

# Mercados Energéticos

## **Semillero SIAF**

**Erika Cárdenas, Eliana Oliveros, Roberto Claro, Jaime Bermúdez, y Cristian Vesga.**

**Estudiantes Programa Ingeniería Financiera UNAB**

## **INTRODUCCIÓN**

El mercado eléctrico colombiano es un escenario que moviliza recursos entre participantes, oferentes y demandantes a través de un conjunto de operaciones que permiten el flujo de fondos e información entre agentes económicos; este segmento está conformado por una serie de alternativas de negocios en la que agentes generadores, comercializadores y usuarios finales, que se constituyen por regulados y no regulados, adquieren y venden energía en un mercado que facilita las operaciones entre dichos participantes.

El mercado de energía mayorista está conformado por los generadores, quienes son los productores de la energía, cuya función es determinar la formación del precio Spot por medio de una competencia en el mercado a través de las fuerzas de oferta y demanda que se presentan en las bolsas de energía; este mecanismo se lleva a cabo en las convocatorias públicas para el caso del mercado regulado, y las negociaciones libres para el mercado no regulado. Los agentes comercializadores son aquellos participantes que promueven la compra y venta de energía eléctrica en el mercado, ya que son los encargados de las actividades de intermediación y negociación con los consumidores o usuarios finales y de la asignación de estos recursos en



diferentes operaciones comerciales. Para que esta etapa de comercialización se cumpla deben desarrollarse primero unos procesos de generación, transmisión y distribución de la energía, que en conjunto con la regulación vigente establecida y ciertos sistemas de control, ofrecen un soporte para la eficiencia de esta actividad. Los consumidores finales ya sean entidades públicas, privadas o inversionistas participan en el mercado de energía por medio de un comercializador.

Para el tipo de demanda no regulada, se encuentran las exportaciones internacionales, el alumbrado público, zonas francas y dichos usuarios, mientras que si es una demanda regulada, allí se encuentran los consumidores finales regulados. Según la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) la energía eléctrica en Colombia proviene fundamentalmente de plantas de generación hidráulica en un 77% aproximadamente y en una menor proporción, del 18%, de plantas de generación térmica; es allí donde el proceso de generación da inicio al proceso de intercambio entre agentes del mercado energético.

En este documento se tratarán los diferentes tipos de mercados energéticos nacionales e internacionales enfocados en la formación del precio Spot de la energía para cada uno de ellos, de acuerdo con los volúmenes de transacción. Todo esto sujetos a variables explicativas, componentes del precio, coeficientes y reglas de mercado que ofrecerán una explicación al cálculo de estas variables, teniendo en cuenta la volatilidad de los precios, la percepción del riesgo y el sistema de subastas para la entrega de una cantidad determinada de energía; así como la aplicación del marco regulatorio del mercado energético en cada país, y las leyes bajo las que se rigen dichos mercados.

## TEORÍA DE SUBASTAS

Las subastas son mecanismos de asignación de bienes y servicios sujetos a ciertas reglas que definen el ganador, así como cuánto debe pagar por dicho bien o servicio. Se explica que la teoría de subastas se basa en la existencia de asimetría de información lo que da espacio para el uso de diferentes estrategias de asignación de precios por parte de los ofertantes; así, se considera que

el fin principal de la teoría de subastas es buscar una asignación óptima de uno o más bienes.

Existen principalmente dos tipos de subastas, de valor común y de valor privado; la primera hace referencia a que todos los jugadores tienen valores similares, aunque cada uno realiza una valoración propia basado en su información (privada), y la segunda se refiere a que cada jugador tiene su propio valor, diferente al de los demás, estimado de acuerdo con sus preferencias y el beneficio que espera recibir. Este precio se llama *precio de reserva*, ya que es el precio máximo al que se está dispuesto a pagar por el bien; así mismo, este valor no depende de los demás participantes. De la misma forma, existe una subasta intermedia entre los tipos anteriores, que corresponde a la de valor correlacionado, en la que, como su nombre lo indica, los valores estimados están correlacionados aunque pueden llegar a ser distintos. Además, las subastas de valor privado se subdividen en distintos tipos de subastas, que corresponden a la inglesa, holandesa, a sobre cerrado de primer precio y a sobre cerrado de segundo precio.

La *Subasta Inglesa* es aquella en la que los oferentes anuncian cuánto están dispuestos a pagar y van subiendo el precio hasta el momento en que no hay más ofertas y el bien le es asignado a la mayor oferta realizada, donde el último precio anunciado será el que se pagará a todos los participantes. En este tipo se realiza la subasta de un único bien indivisible, además, existe asimetría de información, es decir, que hay incertidumbre de los precios de reserva de los demás y sólo se conoce la propia valoración sobre el bien. El beneficio del ganador es la diferencia entre su precio de reserva y el precio a pagar por el bien. En este tipo de subasta se puede responder a las ofertas de los demás jugadores y a medida que transcurre la subasta se puede ir aprendiendo, así como adquiriendo información, lo que podría favorecer las estrategias de cada jugador.

La *Subasta Holandesa*, en términos generales, es contraria a la Inglesa ya que se parte de un valor muy alto y se va disminuyendo hasta que un jugador decida aceptar el valor y este es el asignado al activo. Las restricciones son básicamente las mismas; existe de la misma

manera asimetría de la información y la negociación es de un único bien. Sin embargo, en este tipo de subasta los jugadores no pueden ir aprendiendo a medida que avanza la subasta.

Las *Subastas a Sobre Cerrado* son aquellas en que cada oferente realiza una oferta única por el activo. Este tipo de subastas se subdivide en subasta a sobre cerrado de primer y segundo precio, donde la diferencia entre estas es la regla que determina el precio a pagar. En la de primer precio, el ganador es quien realiza la mayor oferta y el valor a pagar por este será esa oferta hecha; a diferencia, en la subasta de segundo precio, el ganador es quien realiza la mayor oferta pero el precio que este tiene que pagar por el activo es el precio de la segunda mayor oferta hecha. Para encontrar la estrategia inmersa en este tipo de subasta, mediante estudios matemáticos se llega a la conclusión que la mejor oferta que puede realizar un jugador es su propio valor de reserva. Sin embargo, en la subasta de primer precio la ganancia es cero si el precio ofrecido es igual al precio de reserva, aunque si se decide ofrecer un valor menor, aumenta su utilidad pero disminuye la posibilidad de ganar, y en la de segundo precio la mejor opción sí será ofertar con el valor de reserva.

La subasta de precios ascendentes es la que normalmente utiliza el estado para realizar la concesión de todos los activos de un sistema a la vez. *“La característica particular de esta subasta es que tiene la flexibilidad suficiente como para permitir que los participantes obtengan diferentes partes de un sistema de manera de generar agregaciones de bienes o servicios que maximicen los beneficios de sus empresas, esta es la principal diferencia con las subastas antes vistas. Justamente en este caso se asigna más de un bien, en el mismo procedimiento.”*

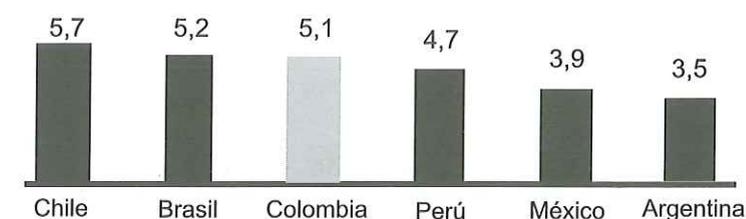
En cuanto a la aversión del riesgo, la Subasta Inglesa no se ve modificada debido a que la estrategia óptima es la de revelar el valor de reserva que el oferente tiene para el bien. Por otra parte, en el caso de la Subasta Holandesa no cambia el precio esperado pero sí varía el valor ofrecido por los oferentes (las estrategias) y los pagos, porque existe miedo a no obtener la asignación y quedarse de esta manera sin beneficios, por lo cual los agentes ofrecen de manera menos conservadora y así es como se acercan más al valor de reserva; de esta manera aumenta la ganancia del vendedor y disminuye la del oferente. Se deriva así una proposición de la exclusión de la neutralidad al riesgo, la cual establece que bajo aversión al riesgo el vendedor obtiene mayor pago y el comprador menor pago en la Subasta Holandesa en relación a la Subasta Inglesa.

## FORMACIÓN DEL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DIARIA ALREDEDOR DEL MUNDO

### 1. COLOMBIA

*“Colombia es uno de los 3 países con mejor calidad en el suministro de energía en América Latina y el país de la región con mejor infraestructura energética según la asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones”.*

El mercado mayorista de Energía en Colombia está conformado por un conjunto de operaciones, que permiten el flujo de fondos, recursos e información entre agentes económicos, además del intercambio de información entre los generadores y los comercializadores. Las actividades que desarrollan los participantes del mercado eléctrico colombiano están divididas en: Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de energía eléctrica.



Fuente: World Economic Forum, The World Competitiveness Report 2009-2010

1 María Florencia Millán Placci, Aplicación de la Teoría de Subastas. Universidad Nacional de Cuyo

Los consumidores finales ya sean entidades públicas, privadas o inversionistas “participan en el mercado de energía por intermedio del comercializador que los atiende, si es una demanda no regulada entre ellos se encuentran las exportaciones internacionales, el alumbrado público, zonas francas y dichos usuarios; mientras que si es una demanda regulada allí se encuentran los consumidores finales regulados”.

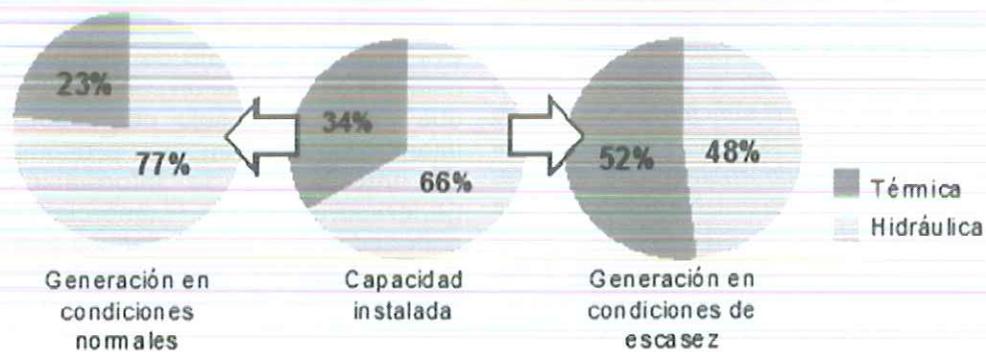
Las operaciones que se efectúan en el mercado Mayorista son:

- Contratos de Energía a Largo Plazo: pactados libremente entre generadores y comercializadores en cantidades y precios.
- Transacciones de Energía en la Bolsa: A través del Operador del Mercado para liquidación horaria de acuerdo con el despacho de generación.
- Servicios auxiliares de generación: Para asegurar el cumplimiento de las normas sobre calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de electricidad.

**Fuente: Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios y actividades complementarias e inherentes.**

Según la CREG (Comisión de Regulación de energía y gas) la energía eléctrica en Colombia proviene fundamentalmente de plantas de generación hidráulica en un 77% aproximadamente; lo que explica la alta volatilidad de los precios por el alto componente hidráulico, estacionalidad climática y aparición periódica del fenómeno del niño; que afectan la disponibilidad del recurso y los niveles de los embalses; y en una menor proporción (18%) de plantas de generación térmica, es allí donde el proceso de generación da inicio al proceso de intercambio entre agentes del mercado energético.

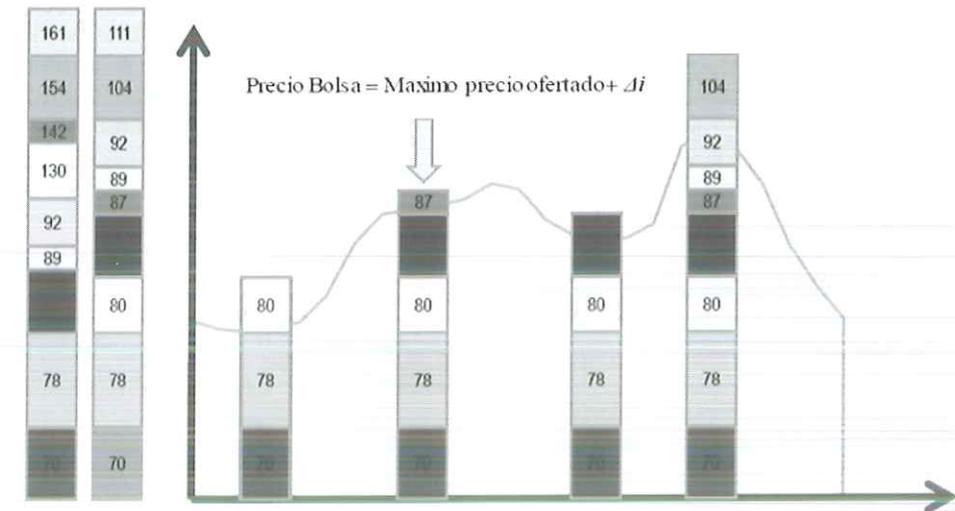
Es por esta alta dependencia de Colombia con las fuentes hídricas, que se hace necesario generar incentivos para que haya suficiente energía para suplir la demanda y generar mayor confianza en el sistema. Estos incentivos se ven reflejados en el cargo por confiabilidad al calcular el precio promedio diario.



Fuente: MME-CREG-XM

La formación del precio spot de la energía eléctrica en Colombia se realiza bajo la modalidad de subasta ascendente, en donde los generadores de energía ofertan precio y potencia de manera horaria hasta satisfacer la

demanda de la hora específica. Cuando la demanda es suplida en su totalidad, el último precio ofertado será el precio final de liquidación para los agentes que hayan ofertado durante la sesión horaria.



Fuente: Derivex

Al final del día se calcula un precio promedio de referencia para la energía eléctrica. Si bien para varios mercados energéticos como el de Estados Unidos y Colombia el precio diario es una media aritmética de los precios horarios generados a lo largo de una sesión, además de tener en cuenta el cargo por confiabilidad.

### 1. NORD POOL

El Nord Pool Spot es el mercado de energía eléctrica más grande del mundo, mide su volumen de transacciones en Twh (Terawatts/hora) y abarca más del 70% del consumo de energía eléctrica en todos los países nórdicos, y una participación superior al 20% para la mayoría de países de Europa.

Sus funciones:

- Provee un mercado líquido para la energía eléctrica.
- Provee información al mercado.
- Provee igualdad de oportunidades para todos los participantes.
- Es la contraparte central en todas las operaciones, garantizando el cumplimiento de las mismas.

La historia de este mercado aparece a continuación de acuerdo con una secuencia de tiempo:

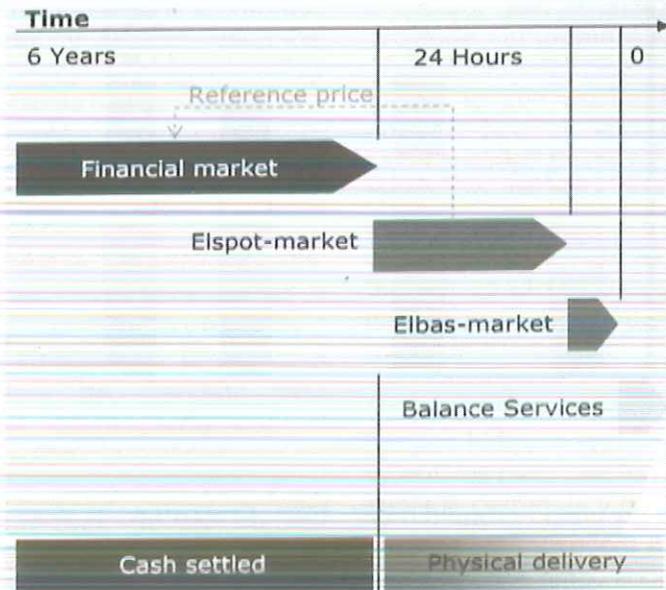
- 1991: El mercado de energía eléctrica noruego es desregulado.
- 1993: Se establece Statnett Marked, red eléctrica Noruega.
- 1996: Se establece una unión conjunta entre Noruega y Suecia, la cual es nombrada Nord Pool.
- 1998: Finlandia se une al Nord Pool.
- 2000: El mercado nórdico se integra con la unión de Dinamarca.
- 2002: El Nord Pool se establece como compañía aparte.
- 2005: El Nord Pool abre filiales en Alemania.
- 2009: Se acopla el NPS con el mercado spot Alemán (EPEX).
- 2012: El NPS y NASDAQ OMX abren un mercado en el Reino Unido llamado N2EX.

Los Mercados Existentes son:

- **Elspot-market:** Mercado spot para el comercio de energía en los países nórdicos. Se basa en un sistema de subastas para la entrega de la energía al día siguiente. Cubre a Noruega, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Estonia. El 72% del consumo total de energía es intercambiado en este mercado.
- **Elbas-market:** Sirve como mercado de ajuste para Finlandia, Suecia, Noruega, Dinamarca y Alemania. Es un mercado de energía intradía donde se negocian contratos de una hora, hasta una hora antes de su entrega.

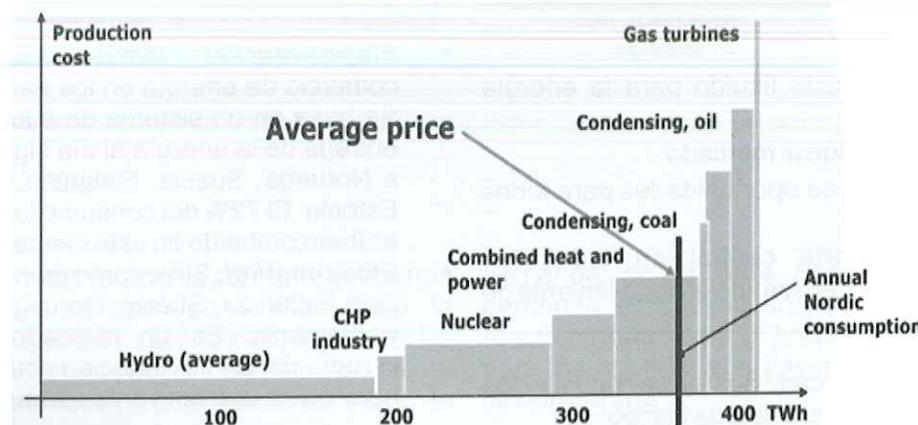
- **Servicios de Balance:** Ajustan la cantidad de energía que se entrega al usuario final.
- **Financial market:** Se negocian, futuros, forward y opciones sobre el precio del sistema.

Figura 1. Mercados Existentes



Los países participantes en EL SPOT, son:

Noruega	Suiza
Suecia	Italia
Finlandia	Francia
Dinamarca	Bélgica
Alemania	Reino Unido
Holanda	Estados Unidos



La determinación del precio de la energía corresponde al cálculo del precio, que está basado en criterios de bienestar social así como de cumplimiento a las reglas del mercado. Además, se busca maximizar el valor de la función objetivo sujeta a limitaciones físicas, tales como limitaciones de cantidad, balance del área y capacidad de transmisión.

$$Max \sum_n \left\{ \int_0^{d^a} D^a(x) dx - \int_0^{s^a} S^a(y) dy \right\}$$

Donde:

- a representa un área.
- $d^a$  es la demanda en el área a.
- $D^a$  es la función de demanda en el área a.
- $s^a$  es la oferta en el área a.
- $S^a$  es la función de oferta en el área a.

### 3. INGLATERRAY GALES

El mercado de energía eléctrica de Inglaterra y Gales es considerado el tercer mercado más importante de Europa. Antes de los años noventa estaba caracterizado por ser un mercado donde toda la energía era comerciada entre generadores y proveedores a través de un pool. La Central Electricity Generating Board (CEGB) fue la responsable de la generación de electricidad por casi 40 años, además de ser la encargada de producir, comprar, vender y entregar la energía eléctrica a doce empresas distribuidoras, las cuales, a su vez eran un monopolio para sus clientes.

En 1997 la generación y la transmisión son separadas y se desarrolla un sistema de mercado conocido como el "Pool" debido a que la estructura de mercado existente demostraba ser ineficiente, poco competitiva y susceptible de manipulación. Así, se da curso al New Electricity Trading Arrangements (NETA), promoviendo el mercado mayorista, ya que en este se pueden realizar contratos bilaterales entre generadores, proveedores, comercializadores y clientes, los cuales incluyen:

- 1) Mercados futuros que permiten contratos que varían desde un día en adelante hasta varios años.

- 2) Un mecanismo de balance mediante el cual la National Grid Company acepta las ofertas de energía para permitir balancear a los abastecedores y a la demanda en tiempo real.
- 3) Y esto se hace a través de un proceso de ajuste para hacer pagos y cobros a aquellos quienes no logren su consumo o producción de acuerdo con las mediciones, y para aclarar algunos otros costos referentes al balance del sistema.

Las actividades que desarrollan los participantes del mercado están divididas en:

- ✓ Generación: Estas compañías operan bajo licencias de generación.
- ✓ Transmisión: En Inglaterra y Gales está a cargo de la National Grid Company (Compañía de la Red Nacional), el cual como operador del sistema es el responsable de la programación y despacho de la generación para cubrir la demanda diaria.
- ✓ Distribución: Hace referencia a los responsables de la distribución dentro de sus áreas. Deben facilitar el acceso a sus redes a cualquiera que posea una licencia de proveedor.
- ✓ Comercialización: Compran la energía en el mercado mayorista, ya sea en la bolsa o realizando contratos bilaterales con los generadores, para luego venderla directamente a los usuarios finales.

La energía eléctrica es producida, transmitida y distribuida bajo el siguiente esquema: toda la energía se vende al pool y es comprada del pool, es decir, que todos los generadores participantes en el pool definen un precio de oferta y para determinar el precio Spot se deben tener en cuenta algunas variables que afectan al precio, como lo es el precio marginal del sistema, el cual es el pago que reciben los generadores del pool, dependiendo de las unidades asignadas. Mientras más cercano sea el precio que ofertan los generadores al precio marginal del sistema más ganancias pueden recibir, de modo que es muy importante predecir con cierta exactitud el precio marginal del día siguiente. El precio del mercado es acordado por adelantado con base en un estudio de asignación de unidades, a fin de minimizar los costos de producción. En este modelo se ignoran las restricciones de

transmisión, lo que sugiere que hay un mismo precio de la energía independientemente de la posición física del consumo porque se considera que no es responsabilidad de los generadores y los comercializadores. A causa de esto, muchos participantes se protegen con contratos para fijar estos desbalances a un precio preestablecido.

El precio promedio diario o PIP (Pool Input Price) en Inglaterra se calcula de la siguiente manera:

$$PIP = SMP * (1 - LOLP) + LOLP$$

Donde:

- ✓ SMP es el precio marginal de energía (System Marginal Price) o pago que reciben los generadores, dependiendo de las unidades asignadas.
- ✓ LOLP corresponde a la probabilidad de pérdida de carga. El cargo por capacidad tiene el propósito de asegurar que los proveedores entreguen un adecuado margen de seguridad con el fin de manejar las

variaciones inesperadas en la oferta y la demanda. La capacidad se paga a través del precio de la energía como un rubro adicional en cada hora.

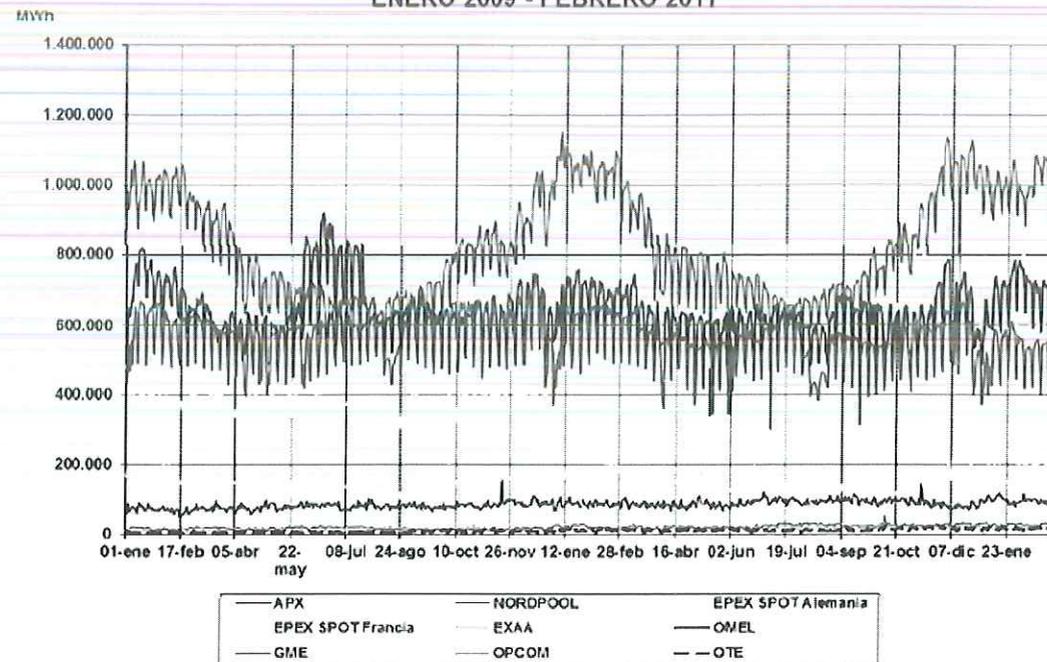
- ✓ VOLL es el valor de la energía no suministrada.

### 1. ESPAÑA

España es uno de los mercados eléctricos más grande de Europa, (ver *Gráfico 1*), con 14.942.995 transacciones, un volumen de negociación de 10.116 millones de Euros y con un total de energía negociada de 265.169 GWh, a 2010. El sistema eléctrico español está basado en fuentes de energía de carácter hidráulico, que corresponde a la principal fuente tecnológica de generación; así mismo, la producción de energía a base de carbón (térmica), corresponde a la segunda fuente de generación de energía eléctrica. Adicionalmente, se encuentran los sistemas de generación de energía nuclear, gas, eólica, ciclos combinados, entre otros.

*Gráfico 1. Energía Mercados Europeos spot*

**ENERGÍAS MERCADOS EUROPEOS SPOT  
ENERO 2009 - FEBRERO 2011**



Fuente: OMEL, Ciclo: Planificación Eléctrica. Madrid 30 Marzo 2011.

El proceso de energía eléctrica para España está conformado bajo agentes de generación, transporte, distribución y comercialización, quienes marcan todas las diferentes etapas concernientes al manejo de la energía eléctrica, a 2010 la cifra corresponde a 116 agentes compradores y 520 agentes productores.

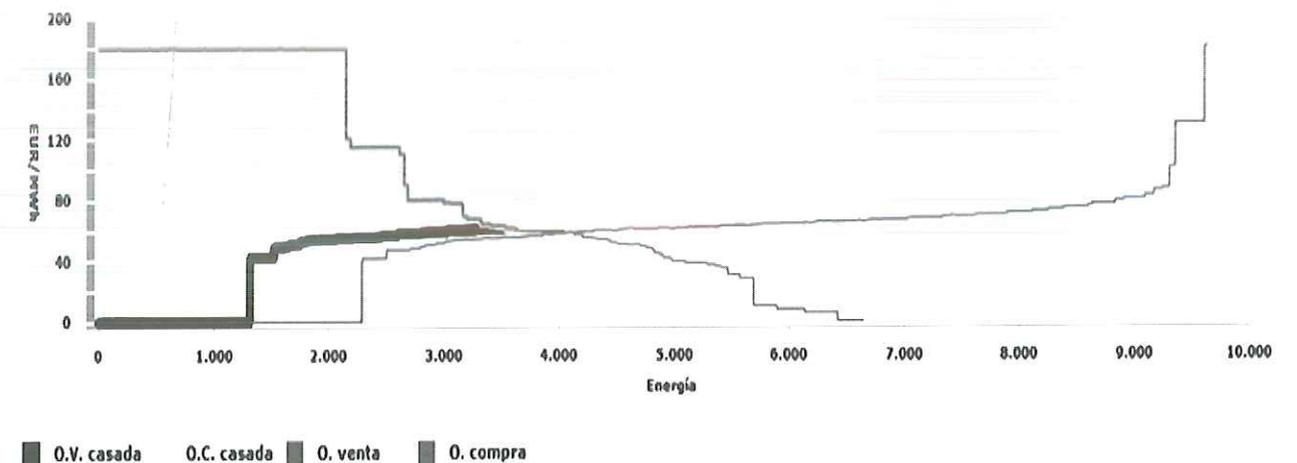
El mercado eléctrico español está manejado en torno a procesos técnicos de operación del sistema, que corresponden al mercado diario, mercados intradiarios, resolución de restricciones técnicas, servicios complementarios y gestión de desvíos, bajo el Real Decreto 1454/2005 de 2 diciembre de 2005 donde también se incorporan al mercado de producción los mercados a plazo. Así, todo el mercado se organiza de acuerdo con una secuencia de subastas.

El mercado diario concentra la mayor parte de las transacciones. Bajo lo dispuesto por el RD 54/1997 (ley del sector eléctrico) y de acuerdo a las normas de funcionamiento recogidas en la Regla del Mercado de Producción, el Operador del Mercado (OMEL), que es el encargado de gestionar procesos en condiciones de transparencia, objetividad e independencia, es quien recibe para cada tramo horario del día anterior al de la entrega

física de la electricidad, las ofertas de venta y compra de la misma donde se especifica el precio máximo o mínimo al que se está dispuesto a adquirir o a vender las cantidades propuestas, así como cualquier otra especificación pertinente. En estas participan unidades generadoras, agentes externos, distribuidores, comercializadores, autoprodutores con su energía excedente y consumidores calificados. Se pueden incluir ofertas de hasta 25 pares de precios y cantidades, siendo el comportamiento de las ofertas de venta crecientes, y las de compra, decrecientes.

OMEL, como operador del mercado, es el encargado de casar ofertas y demandas según un criterio de preferencia económica, siguiendo un orden de menor a mayor para las ofertas de venta y un orden inverso para las de compra. Las ofertas de compra con un precio superior al *Precio Marginal* (o mayor precio aceptado) y las ofertas de venta con un precio inferior, son casadas. Así ambas partes pagan o son remuneradas al precio marginal del sistema independientemente del precio al que hayan ofrecido, haciendo de este proceso una *subasta de precios uniforme*.

*Gráfica 2. Curva agregada de oferta y demanda – Hora 12, sesión 1, 29 de agosto 2011.*



Fuente: OMEL, resultados del mercado.

El precio final de la energía eléctrica incluye, además de los precios resultantes del mercado (precio de casación mercado diario y de los intradiarios, los costes de la solución de las restricciones técnicas, de los mercados de servicios complementarios y de los procesos de operación técnica), elementos fijados administrativamente, entre los que se destaca la *Garantía de Potencia*, que busca fomentar la disponibilidad de las unidades de producción y aumentar la inversión en activos de generación.

Finalmente, los criterios para calcular el precio final medio de la energía eléctrica en el mercado está dispuesto en el RD 1454/2005, donde se establece que la Comisión Nacional de Energía (CNE) es la encargada de calcular y publicar mensualmente los precios medios finales de la energía eléctrica, así como los índices correspondientes.

Así, se define la fórmula de cálculo a continuación:

$$PFM_h = PMD_h + \frac{IMMI_h - ENMI_h \times PMD_h}{ENMBC_h} + \frac{IMOSAJ_h - ENOSAJ_h \times PMD_h}{ENMBC_h} + \frac{IMDV_h - ENDV_h \times PMD_h}{ENMBC_h} + \frac{IMRRTT_h - ENRRTT_h \times PMD_h}{ENMBC_h} + \frac{IMBS_h}{ENMBC_h} + \frac{IMGP_h}{ENMBC_h}$$

Donde:

- PMD es el precio marginal del mercado diario.
- ENMI es la suma de las energías de las unidades negociadas en el mercado intradiario.
- IMMI es el importe de valorar las energías al precio de la correspondiente sesión del mercado intradiario.
- ENOSAJ es la suma de las energías de las unidades negociadas en los mercados de servicios de ajuste del sistema a excepción del mercado de restricciones técnicas.
- IMOSAJ es el importe de valorar las energías al precio correspondiente de cada mercado de servicios de ajuste del

sistema a excepción del mercado de restricciones técnicas.

- ENDV es la suma de las energías de las unidades correspondientes al desvío medido.
- IMDV es el importe de valorar los desvíos al precio del desvío.
- ENRRTT es la suma de las energías de las unidades negociadas en el mercado de restricciones técnicas.
- IMRRTT es el importe de valorar las energías al precio de restricciones técnicas.
- IMBS e IMGP son respectivamente el coste de la banda de secundaria y de la garantía de potencia.
- ENMBC es la suma de la energía medida en barras de central.

$$ENMBC_h = ENMD_h + ENMI_h + ENOSAJ_h + ENDV_h + ENRRTT_h + ENCB_h$$

Se cumple que:

- ENMD es la suma de las energías de las unidades negociadas en el mercado diario.
- ENCB es la suma de energías negociadas mediante contratación bilateral.

## 1. ARGENTINA

El sector eléctrico argentino se encontraba estructurado de una forma vertical, es decir, que las empresas desarrollaban todo el tipo de segmentación; generaban energía, la transportaban y la distribuían. Después de la transferencia de instituciones privadas con carácter monopólico, el Estado retira su papel de empresario para poder convertirse en un regulador y proteger los intereses de los usuarios. La generación de la energía se empieza a visualizar dentro de un sistema competitivo con múltiples operadores, mientras que el transporte y distribución son caracterizados como servicios públicos evitando una posición dominante en el mercado (régimen de la energía eléctrica Artículo 1º de la Ley 24.065)

Para el sistema tarifario de la energía eléctrica, que actualmente se rige mediante la resolución 137/92 de la Secretaría de Energía, en el sistema tarifario se incorporan factores como:

- El costo marginal de generación, el cual se relaciona con el costo de la máquina térmica más costosa y que se necesita para activar y cubrir las necesidades en cualquier momento.
- El costo de potencia disponible, es asociado con el conocimiento de los costos fijos más un margen de reservas
- El costo por riesgo de falla de suministro se asocia con el precio que están dispuestos a pagar los consumidores para evitar cortes.
- El costo de transporte de energía es un factor más complejo que se asocia con la capacidad, las pérdidas y la transmisión de energía puesto que se puede incurrir en deficiencias o irregularidades durante su transporte.

Para el cálculo de las pérdidas en este proceso se dispone de un factor nodo o factor de pérdidas; cada nodo ha sido establecido con un precio, la relación entre precio del nodo y precio en el centro de carga es el factor nodo. Algunas metodologías de cálculo son el *Factor Nodo Estacionales* y *Factores de Nodo Spot*, el primero busca el precio y los factores nodos

correspondientes a lo largo de todo el trimestre, se presentan periodos picos, valle y resto para determinar flujos de cargas. Por otra parte, en el factor nodo spot los precios de los generadores no son constantes. El método fija el precio horario de la energía que corresponde al precio marginal, es decir, el precio del próximo kWh referido al centro de carga del sistema. Este precio es conocido como Precio del Mercado (PM).

El costo de transporte está dado por un cargo variable, cargo fijo por conexión y cargo fijo por capacidad de transporte. Los cargos variables por pérdidas pueden ser:

- Remuneración por pérdidas: se refiere a la diferencia de valor de la energía desde un nodo receptor y un nodo emisor es la pérdida de energía en el transcurso del transporte de un punto a otro.
- Remuneración por contingencias: está relacionado con la diferencia entre el precio de la potencia del centro de cargas y cada uno de los nodos.

Algunos cargos fijos relacionados con el transporte; cada transformador o línea de una red cuenta con un monto fijo horario a cobrar, el cual está determinado en una tabla de cargos. Los cargos fijos de conexión y transformación son asignados al transporte, se establece en cada estación transformadora a quienes son los usuarios para el cargo complementario.

Características de generación	Tipo de Mercado	Características de Mercado	Tipo de Remuneración	Características de Remuneración	Continuidad del Servicio
<b>Nord Pool</b> -Noruega 99% hidroeléctrica -Dinamarca 88% Termoeléctrica -Finlandia: Termoeléctrica 50% Nuclear 31%	-Contratos Financieros y físicos	-Los participantes pueden presentar ofertas horarias y demanda el mercado del día siguiente	-Mercado de solo energía sin cargo por capacidad	-Los generadores ofrecen energía a un precio de mercado  -Se benefician la estructura cuando Cmg< Precio de Mercado	-La presentación de servicios es sin interrupción ya que se considera las centrales de cada país
<b>España</b> -Térmicas y de cogeneración: Carbón 26%, gas 18% -Hidráulica 38% -Nuclear 18% -Centrales de Energías Renovables( -Hidráulica 77% -Térmica 18% -Interconexiones (Ecuador, Venezuela)	-Contratos Bilaterales Físicos de Mediano y Largo Plazo -Mercado Diario e Intradía	-Se presentan Ofertas Simples( para cada horario y unidad de producción se estipula un precio y cantidad de energía)  -Ofertas Complejas (se incorporan elementos adicionales como ingresos mínimos, gradiente de carga) -Un cargo por capacidad es agregado al precio final de energía	-Garantía por capacidad	Este pago se remunera en función de la capacidad disponible, haya o no entrado en funcionamiento. La retribución es anula y distribuida proporcionalmente de acuerdo a: -Coeficiente de disponibilidad de la unidad  -Potencia Equivalente	-Su presentación de servicios es continua, por las diferentes centrales de generación que tiene
<b>Colombia</b> -Hidráulica 77% -Térmica 18% -Interconexiones (Ecuador, Venezuela)	-Contratos Bilaterales	-Los generadores deben presentar ofertas horarias al operador del sistema, el cual debe reflejar el costo variable de generación.  -Un cargo por confiabilidad es agregado al precio final de energía	-Cargo por Confiabilidad	-Generador Oferta al regulador" Obligaciones de energía firme" pagadas a un precio fijo determinado en un proceso de subasta. El regulador calcula la curva de demanda de Energía para la subasta y asigna los pagos de consumo en un cargo por confiabilidad.	-Su presentación de servicios es continua y confiable, a diferencia del cargo por capacidad
<b>Inglaterra</b> -Hidroeléctricas 2% -Térmicas (Carbón 34%, gas 31%) -Nuclear 25%	-Mercado Conocido como Pool donde se realizan transacciones de contratos financieros como: Contratos por diferencia y Forward.	-Los generadores presentan ciertas normas múltiples y no firmes. El pago por precio Marginal del sistema y cargo por capacidad se calcula según la demanda pronosticada.	-Cargo por Capacidad	-El pago por capacidad remunera la generación con el valor esperado del precio de la energía a cada hora calculada la probabilidad de perder carga por métodos probabilísticos.  Las centrales hidroeléctricas facilitan el cálculo LOLP, porque su aportación es mínima.	-Su presentación de servicios es continua.

Fuente: Elaboración Propia  
**CUADRO RESUMEN FORMACIÓN DEL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DIARIA ALREDEDOR DEL MUNDO**

### REGULACIÓN INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Es generalidad para los países industrializados que surjan organismos que se encarguen de regular y verificar el cumplimiento de las normas básicas internacionales, en cuanto a la generación, transporte, distribución y comercialización de la energía eléctrica. Dichos entes reguladores se han clasificado en cuatro grandes grupos, los cuales se diferencian principalmente en las competencias que se les asignan y el grado de independencia que tienen. Dichos grupos son:

- **Los Reguladores independientes:** Poseen responsabilidades compartidas y separadas de los Ministerios competentes en el sector energético. Ejercen poderes ejecutivos como el establecimiento de las condiciones de acceso a la red, los peajes y las tarifas finales. Poseen asimismo poder sancionador y de arbitraje.
- **Los Reguladores independientes consultivos:** Son organismos autónomos e independientes del Ministerio, de consulta obligada aunque no decisoria excepto en ciertos casos como el arbitraje.
- **Los Reguladores ministeriales:** Son organismos subordinados al Ministerio competente, con análogas funciones a las mencionadas en los apartados anteriores y poseen autonomía en la gestión diaria de sus actividades.
- **Las Autoridades de competencia:** Ejercen la labor de vigilancia del funcionamiento del mercado en condiciones de competencia, mediante una regulación ex-post o ex-ante. En ciertos casos incluyen al regulador energético o pueden existir solapes entre las funciones de éste último y las de la autoridad de competencia.

Las características principales de estos entes reguladores son:

- La autonomía, la independencia y la necesidad de rendición de cuentas.
- Son entidades públicas, con responsabilidades compartidas (a veces solapadas) con los Ministerios y las autoridades de competencia.

- Poseen poderes judiciales o cuasi-judiciales, al compartir funciones legislativas, ejecutivas y judiciales.
- La independencia regulatoria se manifiesta también frente a las partes interesadas (industria y consumidores), frente a las políticas a corto plazo (económico y social) y a grupos de interés.

#### Principales entes Reguladores de América y Europa

##### 1. Europa, Ley N54 de 1997

Es el actual marco legal para la regulación de la energía eléctrica en la Unión Europea, permite la creación de diferentes entes regulatorios para cada país, sujetos a las normas de la unión, se fundamenta bajo los principios de transparencia, libre competencia y liquidez del mercado. Está enfocada en responder a los cambios macroeconómicos y a las necesidades de los demandantes, estableciendo las condiciones de la oferta de energía.

##### 2. México, Comisión de Regulado de la Energía (CRE)

Nace a partir de la creación de la ley de servicios públicos de energía eléctrica y tiene por objeto promover el desarrollo eficiente de las siguientes actividades:

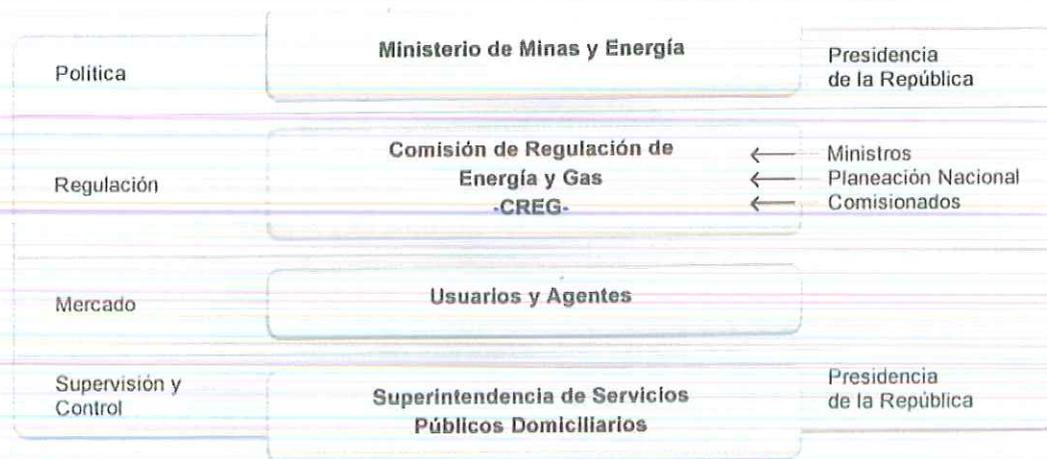
- El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público.
- La generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares.
- La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público.
- Los servicios de conducción, transformación y entrega de energía eléctrica, entre las entidades que tengan a su cargo la prestación del servicio público de energía eléctrica y entre éstas y los titulares de permisos para la generación, exportación e importación de energía eléctrica.

##### 3. Colombia , Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)

La Comisión de Regulación de Energía y Gas

(CREG) es la encargada de reglamentar, a través de normas jurídicas, el comportamiento de los usuarios y las empresas con el objetivo de asegurar la prestación de estos servicios públicos en condiciones de eficiencia económica con una adecuada cobertura y calidad del servicio.

Figura 2. Estructura Sistema energético Colombiano



**1. Estados Unidos , Comisión Federal Reguladora de la Energía (FERC)**

La Comisión Federal Reguladora de la Energía (FERC) es una agencia reguladora independiente adscrita al Departamento de Energía (DOE), está compuesta de cinco miembros, los cuales son nombrados por el Presidente de EE.UU con previa aprobación del Senado. Su función tiene por objeto regular el transporte y la venta al por mayor de electricidad para el comercio interestatal, que incluye:

- La aprobación de tarifas eléctricas de ventas en el mercado interestatal al por mayor.
- La aprobación de tarifas para el transporte de electricidad interestatal.
- La aprobación de operadores de mercado, pools de energía y operadores de sistemas.
- La supervisión de los procesos de fusión.
- La revisión de las relaciones entre directivos de compañías energéticas con compañías proveedoras de servicios/negocios.
- La certificación de status de pequeños productores y cogeneradores.

generación de energía, el precio de la energía eléctrica muestra altas volatilidades históricas, ya que fenómenos climáticos generalmente afectan el nivel de embalses nacional, acudiendo en casos de escasez a las fuentes de generación térmica, la cual es mucho más costosa que la anterior derivando en mayores fluctuaciones del precio.

- Debido a las altas volatilidades registradas por el precio de la energía eléctrica en Colombia, se hace pertinente la utilización de productos derivados que tengan como subyacente este mismo, para así generar estrategias de cobertura adecuada para los agentes participantes del mercado energético ante las grandes fluctuaciones de este commodity energético.
- Para la adecuada formulación de estrategias de cobertura para el precio de la energía eléctrica en Colombia, fue pertinente desarrollar un modelo de medición de la volatilidad del mismo, el cual ofrece información valiosa y útil a la hora del análisis de riesgo y toma de decisiones por parte de los agentes participantes en el mercado energético colombiano.

**CONCLUSIONES**

- En el caso colombiano, debido a la dependencia de fuentes hídricas para la