

**MERCADO ORGANIZADO REGULADO: CONTEXTUALIZACIÓN, ANÁLISIS  
CRÍTICO Y EJEMPLO DE SIMULACIÓN**

**CRISTIAN ALFREDO ESTUPIÑAN JAIMES**

**IVAN GUILLERMO AMAYA ARDILA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y**  
**TELECOMUNICACIONES**  
**BUCARAMANGA**

**2013**

**MERCADO ORGANIZADO REGULADO: CONTEXTUALIZACIÓN, ANÁLISIS  
CRÍTICO Y EJEMPLO DE SIMULACIÓN**

**CRISTIAN ALFREDO ESTUPIÑAN JAIMES**

**IVAN GUILLERMO AMAYA ARDILA**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista**

**Director:**

**Ph.D. Gerardo Latorre Bayona**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2013**

## DEDICATORIA

*A Jesucristo, quien transformó mi vida y ahora sigo*

*A mis padres Luis A. Estupiñan y Eugenia Jaimés por su apoyo  
incondicional*

*A mis hermanos y familia JMJ*

*Cristian*

*A mis padres y hermano por su confianza*

*A Nestor Ivan, mi gran motivación*

*Ivan*

## **AGRADECIMIENTOS**

A los profesores de la escuela de ingeniería eléctrica, en especial al profesor Gerardo Latorre Bayona por su apoyo y disponibilidad en el cumplimiento de esta meta.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN .....	18
1 ESQUEMA ACTUAL DE CONTRATACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON DESTINO A LOS USUARIOS REGULADOS EN COLOMBIA .....	20
1.1 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE UN MERCADO .....	20
1.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE OFERTA Y DEMANDA.....	20
1.3 EL MERCADO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	24
1.3.1 LA ELECTRICIDAD COMO PRODUCTO .....	25
1.3.2 OTROS FACTORES DEL MERCADO ENERGÍA ELÉCTRICA.....	26
1.3.3 TECNOLOGÍAS EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.....	27
1.4 EI MERCADO DE ENERGÍA MAYORISTA.....	29
1.4.1 MERCADO A LARGO PLAZO.....	29
1.4.2 BOLSA DE ENERGÍA O MERCADO SPOT .....	35
1.4.3 LIQUIDACIÓN EN EL MERCADO ENERGÍA MAYORISTA .....	38
1.4.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS GARANTÍAS EN EL MERCADO DE ENERGÍA MAYORISTA .....	39
1.4.5 TRASLADO DE COSTOS POR GENERACIÓN AL USUARIO REGULADO FINAL .....	40
1.5 BIBLIOGRAFIA.....	40
2 CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO ORGANIZADO REGULADO.....	41
2.1 CONTEXTUALIZACIÓN AL MERCADO ORGANIZADO REGULADO .....	41
2.2 SUBASTA COMO EL MECANISMO PARA LA ADJUDICACIÓN DE ENERGÍA .....	42
2.3 FORMULA TARIFARIA PARA LOS USUARIOS REGULADOS .....	42

2.4	PRINCIPIOS FUNDAMENTALES Y OBJETIVO DEL MERCADO ORGANIZADO REGULADO .....	42
2.5	PROPIEDADES GENERALES DEL MERCADO ORGANIZADO REGULADO COMO PARTE DEL MERCADO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	44
2.6	PRODUCTO .....	45
2.7	TIPO DE CONTRATO A IMPLEMENTAR.....	46
2.8	CARACTERÍSTICA DEL TIEMPO Y TAMAÑO DEL CONTRATO PARA LA DEMANDA NO- REGULADA.....	48
2.9	DEMANDA A SATISFACER EN LA SUBASTA .....	49
2.10	MÉTODO PARA LA PROYECCIÓN DE DEMANDA .....	50
2.10.1	VERIFICACIÓN DE LA PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGIA .....	50
2.11	ESQUEMA DE GARANTÍAS Y SUS CARACTERISTICAS.....	52
2.11.1	TIPOS DE GARANTÍAS A EXIGIR POR PARTE DE LOS PARTICIPANTES DEL MERCADO ORGANIZADOR REGULADO.....	52
2.11.2	RECURSOS PERMITIDOS PARA GARANTÍAS.....	55
2.11.3	ACCIONES PARA EFECTO DE LAS GARANTÍAS .....	56
2.12	METODOLOGÍA PARA LA LIQUIDACIÓN EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO .....	56
2.12.1	PROCESO DE LIQUIDACIÓN PARA VENEDORES QUE PARTICIPAN EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO.....	56
2.12.2	ENERGÍA COMPRADA EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO PARA ATENDER DEMANDA REGULADA .....	59
2.13	CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO SECUNDARIO COMO PARTE DEL ESQUEMA DE MERCADO ORGANIZADO REGULADO.....	60
2.13.1	PARÁMETROS DEL REGISTRO DE CESIÓN PARA LA DEMANDA REGULADA.....	61
2.13.2	PARÁMETROS DEL REGISTRO DE CESIÓN PARA LA DEMANDA NO-REGULADA.....	62
2.13.3	ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MERCADO SECUNDARIO.....	63

2.14	CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LA SUBASTA A IMPLEMENTAR EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO.....	64
2.14.1	PARTICIPANTES DE LA SUBASTA.....	64
2.14.2	FUNCIONES DEL ADMINISTRADOR EN LA SUBASTA .....	65
2.14.3	SUBASTA DE RELOJ DESCENDENTE .....	66
2.14.4	NÚMERO DE SUBASTAS A REALIZAR Y CANTIDAD DE DEMANDA PARA CADA UNA .....	66
2.14.5	CARACTERÍSTICAS DE LAS ETAPAS EN LA SUBASTA.....	67
2.14.6	CONSTRUCCIÓN DE LA FUNCIÓN DE OFERTA .....	73
2.14.7	SITUACIONES ESPECIALES DE LA SUBASTA .....	74
2.14.8	SUBASTA DE TIPO SOBRE CERRADO.....	75
2.14.9	VALORES MARGEN DE PREFERENCIA REGULADO Y MARGEN DE PREFERENCIA NO-REGULADO.....	76
2.15	BIBLIOGRAFIA.....	76
3	EJEMPLO DE LA SUBASTA MOR.....	78
3.1	DEFINICIÓN DE LA DEMANDA OBJETIVO.....	78
3.2	ELABORACIÓN DE LA FUNCIÓN DE DEMANDA.....	80
3.3	DESARROLLO DE LA SUBASTA .....	81
3.4	ASIGNACIÓN DE PRODUCTOS A VENEDORES .....	88
3.5	LIQUIDACIÓN PARA LA DEMANDA REGULADA .....	89
3.5.1	PERIODO HORARIO A LIQUIDAR.....	89
3.5.2	ENERGÍA VENDIDA EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO .....	90
3.5.3	ENERGÍA COMPRADA EN EL MOR.....	91
3.5.4	BALANCE DE ENERGÍA.....	95
4	ANÁLISIS CRÍTICO DEL MERCADO ORGANIZADO REGULADO.....	97
5	EJEMPLO DE SIMULACIÓN DE LA SUBASTA MOR.....	102
5.1	RESULTADOS DE EJEMPLO DE SIMULACIÓN.....	111
	OBSERVACIONES.....	114
	CONCLUSIONES .....	115

REFERENCIAS..... 117

ANEXOS ..... 120

    ANEXO A..... 121

    ANEXO B..... 123

## LISTA DE TABLAS

pág

Tabla 1. Histórico de la demanda nacional de energía eléctrica .....	25
Tabla 2. Tipos de días en el año 2014. ....	47
Tabla 3. Valores para el cálculo de la Unidad Horaria de Energía .....	48
Tabla 4. Verificación de la proyección de demanda. ....	51
Tabla 5. Formato de información requerido por el ASIC. ....	61
Tabla 6. Formato de información requerido por el ASIC. ....	62
Tabla 7. Formato de oferta . ....	71
Tabla 8. Proyección de demanda para el año 2014. ....	78
Tabla 9. Tipos de días en el año 2014. ....	79
Tabla 10. Ofertas de los generadores. ....	82
Tabla 11. Ofertas de los vendedores – Segunda Ronda. ....	84
Tabla 12. Ofertas de los vendedores-Tercera Ronda. ....	86
Tabla 13. Energía Vendida en el MOR por cada agente A, B, C. ....	91
Tabla 14. Distribución de la demanda comercial regulada para cada agente. ....	92
Tabla 15. Resultados del balance de energía para cada agente. ....	96
Tabla 16. Demanda Proyectada. ....	102
Tabla 17. Tipo de días. ....	103
Tabla 18. Demanda Objetivo. ....	104
Tabla 19. Características de la subasta. ....	105
Tabla 20. Características de los vendedores. ....	106
Tabla 21. Parámetros de los vendedores. ....	109
Tabla 22. Resumen de resultados de las subastas. ....	112
Tabla 23. Productos asignados a cada vendedor. ....	112

## LISTA DE FIGURAS

pág

Figura 1. Curva típica de demanda. ....	21
Figura 2. Curva típica de oferta de un producto.....	22
Figura 3. Evolución de la demanda de energía eléctrica y precios de transacción en Colombia. ....	24
Figura 4. Coordinación del Sistema Eléctrico . ....	26
Figura 5. Mapa Colombiano de las zonas interconectadas y no interconectadas del SIN	28
Figura 6. Evolución de las transacciones del mercado .....	31
Figura 7. Volatilidad del precio de bolsa diario .....	31
Figura 8. Esquema general de transacciones del mercado eléctrico .....	34
Figura 9. Diferencia entre los precios de bolsa, mercado regulado y no regulado .....	34
Figura 10. Fallas en el mercado de energía.....	35
Figura 11. Componentes del precio de oferta para la bolsa.....	38
Figura 12. Característica general del esquema MOR .....	44
Figura 13. Tamaño del producto.....	45
Figura 14. Característica de la Demanda Regulada .....	46
Figura 15. Característica de la Demanda No-Regulada.....	49
Figura 16. Componentes de la demanda total para la subasta.....	49
Figura 17. Verificación de la Proyección de la demanda .....	51
Figura 18. Principios sobre las garantías .....	52
Figura 19. Compromiso de Ventas.....	53
Figura 20. Límite de Compromiso de Generación.....	53
Figura 21. Ejemplo para liquidar .....	57
Figura 22. Proceso de liquidación de los productos en el MOR .....	58
Figura 23. Esquema General del Mercado Secundario .....	63
Figura 24. Etapas de la subasta.....	67
Figura 25. Función de Demanda.....	68
Figura 26. Subasta de reloj descendente. Se aprecian cinco rondas, con sus respectivos precios inicial y final.....	70
Figura 27. Resumen proceso de la subasta MOR.....	77
Figura 28. Función de Demanda para el ejemplo.....	81
Figura 29. Curvas de oferta- primera ronda.....	82
Figura 30. Oferta agregada-primera ronda.....	83
Figura 31. Funciones de Oferta – Segunda Ronda.....	84
Figura 32. Oferta agregada-Segunda Ronda.....	85

Figura 33. Funciones de Oferta – Tercera Ronda. ....	86
Figura 34. Oferta Agregada- Tercera Ronda. ....	87
Figura 35. Equilibrio entre oferta y demanda. ....	87
Figura 36. Contratos ya establecidos para atender demanda regulada y no regulada . .	101
Figura 37. Función de demanda.....	105
Figura 38. Funciones de oferta.....	110
Figura 39. Función de oferta agregada. ....	110
Figura 40. Desarrollo general de una subasta. ....	111
Figura 41. Equilibrio entre oferta y demanda .....	122
Figura 42. Comportamientos de las Ofertas. Subasta1.....	123
Figura 43. Comportamiento de la subasta 1. ....	123
Figura 44. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 2.....	124
Figura 45. Comportamiento de la subasta 2. ....	124
Figura 46. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 3.....	125
Figura 47. Comportamiento de la subasta 3. ....	125
Figura 48. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 4.....	126
Figura 49. Comportamiento de la subasta 4. ....	126
Figura 50. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 5.....	127
Figura 51. Comportamiento de la subasta 5. ....	127
Figura 52. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 6.....	128
Figura 53. Comportamiento de la subasta. Subasta 6.....	128

## RESUMEN

**TÍTULO:** MERCADO ORGANIZADO REGULADO: CONTEXTUALIZACIÓN, ANÁLISIS CRÍTICO Y EJEMPLO DE SIMULACIÓN\*

**AUTORES:** CRISTIAN ALFREDO ESTUPIÑAN JAIMES, IVAN GUILLERMO AMAYA ARDILA \*\*

### **PALABRAS CLAVE**

BOLSA DE ENERGÍA, COMPRADORES, MERCADO ORGANIZADO REGULADO, MERCADO REGULADO, PRODUCTO, SUBASTA DE RELOJ DESCENDENTE, VENDEDORES.

**DESCRIPCIÓN:** En Colombia, la energía que consumen los usuarios regulados es transada en contratos de largo plazo y en contratos en la Bolsa de Energía. Las características de los contratos a largo plazo son acordadas entre los agentes, y los contratos que resultan en la Bolsa de Energía son manejados por el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales.

La CREG detectó problemas en la contratación a largo plazo, mecanismo que no asegura costos eficientes para los usuarios regulados finales. Por tal motivo, ha optado por crear un nuevo esquema de negociación y contratación de energía para el mercado regulado; que será centralizado, de un mismo precio, por concepto de generación, para todos los usuarios regulados.

En este trabajo se realizó una investigación del actual mecanismo de transacción y contratación de energía con destino a la demanda regulada, y del esquema Mercado Organizado Regulado (MOR). Se dio una explicación del funcionamiento de la subasta de adjudicación de energía, ilustrando mediante un ejemplo el procedimiento de la subasta y la posterior liquidación de la energía. Además, se realizó un análisis crítico de este nuevo esquema de contratación. Finalmente, se desarrolló un ejemplo de simulación con un grupo de estudiantes de ingeniería eléctrica, con el objetivo de darles a conocer el MOR.

---

\* Proyecto de Grado. Modalidad Investigación.

\*\* Facultad de Ingenierías de Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Ph.D. Gerardo Latorre Bayona

## ABSTRACT

**TITLE:** ORGANIZED REGULATED MARKET: CONTEXT, CRITICAL ANALYSIS AND SIMULATION EXAMPLE\*

**AUTHORS:** CRISTIAN ALFREDO ESTUPIÑAN JAIMES, IVAN GUILLERMO AMAYA ARDILA\*\*

**CLAVE KEYWORDS:** SPOT MARKET OF ENERGY, ENERGY BUYER'S, ORGANIZED REGULATED MARKET, REGULATES MARKET, PRODUCT, DESCENDING CLOCK AUCTION, SELLER OF ENERGY

**DESCRIPTION:** In Colombia, the energy consumed by regular users is traded with long-term contracts and contracts in the Spot Market of Energy. The characteristics of long-term contracts are agreed between the agents, and resulting contracts in Spot Market of Energy are managed by the System Administrator Commercial Exchange.

The Regulatory Commission of Energy and Gas (CREG) detected problems in long-term recruiting, a mechanism that does not ensure cost-effective for regulated end users. For this reason, you decided to create a new system of energy negotiating and contracting for the regulated market, which will be centralized at the same price in respect of generation, for all regulated users.

This research shows the transaction and contracting mechanism present and, the Organized Regulated Market (MOR) scheme. An explanation of the operation of the energy auction and its awarding, illustrating by example the auction process and the subsequent liquidation of the energy. Also, it's made a critical analysis of this new contracting scheme. Finally, was developed a simulation example with a group of electrical engineering students, with the aim to introduce them to the MOR.

---

\* Work Degree.

\*\* Physical-Mechanical Engineering Faculty. Electrical Engineering School. Director. Ph.D. Gerardo Latorre Bayona.

## INTRODUCCIÓN

El Mercado de Energía Mayorista (MEM) fue creado en Colombia con el fin de tener un sector eléctrico eficiente, que aporte al crecimiento económico y social del país (leyes 142 y 143 de 1994). La implementación del MEM hizo necesario su regulación, función que fue dada a la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Con las medidas dispuestas desde la entrada del funcionamiento de la CREG, se ha disminuido la problemática que trae el monopolio en el sector eléctrico, promoviendo la competencia en el mercado. Entre estas medidas, está la disposición de los Contratos a largo plazo y la Bolsa, para la adjudicación de la energía.

Los Contratos bilaterales son de tipo compra-venta, acordados libremente por los agentes del mercado, y tienen parámetros como: cantidades de energía, especificaciones de procedimiento, y precios a asignar hora–hora durante un periodo de tiempo establecido. Estos parámetros deben estar dentro del marco de la competencia y la regulación vigente.

El otro escenario disponible, es el mercado Spot o Bolsa de Energía, donde se realizan transacciones de energía hora a hora, y que permite realizar el proceso de balance de energía, teniendo en cuenta las diferencias entre la demanda comercial de los agentes y la energía comprada en contratos bilaterales. El precio al que se liquidan estas diferencias se denomina precio de bolsa.

La CREG, mediante el documento 065 de 2006, presentó un análisis al mecanismo de contratación bilateral de energía con destino a los usuarios regulados, en el cual se expuso una serie de problemáticas. Debido a esto, la Comisión tomó la decisión de crear el Mercado Organizado Regulado-MOR, que busca garantizar la eficiencia en la formación de precios que se trasladan al usuario final, y reemplazar la actual contratación bilateral.

El esquema de contratación MOR, presentado en la Resolución CREG 090 de 2011, fue el resultado de modificaciones debidas a los comentarios hechos por los agentes del mercado desde su primera versión entregada por la CREG. Al inicio de la implementación de MOR, habrá un periodo de transición en el que coexistirá con los contratos a largo plazo. Las fórmulas tarifarias generales para los usuarios regulados, que se utilizarán en el periodo transición y cuando el MOR reemplace totalmente la contratación bilateral, se establecen en la Resolución CREG 119 de 2007.

Por otra parte, el esquema de contratación MOR se diferencia del actual en las siguientes características sobresalientes: será un mecanismo centralizado administrado por el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC), en el que éste actuará como intermediario y la energía será transada mediante subastas; con una participación activa por parte de los vendedores y pasiva de los comercializadores que atienden la demanda regulada.

En este trabajo de investigación, se presenta una contextualización del mercado de energía mayorista de energía eléctrica con destino a la demanda regulada, luego una descripción del Mercado Organizado Regulado, con un análisis crítico de este nuevo esquema y finalmente se presentan los resultados de un ejemplo de simulación de la subasta, realizado con estudiantes de ingeniería eléctrica.

# 1 ESQUEMA ACTUAL DE CONTRATACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON DESTINO A LOS USUARIOS REGULADOS EN COLOMBIA

## 1.1 FUNCIONAMIENTO GENERAL DE UN MERCADO

Un mercado es un escenario compuesto por diferentes herramientas que tienen como finalidad la interacción entre los oferentes y demandantes de un bien determinado. Esta interacción busca lograr acuerdos entre los participantes para cubrir sus necesidades. [1]

## 1.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE OFERTA Y DEMANDA.

Los oferentes que también son llamados vendedores, ofrecen sus productos con la intención de satisfacer las necesidades de aquel que lo demanda. Ésto constituye la oferta de un mercado. Mientras que los demandantes con voluntad de adquirir productos que suplan sus necesidades, constituyen la demanda. [2]

En la mayoría de los mercados, la oferta y la demanda se presentan cada una con curvas que relacionan la cantidad y precio de un bien o producto. La grafica o curva de la demanda tiene pendiente negativa y la de la oferta pendiente positiva.

*La **demanda*** está constituida por el número o cantidad del producto que los compradores desean adquirir. Dicha cantidad también está condicionada al precio del respectivo producto o bien. En la figura 1 se muestra el comportamiento típico de la demanda de un determinado producto. Se observa que a un precio de \$60 se podrían comprar 4 toneladas de dicho producto. Esta grafica también señala el comportamiento de los compradores según la variación del precio del bien. Entonces, se observa una relación inversa y la cantidad demandada.



Figura 1. Curva típica de demanda.

Lo anterior se resume en lo planteado por la ley de la demanda que dice:

*“Hay una relación inversa entre el precio y la cantidad demandada.”* [3]

Además del precio del producto a comprar, existen otros factores que influyen en la cantidad demandada de dicho producto;

- Renta (R); Tiene que ver con los ingresos que tienen los compradores, lo cual va a determinar cuánto pueden gastar
- Precios de otros productos (Pp); El precio de productos sustitutos o complementarios relacionados con el bien analizado
- Gustos y preferencia de los consumidores (G y P); Estos pueden ser de tipo cultural, histórico o psicológicos.
- Expectativas (E); Relacionado con el aumento o disminución de los ingresos de los compradores.

La **oferta** es quien determina la cantidad de un producto que los vendedores colocan en un mercado, dependiendo del precio del mismo artículo. Para entender este concepto es pertinente hacerse la pregunta ¿Qué cantidad están dispuestos a ofrecer los vendedores? La característica más importante que se encuentra por parte de los productores, es que siempre están dispuestos a ofrecer una mayor cantidad de un bien si éste se puede vender a un precio más alto.

En la figura 2 se indica cómo se comportan los vendedores según la variación del precio del bien.

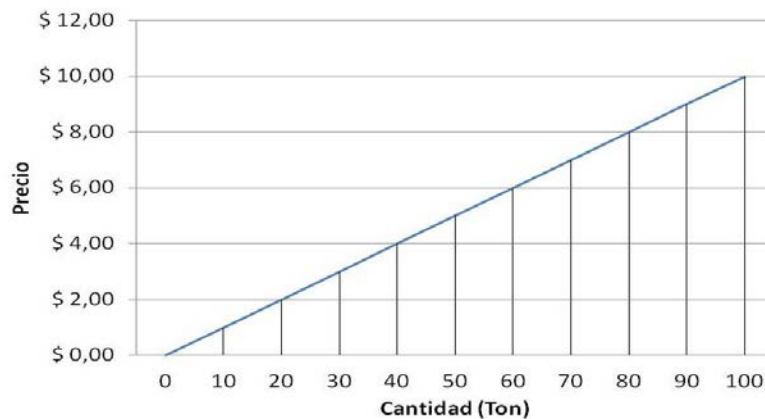


Figura 2. Curva típica de oferta de un producto.

De la figura 2 se observa que a un precio de \$6,00 los productores estarían dispuestos a ofertar una cantidad de 60 toneladas de dicho producto. La figura también señala que la cantidad ofrecida aumentará si aumenta el precio y disminuirá si el precio es bajo. Por tanto, se puede resumir lo anterior en lo que cita la ley de la oferta:

*“Hay una relación directa entre precio y cantidad ofertada” [3]*

Al igual que la demanda, la oferta se puede representar como una función de otros factores como:

- La cantidad ofertada se comporta directamente proporcional al precio (P).
- Precio de los componentes del producto (Pp); El precio de los componentes utilizados para la realización y posterior oferta del producto se relaciona directamente con la cantidad ofrecida de este.
- Tecnología utilizada (T); La utilización de tecnología de punta varía la cantidad del producto a ofrecer.
- La expectativa (E); Relacionado con el aumento o disminución de precio del producto, lo cual creará estrategia por parte de los productores.

Además de los conceptos mencionados anteriormente, también es importante resaltar el de ELASTICIDAD; que se entiende como la variación de la cantidad demandada con respecto al precio.

Un producto es elástico sí al cambiar su precio la cantidad demandada cambia respectivamente. Se considera un producto inelástico sí al subir o bajar el precio, la demanda se mantiene relativamente constante.

La demanda de usuarios regulados en una zona determinada se puede considerar como un producto inelástico, como se observa en la figura 3.

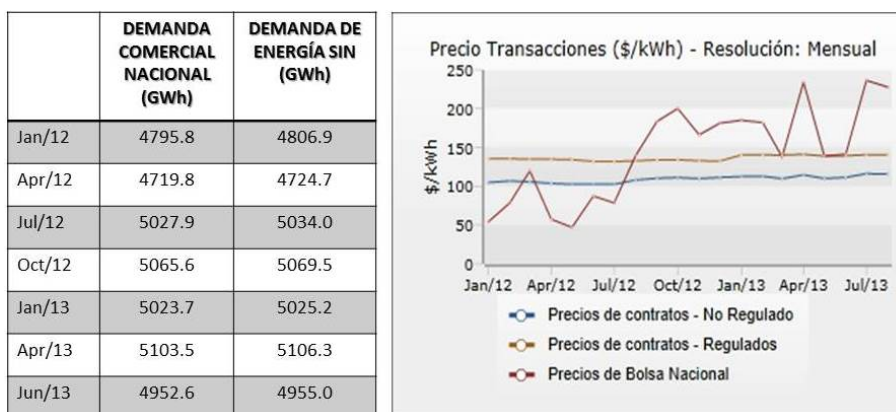


Figura 3. Evolución de la demanda de energía eléctrica y precios de transacción en Colombia [4].

En los mercados lo ideal es que exista “competencia perfecta”, escenario en donde se presentan gran cantidad de oferentes y demandantes de un producto. En este tipo de mercado no existen interferencias externas y no hay posición dominante de ningún comprador o vendedor.

En los escenarios en los que por diferentes motivos no es posible tener *competencia perfecta*, debe entrar a participar el estado para regularlos. La regulación tiene como finalidad crear espacios de mercado semejantes a una “*competencia perfecta*”.

En Colombia, en el caso de la energía eléctrica, como es un servicio público, el estado lo regula para evitar el poder de mercado y procurar que se preste de una forma eficiente.

### 1.3 EL MERCADO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Se pueden diferenciar los mercados eléctricos de otros, partiendo de las características especiales que tiene el producto de transado: el cual es la electricidad.

### 1.3.1 LA ELECTRICIDAD COMO PRODUCTO

La electricidad es uno de los recursos más utilizado en la sociedad. Es indiscutible su aporte en el crecimiento industrial, adelanto tecnológico, desarrollo social y contribución en la economía de todos los países, entre otros beneficios.

Por otra parte, la demanda de la energía eléctrica es alta y crece paulatinamente debido a las dinámicas propias del país, (Ver tabla 1).

Tabla 1. Histórico de la demanda nacional de energía eléctrica [5].

AÑO	DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA GWh
1999	41.503
2000	42.246
2001	43.215
2002	44.499
2003	45.768
2004	47.017
2005	48.829
2006	50.815
2007	52.851
2008	53.916
2009	54.679
2010	56.148
2011	57.160
2012	59.367

Una característica muy importante de la electricidad es que no pueda ser almacenada en grandes cantidades de una manera eficiente, convirtiendo este mercado en uno muy particular. Lo anterior obliga a que la generación, o energía eléctrica producida, y el consumo, incluyendo pérdidas en el proceso de

transmisión desde la generación hasta el consumidor, tengan un equilibrio entre ellas.

En consecuencia, para el buen manejo de la energía como un producto debe existir una coordinación “perfecta” entre la generación, la transmisión, la distribución y el consumo. (Ver figura 4). Por ello, en los mercados de energía eléctrica se cuenta con sistemas de medición y de comunicación eficientes que permiten que la energía se pueda negociar como cualquier otro producto.

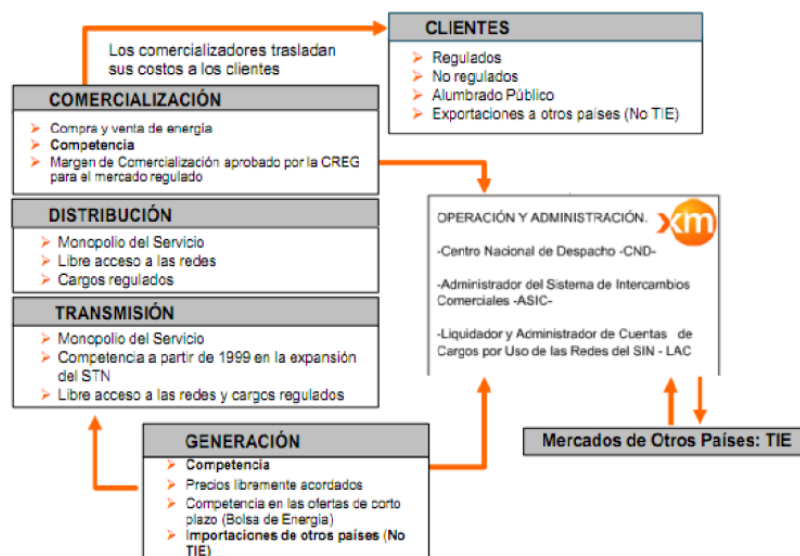


Figura 4. Coordinación del Sistema Eléctrico [4].

### 1.3.2 OTROS FACTORES DEL MERCADO ENERGÍA ELÉCTRICA

La **planeación** por parte de los productores o generadores de energía eléctrica, ha sido uno de los factores esenciales para el equilibrio del mercado ya que dependiendo de esta se lleva a cabo la explotación a largo o corto plazo de recursos para satisfacer la demanda de electricidad de los usuarios. Para ofertar la

cantidad necesaria por parte de los generadores, junto a la planificación se une un **sistema de control**, utilizado para garantizar que toda actividad dependiente de la electricidad siga desarrollándose en momentos repentinos de variación de la demanda.

La utilización óptima por parte del sistema de los recursos disponibles, es la forma de responder ante condiciones externas como las condiciones climatológicas, como nivel de pluviosidad, fenómenos climatológicos como los conocidos del Niño y la Niña, etc. Estos cambios en el clima influyen directamente en el precio final de la electricidad, debido a los efectos que tienen en los costos de producción.

### **1.3.3 TECNOLOGÍAS EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA**

El mercado eléctrico cuenta con diferentes tipos de tecnologías para la producción de la electricidad. Entre las más conocidas están las de tipo hidráulico, térmico y las renovables.

La tecnología de generación hidráulica está constituida por centrales hidroeléctricas, que se caracterizan por ser de agua fluyente o regulable. Esto quiere decir que las de agua fluyente no cuentan con la capacidad de regular el nivel o caudal de agua que llega a la central, lo que hace que toda el agua sea vertida o pasada por las turbinas. En cuanto a las centrales de tipo regulable, gracias a un embalse asociado a ellas les permite llevar una gestión temporal del agua almacenada y así poder atender la demanda de energía eléctrica de forma regular, dependiendo de la capacidad de la energía almacenada en dicho embalse.

Por otra parte, la segunda tecnología de generación más utilizada en el país para la generación eléctrica es la de tipo térmico. Tienen como principio de

funcionamiento la obtención de energía eléctrica mediante un proceso de transformación de la energía química de un combustible, donde la fuente primaria de esta energía proviene de combustibles de origen fósil: carbón, fuel oil, gas entre otros.

En la actualidad, debido a la contaminación ambiental y la disminución de los recursos naturales, las tecnologías de energías renovables como la solar, eólica y biomasa, despiertan el interés de implementarlas en mayor proporción. Tales tecnologías presentan como ventajas su bajo impacto ambiental, su autonomía, aporte industrial y económico en la zona donde se desarrollen. A pesar de estas ventajas, aún existe gran incertidumbre para la implementación a gran escala en el país, con aplicaciones marginales en zonas no interconectadas (figura 5).

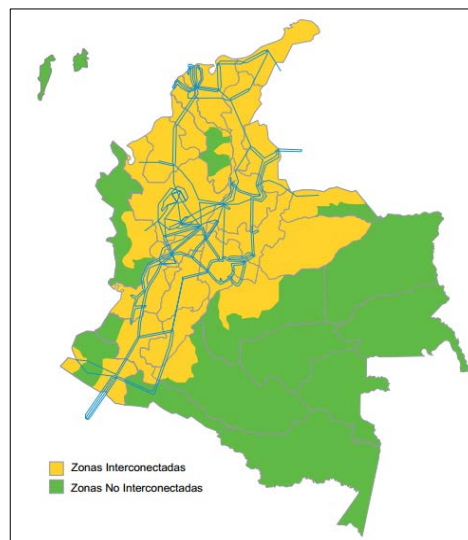


Figura 5. Mapa Colombiano de las zonas interconectadas y no interconectadas del SIN [6].

## **1.4 EI MERCADO DE ENERGÍA MAYORISTA**

En el año de 1995 entró en funcionamiento El Mercado de Energía Mayorista (MEM) en Colombia, constituido como un esquema basado en precios, libertad de oferta y de demanda. Su operación y administración recae en XM Compañía de Expertos en Mercados S.A E.S.P. que oficia como Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC) y Liquidador Administrador de Cuentas (LAC).

En el MEM se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- Mercado SPOT o Bolsa de Energía
- Compra y venta de energía a largo plazo entre agentes comercializadores y generadores.
- Prestación de servicios asociados de generación de energía, a la empresa encargada del STN, para asegurar calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de electricidad.

Los agentes del Mercado Mayorista de Energía son los generadores, los comercializadores y los comercializadores-distribuidores.

### **1.4.1 MERCADO A LARGO PLAZO**

En el escenario donde se celebran contratos de tipo compra-venta por parte de los agentes del mercado. Dentro de los parámetros de estos contratos se encuentran las especificaciones de procedimiento, cantidades y precios a asignar hora – hora durante la vigencia establecida.

Los contratos a largo plazo son pactados libremente entre las partes. Sí un comercializador necesita energía para atender a los usuarios regulados que

representa y desea adquirir energía en el mercado bilateral o de largo plazo, hace una licitación pública para que otros agentes oferten la cantidad que deseen a un determinado precio. El comercializador recibe las propuestas y realiza una subasta de sobre cerrado; es decir, se hace el descubrimiento de las propuestas públicamente y se le asigna el contrato al vendedor que ofertó a un menor precio [7]. Se debe permitir la oferta por suministros parciales; es decir, por una cantidad menor de energía de la que se encuentra en licitación.

En consecuencia, las empresas comercializadoras deben efectuar todas las compras de energía con destino a cubrir su demanda regulada mediante métodos que aseguren la libre competencia en la oferta. Deben dar la oportunidad de participación en igualdad de condiciones a los generadores, comercializadores y agentes que tengan nuevos proyectos de generación [8]. EL único criterio que se utiliza para seleccionar la oferta es el precio.

Como se establece en [7], la competencia que se presenta en la adjudicación de los contratos bilaterales es sólo para la energía con destino a los usuarios regulados. En cuanto a los usuarios no regulados, la energía se le contrata a quien desee el comercializador que representa al usuario.

En todo caso, los contratos bilaterales que se liquidan en la bolsa de energía se deben registrar ante el ASIC. En el registro debe ir la identidad de las partes contratantes, procedimiento para determinar la cantidad de energía hora a hora y el respectivo precio.

Los contratos a largo plazo en Colombia son los que se utilizan en mayor medida para transar la energía demandada, (Ver figura 6). Este aspecto es positivo ya que disminuye el riesgo de la volatilidad en el precio que implica el Mercado Spot, (Ver figura 7). Además, también indica que hay menos incentivos en los generadores para participar en el Mercado Spot.

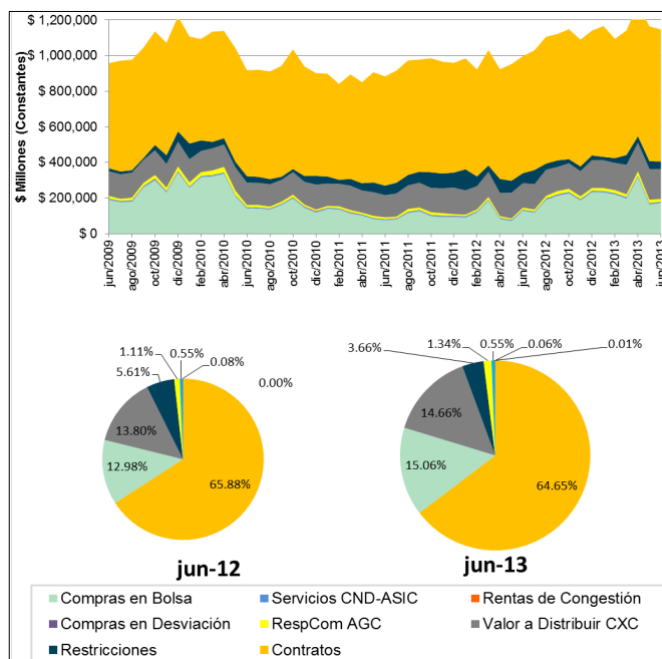


Figura 6. Evolución de las transacciones del mercado [9].



Figura 7. Volatilidad del precio de bolsa diario [9].

Los tipos de contratos a largo plazo que se utilizan en el Mercado de Energía Mayorista en Colombia Son:

**Pague lo Contratado:** *“El comercializador se compromete a pagar toda la energía contratada, independiente de que ésta sea consumida o no. Si el consumo es mayor que la energía contratada, la diferencia se paga al precio de bolsa. Si el consumo es menor que la energía contratada, este excedente se le paga al comercializador al precio de Bolsa”* [10]

**Pague lo contratado condicional:** *“Tipo de contrato, que en caso de ser despachado, tiene el tratamiento que se le da a un contrato tipo Pague lo contratado. Este contrato se despacha sí, con base en el precio, se requiere total o parcialmente para atender la demanda del comercializador”.* [10]

**Pague lo demandado:** *“El Agente comprador Solamente paga (a precio de contrato) su consumo, siempre y cuando éste sea inferior a la cantidad de energía contratada (Tope Máximo). Si el consumo es superior, la diferencia se liquida a precio de Bolsa.* [10]

#### **1.4.1.1 ASIGNACIÓN DE CONTRATOS A LARGO PLAZO**

La asignación de los contratos para un comercializador se realiza de la siguiente manera:

- Se toma como base la demanda comercial, que es el *“Valor de la demanda real del comercializador, afectada con las pérdidas en las redes de transmisión nacional, transmisión regional y distribución local”.* [11]

- Se ordenan los contratos así: primero se ordenan los contratos tipo pague lo contratado y pague lo contratado condicional por orden de precios en forma ascendente, luego se ubican los contratos tipo pague lo demandado también por orden de precios.
- Se determinan los contratos que son necesarios para cumplir con la demanda comercial, en el orden descrito.
- Se suman las cantidades de energía de los contratos para la hora correspondiente, si ésta es menor a la demanda comercial, se consideran asignados todos los contratos para el comercializador.
- Si al sumar los contratos no se cubre con la demanda comercial, el comercializador paga el déficit al precio de bolsa.
- Los contratos pague lo contratado siempre se consideran asignados. si la suma de éstos sobrepasa la demanda comercial, el excedente se le paga al comercializador al precio de bolsa.

La figura 8, muestra la manera en la cual se realizan las transacciones de energía en el mercado colombiano, donde se resalta la acción por parte de los comercializadores, de comprar la energía demandada a su propio agente generador. Otro aspecto a resaltar, es la función que cumple la bolsa de energía, a la cual acudirán aquellos agentes que no tengan un generador integrado o presenten insuficiencia de energía para cumplir su demanda.

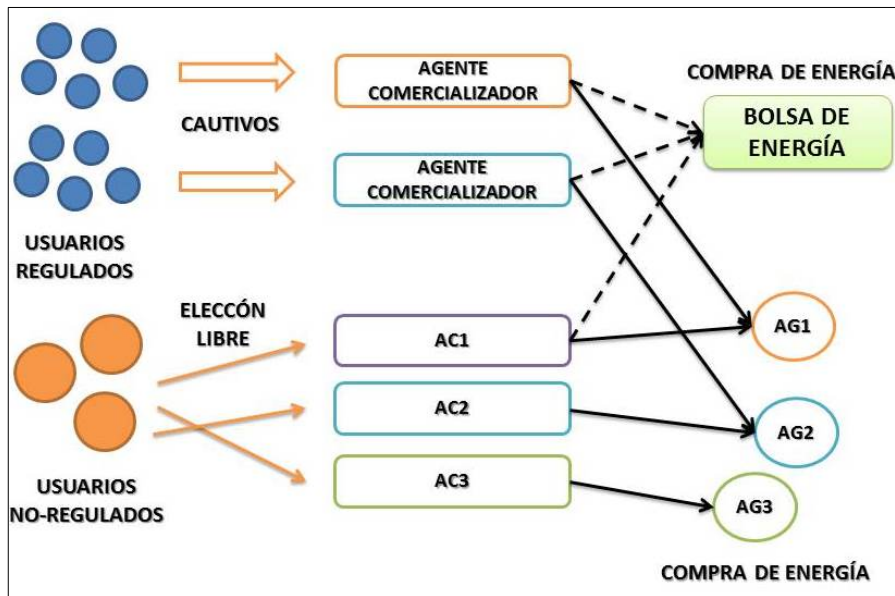


Figura 8. Esquema general de transacciones del mercado eléctrico [12].

Las diferencias en los dos tipos de curvas horarias (mercado regulado y no regulado) y las características de los contratos (no estandarizados) para cubrir la demanda regulada y no regulada no se pueden considerar las causas por las cuales existe gran diferencia en el precio de los contratos regulados y no regulados, como se observa en la figura 9.

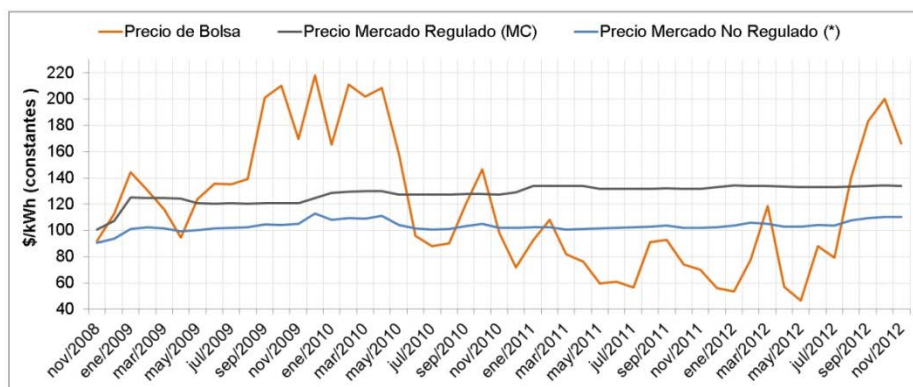


Figura 9. Diferencia entre los precios de bolsa, mercado regulado y no regulado [13].

Un problema adicional que se evidencia es la formación de precios y su poca semejanza a la de una competencia perfecta. Un ejemplo es el hecho en donde los comercializadores no encuentran mediante las convocatorias la oferta suficiente que les garantice que el precio sea correspondiente a los del mercado. Una de las causas más importantes en la variación del precio corresponde a la integración vertical de agentes participantes del mercado como en el caso de generadores y distribuidores, lo anterior contribuye a que el mercado de energía colombiano se muestre poco eficiente y competitivo.

En síntesis, la figura 10 muestra las principales fallas que se presentan en la contratación de energía eléctrica con destino a los usuarios regulados.



Figura 10. Fallas en el mercado de energía.

#### 1.4.2 BOLSA DE ENERGÍA O MERCADO SPOT

Es un sistema de información dirigido por el ASIC, en donde agentes del MEM efectúan transacciones de energía hora a hora, que permite llevar a cabo el equilibrio entre la oferta y la demanda.

Los procedimientos para realizar una transacción en la Bolsa son los siguientes:

#### **1.4.2.1 EQUILIBRIO DE ENERGÍA**

De acuerdo con el proceso de equilibrio, se lleva a cabo el cálculo del despacho ideal y de la demanda en determinada hora, para la asignación de los contratos de energía según se explicó previamente y luego calcular las diferencias de cada uno de los agentes participantes. Estas diferencias entre el despacho ideal y los contratos a largo plazo, quedan como contratos en la bolsa de energía.

Por otra parte, el **Despacho Ideal** [11] *“Es la programación de generación que se realiza a posteriori por el Sistema de Intercambios Comerciales (SIC), la cual atiende la demanda real con la disponibilidad real de las plantas de generación. Este despacho se realiza considerando la oferta de precios por orden de méritos de menor a mayor, sin considerar las diferentes restricciones que existen en el sistema, excepto por las condiciones de inflexibilidad de las plantas generadoras”.*

#### **1.4.2.2 PRECIO DE BOLSA**

El Precio de Bolsa se obtiene mediante subasta en el mercado spot. Para esto, los agentes vendedores llevan a cabo ofertas de precios con una frecuencia horaria y con un día de anticipación, teniendo en cuenta su propia disponibilidad de energía. Estas ofertas se realizan en un bloque único diariamente, atendiendo el siguiente procedimiento;

- El agente generador realiza una oferta de disponibilidad y precio.

- Con base en estas ofertas se lleva a cabo un despacho *ideal* o económico de la energía, por parte del operador del mercado.
- Se determinan los recursos disponibles que presentan el menor precio ofertado, teniendo en cuenta que cubran la totalidad de la demanda presentada. De lo anterior se obtiene como resultado el Precio de Bolsa denominado TX1.
- El Precio de Bolsa TX1 es el precio ofertado por la planta de generación despachada en la hora respectiva con máximo precio de oferta, a este precio también se le denomina precio marginal.

#### **1.4.2.3 FORMACIÓN DEL PRECIO DE BOLSA**

La información disponible en el momento de la asignación del Precio de Bolsa es fundamental para determinar sus etapas o ajustes del mismo. [14]

- La primera etapa corresponde a la formación del Precio de Bolsa descrito anteriormente.
- Las siguientes etapas del Precio de Bolsa se realizan teniendo en cuenta las condiciones técnicas, restricciones de las redes y disponibilidad del sistema de transmisión, entre otros.
- La versión final del Precio de Bolsa se conoce como TXF, y es con este valor que se llevan a cabo todas las liquidaciones de cuentas en el mercado.

#### 1.4.2.4 COMPONENTES DE LA FORMACIÓN DEL PRECIO EN LA BOLSA

De acuerdo con el informe: “Caracterización del Mercado Eléctrico Colombiano” [15] por parte de DERIVEX, los componentes que influyen en la formación del precio de la bolsa se muestran en la figura 11. Los cuales deben reflejar “los costos de generación y el efecto de la incertidumbre y la percepción del riesgo”.

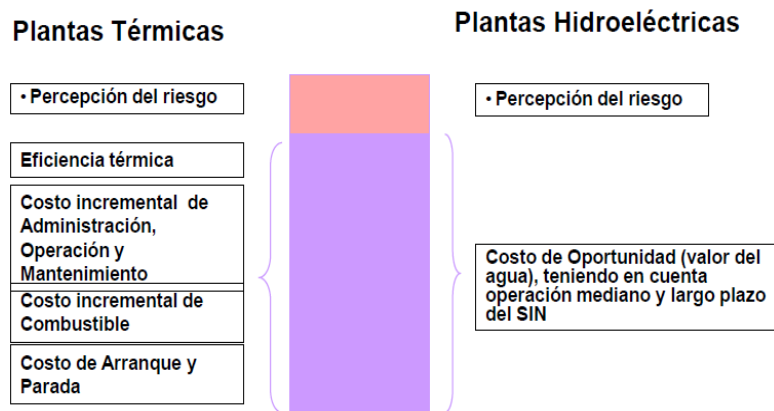


Figura 11. Componentes del precio de oferta para la bolsa [15].

#### 1.4.3 LIQUIDACIÓN EN EL MERCADO ENERGÍA MAYORISTA

La liquidación se realiza teniendo en cuenta la cantidad transada en la Bolsa, a partir de las diferencias entre las cantidades negociadas y aquellas generadas o demandadas.

Los comercializadores registran ante el ASIC los contratos de largo plazo que han suscrito anteriormente con otros agentes. Tomando el caso de un comercializador determinado, el ASIC analiza la demanda en una hora cualquiera, observa la cantidad de energía adquirida por el agente para ese periodo de tiempo y si encuentra diferencias, las liquida a precio de bolsa. Es decir, los agentes quedan con contratos en la bolsa de energía de acuerdo con los excedentes o déficits. Sí

la energía comprada mediante contratos bilaterales es menor que la demanda, esta diferencia se paga a precio de bolsa; si por el contrario, la energía adquirida mediante contratos bilaterales es mayor que la demanda comercial del agente, esta diferencia se le paga al agente al precio de bolsa.

La liquidación de los contratos a largo plazo se lleva a cabo por los agentes. Para ello, el ASIC les envía la relación de la energía asociada en cada hora y en cada contrato. Además, como los contratos bilaterales son pactados entre los agentes, la facturación, forma de pago y cobro son acordados entre las partes y no hay participación del ASIC.

#### **1.4.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS GARANTÍAS EN EL MERCADO DE ENERGÍA MAYORISTA**

El ASIC no es responsable del cumplimiento de los contratos de largo plazo. Las garantías de cumplimiento se dan entre las partes que acuerdan el contrato. Es decir, entre el vendedor y el comprador. En consecuencia el ASIC sólo pide garantías para las transacciones que se realizan en la bolsa. Así, si se presenta incumplimiento en un contrato de largo plazo, las garantías no son exigibles por parte del administrador, sino que es el agente directamente afectado quien debe hacerlas efectivas. [16]

Los tipos, aplicaciones y características de las garantías de cubrimiento de transacciones en el MEM están dispuestos en [16]. Existen garantías de cumplimiento de vendedor y de cumplimiento de comprador. En el caso de los contratos de largo plazo las que más se presentan son las de cumplimiento de comprador; la de cumplimiento de vendedor es poco solicitada por los comercializadores.

En cuanto a la de cumplimiento de comprador, los tipos de garantías más usadas son las garantías bancarias, los pagos anticipados o prepagos de energía y los pagarés en blanco.

Para cubrir las transacciones realizadas en la bolsa de energía, los cargos del Centro Nacional de Despacho (CND) y el ASIC; los agentes deben usar uno de los siguientes mecanismos de cubrimiento:

- Otorgar garantías.
- Pagos anticipados.
- Cesión de créditos existentes.

#### **1.4.5 TRASLADO DE COSTOS POR GENERACIÓN AL USUARIO REGULADO FINAL**

En la formula tarifaria definida en la resolución CREG 119 de 2007, el costo por generación que se le traslada al usuario final está dado por el componente G. Este componente está constituido por los precios de Bolsa y por los de los contratos bilaterales.

### **1.5 BIBLIOGRAFIA**

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA. Mercados de Energía. Material de clase. 2012.

LAS FUERZAS DEL MERCADO: LA OFERTA Y LA DEMANDA. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Economía, Fundamentos de Economía. Material de clase, 2009.

DERIVEX. Caracterización del Mercado Eléctrico Colombiano. [En línea]. Disponible en <http://www.derivex.com.co/Capacitaciones/Memorias%20de%20Capacitaciones/Caracterizaci%C3%B3n%20del%20Mercado%20El%C3%A9ctrico%20Colombiano.pdf>.

## 2 CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO ORGANIZADO REGULADO

Haciendo uso de las facultades dadas por las leyes 142 y 143 de la constitución política de Colombia y bajo la responsabilidad de asegurar la eficiencia en la formación de precios que se trasladan al usuario final, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), realizó los estudios necesarios desde el año 2006, para la implementación de un nuevo esquema de contratación de energía con destino a los usuarios regulados, denominado **MERCADO ORGANIZADO REGULADO (MOR)**, el cual sustituirá el esquema de contratación a largo plazo.

### 2.1 CONTEXTUALIZACIÓN AL MERCADO ORGANIZADO REGULADO

Ante las fallas detectadas por la CREG en la situación actual del mercado, y haciendo uso de sus facultades, desarrolló una propuesta de un mercado organizado y centralizado para sustituir los contratos a largo plazo de energía.

El diseño de la propuesta por parte de la CREG tuvo como base lo siguiente antecedente:

El Documento CREG 065 de 2006 *“Definición de la componente de generación de la fórmula tarifaria de energía eléctrica”* mostró la deficiencia en la formación de precios que se presenta en las convocatorias públicas que realizan los comercializadores para adquirir la energía con destino a la demanda regulada.

Ante ésta situación, el agente regulador dio inicio al diseño de un mecanismo que tuviese como finalidad la eficiencia de los precios, la disminución de la exposición a la bolsa y suficiencia financiera al comercializador que atiende el mercado.

## **2.2 SUBASTA COMO EL MECANISMO PARA LA ADJUDICACIÓN DE ENERGÍA**

La circular 044 de 2007 [17] contiene la propuesta de la subasta diseñada por el profesor Peter Cramton, experto internacional en diseño de subastas, quien fue contratado por la CREG debido a lo expuesto en [18]. En la propuesta se presentan los siguientes aspectos:

- Subasta de reloj descendente con precio uniforme.
- Producto único.
- Tipo de contrato, pague lo demandado con tope.
- Participación obligatoria para los comercializadores con demanda regulada.
- Participación voluntaria para los vendedores.

Estas características, fueron presentadas por parte de la CREG a los agentes del mercado, para la realización de comentarios, que posteriormente llevaron a su modificación según el criterio de la CREG y socializar una propuesta definitiva en la resolución CREG 090 de 2011.

## **2.3 FORMULA TARIFARIA PARA LOS USUARIOS REGULADOS**

La resolución CREG 119 de 2007 estableció la formula tarifaria para los usuarios regulados en la cual los costos de compra de energía fueron incluidos en la componente de generación.

## **2.4 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES Y OBJETIVO DEL MERCADO ORGANIZADO REGULADO**

Para la implementación y desarrollo del esquema MOR, la CREG se basó en los siguientes principios como fundamento:

- Eficiencia Económica
- Suficiencia Financiera
- Estabilidad
- Neutralidad
- Transparencia
- Simplicidad
- Exigibilidad
- Consistencia

El principal objetivo de la propuesta MOR es que el precio con el que se transan los contratos sea similar al que se obtendría en un mercado competitivo. Con esto se espera que el precio a trasladar a los usuarios regulados sea eficiente y evitar la afectación por el poder del mercado. De acuerdo con la CREG, la propuesta del MOR tiene los siguientes objetivos específicos:

- Lograr eficiencia en la formación de precios y reducir los costos de transacciones.
- Precios de un mercado competitivo para trasladar a los usuarios finales.
- Mayor cobertura frente a la volatilidad de los precios de la Bolsa.
- Promover condiciones iguales para los agentes que participan, mediante riesgos iguales.
- Eliminar las diferencias o asimetrías de precio final en los mercados regulado y no regulado.
- Evitar situaciones en las que resulten prácticas desleales de competencia y que las empresas integradas verticalmente obtengan ventajas en la compra de energía.

Cabe resaltar, que no se encuentra claramente la metodología a utilizar por parte de la CREG que garantice el cumplimiento de dichos principios y objetivos.

## 2.5 PROPIEDADES GENERALES DEL MERCADO ORGANIZADO REGULADO COMO PARTE DEL MERCADO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El MOR tendrá las siguientes características en el mercado:

- La participación será de forma anónima y centralizada (figura 12)
- Transacciones realizadas a través del MEM
- El ASIC es encargado de liquidar y recaudar
- El regulador fijará las obligaciones y derechos para los agentes que participan en el MOR

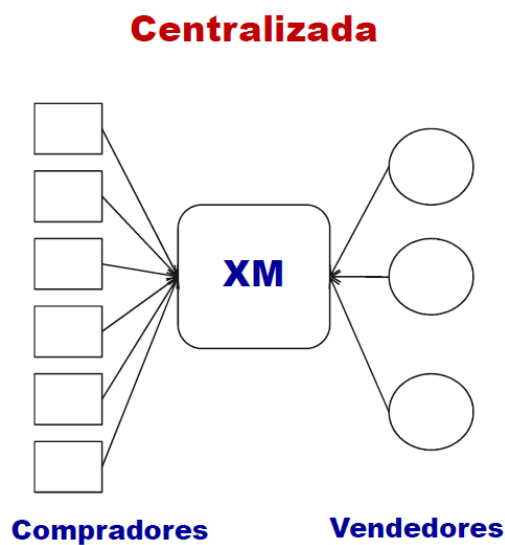


Figura 12. Característica general del esquema MOR [12].

## 2.6 PRODUCTO

Para reducir los costos de transacción y que de esta manera se facilite la dinámica del mercado y por consiguiente aumentar la cantidad de oferta y demanda, se quiere optar por la implementación de un **producto estandarizado y único**.

Aunque desde el punto de vista de eficiencia un **producto único** puede ser contraproducente, debido a que no se ajustaría a las necesidades específicas por parte de los compradores y vendedores, la CREG optó por desarrollar el MOR contando con un producto único.

Para disminuir la cantidad de las transacciones, el tamaño de los productos es lo suficientemente alto, pero al mismo tiempo lo necesariamente bajo para atraer tanto a vendedores y compradores, que negocian con cantidades bajas de energía. Este tamaño de producto se acordó en **1MWh-día** (Figura 13).

El producto único tendrá un tamaño de 1000 kWh para los días laborales, de 950 kWh para los días sábados y de 860 kWh para los días domingos o festivos.

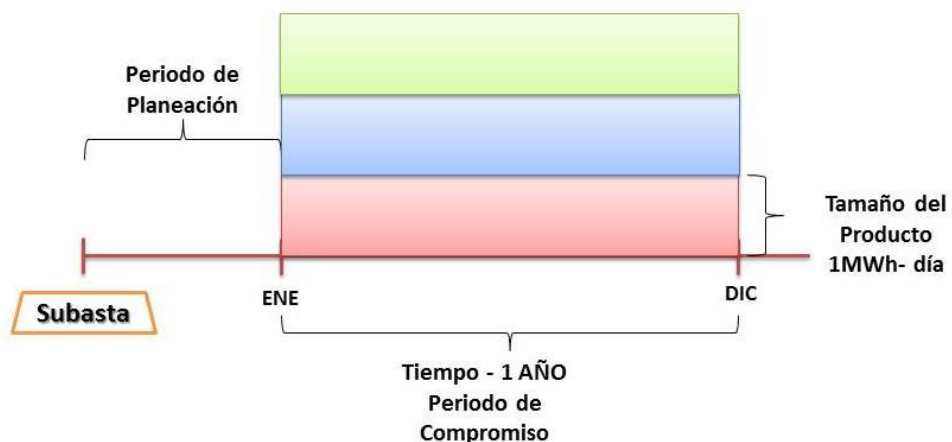


Figura 13. Tamaño del producto [12].

## 2.7 TIPO DE CONTRATO A IMPLEMENTAR

La CREG estableció que el tipo de contrato en la negociación del producto sea de la forma ***pague lo contratado***. Con este tipo de contrato, independientemente de la energía efectiva utilizada, el comprador deberá cancelar la totalidad de lo establecido en el contrato. Una alternativa diferente a la anterior sería la de optar por contratos tipo ***pague lo demandado***, que reduciría el nivel de exposición a riesgos por parte de los compradores, pero trasladaría los riesgos a los vendedores. Entonces, la CREG prefirió incentivar la oferta.

Estudios y análisis de simulaciones realizadas por la CREG concluyeron que mediante la modalidad de pague lo contratado se incrementaría la concentración de vendedores, la administración del mercado se facilitaría y el riesgo que asumen los compradores es menor, aun teniendo en cuenta los peores escenarios.

Para estos contratos se tendrá en cuenta la distribución horaria del SIN para las cargas diariamente (figura 14) y en cada hora del periodo de compromiso corresponderá una **Unidad Horaria de Energía** la cual es igual a la cantidad de energía.

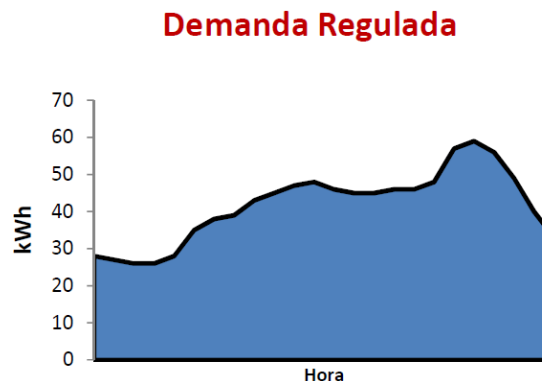


Figura 14. Característica de la Demanda Regulada [12]

La **Unidad Horaria de Energía** se calculará para cada hora mediante la Tabla 2, que cuenta con los valores específicos.

Con la siguiente fórmula se calculará la **Energía Total** del producto con destino a la demanda regulada

$$ET = (D_{LAB} + D_{SAB} * 0,95 + D_{FES} * 0.86) * 1000[kWh] \quad (1)$$

Dónde:

ET: Energía Total.

D<sub>LAB</sub>: Número de días Laborales.

D<sub>SAB</sub>: Número de días sábados (No incluye los que sean festivos).

D<sub>FES</sub>: Número de días domingos y festivos (incluye los sábados que lo sea).

En la Tabla 2, se registran los tipos de días que tendrá el año 2014.

Tabla 2. Tipos de días en el año 2014.

AÑO 2014	
Días Laborales (D <sub>LAB</sub> )	245
Días Domingos y Festivos (D <sub>FEST</sub> )	68
Días Sábados (D <sub>SAB</sub> )	52

Entonces, la **Energía Total** del producto se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$ET = (245 + 52 * 0,95 + 68 * 0.86) * 1000[kWh]$$

$$ET = 352,88 * 1000[kWh]$$

$$ET = 352,88[MWh]$$

Tabla 3. Valores para el cálculo de la Unidad Horaria de Energía [19].

INTERVALO DE TIEMPO	CLASE DE DÍA		
	LABORAL (kWh)	SÁBADO (kWh)	DOMINGOS Y FESTIVOS (kWh)
0:00-0:59	28	30	31
1:00-1:59	27	28	28
2:00-2:59	26	27	27
3:00-3:59	26	27	26
4:00-4:59	28	28	27
5:00-5:59	35	30	27
6:00-6:59	38	33	28
7:00-7:59	39	36	31
8:00-8:59	43	40	34
9:00-9:59	45	43	36
10:00-10:59	47	45	37
11:00-11:59	48	46	39
12:00-12:59	46	45	39
13:00-13:59	45	43	38
14:00-14:59	45	41	36
15:00-15:59	46	40	35
16:00-16:59	46	40	35
17:00-17:59	48	43	38
18:00-18:59	57	52	49
19:00-19:59	59	56	53
20:00-20:59	56	53	51
21:00-21:59	49	48	45
22:00-22:59	40	41	38
23:00-23:59	33	35	32
TOTAL	1000	950	860

## 2.8 CARACTERÍSTICA DEL TIEMPO Y TAMAÑO DEL CONTRATO PARA LA DEMANDA NO- REGULADA

Al igual que para la demanda regulada el tiempo de compromiso es de 1 año con destino a la demanda No-regulada, y se asignará una cantidad de 40 [kWh] por cada hora del periodo de compromiso (Figura 15).

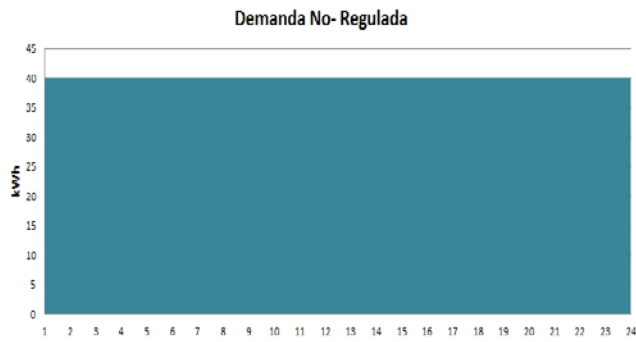


Figura 15. Característica de la Demanda No-Regulada.

## 2.9 DEMANDA A SATISFACER EN LA SUBASTA

Mediante proyecciones realizadas por la UPME, le darán base a la CREG para estimar la demanda para el mercado regulado. A esta demanda regulada se le agrega la de los usuarios no regulados que decidan participar. La suma de estas demandas forma la demanda total, con la que se desarrollaría cada una de las subastas (Figura 16).



Figura 16. Componentes de la demanda total para la subasta.

La ***Demanda Objetivo*** hace referencia a la máxima cantidad de energía que se puede adjudicar en la subasta con destino al mercado regulado. Esta cantidad será calculada mediante una proyección de demanda, por parte del agente regulador, para cada subasta.

## **2.10 MÉTODO PARA LA PROYECCIÓN DE DEMANDA**

La proyección de demanda de energía eléctrica para el mercado regulado se basa en las siguientes condiciones:

- **Proyección:** La demanda anual de los usuarios regulados se reportará en MWh con un alcance de cinco (5) años. Esto sería desde el año  $t$  en el que se presenta la demanda, hasta el año  $t+4$ .  
Si se llega a presentar insuficiencia en los datos por parte del comercializador, se considerará como no presentada dicha proyección. Para este caso y para los agentes que no presenten la respectiva proyección, se le hará el incremento anual de la demanda regulada al informe histórico del último año calendario.
- **Periodicidad:** Los agentes comercializadores deberán hacer el respectivo reporte de las proyecciones al ASIC en la tercera (3) semana de los meses de febrero, junio y octubre.

### **2.10.1 VERIFICACIÓN DE LA PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGIA**

La proyección de la demanda que presenta cada agente se verifica a partir de las estimaciones de la UPME y del crecimiento histórico, para establecer el túnel de verificación, (Ver figura 17).

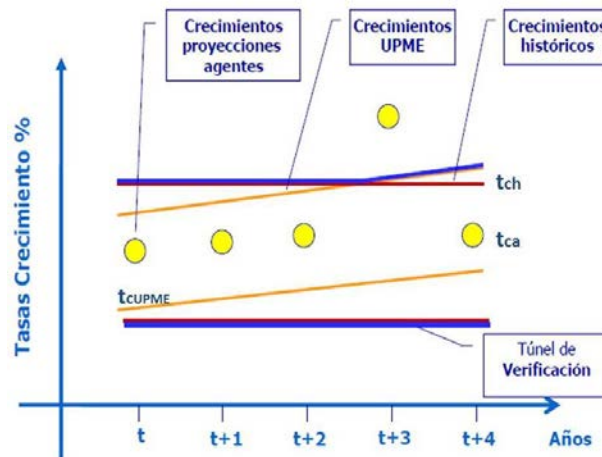


Figura 17. Verificación de la Proyección de la demanda [20].

Donde:

- $t_{Ch, \max}$  o  $\min$  Tasa de crecimiento histórica máx o mín.
- $t_{CUPME}$  Tasa de crecimiento UPME alto o bajo.
- $t_{ca}$  Tasa de crecimiento proyección de los agentes.

Se realizará una comparación entre las tasas de crecimiento para la respectiva verificación de la proyección de demanda, en la forma que lo indica la tabla 3.

Tabla 4. Verificación de la proyección de demanda.

Condición	Valor a tomar
$t_{ca} > \max(t_{cupme,alto}, t_{ch,max})$	$\max(t_{cupme,alto}, t_{ch,max})$
$t_{ca} < \min(t_{cupme,bajo}, t_{ch,min})$	$\min(t_{ch,max})$

## 2.11 ESQUEMA DE GARANTÍAS Y SUS CARACTERÍSTICAS

Para el funcionamiento del MOR se contará con un conjunto de garantías de participación [16], similares a las exigidas en el MEM. Las garantías deberán cumplir los siguientes principios dispuestos por la CREG. (Ver figura 18).



Figura 18. Principios sobre las garantías [19].

### 2.11.1 TIPOS DE GARANTÍAS A EXIGIR POR PARTE DE LOS PARTICIPANTES DEL MERCADO ORGANIZADOR REGULADO

Para respaldar todas las obligaciones adquiridas en el MOR se exigirán, en el caso correspondiente, las siguientes garantías dispuestas por el regulador.

- **GARANTÍA DE CUMPLIMIENTO DE VENDEDOR**

Se deberá establecer esta garantía cuando los agentes generadores o comercializadores hayan adquirido obligaciones del vendedor -OVEN- en el

esquema MOR y presenten obligaciones o compromisos de venta (Figura 19 Compromiso de Ventas) por encima del límite de compromiso de generación (Figura 20).

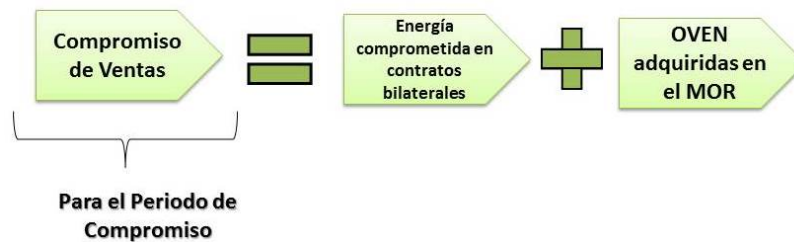


Figura 19. Compromiso de Ventas.



Figura 20. Límite de Compromiso de Generación.

En la fecha definida por la Resolución de Convocatoria de la Subasta se deberá presentar ante el ASIC la garantía por parte de los agentes comercializadores y generadores. Ésta deberá tener una **vigencia** desde la fecha de presentación, hasta cumplir un mes el cumplimiento de las OVEN.

Las garantías se harán efectivas por los siguientes motivos:

- El no conformar el conjunto de garantías dispuestas en la **resolución CREG 019 2006**
- La no actualización de las garantías para mantener la vigencia requerida por el respectivo reglamento, por parte de los agentes generadores o comercializadores.

- El cese de la actividad económica o la declaración de quiebra por parte de los agentes generadores o comercializadores.

- **GARANTÍA DE CUMPLIMIENTO DE COMPRADOR**

Se deberá establecer esta garantía por parte de los comercializadores que adquieran obligaciones de comprador (OCOM) en la subasta del esquema MOR con destino a usuarios No-regulados.

Las fechas límite para la presentación de la garantía ante el ASIC son las mismas que el de la presentación de garantías de las OVEN y su vigencia igualmente deberá permanecer un mes después de la fecha prevista de finalización de las OCOM.

Las acciones que al presentarse podrían hacer efectivas las garantías de las OCOM son:

- El no conformar el conjunto de garantías dispuestas en la **resolución CREG 019 2006**
- La no actualización de las garantías para mantener la vigencia requerida por el respectivo reglamento, por parte de los agentes generadores o comercializadores.
- El cese de la actividad económica o la declaración de quiebra por parte de los agentes generadores o comercializadores.

- **MECANISMO DE CUBRIMIENTO PARA LAS TRANSACCIONES EN EL MERCADO DE ENERGÍA MAYORISTA**

Se contará con un conjunto de garantías y condiciones similares a las exigidas en el MEM mediante la resolución **CREG 019 2006** que deberán cumplir los agentes generadores y comercializadores que hayan adquirido OVEN y OCOM para suplir la demanda regulado o No-regulada.

- **GARANTÍA DE PARTICIPACIÓN EN LA SUBASTA**

Deberán presentar una garantía que respalde la garantía de ***cumplimiento de vendedor*** aquellos generadores y comercializadores que presenten una oferta de venta de energía por encima al Límite de Compromiso de Generación y quieran participar en la subasta MOR, para llevar acabo ventas de energía al mercado regulado y/o No-regulado.

Igualmente los comercializadores que quieran por medio del MOR adquirir energía con destino a la demanda No-regulada, deberán presentar una garantía que respalde la presentación de la garantía de ***cumplimiento de comprador*** bajo los lineamientos del ente regulador.

### **2.11.2 RECURSOS PERMITIDOS PARA GARANTÍAS**

Con el fin de garantizar las obligaciones o compromisos adquiridos en el reglamento dispuesto para el esquema del MOR, los agentes del Mercado de Energía y las personas jurídicas que buscan participar podrán hacer uso de los siguientes recursos:

- Garantía Bancaria
- Aval Bancario
- Carta de crédito Stand By

### **2.11.3 ACCIONES PARA EFECTO DE LAS GARANTÍAS**

- El incumplimiento de las fechas límites y condiciones establecidas del regulador, por parte de los agentes generadores o comercializadores que hayan adquirido OVEN y/o OCOM en el MOR, para la presentación de las respectivas garantías.
- La no acreditación de ajuste de las garantías ante el ASIC, como lo establece el respectivo reglamento, por parte de los agentes generador o comercializador.
- El cese de la actividad económica o la declaración de quiebra por parte de los agentes generadores o comercializadores.

## **2.12 METODOLOGÍA PARA LA LIQUIDACIÓN EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO**

### **2.12.1 PROCESO DE LIQUIDACIÓN PARA VENDEDORES QUE PARTICIPAN EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO**

Para los productos transados en el esquema MOR, se optó por liquidar las obligaciones mediante la forma de **balance de energía**, que incentiva la participación de los agentes vendedores en el nuevo esquema.

Este tipo de liquidación se caracteriza porque la energía comprada por los comercializadores en el MOR se descontará de la energía a pagar en la bolsa. A manera de ejemplo [20] se presenta la siguiente situación (Ver figura 21):

### CONDICIONES PARA EL PROCESO DE LIQUIDACIÓN

- C1 y C2 son comercializadores que atienden la demanda regulada.
- C3 es un comercializador que atiende la demanda No-regulada.
- G1 vendió 9 [kWh] a un precio de 100 [\$/kWh] al MOR.

### Flujo de energía

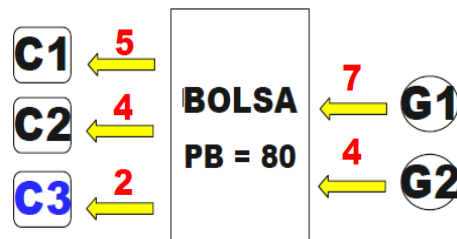


Figura 21. Ejemplo para liquidar [20].

### PROCESO DE BALANCE DE ENERGÍA ENTRE LA BOLSA Y EL MOR

- C1 paga a la bolsa  $(5-5) \text{ kWh} \times 80 \text{ \$/kWh} = \$0$
- C2 paga a la bolsa  $(4-4) \text{ kWh} \times 80 \text{ \$/kWh} = \$0$
- C3 paga a la bolsa  $2 \text{ kWh} \times 80 \text{ \$/kWh} = \$160$
- G1 debe recibir de la bolsa  $(7-9) \text{ kWh} \times 80 \text{ \$/kWh} = \$-160$

## RESULTADOS DEL BALANCE DE ENERGIA PARA COMPRADORES Y VENDEDORES

- G2 debe recibir de la bolsa 4 kWh x 80 \$/kWh = \$320
- C1 debe pagar al MOR 5 kWh x 100 \$/kWh = \$500
- C2 debe pagar al MOR 4 kWh x 100 \$/kWh = \$400
- G1 debe recibir del MOR 9 kWh x 100 \$/kWh = \$900

EL proceso de liquidación de los productos en el MOR se muestra en la figura 22.

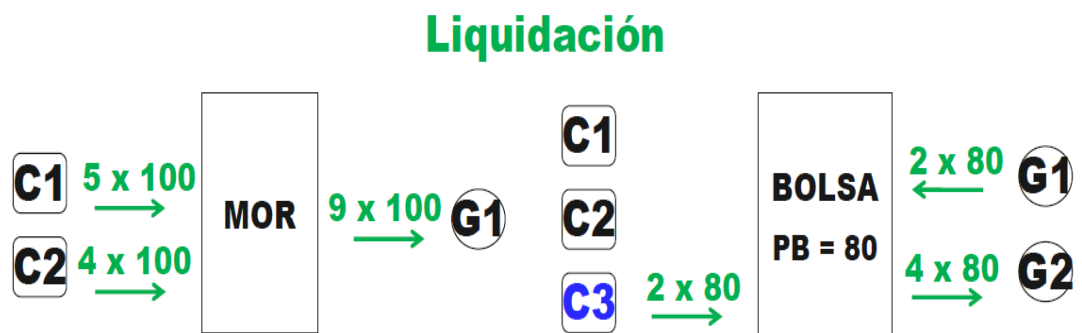


Figura 22. Proceso de liquidación de los productos en el MOR [20].

### 2.12.1.1 ENERGÍA VENDIDA EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO

La cantidad de energía vendida en el MOR por un agente, para la demanda regulada, será calculada de la siguiente manera:

$$EV_{v,t} = \sum_{i=1}^{NO_{v,t}} NU_{i,t} \times UHE_t \quad (2)$$

Donde:

$NO_{v,t}$  : Número de OVEN del agente vendedor  $v$  con Unidades Horarias de Energía para la hora  $t$ .

$NU_{i,t}$  : Número de Unidades Horarias de Energía de la OVEN  $i$  para la hora  $t$ .

$UHE_t$  : Valor de la Unidad Horaria de Energía definido en la tabla 2.

$t$  : Hora del día del mes del periodo de compromiso.

Una OVEN es la obligación adquirida por un vendedor como resultado de la subasta. El número de obligaciones dependerá de la cantidad de subastas en las que el agente vendedor participe y venda, para un periodo de compromiso

Un agente vendedor que tiene  $n$  cantidad de productos tendrá  $n$  número de Unidades Horarias para la hora  $t$ .

### **2.12.2 ENERGÍA COMPRADA EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO PARA ATENDER DEMANDA REGULADA**

Para calcular la energía comprada en el MOR es necesario determinar la energía remanente.

$$ER_{c,t} = \max(0, DR_{c,t} - EC_{c,t}) \quad (3)$$

Donde:

$ER_{c,t}$  : Energía remanente para compra en el MOR con destino a la demanda regulada del agente  $c$  en la hora  $t$  [kWh].

$DR_{c,t}$  : Demanda comercial regulada del agente  $c$  en la hora  $t$  [kWh].

$EC_{c,t}$  : Energía comprada en contratos bilaterales con destino a la demanda regulada del agente  $c$  en la hora  $t$  [kWh].

### 2.12.2.1 CANTIDAD DE ENERGÍA COMPRADA EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO CON DEMANDA REGULADA

$$ECM_{c,t} = Entero \left\{ \left( \sum_{v=1}^{NV_t} EV_{v,t} \right) \times \frac{ER_{c,t}}{\sum_{j=1}^{NC_t} ER_{j,t}} \right\} \quad (4)$$

Donde:

$NV_t$  : Número de agentes vendedores en el MOR para atender demanda regulada.

$EV_{v,t}$  : Energía vendida en el MOR para la demanda regulada por el agente  $v$  en la hora  $t$  [kWh].

$ER_{c,t}$  : Energía Remanente para compra en el MOR con destino a la demanda regulada del agente  $c$  en la hora  $t$  [kWh].

$NC_t$  : Número de agentes comercializadores con demanda regulada en la hora  $t$ .

### 2.13 CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO SECUNDARIO COMO PARTE DEL ESQUEMA DE MERCADO ORGANIZADO REGULADO

El mercado secundario es el escenario dispuesto para llevar a cabo negociaciones entre agentes que hayan adquirido obligaciones de vendedor en las subasta MOR. En este mercado, los agentes generadores o vendedores tienen la posibilidad de negociar las obligaciones (OVEN) adquiridas en la subasta. Esta negociación puede ser de manera completa o parcial, mediante un mecanismo de cesión en el cual al cesionario se le adjudicaran las OVEN bajo las condiciones y

parámetros establecidos inicialmente. Por consiguiente el agente generador o vendedor quedará libre de toda obligación

### 2.13.1 PARÁMETROS DEL REGISTRO DE CESIÓN PARA LA DEMANDA REGULADA

Para la validación del proceso de cesión de OVEN en el MEM se tendrá que hacer su registro ante el ASIC, con la siguiente información mínima prevista en su formato:

- Identificación de los agentes comprometidos; en este caso, el cedente y el cesionario.
- La información requerida en la Tabla 5.

Tabla 5. Formato de información requerido por el ASIC.

Información de las Obligaciones			Información de la transacción		
Mes	Fecha de la subasta de asignación dd mm año	Precio de la obligación cedida (\$/kWh)	Cantidad cedida (Unidades Horarias de Energía)	Precio de cesión (\$/kWh)	Fecha de pago de la cesión dd mm año

Donde:

**Mes** Mes de la obligación que se cede.

**Cantidad Cedida** Unidades Horarias de Energía cedidas de las Obligaciones de Vendedor.

**Precio por Cesión** Precio por kWh. Si el cedente debe pagar al cesionario será positivo y negativo en el caso contrario. Este precio incluye todos los pagos por concepto de cesión.

### 2.13.2 PARÁMETROS DEL REGISTRO DE CESIÓN PARA LA DEMANDA NO-REGULADA

Para la validación del proceso de cesión de OVEN en el MEM se tendrá que hacer su registro ante el ASIC, con la siguiente información mínima prevista en su formato:

- Identificación de los agentes comprometidos; en este caso, el cedente y el cesionario.
- La información requerida en la Tabla 6.

Tabla 6. Formato de información requerido por el ASIC.

Información de las Obligaciones					Información de la transacción		
Mes	Contraparte de la obligación cedida	Fecha de la subasta MOR para la demanda No-regulada dd mm año	Precio de la obligación cedida (\$/kWh)	Clase (OVEN u OCOM)	Cantidad cedida (MWh-día)	Precio de cesión (\$/kWh)	Fecha de pago de la cesión dd mm año

Donde:

**Mes** Mes de la obligación que se cede.

**Cantidad Cedida** Unidades Horarias de Energía cedidas de las Obligaciones de Vendedor.

**Precio por Cesión** Precio por kWh, si el cedente debe pagar al cesionario será positivo y negativo en el caso contrario, este incluye todos los pagos por concepto de cesión.

### 2.13.3 ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MERCADO SECUNDARIO

Es el escenario dispuesto para que un agente A ceda parcialmente las obligaciones adquiridas en la subasta a un agente B, estas obligaciones pueden ser de un periodo de tiempo mensual. En la figura 23 se muestra el esquema de funcionamiento general del mercado secundario.

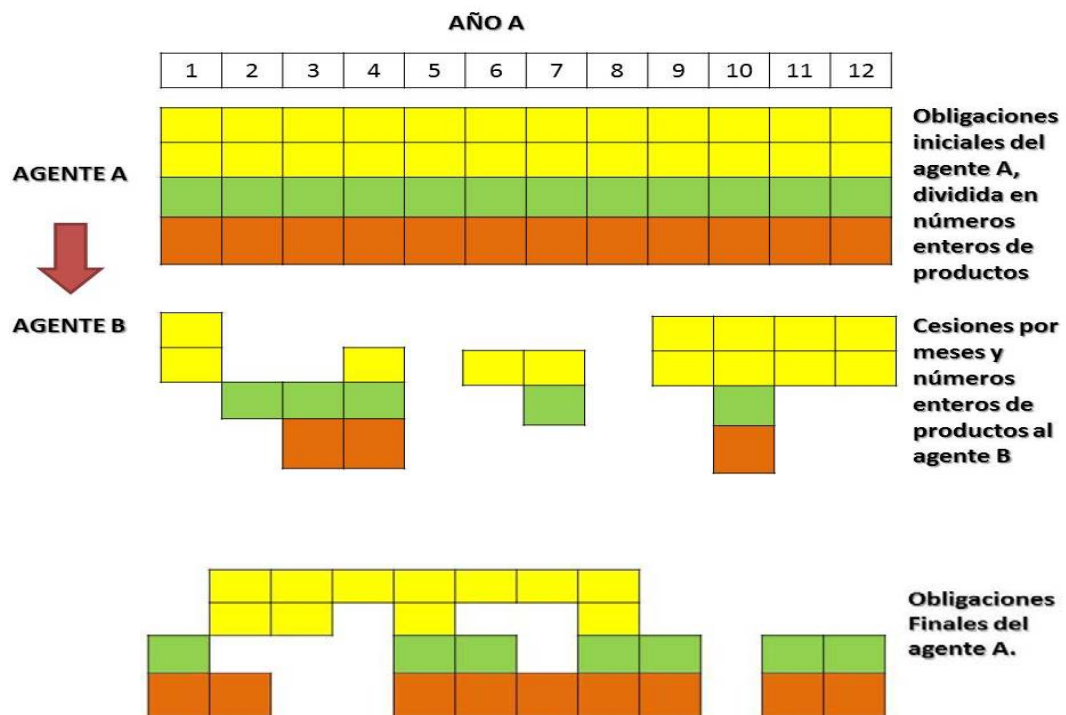


Figura 23. Esquema General del Mercado Secundario [12].

## **2.14 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LA SUBASTA A IMPLEMENTAR EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO**

El mecanismo de subasta propuesto por el profesor Peter Cramton en su estudio [17] de la compra de energía en Colombia, busca condiciones equitativas para los participantes, competencia y precios eficientes, evitando prácticas desleales. A partir de esa propuesta, la CREG elaboró la resolución CREG 090 de 2011, que se resume a continuación.

### **2.14.1 PARTICIPANTES DE LA SUBASTA**

- **COMERCIALIZADORES CON DEMANDA REGULADA:** Su participación será de carácter obligatorio y de forma pasiva. Es decir, sólo les serán adjudicadas las OCOM y no intervendrán más allá de esto.
- **COMERCIALIZADORES CON DEMANDA NO REGULADA:** Su participación es voluntaria.
- **AGENTES GENERADORES O VENDEDORES:** Su participación es voluntaria y desempeñarán un papel activo en el desarrollo de la subasta.

Los comercializadores que atienden el mercado regulado participarán obligatoriamente, con lo cual se buscan condiciones equitativas para todos, junto con una formación eficiente en los precios. Los agentes generadores o vendedores tendrán la oportunidad de transar su energía en el mercado SPOT, contratos bilaterales (mercado no regulado) y MOR, debido a que su participación

en éste último es voluntaria. El MOR será atractivo para los vendedores debido a la alta concentración de la demanda a transar en éste, compuesta por la demanda regulada, que corresponde a aproximadamente el 68% de la demanda total del SIN, y también la demanda no regulada que decida participar.

#### **2.14.2 FUNCIONES DEL ADMINISTRADOR EN LA SUBASTA**

El **ASIC** (Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales) cumplirá las funciones de administrador de la subasta, entre las se destacan las siguientes:

- La subasta tendrá como herramienta para su desarrollo una **plataforma tecnológica** que el administrador ASIC implementará. Adicionalmente, integrará los sistemas de comunicación necesarios. Esto deberá realizarse con un plazo máximo de quince (15) días hábiles antes del inicio de la subasta.
- Guardar mediante medios electrónicos los historiales de todas las operaciones realizadas en la subasta.
- Para el manejo del sistema de la subasta el ASIC capacitará y brindará asistencia a los diferentes agentes. Para esto, otorgará certificados de manejo y operación del Sistema de Subasta.
- Ofrecer los medios para la comunicación entre los participantes de la subasta y el administrador, y **denunciar** ante las autoridades competentes acciones irregulares que se presenten en el desarrollo de la subasta.

- Por petición del subastador, o auditor podrá **suspender** el proceso de la subasta.
- Los agentes participantes en la subasta destinarán sus equipos computacionales para realizarles auditoría por parte del ASIC, con el fin verificar el cumplimiento de los respectivos requisitos.
- El ASIC **contratará** una persona natural o jurídica que cumpla con el perfil adecuado y experiencia necesaria en esta clase de mercado, quien cumplirá con el papel de **subastador**. El administrador también contratará otra persona natural o jurídica, quien será el encargado de auditar el proceso con el fin de hacer cumplir la regulación vigente para la subasta; esta persona será el **auditor** del proceso. Cuando se opta por la subasta de tipo sobre cerrado, el administrador será el que actué como subastador.

### 2.14.3 SUBASTA DE RELOJ DESCENDENTE

El tipo de subasta será **Reloj Descendente**, que tiene como característica la disminución progresiva de precios por las cantidades de energía ofertadas por los vendedores. En su transcurso, los oferentes van conociendo información que les permite adecuar sus ofertas; pero siempre en sentido descendente.

### 2.14.4 NÚMERO DE SUBASTAS A REALIZAR Y CANTIDAD DE DEMANDA PARA CADA UNA

La energía para un periodo de compromiso se transará en un mínimo de cuatro subastas. En cada una la CREG definirá el porcentaje de la demanda regulada agregada a subastar.

## 2.14.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS ETAPAS EN LA SUBASTA

En la figura 24 se resumen las etapas que se llevarán a cabo para la realización de la subasta.



Figura 24. Etapas de la subasta.

### ❖ ETAPA 1. PREVIO A LA SUBASTA

#### ▪ DEFINICIÓN DE LA DEMANDA OBJETIVO

Con base en la proyección de demanda, la CREG definirá un porcentaje de la demanda total regulada [19], que será la energía máxima a adjudicar del mercado regulado en la subasta.

#### ▪ ELABORACIÓN DE LA FUNCIÓN DE DEMANDA

La CREG construirá esta función, que relaciona las cantidades y los precios a los cuales se pretende adquirir la energía en la subasta del MOR.

La **función de demanda regulada** (figura 25) tendrá los siguientes parámetros, la demanda objetivo  $Q^*$ , precio de apertura de la subasta  $Pp2$  [\$/kWh]<sup>1</sup> y el precio  $Pp1$  (\$/kWh) que es el límite superior al cual se adquiriría toda la demanda objetivo<sup>2</sup>. Los precios anteriores se aproximarán a valores enteros.

Los comercializadores con demanda no regulada que opten por participar en la subasta enviarán sus funciones de demanda al ASIC que determinará la **función de demanda agregada** como la suma de cada una de éstas.

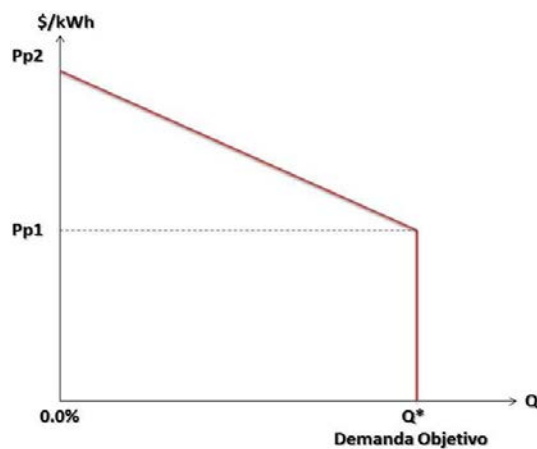


Figura 25. Función de Demanda.

#### ▪ PROCESO DE PRECALIFICACIÓN Y CALIFICACIÓN

La convocatoria para la subasta se hará mediante una resolución CREG, en la cual se dará a conocer el cronograma de actividades, rango de demanda objetivo y precio  $Pp2$ . Dentro del cronograma se fijarán las fechas para

<sup>1</sup>  $Pp2$  Precio máximo para la compra de productos para demanda regulada en \$/kWh.

<sup>2</sup>  $Pp1$  Precio de inflexión. Precio por debajo del cual se compraría la demanda objetivo en \$/kWh.

realizar los siguientes procesos para los agentes que deseen participar como vendedores y compradores voluntarios [19]:

**Precalificación:** Entrega de documentos relacionados con: interés de participar en la subasta, compromiso de confidencialidad, aceptación de reglas de la subasta y compromiso de no colusión<sup>3</sup>.

**Calificación compradores:** Los agentes precalificados deberán entregar la siguiente documentación; función de demanda no regulada, garantía de participación en la subasta y certificación del factor de calificación de riesgo (FCR) si éste es diferente al 100%.

**Calificación vendedores:** Los agentes precalificados deberán enviar los siguientes documentos; oferta inicial, garantía de participación en la subasta y certificación del factor de calificación de riesgo (FCR) si éste es diferente al 100%.

## ❖ ETAPA 2. SUBASTA

La subasta de tipo **RELOJ DESCENDENTE** se desarrollará por medio de rondas. En ellas los oferentes irán presentando los precios que están dispuestos a ofertar, mediante una curva de oferta con diferentes precios entre el precio inicial y el precio final de cada ronda.

En la figura 26 se muestra el esquema general del desarrollo de la subasta.

---

<sup>3</sup> *Pacto que acuerdan dos personas con el fin de perjudicar a un tercero*

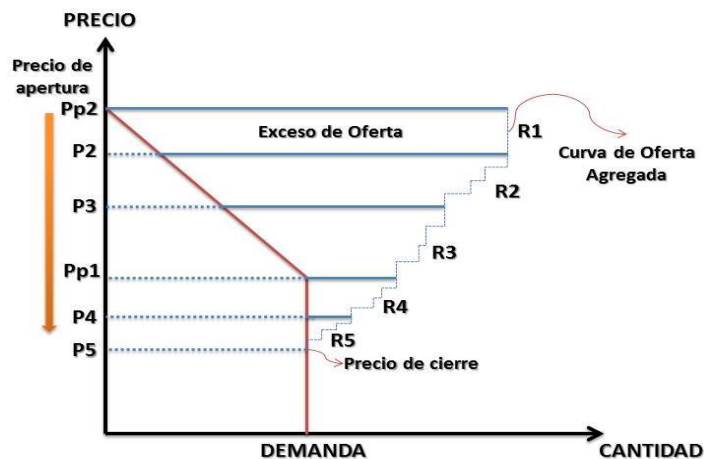


Figura 26. Subasta de reloj descendente [21]. Se aprecian cinco rondas, con sus respectivos precios inicial y final.

- **PRECIO INICIAL:** Es el precio de apertura de la subasta, que a su vez corresponde al precio de inicio de la primera ronda y será divulgado con anticipación por el subastador.

El precio de cierre de la ronda es el precio con el cual ésta finalizará, será determinado por el subastador, de acuerdo con su criterio, y se dará a conocer al inicio de la ronda.

- **INFORMACIÓN Y DESARROLLO DE LAS RONDAS**

**RONDA INICIAL:** El subastador informará *el precio inicial y el precio de cierre* para la primera ronda. Los vendedores aprobados en el proceso de calificación enviarán cada uno la curva de oferta formada por máximo cinco precios, con su respectiva cantidad. Cada curva indica las preferencias de venta del agente, entre el rango de precios de la ronda; tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Formato de oferta [19].

Precio \$/kWh	QPO
P1	Q1
...	...
Pi	Qi
...	...
P5	Q5

$P_i$ : Precio del producto regulado. Valor entero en (\$/kWh)

$P_{i+1}$ : Precio menor a  $P_i$

$Q_i$ : Cantidad de producto ofertado en el intervalo de precios menores o iguales a  $P_i$  y mayores a  $P_{i+1}$ .

$Q_{i+1}$ : Cantidad menor a  $Q_i$

El subastador, luego de recibir las ofertas de los agentes, calculará la **oferta agregada** del sistema por medio de un proceso de optimización<sup>4</sup>. A partir de esto, se determinará el exceso de oferta a su precio correspondiente.

El exceso de oferta es la diferencia de cantidad de productos a un mismo precio entre la curva de oferta agregada y la de demanda.

---

<sup>4</sup> Por orden de mérito

## **RONDAS SIGUIENTES**

Sí el exceso de oferta es un valor positivo, se prosigue a realizar las rondas necesarias. Para cada una de las siguientes rondas el subastador dará a conocer el nuevo precio de inicio de la ronda, el cual corresponderá al precio de cierre de la ronda anterior, y el nuevo precio de cierre. Este último deberá ser menor que el precio de cierre de la ronda anterior. Los agentes enviarán nuevamente sus cinco pares de ofertas teniendo en cuenta el nuevo intervalo de precios. Para cada uno de los precios de cierre de las rondas se calculará el exceso de oferta.

## **RONDA FINAL**

Cuando el exceso de oferta sea negativo o cero, se dará por terminada la subasta por parte del subastador, prosiguiendo a determinar el precio de cierre de la subasta y la asignación de productos.

## **PRECIO DE CIERRE DE LA SUBASTA**

El **precio de cierre de la subasta** se calcula como el menor precio para el producto regulado, que genera un exceso de oferta menor o igual a cero.

### ❖ **ETAPA 3. POSTERIOR A LA SUBASTA**

#### ▪ **INFORME DEL AUDITOR**

El auditor es una persona natural o jurídica contratada por el administrador de la subasta. Tendrá a su cargo presentar un informe a la CREG y a los agentes del mercado, en el cual da por cumplida la correcta aplicación de la regulación vigente y certifica que se han seguido los pasos establecidos en el reglamento de la subasta.

#### ▪ **ASIGNACIÓN DE OBLIGACIÓN DE VENDEDOR Y OBLIGACIÓN DE COMPRADOR**

El administrador realiza la asignación de obligación de venta (OVEN) que corresponde a la cantidad de productos del MOR que el agente está dispuesto a vender al precio de cierre de la subasta y de la obligación de compra (OCOM), que es el compromiso a pagar por parte de un comercializador por la energía asociada al número de productos que le corresponda

Para la demanda no regulada la asignación de OVEN y OCOM será en proporción a las ventas o compras resultantes para cada uno de ellos [19].

#### **2.14.6 CONSTRUCCIÓN DE LA FUNCIÓN DE OFERTA**

Para el funcionamiento de la subasta se deben tener en cuenta los siguientes lineamientos que seguirán los agentes para la elaboración de su función de oferta:

- La cantidad de productos ofertados por el agente, con destino al mercado regulado o no regulado, sólo los podrá mantener o disminuir a medida que los precios descienden.
- Para todas las rondas los agentes deberán presentar sus ofertas.
- Si el agente vendedor no envía su oferta en la primera ronda, se entenderá que ha retirado la cantidad total ofertada en el proceso de calificación.
- Si no es enviada la oferta por parte del agente vendedor después de la primera ronda, se entenderá que ha retirado al precio de inicio de la ronda y la cantidad de productos que no había retirado en la ronda anterior.

En la figura 27. Se observa el resumen del esquema general de la subasta MOR.

#### 2.14.7 SITUACIONES ESPECIALES DE LA SUBASTA

Para subasta de reloj descendente, la CREG definió las siguientes situaciones como fallas o inconvenientes que se podrían presentar:

- **OFERTA INSUFICIENTE:** Cuando la demanda objetivo más la no regulada no es cubierta por la oferta agregada evaluada en el precio de inflexión.
- **COMPETENCIA INSUFICIENTE [2]:** cuando se presente un agente con una oferta que sea necesaria para cubrir la demanda objetivo (agente pivotal) o también por la falta de más participantes.

Un agente es pivotal si:

$$DR_i = DO - \sum \text{Ofertas Otros Agentes} > 0 \quad (5)$$

$DR_i$	Demanda Residual del Agente $i$ o del grupo de Agentes de un mismo grupo empresarial.
$\sum \text{Ofertas Otros Agentes}$	Sumatoria de las ofertas de productos de los otros agentes diferentes al agente $i$ al inicio de la subasta.
$DO$	Suma de la demanda objetivo y la demanda no regulada calculada al precio $Pp1$ .

Cuando se presente uno de los casos anteriores, la CREG tendrá las siguientes alternativas:

- Optar por modificar la función de demanda y realizar una subasta de reloj descendente
- Mantener la función de demanda y realizar una subasta de tipo sobre cerrado
- Cancelar la subasta para convocar otra subasta.

#### **2.14.8 SUBASTA DE TIPO SOBRE CERRADO**

El funcionamiento de esta subasta es similar a la de reloj descendente de una sola ronda, en la cual  $Pp2$  será el precio de inicio de la ronda y el costo equivalente de energía (CEE), calculado para el mes en el que se realiza la subasta será el precio de cierre.

Las ofertas enviadas por los agentes vendedores podrán tener hasta veinte pares ordenados en forma descendente. Cada par tendrá asociado un valor de margen de preferencia, tanto para el mercado regulado (MPR) como para el no regulado

(MPNR). Para todo el conjunto de pares se podrán tener tres valores diferentes de MPR y MPNR.

#### **2.14.9 VALORES MARGEN DE PREFERENCIA REGULADO Y MARGEN DE PREFERENCIA NO-REGULADO**

Son valores que muestran la preferencia de oferta de vender al mercado regulado y al no regulado y éstos deben ser enviados en cada ronda [19].

**MPR (\$/kWh):** Este valor dado por el agente vendedor indica el margen de preferencia de vender toda la cantidad ofertada al mercado regulado, si cumple que el margen de preferencia de la oferta (MP) es mayor o igual a dicho valor.

**MPNR (\$/kWh):** Este valor dado por el agente vendedor indica el margen de preferencia de vender toda la cantidad ofertada al mercado no regulado, si cumple que el margen de preferencia de la oferta (MP) es menor a dicho valor.

#### **2.15 BIBLIOGRAFIA**

COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 019 de 2006. 2006.

COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Colombia's Forward Energy Market. Circular 044 de 2007. 2007.

COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Circular 037 de 2006. Documento CREG 065 de 2006. 2006.

COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 090 de 2011. 2011.

COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Memorias Taller Abril de 2009. 2009.

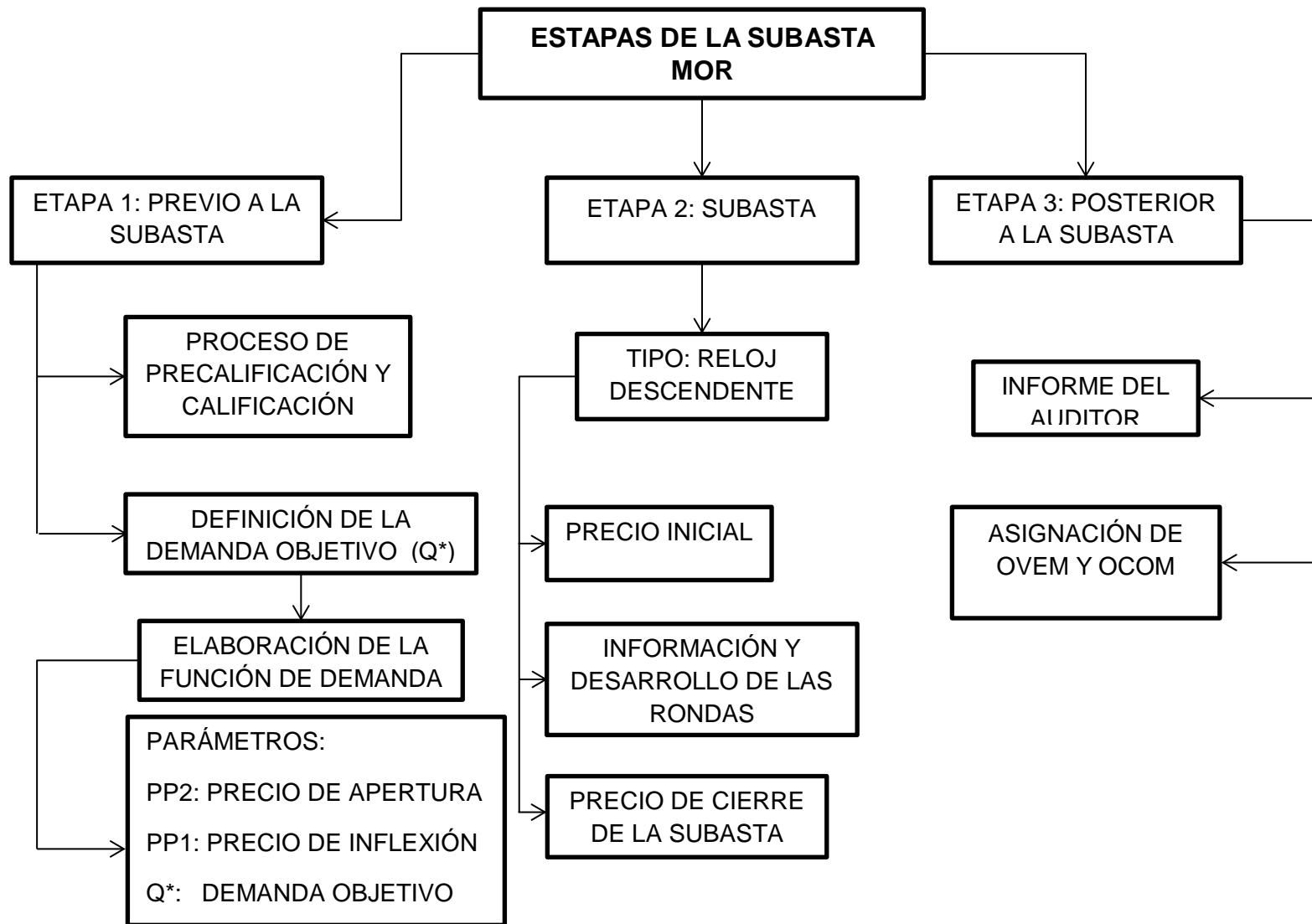


Figura 27. Resumen proceso de la subasta MOR.

### 3 EJEMPLO DE LA SUBASTA MOR

A continuación se explica mediante un ejemplo el funcionamiento de la subasta del MOR, los parámetros a cumplir por parte de los agentes participantes, la dinámica en la formación del precio final y la distribución de las obligaciones de vendedor y comprador. Los pasos para el desarrollo del ejemplo serán:

- Definición de la demanda Objetivo
- Elaboración de la función de demanda
- Desarrollo de la subasta
- Asignación de productos a vendedores
- Liquidación para la demanda regulada

#### 3.1 DEFINICIÓN DE LA DEMANDA OBJETIVO

Se utilizará la **proyección de demanda** [22] (Tabla 8) realizada por la UPME, de la demanda regulada para el año 2014; suponiendo que ésta sea la determinada por la CREG.

Tabla 8. Proyección de demanda para el año 2014.

MES (AÑO 2014)	DEMANDA REGULADA (GWh/mes)
ENERO	3418
FEBRERO	3228
MARZO	3485
ABRIL	3373
MAYO	3518
JUNIO	3384
JULIO	3532
AGOSTO	3526
SEPTIEMBRE	3487
OCTUBRE	3561
NOVIEMBRE	3446
DICIEMBRE	3631
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>41589</b>

Con base en la tabla 8, para el año 2014 se tendrá una demanda total de 41589 GWh. De acuerdo con el artículo 4 [19], se tomará  $\frac{1}{4}$  de la demanda total, como la máxima a ser asignada en la subasta.

Energía a Asignar:

$$EA = 41589(GWh) * \frac{1}{4} = 10397.25[GWh] \quad (6)$$

Para el **período de compromiso** del año 2014 se calcula la Energía Total (*ET*) asociada al producto, como:

$$ET = (D_{LAB} + D_{SAB} * 0,95 + D_{FES} * 0.86) * 1000[kWh] \quad (7)$$

En donde la letra D se refiere a la cantidad de días en el año, por tipo de día. En la Tabla 9, se registran los tipos de días que tendrá el año 2014.

Tabla 9. Tipos de días en el año 2014.

AÑO 2014	
Días Laborales (D <sub>LAB</sub> )	245
Días Domingos y Festivos (D <sub>FEST</sub> )	68
Días Sábados (D <sub>SAB</sub> )	52

$$ET = (245 + 52 * 0,95 + 68 * 0.86) * 1000[kWh] \quad (8)$$

$$ET = 352,88 * 1000[kWh]$$

$$ET = 352,88[MWh] \quad (9)$$

Con el valor de la Energía Total asociada al producto y la energía a asignar en la subasta, se halla el número total de productos de la **demanda objetivo (D\*)**

$$D^* = \frac{EA}{ET} = \frac{10397.25(GWh)}{352.88(MWh)} \approx 29464 \quad (10)$$

$$D^* \approx 29464 \rightarrow \text{productos} \quad (11)$$

### 3.2 ELABORACIÓN DE LA FUNCIÓN DE DEMANDA

Teniendo en cuenta el valor de la Demanda Objetivo, se construirá la Función de Demanda, con antelación a la subasta, de acuerdo con el siguiente procedimiento.

- La Demanda Objetivo ( $D^*$ ) para el caso del ejemplo es 29464 productos, que corresponden a la cantidad máxima de productos a adjudicar en la subasta con destino a la demanda regulada.
- Pp2 (\$/kWh) es el precio máximo para la compra de productos, para este caso se supone un valor Pp2 de **449.46<sup>5</sup>  $\approx$  449 (\$/kWh)**. Este valor resulta de las propuestas [23] realizadas por los agentes participantes del mercado mayorista, y correspondería al **precio de escasez**.
- Pp1 (\$/kWh) es el precio de reserva o inflexión, Por debajo de este precio se compraría la Demanda Objetivo ( $D^*$ ). Se asumirá un valor de **138.29<sup>6</sup>  $\approx$  138 (\$/kWh)**, también con base en las propuestas realizadas por los respectivos agente a la CREG.

Con los anteriores parámetros y con el procedimiento propuesto por la CREG [19], se construye la Función de Demanda (Figura 28).

---

<sup>5</sup> Precio de Escasez- XM 5-junio-2013

<sup>6</sup> Precio Promedio de Contratos Regulados – XM 5 de junio de 2013

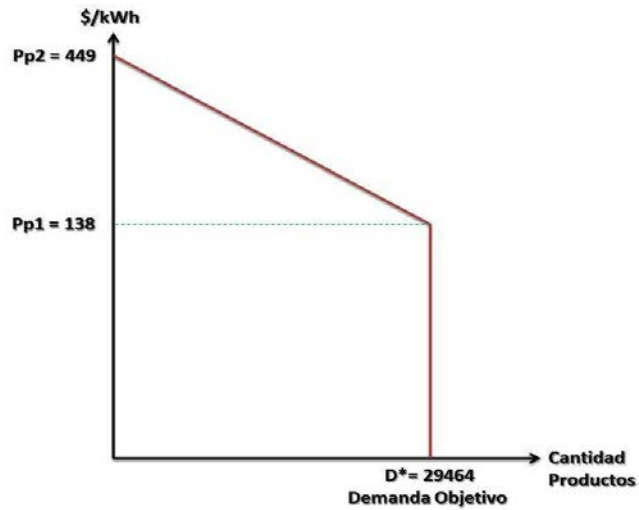


Figura 28. Función de Demanda para el ejemplo.

### 3.3 DESARROLLO DE LA SUBASTA

Para el desarrollo de la subasta de tipo Reloj Descendente se contará con 3 agentes (A, B y C) vendedores o generadores.

- **RONDA INICIAL**

El precio inicial de la ronda será de 449 [\$/kWh] y el precio de cierre 345 [\$/kWh]. Para este intervalo de precios, los agentes vendedores tendrán las siguientes ofertas supuestas (Tabla 10).

Tabla 10. Ofertas de los generadores.

AGENTE A		AGENTE B		AGENTE C	
PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles	PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles	PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles
449	12	449	12	449	12
400	12	370	12	360	12
350	12	355	12	350	12
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

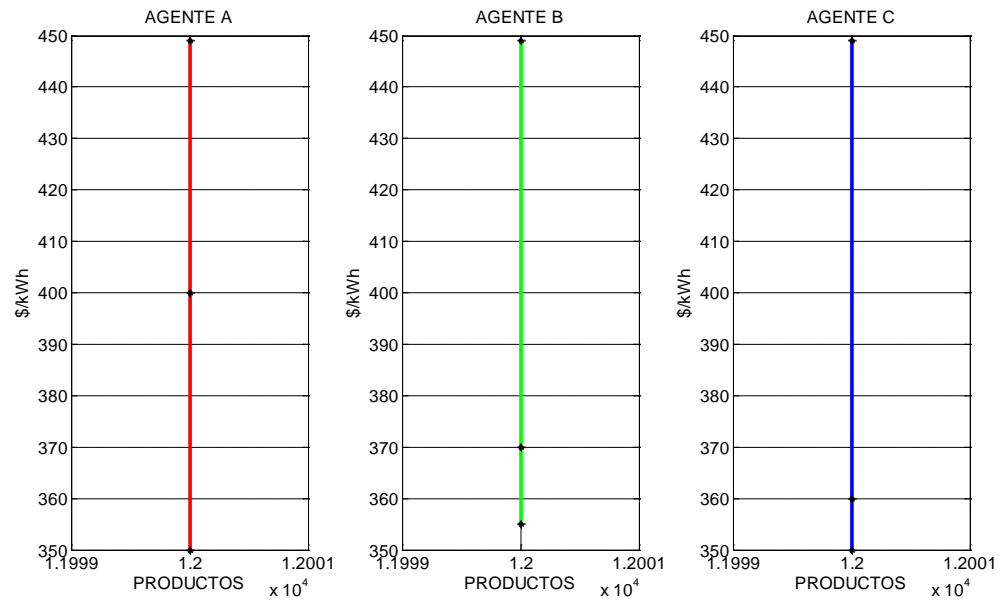


Figura 29. Curvas de oferta- primera ronda.

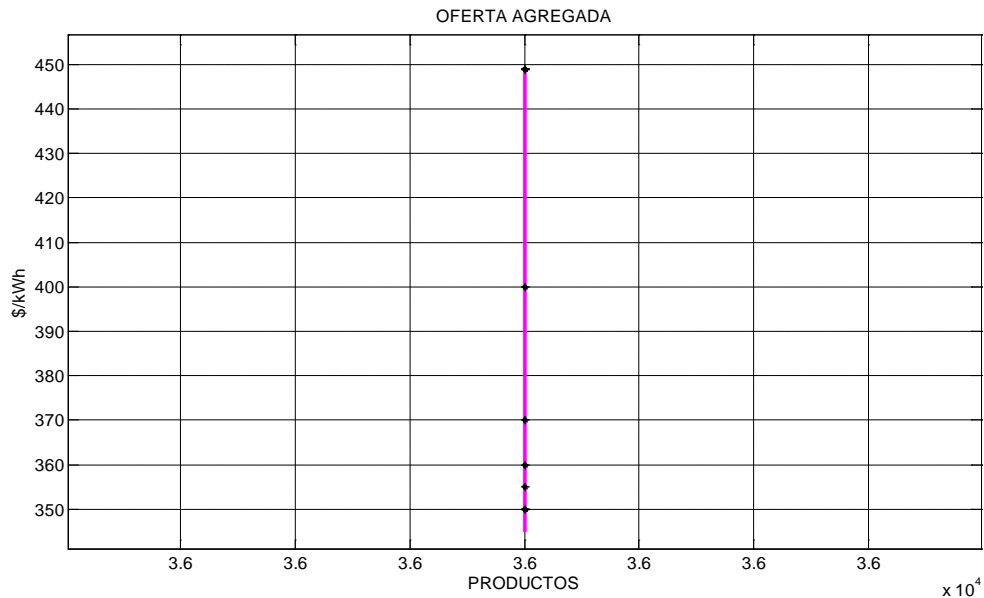


Figura 30. Oferta agregada-primera ronda.

En la figura 29 se muestran las curvas de oferta realizadas a partir de los datos de la Tabla 10. La función de oferta agregada se construye agregando en cada rango de precios la cantidad de productos ofrecidos por los agentes vendedores (figura 29).

Se observa que en el rango de precios de la ronda no se obtiene la demanda objetivo, no se da un precio menor a  $P_{p1}$ , y además el exceso de oferta es positivo. Por tanto, es necesario abrir otra ronda.

- **SEGUNDA RONDA**

El precio inicial es 345 [\$/kWh] (que es el precio mínimo de la oferta agregada en la ronda anterior) y el precio supuesto de cierre es 240 [\$/kWh] (depende del

subastador). Las ofertas que se asumen enviadas por los agentes participantes se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Ofertas de los vendedores – Segunda Ronda.

AGENTE A		AGENTE B		AGENTE C	
PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles	PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles	PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles
345	12	345	12	345	12
300	11.5	290	11.3	320	11.2
280	10.5	250	11	280	10.3
250	10	245	10.7	250	10.1
245	9.8	-	-	-	-

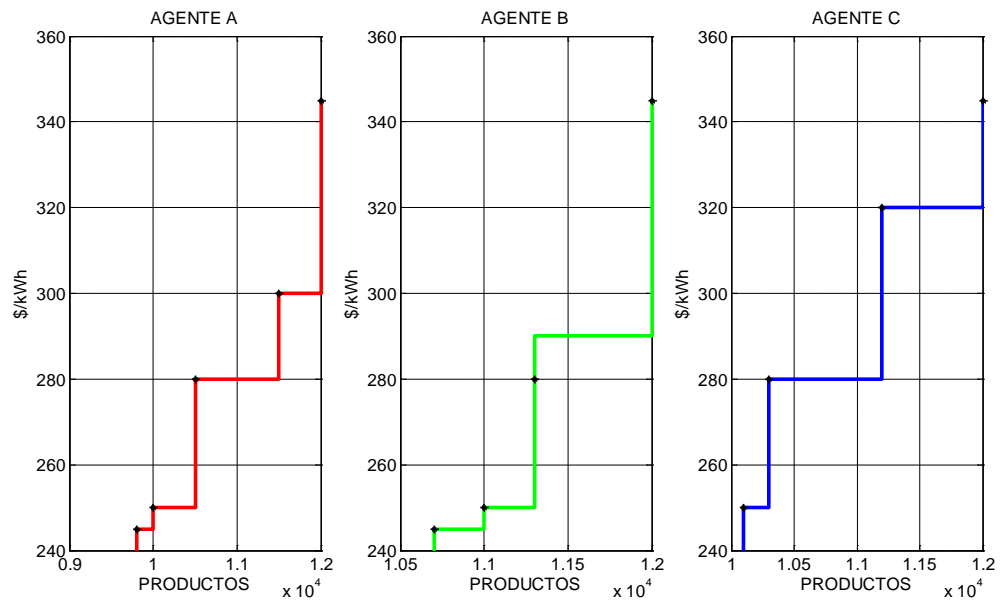


Figura 31. Funciones de Oferta – Segunda Ronda.

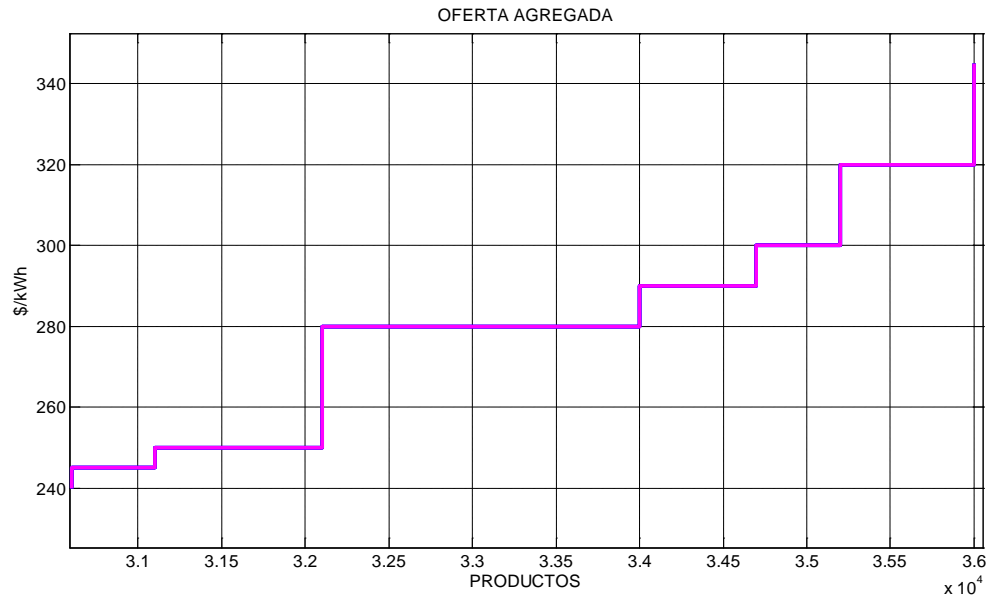


Figura 32. Oferta agregada-Segunda Ronda.

El resultado de adicionar las ofertas de los tres agentes para esta segunda ronda se observa en la figura 32. Al llegar al precio de cierre de la ronda aún existe exceso de oferta. En consecuencia, se procederá a realizar una nueva ronda.

- **TERCERA RONDA**

El precio de inicio de la ronda es 240 (\$/kWh) y el precio de cierre es 120 (\$/kWh). Las ofertas de los agentes para esta ronda son las que se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Ofertas de los vendedores-Tercera Ronda.

AGENTE A		AGENTE B		AGENTE C	
PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles	PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles	PRECIO [\$/kWh]	PRODUCTOS [Q] Miles
240	9.8	240	10.7	240	10.1
160	9.6	170	10.5	150	9.8
145	9.45	150	10.35	125	9.2
125	9.2	125	10	-	-
-	-	-	-	-	-

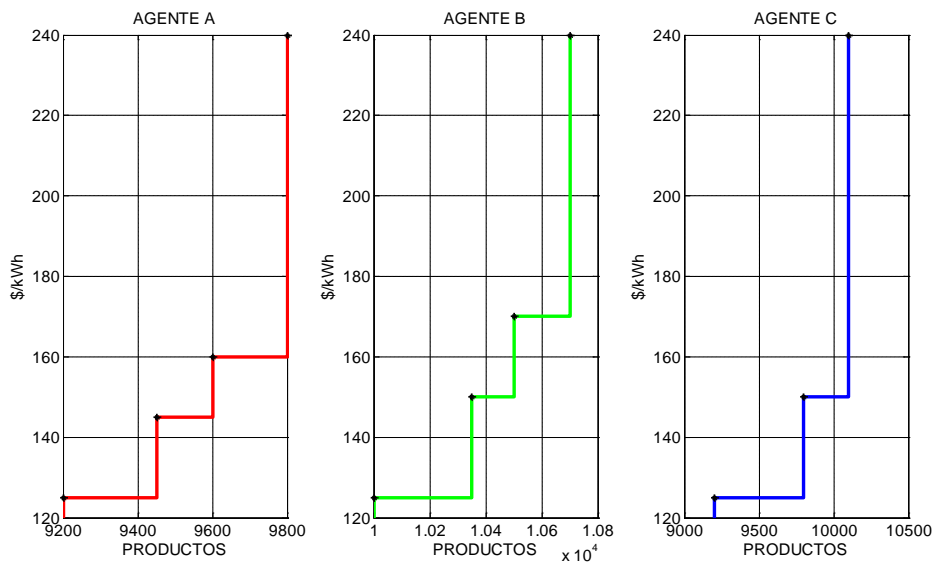


Figura 33. Funciones de Oferta – Tercera Ronda.

Al adicionar las ofertas de los tres agentes en la tercera ronda, se obtiene como resultado la función de oferta agregada de la figura 34. Se observa que las ofertas dadas en este intervalo cumplen con la Demanda Objetivo a un precio menor a  $P_{p1}$ . Es decir, en esta ronda se obtiene el precio de equilibrio entre la oferta y la demanda.

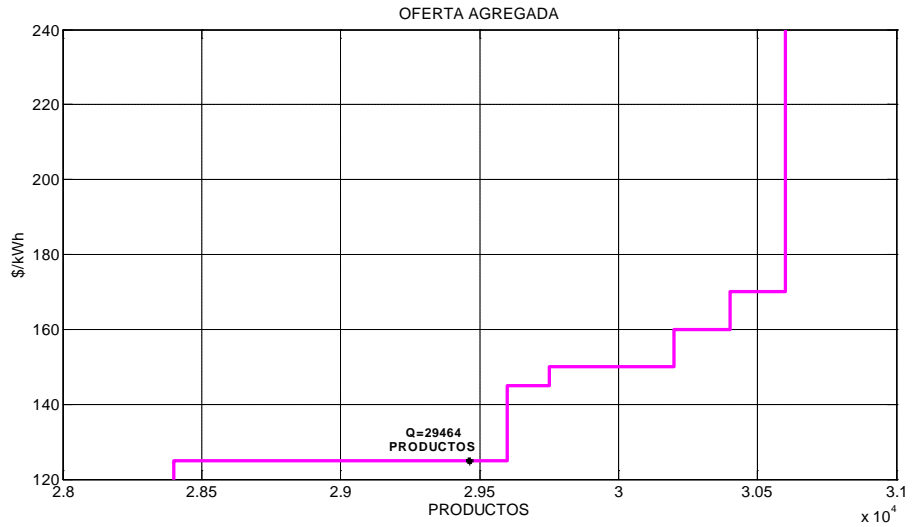


Figura 34. Oferta Agregada- Tercera Ronda.

El desarrollo de las tres rondas en la subasta, hasta llegar al precio de cierre que garantiza el cubrimiento de la Demanda Objetivo, se observa en la siguiente gráfica.

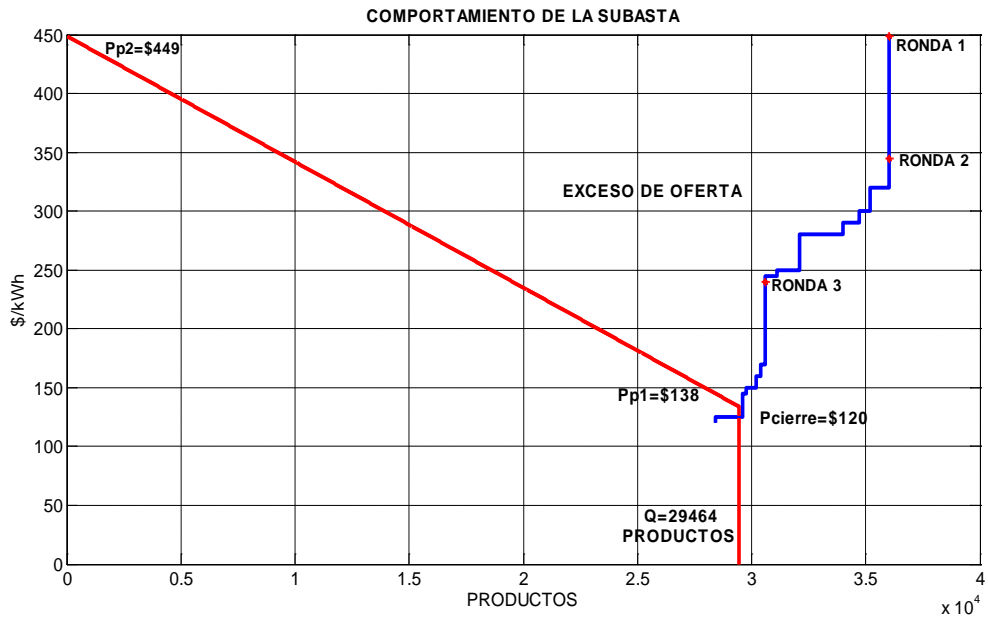


Figura 35. Equilibrio entre oferta y demanda.

### 3.4 ASIGNACIÓN DE PRODUCTOS A VENDEDORES

De la figura 34, se observa que la demanda objetivo se encuentra en el intervalo de 28400 a 29600 productos, que correspondería a un precio final de 120 [\$/kWh]. Además, a este precio se genera un exceso de oferta igual a cero, (Ver figura 35).

Al precio final de la subasta se asignarán las ofertas de los agentes que no se hayan retirado, a prorrata de sus ofertas, hasta asignar la totalidad de la demanda objetivo. A continuación se presenta el procedimiento.

Con respecto a la cantidad ofrecida inmediatamente anterior a la demanda objetivo (29600 productos), le corresponde a cada oferente el siguiente porcentaje:

29600 → 100%	29600 → 100%	29600 → 100%
9450 → A	10350 → B	9800 → C
$A \approx 31,9257\%$	$B \approx 34,9662\%$	$C \approx 33,1081\%$

Si se utilizan estos porcentajes para distribuir la demanda objetivo entre los tres oferentes de la subasta, se obtienen los siguientes resultados para cada uno:

29464 → 100%	29464 → 100%	29464 → 100%
$A \rightarrow 31,9257\%$	$B \rightarrow 34,9662\%$	$C \rightarrow 33,1081\%$
$A \approx 9407[\text{productos}]$	$B \approx 10302[\text{productos}]$	$C \approx 9755[\text{productos}]$

Los productos quedan asignados al **precio de cierre** de la subasta menos 1 [\$/kWh], es decir, 119 [\$/kWh][19].

Se concluye que el agente A queda asignado con 9407 [productos] a un precio de 119 [\$/kWh], el agente B queda asignado con 10302 [productos] a un precio de 119 [\$/kWh] y el agente C queda asignado con 9755 [productos] a un precio de 119 [\$/kWh].

### **3.5 LIQUIDACIÓN PARA LA DEMANDA REGULADA**

Para el proceso de liquidación se contará con cuatro compradores (C1, C2, C3, C4) y se supondrán cuatro subastas, con una cantidad igual de demanda objetivo para cada una. Lo que equivale a que, la demanda total para el período de compromiso se haya dividido en cuatro partes iguales. Asimismo, para los vendedores (A, B, C) se supone la misma cantidad de productos asignada en cada subasta (la asignada en el numeral anterior).

Los pasos para el desarrollo de la liquidación serán:

- Periodo horario a liquidar
- Energía Vendida en el MOR
- Energía Comprada en el MOR
- Balance de Energía

#### **3.5.1 PERIODO HORARIO A LIQUIDAR**

El proceso de liquidación se hará para el periodo horario comprendido entre las 12:00h y las 12:59h de un día laboral. Para este intervalo de tiempo se cuenta con 46 [kWh], de acuerdo con la tabla 3.

### 3.5.2 ENERGÍA VENDIDA EN EL MERCADO ORGANIZADO REGULADO

Para el cálculo de la energía vendida por cada agente en el MOR, se tuvo en cuenta la ecuación 2.

$$EV_{v,t} = \sum_{i=1}^{NO_{v,t}} NU_{i,t} \times UHE_t \quad (2)$$

Para el agente A:

$NO = 4$                       Número de obligaciones adquiridas por el agente A.

$NU = 9407$                       Unidades Horarias para el periodo horario correspondiente.

$UHE = 46[kWh]$                       Cantidad de energía para un día laboral y el correspondiente intervalo de tiempo, de acuerdo con la Tabla 3.

Entonces, la Energía Vendida por el agente A es:

$$EV = (9407 \times 46) + (9407 \times 46) + (9407 \times 46) + (9407 \times 46) = 1730,888[MWh]$$

Para el agente B:

$NO = 4$                       Número de obligaciones adquiridas por el agente B.

$NU = 10302$                       Unidades Horarias para el periodo horario correspondiente.

$UHE = 46[kWh]$                       Cantidad de energía para un día laboral y el correspondiente intervalo de tiempo, de acuerdo con la Tabla 3.

Entonces, la Energía Vendida por el agente B es:

$$EV = (10302 \times 46) + (10302 \times 46) + (10302 \times 46) + (10302 \times 46) = 1895,568[MWh]$$

Para el agente C:

- $NO = 4$  Número de obligaciones adquiridas por el agente C.
- $NU = 9755$  Unidades Horarias para el periodo horario correspondiente.
- $UHE = 46[kWh]$  Cantidad de energía para un día laboral y el correspondiente intervalo de tiempo, de acuerdo con la Tabla 3.

Entonces, la Energía Vendida por el agente C es:

$$EV = (9755 \times 46) + (9755 \times 46) + (9755 \times 46) + (9755 \times 46) = 1794,920[MWh]$$

En la Tabla 12. Se observan los resultados para cada agente vendedor (A, B, C):

Tabla 13. Energía Vendida en el MOR por cada agente A, B, C.

Agente Vendedor	NU (Número de Unidades Horarias)	UHE [kWh] (Unidades Horarias de Energía, tabla2)	EV [MWh] (Energía Vendida)
A	9407	46	1730,888
B	10302	46	1895,568
C	9755	46	1794,920
TOTAL ENERGÍA VENDIDA			5421,376

### 3.5.3 ENERGÍA COMPRADA EN EL MOR

Se tomará el valor de 4779,167 [MWh] para la demanda comercial regulada en un día laboral; con base en la demanda promedio de un día laboral, a la hora prevista, en el mercado regulado [24]. Esta demanda será distribuida entre los cuatro agentes, de acuerdo con los porcentajes supuestos en la tabla 14.

Tabla 14. Distribución de la demanda comercial regulada para cada agente.

AGENTE	PORCENTAJE DE DEMANDA COMERCIAL [%]	CANTIDAD DE ENERGÍA DE LA DEMANDA COMERCIAL [MWh]
C1	30	1433,7501
C2	25	1194,7918
C3	35	1672,7085
C4	10	477,91676

Para calcular la energía comprada en el MOR, se determina la energía remanente para cada agente comprador (C1, C2, C3 y C4), con la ecuación 3.

$$ER_{c,t} = \max(0, DR_{c,t} - EC_{c,t}) \quad (3)$$

En el caso de cada agente comprador, se asumirá que no cuenta con energía comprada en contratos bilaterales.

Para el agente C1:

$EC = 0$  Energía comprada en contratos bilaterales.

$DR = 1433,7501[MWh]$  Demanda Comercial Regulada del agente en la hora respectiva.

$ER = 1433,7501[MWh]$  Energía Remanente del agente C1.

Para el agente C2:

$EC = 0$  Energía comprada en contratos bilaterales.

$DR = 1194,7918[MWh]$  Demanda Comercial Regulada del agente en la hora respectiva.

$ER = 1194,7918[MWh]$  Energía Remanente del agente C2.

Para el agente C3:

$EC = 0$  Energía comprada en contratos bilaterales.

$DR = 1672,7085[MWh]$  Demanda Comercial Regulada del agente en la hora respectiva.

$ER = 1672,7085[MWh]$  Energía Remanente del agente C3.

Para el agente C4:

$EC = 0$  Energía comprada en contratos bilaterales.

$DR = 477,9167[MWh]$  Demanda Comercial Regulada del agente en la hora respectiva.

$ER = 477,9167[MWh]$  Energía Remanente del agente C4.

La energía comprada en el MOR con destino a la demanda regulada, se calculará mediante la ecuación 4.

$$ECM_{c,t} = Entero \left\{ \left( \sum_{v=1}^{NV_t} EV_{v,t} \right) \times \frac{ER_{c,t}}{\sum_{j=1}^{NC_t} ER_{j,t}} \right\} \quad (4)$$

Compras por el agente C1:

$\sum_{v=1}^3 EV_{v,t} = 5421,376[MWh]$  Energía total vendida en el MOR por los agentes.

$ER_{c,t} = 1433,7501[MWh]$  Energía Remanente para el agente C1.

$$\sum_{j=1}^4 ER_{j,t} = 4779,167[MWh] \quad \text{Energía remanente total.}$$

La Energía Comprada en el MOR por el agente C1 será la siguiente:

$$ECM1 = \text{Entero} \left\{ 5421,376 \times \frac{1433,7501}{4779,167} \right\} = 1626413[kWh]$$

Compras por el agente C2:

$$\sum_{v=1}^3 EV_{v,t} = 5421,376[MWh] \quad \text{Energía total vendida en el MOR por los agentes.}$$

$$ER_{c,t} = 1194,7918[MWh] \quad \text{Energía remanente para el agente C2.}$$

$$\sum_{j=1}^4 ER_{j,t} = 4779,167[MWh] \quad \text{Energía Remanente total.}$$

La Energía Comprada en el MOR por el agente C2 será la siguiente:

$$ECM2 = \text{Entero} \left\{ 5421,376 \times \frac{1194,7918}{4779,167} \right\} = 1355344[kWh]$$

Compras por el agente C3:

$$\sum_{v=1}^3 EV_{v,t} = 5421,376[MWh] \quad \text{Energía total vendida en el MOR por los agentes.}$$

$$ER_{c,t} = 1672,7085[MWh] \quad \text{Energía remanente para el agente C3.}$$

$$\sum_{j=1}^4 ER_{j,t} = 4779,167[MWh] \quad \text{Energía Remanente total.}$$

La Energía Comprada en el MOR por el agente C3 será la siguiente:

$$ECM3 = Entero \left\{ 5421,376 \times \frac{1672,7085}{4779,167} \right\} = 1897482[kWh]$$

Compras por el agente C4:

$$\sum_{v=1}^3 EV_{v,t} = 5421,376[MWh] \text{ Energía total vendida en el MOR por los agentes.}$$

$$ER_{c,t} = 477,9167[MWh] \text{ Energía remanente para el agente C4.}$$

$$\sum_{j=1}^4 ER_{j,t} = 4779,167[MWh] \text{ Energía Remanente total.}$$

La Energía Comprada en el MOR por el agente C4 será la siguiente:

$$ECM4 = Entero \left\{ 5421,376 \times \frac{477,9167}{4779,167} \right\} = 542138[kWh]$$

### 3.5.4 BALANCE DE ENERGÍA

El balance de energía para cada agente comprador se realizará con la diferencia entre la demanda comercial y la energía comprada en el MOR. Este valor se tendrá en cuenta para realizar el ajuste en la Bolsa, ya sea para vender o comprar las diferencias. En la Tabla 15 se observa el balance de energía.

Tabla 15. Resultados del balance de energía para cada agente.

<b>AGENTE</b>	<b>ENERGÍA REMANETE [KWh]</b>	<b>ENERGÍA COMPRADA EN EL MOR [KWh]</b>	<b>BALANCE DE ENERGÍA</b>
C1	1433750	1626413	192663
C2	1194792	1355344	160552
C3	1672708	1897482	224774
C4	477917	542138	64221

#### 4 ANÁLISIS CRÍTICO DEL MERCADO ORGANIZADO REGULADO

El MOR, a diferencia de la contratación actual, presenta las siguientes características sobresalientes: Será un sistema centralizado, con participación activa del estado por medio de la CREG y la superintendencia de servicios públicos. EL ASIC hará las veces de administrador de las subastas y a favor de éste los comercializadores deben presentar las garantías, tanto de cumplimiento como de participación en las subastas. El Documento CREG 065 de 2006 [18], presenta una serie de desventajas o inconvenientes que tiene el esquema de contratación a largo plazo. A continuación se presentan comparaciones entre el actual esquema de contratación bilateral y el esquema MOR, junto con algunas consideraciones que se deberían tener en cuenta.

Integración Vertical	
Esquema Actual	Esquema MOR
Se permite que un comercializador que esté integrado verticalmente con un generador: es decir, que hagan parte de un mismo grupo empresarial, pueda comprarle la energía a este último. Las cifras presentadas en [18] indican que aunque exista competencia para la adjudicación de la electricidad, la gran mayoría de las empresas comercializadoras le compran la energía a su generador integrado.	En una subasta del MOR no se permite que participe como comprador voluntario un agente que esté integrado verticalmente con otro agente que vaya a ofertar. Además, los agentes comercializadores que atienden demanda regulada no tendrán conocimiento del vendedor de la energía que están comprando, debido a que este proceso se desarrolla de forma anónima, donde el ASIC actuará como intermediario. La energía se distribuirá de acuerdo con la demanda comercial de cada agente.

Garantías	
Esquema Actual	Esquema MOR
<p>No existe un mecanismo de garantías de cubrimiento real. En el documento CREG 065 de 2006, se observa que XM tomó una muestra de 224 contratos a largo plazo, registrados ante el ASIC, y encontró que: el 76% de estos contratos se firmaron sin exigir garantías al vendedor y que en el 45% de los casos las garantías de comprador fueron pagarés en blanco.</p> <p>Sin embargo, en la resolución CREG 036 de 2006, se encuentra que actualmente a los comercializadores se les reconoce un valor de 0,12 \$/kWh por concepto de garantías en el MEM.</p>	<p>Los comercializadores que atienden demanda regulada deben constituir garantías de pago, tal como se establece en la resolución CREG 019 de 2006. Además, los generadores con ofertas de venta por encima del Límite de Compromiso de Generación y los comercializadores que vayan a vender o comprar energía en la subasta MOR, deberán garantizar la entrega de garantías de cumplimiento, en caso de salir asignado con OVEN y OCOM como resultado de las subastas.</p> <p>De acuerdo con esto, el MOR tendrá un mecanismo de garantías, que cubrirá el mercado ante incumplimientos. Por tanto, el valor reconocido por concepto de garantías estará plenamente justificado.</p>

Suministros Parciales	
Esquema Actual	Esquema MOR
Los generadores pueden ofertar energía para suministros parciales por cualquier cantidad. Por esto, el comercializador corre el riesgo de no contar con cobertura en periodos de escasez.	Con el MOR se hará una proyección de demanda y se calculará la demanda objetivo a cubrir en las subastas. La proyección se hará para la demanda regulada de todo el SIN. Entonces, no habrá posibilidades de suministros parciales. Debido al periodo de compromiso definido por la CREG en el esquema MOR.
Volatilidad de la Bolsa de Energía	
Esquema Actual	Esquema MOR
La energía adquirida en contratos a largo plazo, con destino a la demanda regulada, corresponde a porcentajes comprendidos entre el 70% y el 100%, (Ver figura 36). Aproximadamente entre 0% y 30% de la energía se adquiere en la Bolsa de Energía. Esto muestra una significativa exposición a la volatilidad de precios que se presenta en la Bolsa de Energía.	Una proyección de demanda acertada, traería consigo una baja exposición a la bolsa de energía. Con esto, al usuario final se le trasladarían precios estables. Si la proyección de demanda es acertada, la exposición a la Bolsa de Energía sería mínima.

Participación de la Demanda	
Esquema Actual	Esquema MOR
Es el comercializador el que indica las condiciones que deben cumplir las ofertas, pudiendo favorecer a un oferente en particular. Es decir, los comercializadores tienen participación activa en el mecanismo de compra.	En el nuevo esquema, los comercializadores que atienden demanda regulada tendrán participación pasiva. Así, sólo tendrán parte en la proyección de demanda y comprarán la energía de acuerdo con la demanda comercial proyectada. Por lo que el comprador asumirá el riesgo entre una proyección diferente a la demanda real.
Obligatoriedad de Compra	
Esquema Actual	Esquema MOR
La empresa comercializadora luego de conocer las ofertas, puede abstenerse de contratar.	Las empresas comercializadoras que atienden usuarios regulados tienen la obligación de adquirir la energía en el MOR.
Competencia Regional	
Esquema Actual	Esquema MOR
En los contratos bilaterales se presenta una competencia regional. Es decir, en las licitaciones hechas por los comercializadores, sólo se presentan ofertas de propietarios de plantas de generación cercanas a los centros de consumo del comercializador. [18]	En el MOR, los vendedores adquirirán compromisos con el ASIC, y éste hará la distribución entre los comercializadores que atienden demanda regulada. De esta forma, las ofertas presentadas por los vendedores estarán dirigidas a cubrir la demanda agregada regulada y no una demanda en particular.

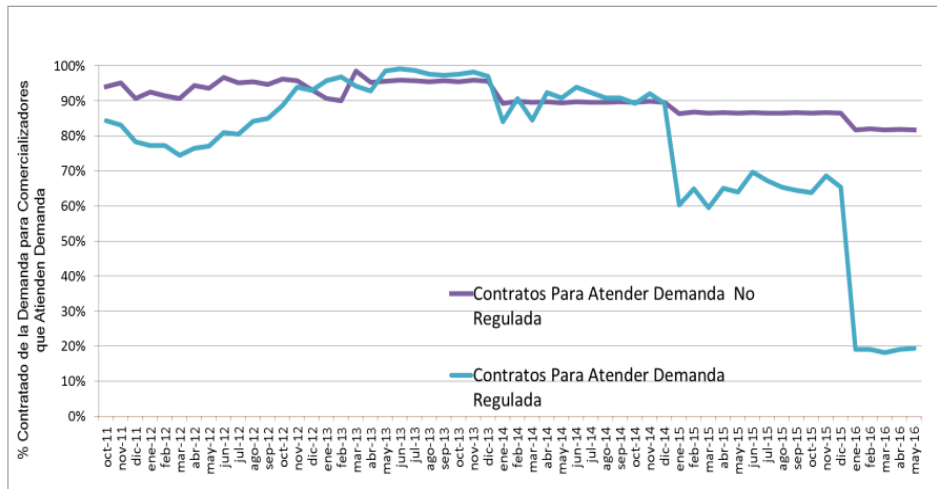


Figura 36. Contratos ya establecidos para atender demanda regulada y no regulada [25].

## 5 EJEMPLO DE SIMULACIÓN DE LA SUBASTA MOR

Este ejemplo se realizó con la participación de estudiantes de Ingeniería Eléctrica los cuales tuvieron la función de cinco agentes vendedores (A, B, C, D Y E). El ejercicio de la subasta se desarrolla atendiendo las especificaciones dadas a continuación.

### a) Proyección de demanda

Definida por la UPME para el año 2014, en la Tabla 16.

Tabla 16. Demanda Proyectada.

<b>MES (AÑO 2014)</b>	<b>DEMANDA REGULADA (GWh/mes)</b>
ENERO	3418
FEBRERO	3228
MARZO	3485
ABRIL	3373
MAYO	3518
JUNIO	3384
JULIO	3532
AGOSTO	3526
SEPTIEMBRE	3487
OCTUBRE	3561
NOVIEMBRE	3446
DICIEMBRE	3631
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>41589</b>

Entonces, la demanda proyectada es 41589 [GWh].

## b) Demanda a asignar [EA]

Los porcentajes de la demanda proyectada a asignar en cada subasta son:

- 20 % ----- 8317,80 [GWh]
- 25 % ----- 10397,25 [GWh]
- 30% ----- 12476,70 [GWh]

## c) Energía del producto [ET]

La energía total del producto se calcula teniendo en cuenta la Tabla 17.

Tabla 17. Tipo de días.

AÑO 2014	
Días Laborales ( $D_{LAB}$ )	245
Días Domingos y Festivos ( $D_{FEST}$ )	68
Días Sábados ( $D_{SAB}$ )	52

$$ET = (245 + 52 * 0,95 + 68 * 0.86) * 1000[kWh]$$

$$ET = 352,88[MWh]$$

## d) Demanda Objetivo ( $D^*$ )

Se determina mediante la siguiente ecuación (aproximando al entero más cercano):

$$D^* = \frac{EA}{ET} \quad (12)$$

Donde:

EA: Energía a asignar.

ET: Energía total del producto.

Las demanda objetivo de las diferentes subastas de la actividad, se observan en la Tabla 18.

Tabla 18. Demanda Objetivo.

<b>PORCENTAJE DEMANDA TOTAL ANUAL [%]</b>	<b>PRODUCTOS [D*]</b>
20	23571
25	29464
30	35357

### e) Función de Demanda

Curva que relaciona \$/kWh vs Productos (figura 36). En ella encuentran los siguientes parámetros:

- PP2: [Precio de escasez (Octubre 2013- Dado por XM) ]=454 [\$/kWh]
- PP1: [Precio contratos regulados, Octubre 10 de 2013]= 139 [\$/kWh]

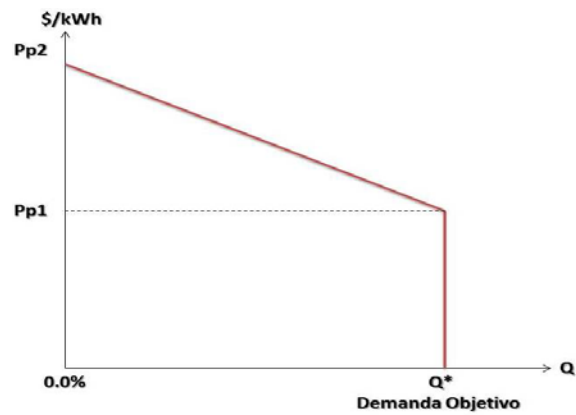


Figura 37. Función de demanda.

**f) Desarrollo de la Subasta**

El desarrollo de la subasta tendrá las características dadas en la Tabla 19.

Tabla 19. Características de la subasta.

<b>Demanda Objetivo 20 %</b>		
<b>Subasta</b>	<b>N° vendedores</b>	<b>Productos</b>
1	3	23571
2	5	
<b>Demanda Objetivo 25 %</b>		
<b>Subasta</b>	<b>N° vendedores</b>	<b>Productos</b>
3	3	29464
4	5	
<b>Demanda Objetivo 30 %</b>		
<b>Subasta</b>	<b>N° vendedores</b>	<b>Productos</b>
5	3	35357
6	5	

**g) Parámetros para los vendedores**

Cada vendedor tendrá los parámetros dados en la Tabla 20, los cuales se basan en la carga instalada del SIN<sup>7</sup>.

Tabla 20. Características de los vendedores.

<b>Vendedor A</b>		
Productos (Q)		Precio (\$/kWh)
Máx	107230	470
Mín	2796	45
<b>Vendedor B</b>		
Productos (Q)		Precio (\$/kWh)
Máx	101942	490
Mín	2627	55
<b>Vendedor C</b>		
Productos (Q)		Precio (\$/kWh)
Máx	46849	510
Mín	3729	65
<b>Vendedor D</b>		
Productos (Q)		Precio (\$/kWh)
Máx	13196	525
Mín	1441	70
<b>Vendedor E</b>		
Productos (Q)		Precio (\$/kWh)
Máx	19044	540
Mín	1780	70

<sup>7</sup> XM Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P.

Las plantas poseen costos operacionales que dependen principalmente del costo de operación de las máquinas<sup>8</sup>. Este costo se expresa en función de la potencia de salida de las unidades de generación.

Una unidad de generación posee una curva de entrada-salida, es decir, una función que relaciona el costo de operación que tiene la planta en un determinado periodo horario (comúnmente en una hora) y la potencia en la salida (MW). Además, la entrada también puede estar en términos del valor de la operación (\$/hora) y ser función de la potencia de salida (MW). Entonces, la función costo de operación podría definirse así:

$f_i$  = entrada a la unidad  $i$ , pesos por hora (\$/h)

$P_{gi}$  = salida de la unidad  $i$ , megawatts (MW)

Además, a la variación de la entrada con respecto a la salida  $\frac{df_i}{dP_{gi}}$ , se le define como el costo incremental de operación, que determina la variación del costo si se disminuye o aumenta la potencia en la salida.

Suponiendo que la entrada a la unidad se expresa de forma cuadrática:

$$f_i = \frac{a_i}{2} P_{gi}^2 + b_i P_{gi} + c_i \text{ [$/h]} \quad (13)$$

Entonces, la unidad tendrá un costo incremental ( $\lambda_i$ ) que estará dado como:

$$\lambda_i = \frac{df_i}{dP_{gi}} = a_i P_{gi} + b_i \text{ [$/MWh]} \quad (14)$$

---

<sup>8</sup> John Grainger y William D. Stevenson Jr, "Análisis de Sistemas de Potencia", capítulo 13

Teniendo en cuenta esta información, para obtener un despacho económico ideal se debe cumplir lo siguiente:

$$\lambda_1 = \lambda_i = \lambda_n \quad (16)$$

Y además, la potencia total del sistema estará dada por:

$$P_{gt} = P_{g1} + \dots + P_{gi} + \dots + P_{gn} \quad (16)$$

A partir de estas ecuaciones se puede obtener el precio y la cantidad de potencia ideal del despacho económico.

Expresando la variación del costo incremental en términos de [\$/kWh] y en función de la cantidad de productos (Q), se tendrá para cada uno de los vendedores que participan en la actividad de simulación, una aproximación lineal de dicha función.

La capacidad máxima dada para cada vendedor se basa en la capacidad instalada total del Sistema Interconectado Nacional<sup>9</sup>, y la capacidad mínima se establece con base en disponibilidades dadas en la Bolsa de Energía, por algunas unidades de generación.

Las funciones que representan el costo incremental de los cinco vendedores que participan en la actividad son:

$$\lambda_{vA} = 0,0041Q_A + 33,62$$

$$\lambda_{vB} = 0,0044Q_B + 43,49$$

$$\lambda_{vC} = 0,0103Q_C + 26,52$$

$$\lambda_{vD} = 0,0387Q_D + 14,22$$

---

<sup>9</sup> Información de la compañía de Expertos en Mercados, XM

$$\lambda_{VE} = 0,0272Q_E + 21,54$$

En donde:

$\lambda_{VA}, \lambda_{VB}, \lambda_{VC}, \lambda_{VD}, \lambda_{VE}$ : Costo incremental de las plantas de cada uno de los vendedores.

$Q_A, Q_B, Q_C, Q_D, Q_E$ : Cantidad de productos de cada uno de los vendedores.

Los vendedores deben presentar sus ofertas en tres pares, que relacionen precio con cantidad de productos. Como se observa en la Tabla 21.

Tabla 21. Parámetros de los vendedores.

[\$/kWh]	Productos [Q]
P1	Q1
P2	Q2
P3	Q3

## h) Función de Oferta

La función de oferta se construye como se muestra en el siguiente ejemplo:

En la figura 38 se observa las funciones de oferta de tres vendedores para una misma ronda, y, en la figura 39 se muestra la función de oferta agregada de estos tres vendedores.

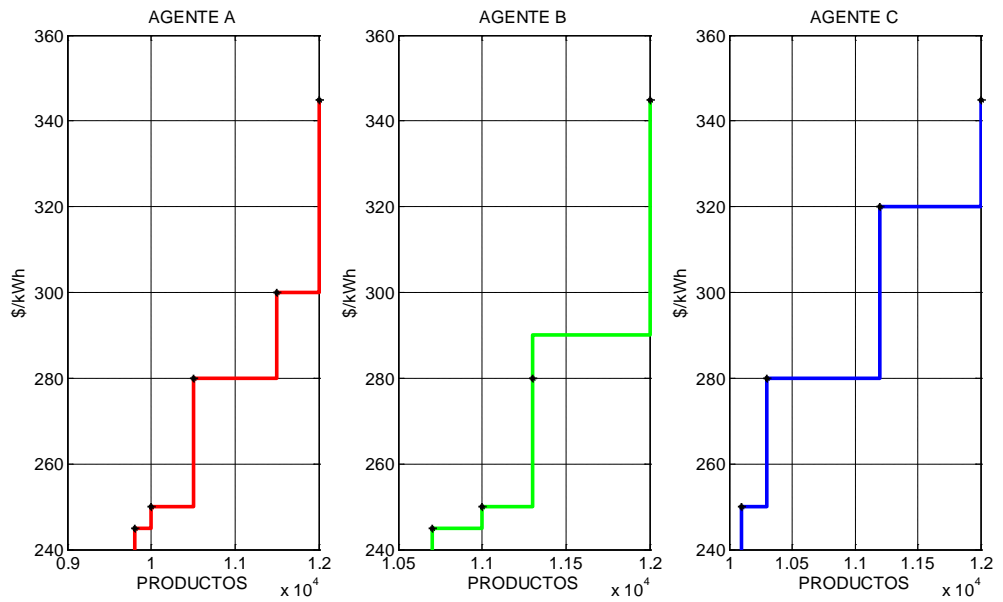


Figura 38. Funciones de oferta.

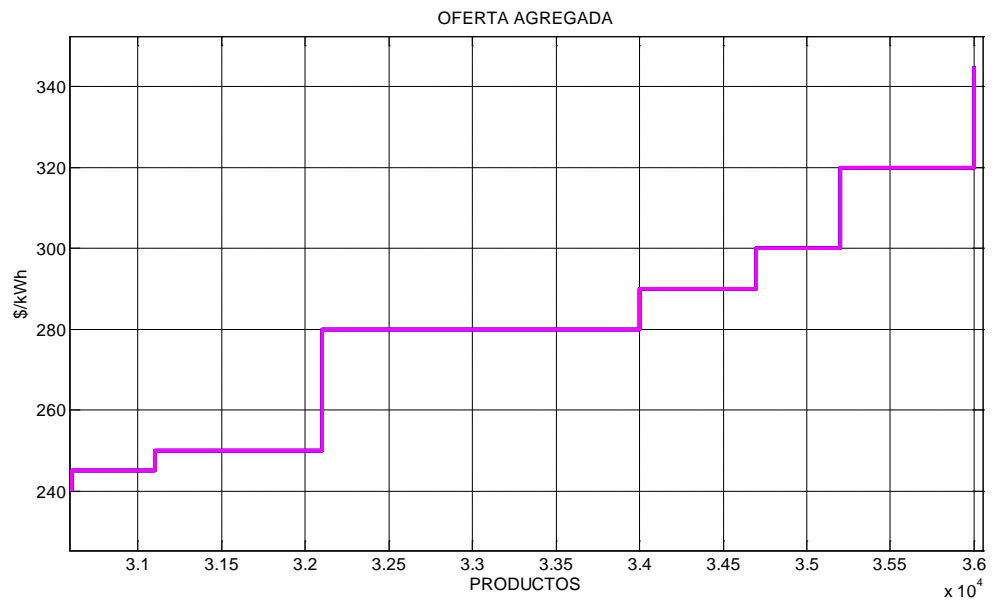


Figura 39. Función de oferta agregada.

En la figura 40, se observa el desarrollo general de una subasta con cinco rondas. Además, muestra la intersección de la función de oferta con la función de demanda; punto donde finaliza la subasta.

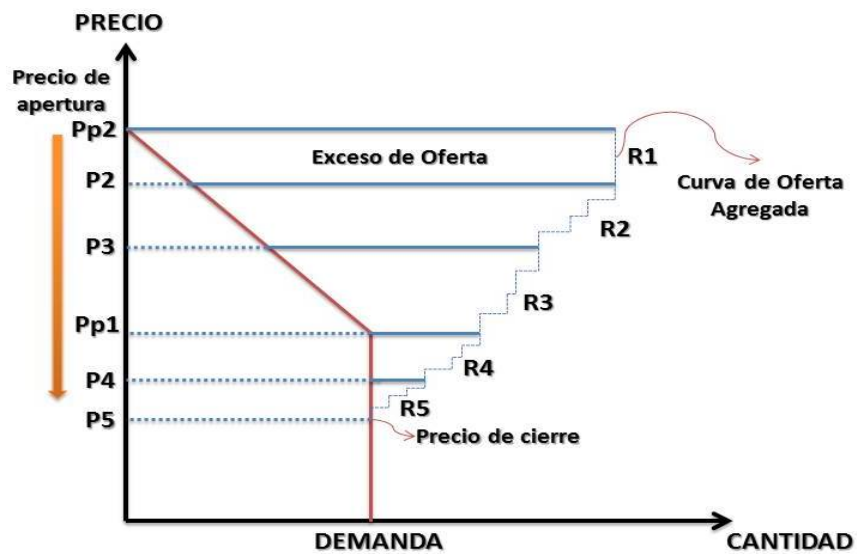


Figura 40. Desarrollo general de una subasta.

## 5.1 RESULTADOS DE EJEMPLO DE SIMULACIÓN

El ejemplo de simulación se realizó con cinco grupos de estudiantes que participaron como vendedores (A, B, C, D y E) de cada subasta. En donde, las ofertas se realizaron bajo los parámetros dados en la Tabla 6.

En la Tabla 22. Se muestra los resultados obtenidos de las diferentes subastas. En el Anexo B se presentan las gráficas de las ofertas de cada vendedor y el comportamiento general de las subastas.

Tabla 22. Resumen de resultados de las subastas.

SUBASTA	No. DE VENDEDORES INICIALES	No. DE VENDEDORES FINALES	DEMANDA OBJETIVO	No. DE RONDAS	PRECIO DE CIERRE DE LA SUBASTA [\$/kWh]
1	3	3	20%	5	77
2	5	4	20%	5	80
3	3	3	25%	4	95
4	5	5	25%	4	90
5	3	3	30%	3	110
6	5	5	30%	4	103

La asignación de los productos de acuerdo con las ofertas realizadas por los vendedores se observan en la Tabla 23.

Tabla 23. Productos asignados a cada vendedor.

SUBASTA	PRODUCTOS ASIGNADOS A CADA VENDEDOR				
	VENDEDOR A	VENDEDOR B	VENDEDOR C	VENDEDOR D	VENDEDOR E
1	10840	8213	4518		
2	10337	9070	-----	1828	2336
3	13724	12321	3419		
4	12075	10385	3188	1771	2045
5	9261	19615	6481		
6	11888	13929	4557	2338	2645

De los datos de la Tabla 22, se pueden prever las siguientes situaciones en la subasta del MOR:

- El porcentaje de demanda a subastar escogido por parte de la CREG, tendrá influencia en el precio final de la energía. Esto teniendo en cuenta que un incremento de la demanda objetivo, para un mismo número de vendedores, producirá un precio final de la subasta mayor.
- El precio resultante de la energía en la subasta MOR estará relacionado con la participación de los agentes vendedores del MEM. Esto se evidencia cuando para una misma demanda objetivo se presente mayor participación de agentes vendedores. En ese caso, el precio formado en la subasta será menor.
- El retiro de un agente vendedor en la subasta MOR, acelerará la disminución del exceso de oferta, lo que implicaría la formación de un precio mayor que el esperado para el cierre de la subasta.

## OBSERVACIONES

- La sub-estimación o sobre-estimación de la demanda conllevará un riesgo para los comercializadores, debido a que éstos tendrán que adquirir o vender las diferencias, entre la proyección y la demanda comercial, en la bolsa de energía. Además, en zonas del país en donde la demanda comercial no tiene patrones que faciliten una proyección aproximada, el riesgo será más evidente. Por tal motivo, no es conveniente la participación pasiva de la demanda.
- La participación de la CREG en la proyección de la demanda, podría ser un inconveniente de ámbito jurídico, pues la función del ente regulador es brindar las condiciones para que exista libre competencia entre las partes y no como una parte activa del mercado.
- En la actualidad, existen comercializadores que no compran energía en contratos bilaterales, debido a que no se presentan ofertas en sus licitaciones públicas y tiene que adquirir toda su demanda en la Bolsa de energía. Con el MOR, todos adquirirán la energía en igualdad de condiciones.

## CONCLUSIONES

- El esquema MOR presentado en la Resolución CREG 090 de 2011 es la alternativa dada por el agente regulador, como solución a las debilidades detectadas en el mercado eléctrico regulado; por lo cual tiene como finalidad sustituir la contratación bilateral.
- La implementación del esquema MOR como parte de la Bolsa de Energía, cambiará el escenario del mercado de energía en Colombia debido a sus características de: mercado centralizado, que busca mayor transparencia en las transacciones respecto a las actuales; producto único, para facilitar las transacciones entre los agentes; asignación de productos mediante subasta, con el fin de formar precios eficientes a los usuarios finales.
- El mecanismo de contratación MOR concentrará la de demanda regulada, que representa aproximadamente el 65% de la demanda agregada del SIN, debido a su carácter de participación obligatoria para ésta; por lo que se convierte en un escenario atractivo para los agentes vendedores de energía eléctrica.
- La formación de precios eficientes a trasladar a los usuarios finales mediante la utilización de la subasta, dependerá de factores como: La definición de la demanda objetivo por parte de la CREG, la función del subastador y la participación de los agentes vendedores.

- En el esquema de Mercado Organizado Regulado no existe un cubrimiento al usuario final ante la formación de los precios en la subasta. Es decir, el usuario final asumirá el riesgo ante la cualquier tipo de precio formado en la subasta.
- Debido a las características de este nuevo esquema de contratación, obtendrá un precio uniforme por concepto de generación para todos los usuarios regulados.

## REFERENCIAS

- [1]. POMPEI, Eduardo: El Funcionamiento de los Mercados. [En Línea]. Disponible en [http://www.cnucaba.com.ar/economia/UBA%20XXI%20Economia%20-%20U2%20-%20funcionamiento\\_mercados1.pdf](http://www.cnucaba.com.ar/economia/UBA%20XXI%20Economia%20-%20U2%20-%20funcionamiento_mercados1.pdf).
- [2]. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA. Mercados de Energía. Material de clase. 2012.
- [3]. LAS FUERZAS DEL MERCADO: LA OFERTA Y LA DEMANDA. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Economía, Fundamentos de Economía. Material de clase, 2009.
- [4]. COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS XM. Informe de Precios y Transacciones del Mercado [En línea]. Julio de 2013. Disponible [http://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/03\\_Informe\\_Precios\\_y\\_Transacciones\\_TXR\\_07\\_2013.pdf](http://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/03_Informe_Precios_y_Transacciones_TXR_07_2013.pdf).
- [5]. COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA. Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia, [En Línea]. Revisión: Marzo de 2013. Disponible en [http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion\\_de\\_manda\\_ee\\_Abr\\_2013.pdf](http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion_de_manda_ee_Abr_2013.pdf).
- [6]. COLOMBIA. INSTITUTO DE PLANEACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS. [En línea]. Disponible en <http://www.ipse.gov.co/ipseactual2013/>.
- [7]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 020 de 1996. 1996.
- [8]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 167 de 2008. 2011.
- [9]. COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS XM. Informe Consolidado del Mercado. [En línea]. Julio de 2013. Disponible en [http://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/00\\_Informe\\_Consolidado\\_TXR\\_06\\_2013.pdf](http://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/00_Informe_Consolidado_TXR_06_2013.pdf).

- [10]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 090 de 2011. 2011.
- [11]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 024 de 1995. 1995.
- [12]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Mercado Organizado Regulado, VII jornada de comercialización. [En Línea]. Disponible en <[http://www.cac.org.co/memorias\\_COM\\_2011/3\\_propuesta\\_regulatoria\\_MOR.pdf](http://www.cac.org.co/memorias_COM_2011/3_propuesta_regulatoria_MOR.pdf)>
- [13]. COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS XM. Informe de precios y transacciones. [En línea]. Noviembre de 2012. Disponible en <[http://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/03\\_Informe\\_Precios\\_y\\_Transacciones\\_TXR\\_11\\_2012.pdf](http://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/03_Informe_Precios_y_Transacciones_TXR_11_2012.pdf)>.
- [14]. DERIVEX. Informe mensual del Mercado Eléctrico. [En línea]. Disponible en <<http://www.derivex.com.co/SaladePrensa/Informes%20Mensuales/INFORME%20MENSUAL%20DERIVEX%20ENERO%202011.pdf>>.
- [15]. DERIVEX. Caracterización del Mercado Eléctrico Colombiano. [En línea]. Disponible en <<http://www.derivex.com.co/Capacitaciones/Memorias%20de%20Capacitaciones/Caracterizaci%C3%B3n%20del%20Mercado%20El%C3%A9ctrico%20Colombiano.pdf>>.
- [16]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 019 de 2006. 2006.
- [17]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Colombia's Forward Energy Market. Circular 044 de 2007. 2007.
- [18]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Circular 037 de 2006. Documento CREG 065 de 2006. 2006.
- [19]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 090 de 2011. 2011.
- [20]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Memorias Taller Abril de 2009. 2009.
- [21]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Documento CREG 077 de 2008. Circular 100 de 2008. 2008.

[22]. COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA. Proyección de demanda de energía eléctrica y potencia máxima. [En Línea]. Revisión: Junio de 2012. Disponible en <[http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion\\_de\\_manda\\_ee\\_jul\\_2012.pdf](http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion_de_manda_ee_jul_2012.pdf)>.

[23]. COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Documento CREG 072 de 2011. 2011.

[24]. COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS XM. Informe Informe de Demanda de energía y Fronteras.[En línea]. Julio de 2013. Disponible en <[https://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/01\\_Informe\\_Demanda\\_y\\_Fronteras\\_TXR\\_07\\_2013.pdf](https://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/01_Informe_Demanda_y_Fronteras_TXR_07_2013.pdf)>.

[25]. COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS XM. Informe consolidado. [En línea]. Junio de 2013. Disponible en <[http://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/00\\_Informe\\_Consolidado\\_TXR\\_06\\_2013.pdf](http://www.xm.com.co/Informes%20Mensuales%20de%20Anlisis%20del%20Mercado/00_Informe_Consolidado_TXR_06_2013.pdf)>

# ANEXOS

**ANEXO A**

**RONDA 1**

<b>AGENTE A</b>		<b>AGENTE B</b>		<b>AGENTE C</b>	
<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>	<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>	<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>
449	12	449	12	449	12
400	12	370	12	360	12
350	12	355	12	350	12
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

**RONDA 2**

<b>AGENTE A</b>		<b>AGENTE B</b>		<b>AGENTE C</b>	
<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>	<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>	<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>
345	12	345	12	345	12
300	11.5	290	11.3	320	11.2
280	10.5	250	11	280	10.3
250	10	245	10.7	250	10.1
245	9.8	-	-	-	-

**RONDA 3**

<b>AGENTE A</b>		<b>AGENTE B</b>		<b>AGENTE C</b>	
<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>	<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>	<b>PRECIO [\$/kWh]</b>	<b>PRODUCTOS [Q] Miles</b>
240	9.8	240	10.7	240	10.1
160	9.6	170	10.5	150	9.8
145	9.45	150	10.35	125	9.2
125	9.2	125	10	-	-

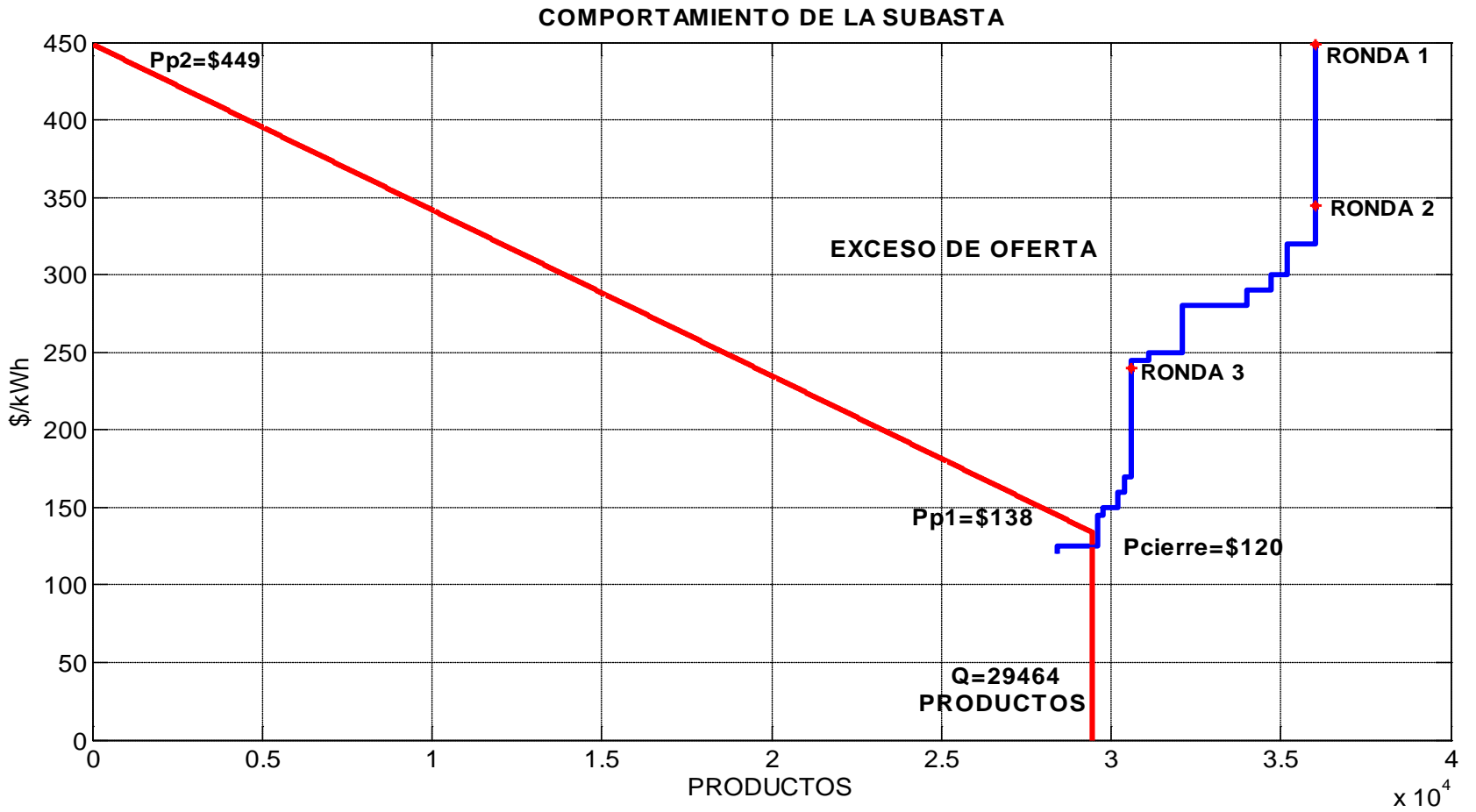


Figura 41. Equilibrio entre oferta y demanda

## ANEXO B

Subasta 1: Demanda objetivo de 20% y participación de los vendedores A, B y C.

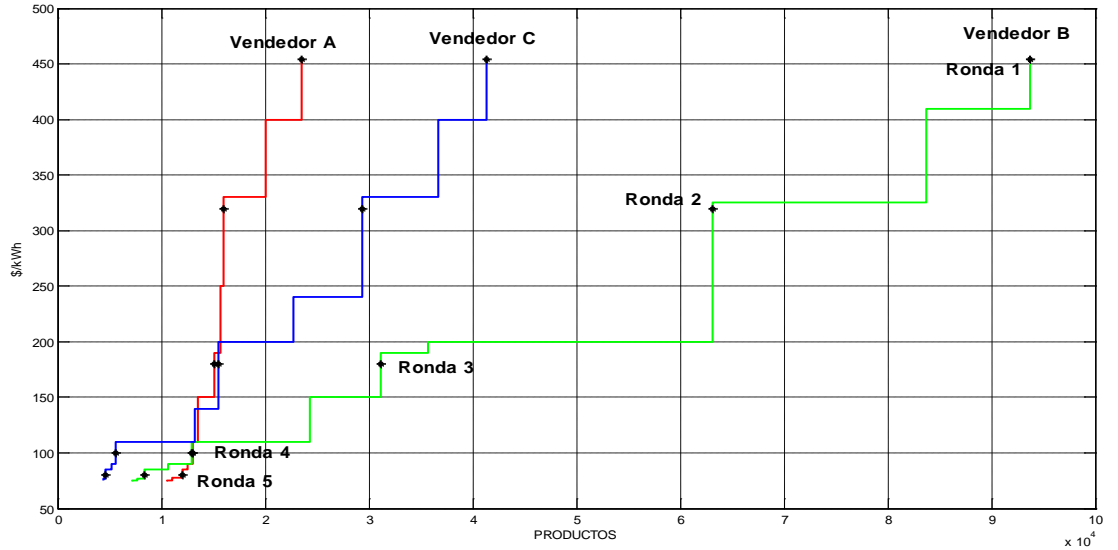


Figura 42. Comportamientos de las Ofertas. Subasta1.

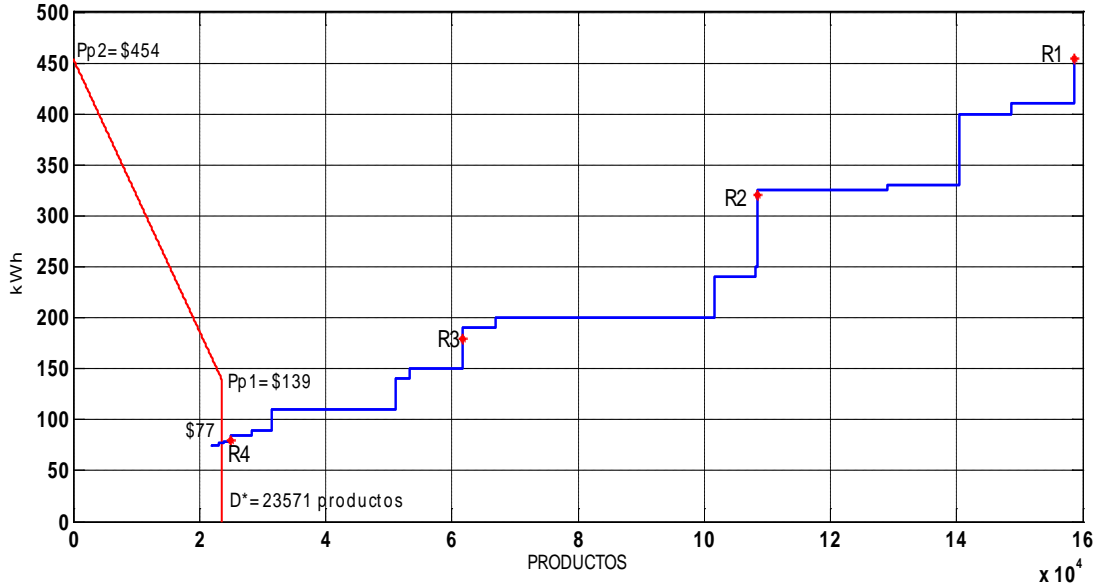


Figura 43. Comportamiento de la subasta 1.

- Subasta 2: Demanda objetivo de 25% y participación de los vendedores A, B y C.

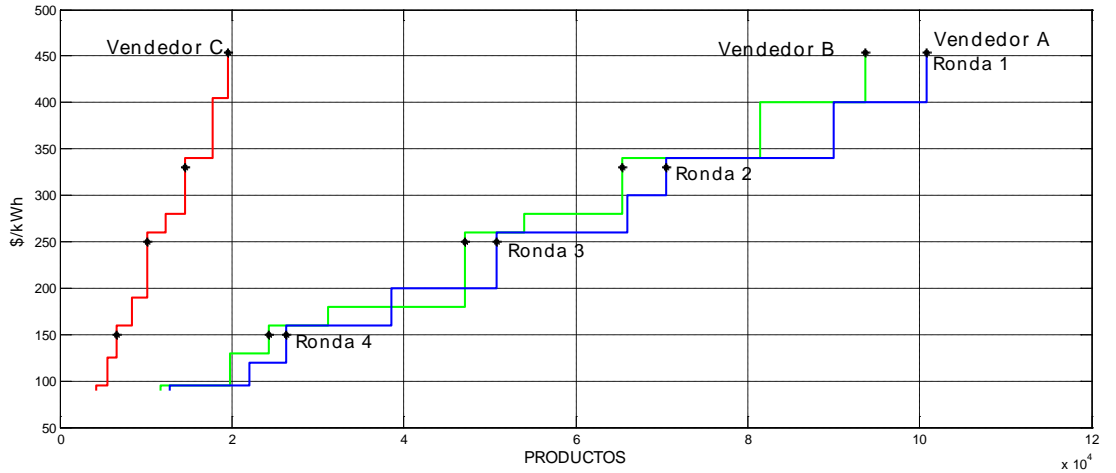


Figura 44. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 2.

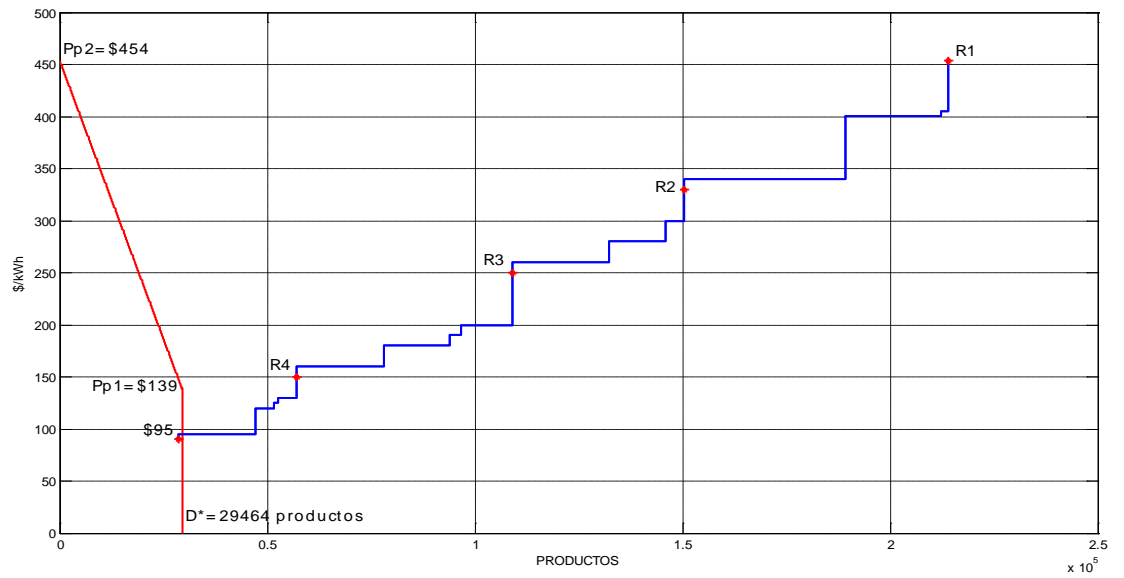


Figura 45. Comportamiento de la subasta 2.

- Subasta 3. Demanda objetivo de 30% y participación de los vendedores A, B y C.

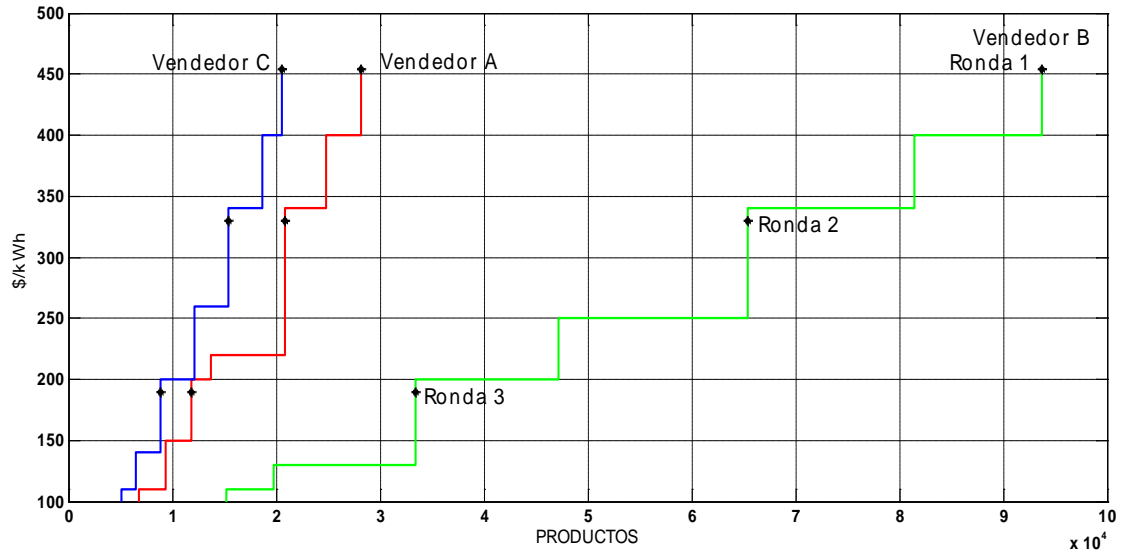


Figura 46. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 3.

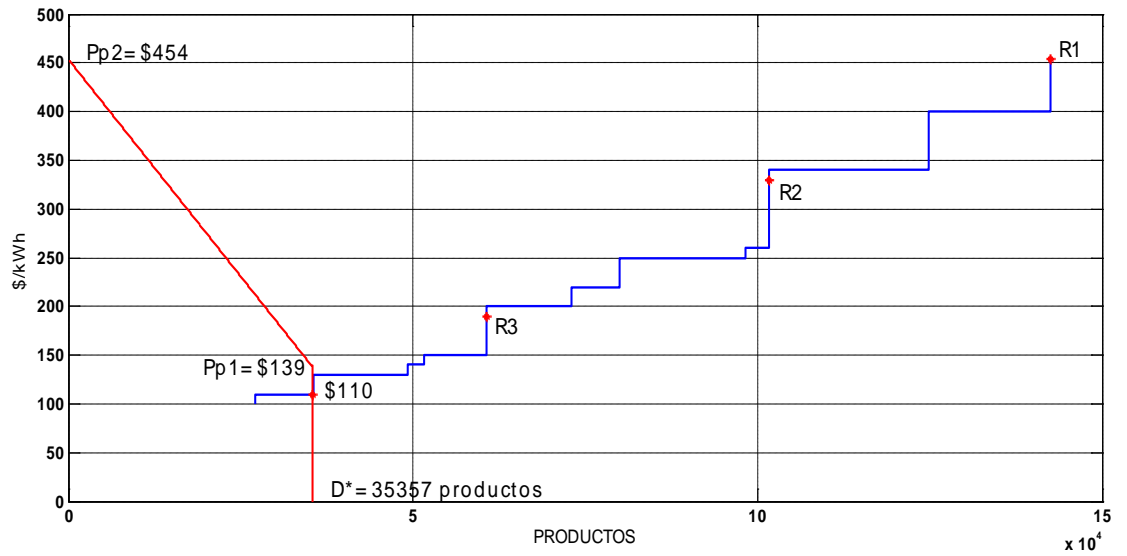


Figura 47. Comportamiento de la subasta 3.

- Subasta 4: Demanda objetivo de 20% y participación de los vendedores A, B, C, D y E.

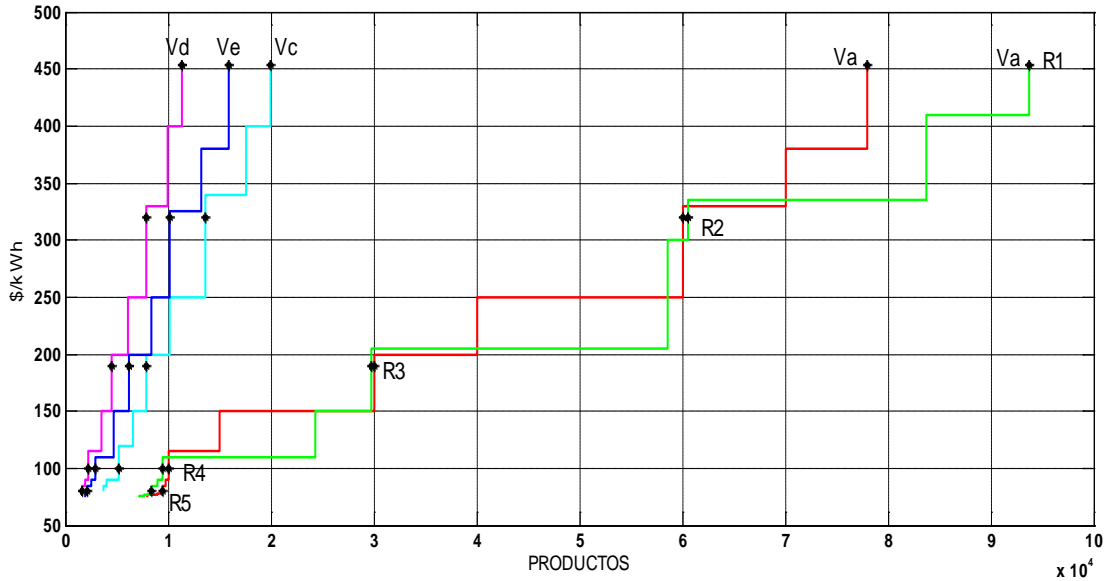


Figura 48. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 4.

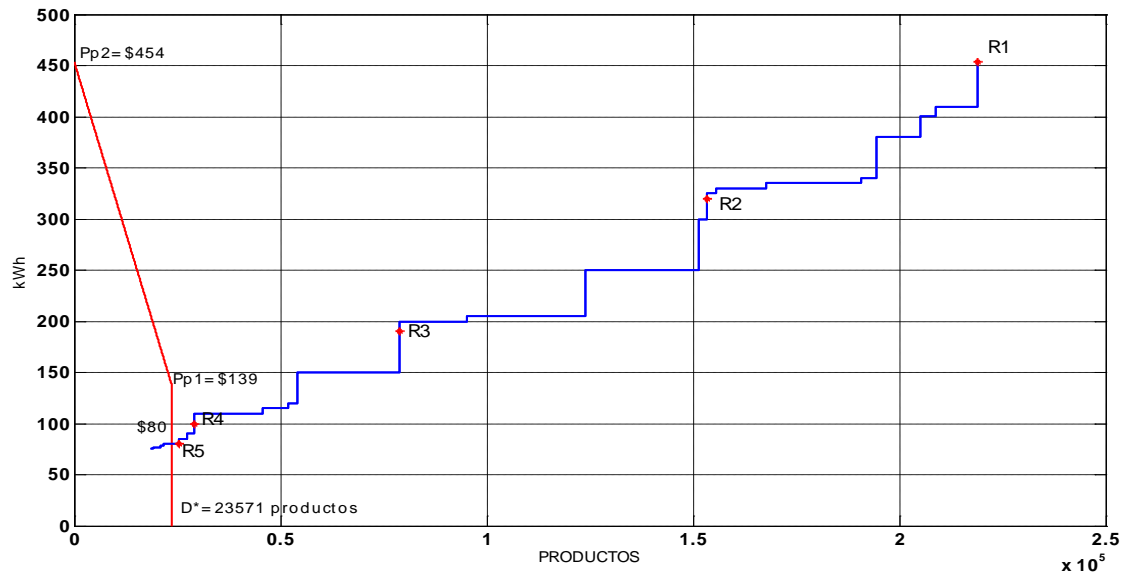


Figura 49. Comportamiento de la subasta 4.

- Subasta 5: Demanda objetivo de 25% y participación de los vendedores A, B, C, D y E.

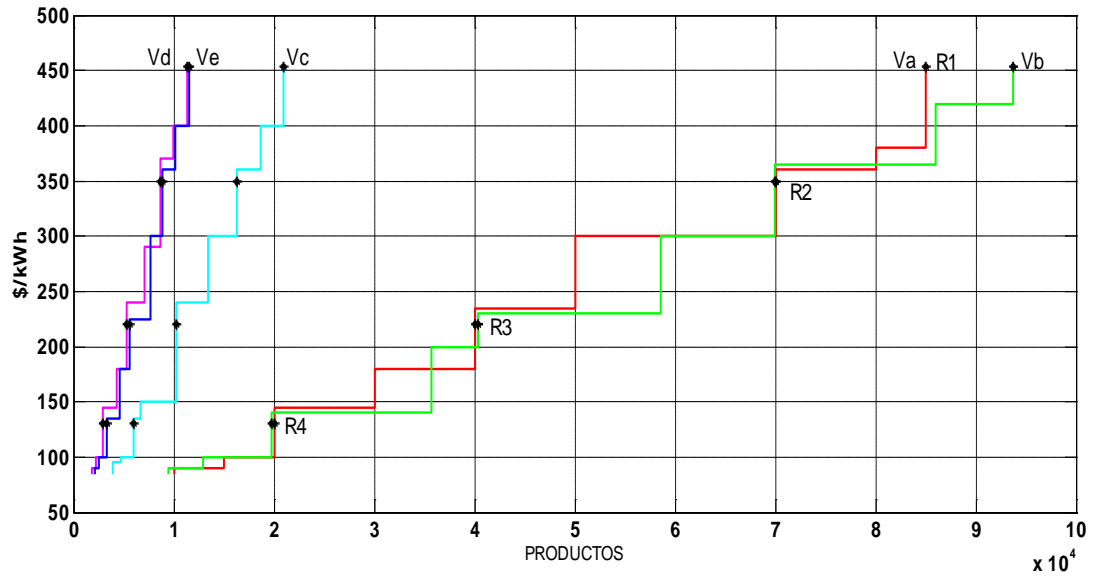


Figura 50. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 5.

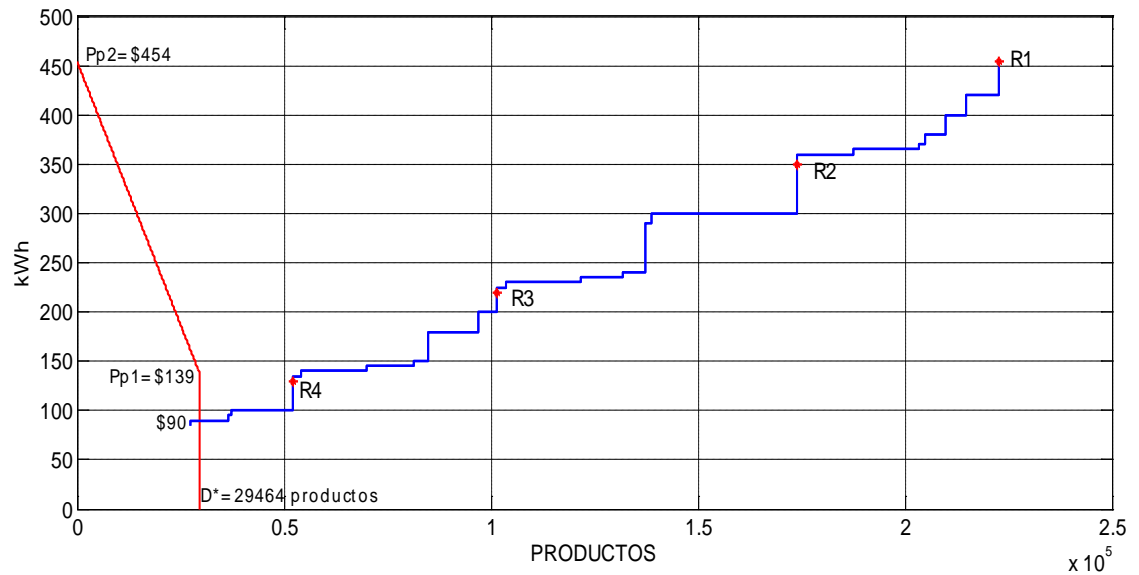


Figura 51. Comportamiento de la subasta 5.

- Subasta 6: Demanda objetivo de 30% y participación de los vendedores A, B, C, D y E.

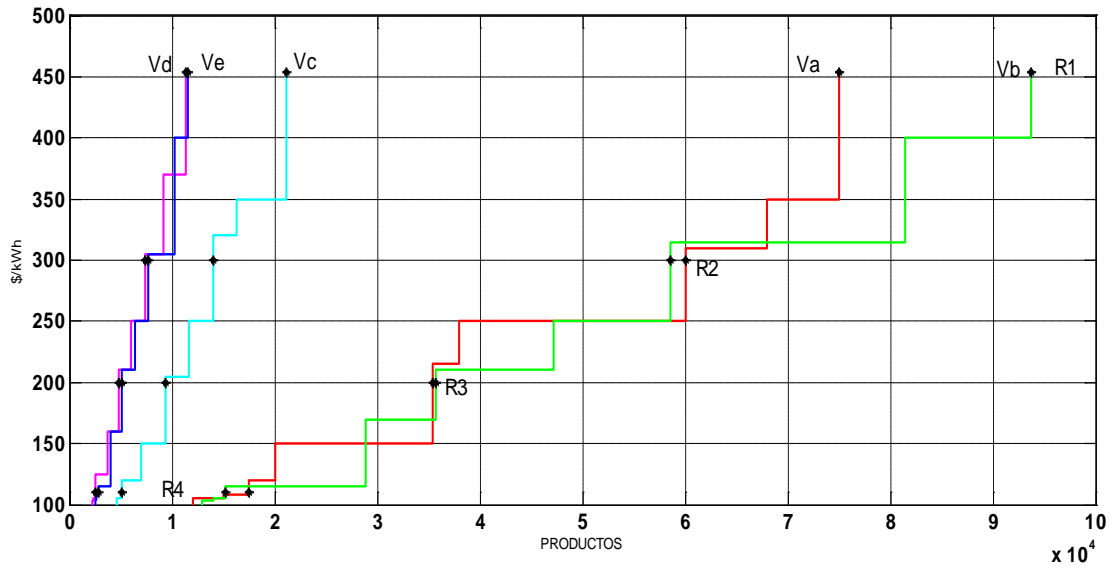


Figura 52. Comportamientos de las Ofertas. Subasta 6.

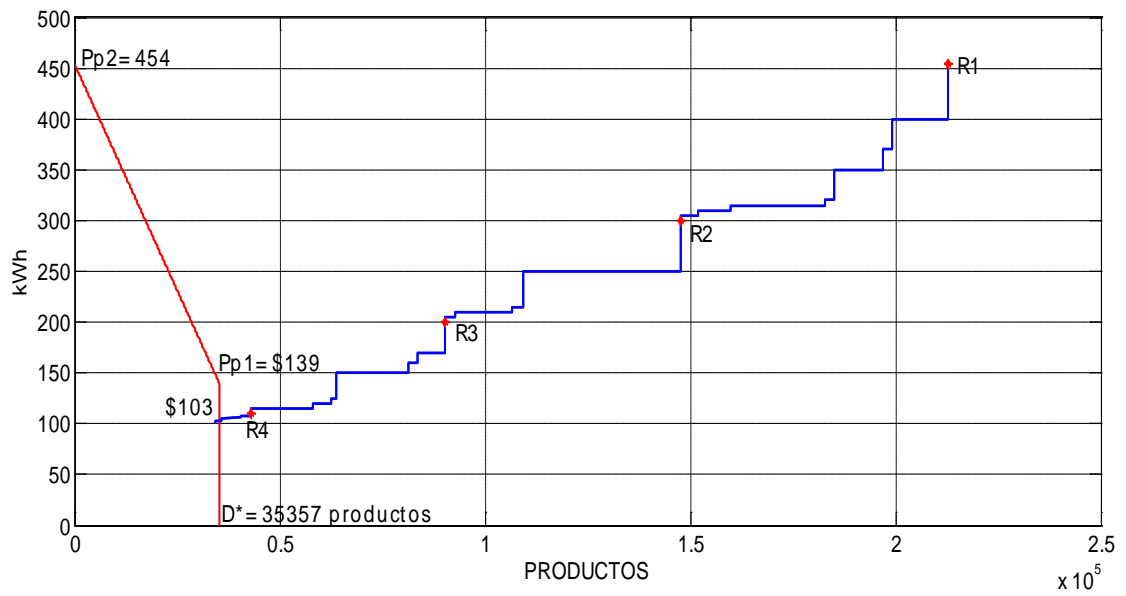


Figura 53. Comportamiento de la subasta. Subasta 6.