejemplo:

¿Cuáles serán las demandas de las empresas, que alimentarán estos modelos?. ¿Con que perfil de crecimiento? Antes de tratar de responder estos interrogantes, a primera vista resulta algo arcaico hablar de demanda y estaríamos tentados a utilizar el término más adecuado de mercado (demanda es algo que se asigna sin más y tiene connotación de obligación, mercado es algo que se gana dentro de un proceso económico).

En segundo lugar, la economía y las finanzas materializan la participación empresarial de acuerdo al tipo de mercado. Por ejemplo si aceptamos que el mercado de energía tiene características oligopólicas, parecería claro que cada una de las empresas debe definirlo dentro de un marco competitivo y muy probablemente, los agentes decisores querrían especificarlo como el volumen en Gigavatios anuales a lo largo de un determinado horizonte que maximiza sus beneficios, dadas sus expectativas sobre el comportamiento del resto de agentes del mercado, bajo unos supuestos o expectativas sobre los niveles de precios que se podrían 'presentar en el futuro y bajo determinada estructura de costos de las empresas que componen el mercado, y paralelamente minimizar, hasta donde sea factible, los riesgos asociados al negocio.

En este punto del análisis parecería claro afirmar, que el interrogante no tiene sentido. Pero se podría contra argumentar que externamente se calcularía el mercado, dentro de la óptica competitiva y este sería por decreto la demanda de la empresa. Aceptando esta apelación, al menos si debe quedar claro que las metodologías están incompletas y que de todas maneras se tendría que recurrir a otras herramientas, como podría ser la teoría de juegos, para determinar dicho mercado.

La valoración marginal de los recursos que realizan estas metodologías descansan o subyacen en gran medida en los costos de racionamientos económicos y sociales para el país. Acá, sale inmediatamente a la palestra una serie de preguntas:

¿Una empresa porque tiene que valorar sus recursos de esta manera?. ¿Los racionamientos que implican

económicamente para las empresas, dentro del contexto de mercado?.

El primer interrogante parece claro de contestar, dentro de un contexto de racionalidad económica y dentro **de las prácticas aceptadas de la** microeconomía. Una empresa debería valorar sus recursos intertemporalmente, en términos de los beneficios de los recursos o del costo de oportunidad de los mismos para la empresa, como se hace con otra serie de bienes comercializables. El segundo interrogante, esta muy relacionado con el anterior. Un posible racionamiento en el futuro, puede verse como una posibilidad de mejores precios. Bueno, si hay una percepción de mejores precios y las señales de mercado funcionan, los agentes valorarán el ahorrar (invertir) recursos para estos períodos o incluso expandir sus sistemas con lo que muy seguramente, se presentaría una mayor oferta y los precios, **muy probablemente no suban** exageradamente y con ello continuará la dinámica del mercado.

- Estas metodologías suponen que todos los agentes tienen la misma visión y los mismos intereses y por lo tanto, realizan una operación conjunta y unas inversiones sincronizadas en un bien común; que perfectamente se materializan **en una función de minimizar los costos económicos y sociales del país.** ¿ Esto sigue siendo válido para las empresas inscritas en un mercado competitivo?

De ninguna manera, pero esto no quiere decir que no se pueda presentar cooperación entre los agentes involucrados en el mercado en ciertos períodos. Pero la cooperación si se da, es por el hecho que era lo mejor para cada uno de los agentes involucrados en la pugna económica y no por una cooperación a costa de sacrificios económicos para alguna de las empresas, ya que cada una de ellas quiere maximizar sus intereses.

Se podría pensar en utilizar las metodologías no con todo el sistema nacional, sino con el sistema y el mercado asociado a la empresa. Ahora, las metodologías asumen como objetivo central el de minimizar ya sea los costos operativos o los costos conjuntos de operación e inversión. Sin embargo, como estamos en un contexto de mercado, muy probablemente los inversionistas

privados, como ya se dijo, quieran maximizar sus beneficios netos y minimizar los riesgos asociados al negocio; luego parece evidente afirmar que estos objetivos son de poco interés para las empresas.

Estas metodologías plantean la confiabilidad como una exigencia para el sistema de potencia y en tal sentido, las nuevas inversiones se plantean como el conjunto de proyectos de generación que a mínimo costo producen los requerimientos de confiabilidad.

Sin embargo, el problema de la confiabilidad para los agentes del mercado, para garantizar ciertos niveles de generación, es un problema económico, financiero y estratégico y como tal debe ser planteado. Como la empresa no tiene obligatoriedad de suplir determinada generación, implica que ella puede definir libremente cual debe ser su "mejor" confiabilidad y con base en ella, realizar contratos a futuro con unos niveles de riesgo aceptables para la misma. En otras palabras, la confiabilidad para las empresas debe ser una nueva variable de decisión, cuya definición debe estar ligada a su mejor beneficio económico y financiero. Por tanto, estas metodologías no responden a los requerimientos estratégicos de las empresas, que le permitan definir como manejar su confiabilidad.

En resumen, de todos los puntos analizados, se tiene que las metodologías con que contaba el Sector resuelven problemas muy ajenos a las necesidades y objetivos de la empresas inmersas en un mercado competitivo.

## **S. Plan de expansión dentro del contexto nacional**

El papel del estado cambió en el planeamiento de las nuevas inversiones del Sector, ya que de su papel de definir **un planeamiento de la expansión centralizado y obligatorio;** paso a definir un planeamiento de tipo indicativo, realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), cuyo objetivo es el de dar señales económicas a los diferentes agentes que constituyen el mercado de generación.

Las señales dadas por el gobierno deben ser claras y además cubrir muchos frentes del negocio. Con

relación a la generación deberían dar señales, entre otras, como las siguientes:

- **Requerimientos energéticos para el país, en términos de energía y potencia, como una función de la confiabilidad del sistema.** Asociada a esta información, los requerimientos de capital.
- **Beneficios en términos económicos, si los hay, por construir regulación hidráulica.**
- **Índices o niveles de volatilidad de los precios del mercado con indicadores de riesgo asociados como función de la confiabilidad del sistema y de los parámetros macroeconómicos del país.**
- **Volatilidad en los precios en términos de la composición del sistema.** Es aceptado que la gran variación en los precios se debe en un gran porcentaje a la alta composición hidráulica del sistema aunado a su baja capacidad de regulación y a la variabilidad hidrológica. Por tanto, si se logra mostrar reducciones apreciables en la volatilidad de los precios, mediante el incremento de la componente térmica del sistema, se podría inducir a los agentes a invertir en mayor grado en generación térmica e incluso se podría sustentar de una manera racional una regulación que incentive tal generación (que va en beneficio de todos los agentes y del sistema como un todo).

Costos índices como función del tiempo, para proyectos térmicos e hidráulicos, que posibiliten a los agentes determinar si un proyecto particular de inversión, que tengan entre manos, es atractivo en términos de costos.

El interrogante, que surge a partir de estas necesidades es sin duda, el siguiente: ¿Qué tantas de esas señales proporcionan las actuales metodologías del Sector?

Parecería que muchas de estas señales, y otras que probablemente sean necesarias para la buena evolución del mercado eléctrico, no son proporcionadas por estas metodologías. Aunque parece evidente, que la situación es menos crítica que en el caso del análisis asociado a las empresas inscritas en el mercado.

No habría tampoco objeciones a la afirmación que dentro de los dos grupos de metodologías que tiene el Sector para su planeamiento integrado, tiene menos reparos, la que hace un planeamiento robusto y flexible con relación a las variables inciertas futuras del proceso de planeamiento. Por tanto, no sería exagerado el afirmar, que dar señales económicas en el contexto de las nuevas inversiones bajo un modelo que minimice los costos esperados de operación más los costos de inversión para unas condiciones futuras de referencia sería inadecuado, porque de lo único que se puede estar seguro es que estas condiciones futuras jamás se presentarán (de esto ya hay bastante historia en el Sector)

Se quiere igualmente resaltar que estas metodologías miran un marco de referencia muy estrecho, acordes al entorno pasado de planeamiento estatal; pero en este nuevo esquema competitivo, donde el estado a través de sus agentes reguladores, deben dar señales claras y oportunas para que el mercado funcione y evolucione adecuadamente, debe tener una panorámica económica más amplia y sincronizada con el entorno, so pena, que el estado termine realizando proyectos de emergencia, por su responsabilidad constitucional de garantizar la prestación del servicio al usuario final.

Ahora, en cuanto a la operación indicativa que se entrega a los diferentes agentes a partir del despacho centralizado, es claro, que no deben coincidir con las ofertas de los generadores, por las siguientes razones, entre otras:

La valoración de los recursos del sistema dentro de una óptica social centralizada del sistema, dista de la valoración de los recursos de los agentes generadores privados (como ya se expresó, el concepto del racionamiento, tiene una connotación económica diferente para el regulador y para los agentes que participan del mercado).

El sistema en su afán de preservar la confiabilidad del sistema como un todo, tiende a ser conservador con el uso de los recursos hídricos, susceptibles de ser almacenados. Acá es válido aclarar que el agente regulador cuando interviene los embalses a partir del uso de los mínimos operativos, simplemente esta en su posición válida de ejercer su papel de garante



del buen funcionamiento del sistema como un todo, lo que va en contravía del propietario del embalse. En otras palabras, en un momento dado, pueden existir intereses encontrados entre el regulador y los agentes generadores.

Las metodologías operativas se diseñaron para un esquema de mercado monopolístico en donde los precios se definían dentro de criterios de cooperación entre los diferentes agentes del sistema (se tenía una posición monolítica), en contraposición en el esquema actual, la estructura de precios se define dentro de la dinámica misma de las fuerzas de mercado en pugna (cada generador cuando oferta sus recursos debe tener en cuenta el resto de agentes del mercado y cuando se da cooperación es porque simplemente es lo mejor para todos ellos).

## **6. Posibles consecuencias en la utilización de las metodologías del Sector**

Una empresa cuando define los niveles de precios en un contexto temporal debe tener en cuenta que estos deben ser la suma integrada, dentro de una visión sistémica, a lo menos de los siguientes términos:

- Los costos de operar los diferentes recursos, cuyo principal ítem son los costos de los combustibles.

Si es un inversionista de largo plazo, que son los inversionistas deseables, el precio debe tener un componente asociada a las nuevas inversiones dentro del contexto de sus expectativas de inversión que satisfagan su visión del mercado en el largo plazo.

Los costos operativos fijos de la empresa asociados exclusivamente al negocio.

Un margen de rentabilidad definido dentro del contexto de un mercado competitivo por precios (no se pueden definir márgenes de rentabilidad fuera de contexto).

De todos estos costos e ítems que contiene la tarifa, lo único que debería, reducirse hasta donde sea viable

hacerlo, son los costos operativos fijos de la empresa asociados al negocio (esto debería repercutir muy poco en el esquema de tarifas de la empresa).

En los costos asociados a las nuevas inversiones se debe tener en cuenta que sé esta generalmente ante una gran incertidumbre y que en tal sentido, se debe preferir una opción de inversión que tenga flexibilidad en cuanto a la fecha para realizar los desembolsos, porque se puede posponer la acción de invertir en búsqueda de conseguir más información.

**Debe tenerse presente, además, que la irreversibilidad crea un costo de oportunidad de la inversión cuando el valor futuro del proyecto es incierto y que este, debe ser contabilizado cuando se realiza una decisión de inversión de acuerdo a los contextos teóricos modernos de inversión bajo incertidumbre (Dixit and Pindyck, 1994).**

Ahora, en los esquemas de definición de precios por parte de los agentes generadores, estos siguen partiendo en muchos casos de los costos marginales que arrojan estos modelos netamente operativos (normalmente no utilizan los modelos de expansión) y no están incluyendo explícitamente el resto de términos que deberían considerarse.

Lo anterior, trae graves consecuencias para todos los agentes del mercado porque no se están utilizando las adecuadas señales económicas y por tanto, no se está garantizando los recursos necesarios para la realización de las nuevas inversiones.

Pudiera ocurrir, que es lo más común, que para definir el esquema de precios se está sumando algunos estimativos de los otros ítems; pero esto significaría tener una visión analítica de los problemas, al asumir que el todo es una sumatoria de las partes, en contraposición a los pensamientos de carácter sistémico que dice que esto solo es cierto si el sistema global es de naturaleza lineal y claramente, un sistema de mercados competitivo de energía dista mucho de serlo.

Ahora, si el sistema tiene una gran componente hidráulica y es de baja regulación, el problema es aún mucho mayor por la complejidad que encierran los costos marginales en estos sistemas, en cuanto a

las señales económicas adecuadas en un entorno competitivo de mercado.

## 7. Comentarios finales

- El problema de planeamiento de las empresas es mucho más que un problema de investigación operacional. Este se enmarca en un contexto económico y financiero y como tal debe ser tratado, esto es, se debe modelar la naturaleza de las diferentes variables económicas y financieras involucradas **en los diferentes procesos dinámicos del entorno amplio de la empresas** (probablemente con ayuda de las herramientas de la investigación de operaciones).
- Las metodologías con que contaba el Sector **resuelven problemas muy ajenos a las necesidades y objetivos de las empresas inmersas en un mercado competitivo**. Por lo tanto, su utilización en el mejor de los casos es un distractor a los verdaderos problemas e intereses de las empresas del Sector.
- La diferencia existente entre la evolución del sistema a partir de la operación indicativa y la evolución real a partir de las ofertas de los generadores, es mucho más que una simple distorsión **del mercado, ya que estas discrepancias se enmarcan en unas profundas diferencias de las realidades económicas, que sustentan ambos contextos de decisión**.
- La posible tentación, que surge en muchos casos de utilizar las metodologías con que contaba el Sector, por no contar con otras, para responder los interrogantes apremiantes de las empresas, a través **de diversas modificaciones que supuestamente eliminarán algunas de las deficiencias de éstas en el nuevo entorno, son sumamente peligrosas por decir lo mínimo, sino se realizan a partir de un cuidadoso análisis teórico de las mismas, porque es imposible prever lo que pueda pasar (los modelos se diseñan con unos supuestos claros, para resolver problemas específicos, de un entorno completamente definido)**. Acá debe tenerse presente la famosa frase, " los modelos se equivocan, la realidad nunca".
- El uso de las metodologías con que se contaba en el anterior esquema económico del Sector, para el planeamiento del sistema como un todo, conlleva a una mirada muy limitada y en muchos casos no congruente con el nuevo esquema de mercado. En consecuencia, los agentes reguladores, mediante el uso de estos modelos, **no pueden dar señales lo suficientemente claras y oportunas a los diferentes agentes involucrados en el mercado eléctrico**.
- Es hora, que las empresas y los agentes reguladores empiecen a enfrentar sus verdaderos problemas con **esquemas metodológicos apropiados a la nueva realidad económica del Sector**.
- No se está cuestionando la nueva estructura de mercado del Sector Eléctrico colombiano. Esa es la realidad, aceptándola o no, representa el entorno que debe ser modelado con todas sus características y complejidades. No se trata de modelar nada distinto ni de mostrar si esa estructura es adecuada o no.
- El problema a ser modelado es tan complejo que se piensa que no hay una única aproximación al mismo, que no existe un mejor único modelo. Este problema puede verse desde muchos diferentes puntos de vista y varias metodologías pueden usarse para plantearlo adecuadamente. **Se recomienda el uso de varios modelos, basados en diferentes metodologías y algoritmos, que representen las complejidades discutidas, para analizar las posibles evoluciones del Sector Eléctrico Colombiano**. Esto está de acuerdo con las políticas de varias unidades de planeación energética de muchos otros países.
- Ante el cambio del entorno económico del Sector se requieren cambios en las mentes de las personas que utilizan, desarrollan o promueven esquemas metodológicos y en cierto sentido, derrumbar una serie de inercias y paradigmas que no dejan establecer las verdaderas bases conceptuales de unos nuevos modelos para este entorno competitivo, que deben partir de cero (los anteriores modelos fueron "buenos" pero ya cumplieron su cometido). **El mundo**

evolució, pero los encargados de construir modelos matemáticos parece que seguimos aferrados a las viejas prácticas, constituyéndonos en verdaderas barreras para el progreso del Sector y de los diferentes agentes económicos involucrados.

## Referencias

F. PEREIRA , Mario V. Uso de concepto marginalista para determinar los cargos de generación **en el Sector Eléctrico Colombiano..** Documento preparado para Interconexión Eléctrica S.A. 1994,

F. PEREIRA, Mario V y PSRI. Modelo de despacho hidrotérmico. 1997.

MODELO SUPER/OLADE-BID. Modulo de planificación bajo incertidumbre. Manual de metodología. 1995.

PINDYCK, Róbert S. Investment under uncertainty. Avinash K. Dixit and. Princeton University Press. 1994.

PLAN DE EXPANSIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO. ISA. Consideraciones de riesgo e incertidumbre en el. 1990.

TURVEY, Ralpah and ANDERSON, Dennis. Electricidad y economía. Ensayos y estudios de casos. Serie del Banco Mundial. 1979.

Tercer Seminario del planeamiento operativo en el Sector Eléctrico Nacional. 1985.

THUROW, Lester. La Guerra del Siglo XXI. Vergara Editor.