

CIMAT

Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.

Joaquín P



---

# VALIDACIÓN DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN: PREPROCESO VS. DOCUMENTOS DE CENACE

---

## CONTENIDO

---

<b>CONTENIDO</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>PROCESO GENERAL</b> .....	<b>3</b>
<b>PRE-PROCESO</b> .....	<b>4</b>
<b>CÁLCULOS PARA OFERTAS DE COMPRA</b> .....	<b>5</b>
<i>Cálculos de Ofertas de Compra de Entidades de Carga</i> .....	<b>5</b>
<b>CÁLCULOS DE OFERTAS DE COMPRA</b> .....	<b>6</b>
<i>Precio del paquete</i> .....	<b>7</b>
<i>Cálculo de precio mínimo</i> .....	<b>10</b>
<i>Cálculo de precio máximo</i> .....	<b>10</b>
<i>Calculo de observaciones</i> .....	<b>11</b>
<b>CÁLCULO DE OFERTA DE VENTA MÁXIMA</b> .....	<b>11</b>
<i>Cálculo de Demandas ajustadas</i> .....	<b>12</b>
<b>MODELO DE OPTIMIZACIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>14</b>

  
Joaquín P



## OBJETIVO DEL DOCUMENTO

Verificar que la implementación del modelo corresponde a los documentos:

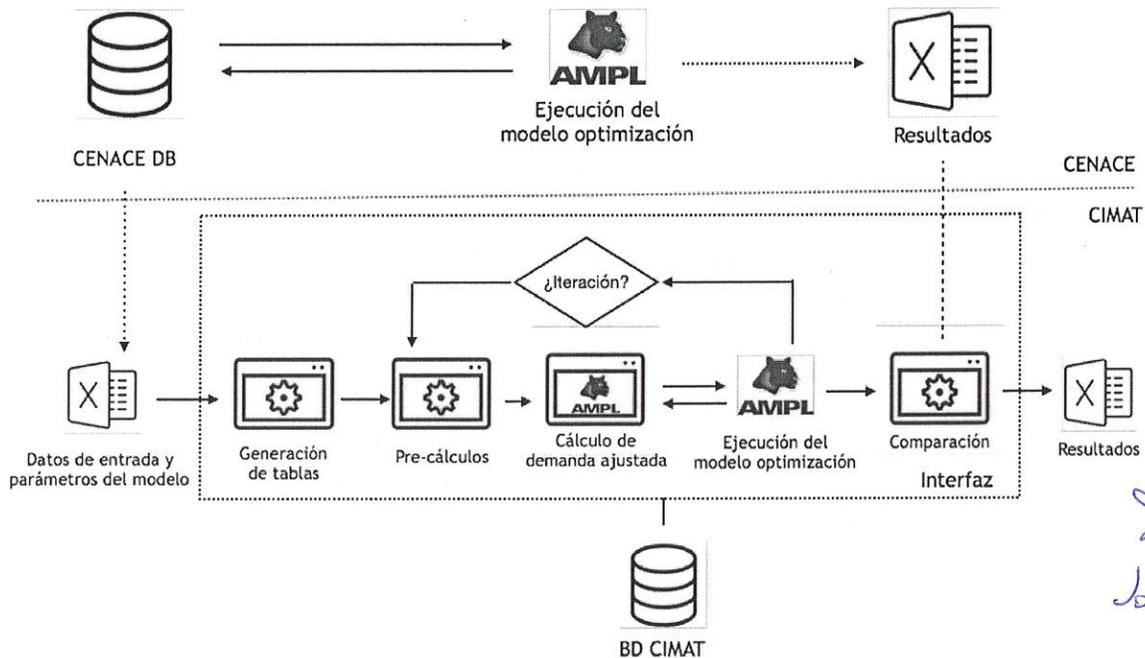
1. Bases del Mercado Eléctrico Mayorista. Acuerdo SENER, DOF 2015 09 08
2. Bases de Licitación de la Subasta de Largo Plazo SLP-1/2018, CENACE 2018 06 01
3. Manual de Subastas de Largo Plazo, DOF 2015 11 19.

## PROCESO GENERAL

A continuación se presenta el proceso general para la implementación del modelo de optimización. No se considera la revisión de la información y/o validación proporcionada por los compradores o vendedores a través del sistema. Se considera solo la información proporcionada por CENACE como insumo de entrada al modelo de optimización.

No se proporciona detalle del lado de la implementación de CENACE pues se desconoce la estructura, pues no se busca replicar el modelo sino evaluarlo por medio de una implementación propia.

No se detallarán los pasos del modelo de optimización, pues las fórmulas están definidas en el Anexo VI.2 Programa de enteros mixtos de las Bases de Licitación 2018. Y en el anexo 2 "Formulación matemática para el Programa de Enteros Mixtos" del Manual de Subastas de Largo Plazo.



### **Bases de licitación SLP2018**

**1.1.5 (b)** En la segunda etapa se recibirán, revisarán y evaluarán las Ofertas de Venta de la Subasta. Los Licitantes presentarán al CENACE una o más Ofertas de Venta de Productos para satisfacer las Ofertas de Compra Aceptadas y el CENACE, con base en los criterios establecidos en el Manual de Subastas de Largo Plazo y en las Bases de Licitación, ejecutará el programa de enteros mixtos mediante el cual se determinará cuáles de esas Ofertas de Venta son las ganadoras. Una vez concluido esto, se asignarán los Contratos correspondientes.

**6.5.2** En el Anexo VI.2 Programa de Enteros Mixtos se presenta el modelo de optimización (programa de enteros mixtos), que se usará como mecanismo para determinar las ofertas de venta aceptadas y la cantidad de productos asignados a las ofertas de compra de la presente Subasta. Dicho modelo de optimización está elaborado con base en el modelo de optimización indicativo especificado en el numeral 5.7.5 del Manual de Subastas de Largo Plazo.

**6.5.3** Los parámetros, las variables y las ecuaciones matemáticas que componen el Programa de Enteros Mixtos se implementarán en un lenguaje de programación para manejo de bases de datos y un lenguaje de programación para la modelación matemática. La ejecución de dicha implementación computacional determinará los ganadores de la Subasta por los montos de la Potencia, Energía Eléctrica Acumulable y CEL correspondientes a las Zonas de Potencia y Generación señaladas en las Bases de Licitación.

---

## PRE-PROCESO

---

Como parte del pre-proceso se hacen los cálculos necesarios para completar la información que se requiere en la estructura de las tablas de base de datos.

La información a calcular antes de ejecutar el modelo de optimización es:

1. Oferta de compra
  - a. Tabla DEMPOT: Tabla de oferta de compra de POT
    - i. DTPOT: Cantidad total de POT (SSB+ERCs)
    - ii. PAPOT: Precio unitario de POT ajustado por la actualización de tipo de cambio.
  - b. Tabla DEMEEA: Tabla de oferta de compra de EEA
    - i. DTEEA: Cantidad total de EEA (SSB+ERCs)
    - ii. PAEEA: Precio unitario de EEA ajustado por la actualización de tipo de cambio
  - c. Tabla DEMCEL: Tabla de oferta de compra de CEL
    - i. DTCEL: Cantidad de CEL total (SSB+ERCs)
    - ii. PACEL: Precio unitario de CEL ajustado por la actualización de tipo de cambio
  - d. Tabla DEMERC: Tabla de índices para los ERC (no SSB)

  
Joaquín P

- i. OFCOM: Porcentaje de oferta de compra
  - ii. CPOT: Cantidad máxima de Potencia a comprar
  - iii. CEEA: Cantidad máxima de EEA a comprar
  - iv. CCEL: Cantidad máxima de CELs a comprar
2. Oferta de venta
- a. Tabla PAQGEN:
    - i. PAPAQ: Precio unitarios del Paquete ajustado por la actualización del tipo de cambio
    - ii. OBS:
    - iii. PCT20:

---

### CÁLCULOS PARA OFERTAS DE COMPRA

---



---

#### CÁLCULOS DE OFERTAS DE COMPRA DE ENTIDADES DE CARGA

---

#### Calculo DEMERC.OFCOM

En el caso de que existan CELs,

$$DEMERC.OFCOM_i = \frac{DEMERC.CCEL_i}{\sum_j DEMERC.CCEL_j}, i \in ERC, j \in OC$$

Si no existen CELs, pero sí Potencia

$$DEMERC.OFCOM_i = \frac{DEMERC.CPOT_i}{\sum_i DEMERC.CPOT_j}, i \in ERC, j \in OC$$

Si solo existe EEA:

$$DEMERC.OFCOM_i = \frac{DEMERC.CEEA_i}{\sum_i DEMERC.CEEA_j}, i \in ERC, j \in OC$$

#### Cálculo DEMERC.CPOT

$$DEMERC.CPOT_i = \left( \sum_j DEMPOT.DPOT_j \right) * DEMERC.OFCOM_i$$

#### Cálculo DEMERC.CEEA

$$DEMERC.CEEA_i = \left( \sum_j DEMPOT.DEEA_j \right) * DEMERC.OFCOM_i$$

#### Cálculo DEMERC.CCEL



Joaquín P

$$DEMERC.CCEL_i = \left( \sum_j Dempot.DCEL_j \right) * DEMERC.OFCOM_i$$

**Bases de licitación SLP2018**

**4.4.2** Las Entidades Responsables de Carga podrán determinar las cantidades de cada Producto que ofrezcan comprar dentro de alguno de los siguientes supuestos según se les aplique:

(a) Cuando la Oferta de Compra Aceptada del Suministrador de Servicios Básicos incluya CEL, las Entidades Responsables de Carga distintas a los Suministradores de Servicios Básicos deberán ofertar una cantidad de CEL equivalente al 0.1% o superior respecto a la Oferta de Compra Aceptada del Suministrador de Servicios Básicos, la cantidad de Potencia y Energía Eléctrica Acumulable se calculará por el CENACE de manera proporcional a la Oferta de Compra Aceptada del Suministrador de Servicios Básicos.

(b) Cuando la Oferta de Compra Aceptada del Suministrador de Servicios Básicos no incluya CEL pero sí Potencia, las Entidades Responsables de Carga distintas a los Suministradores de Servicios Básicos deberán ofertar una cantidad de Potencia equivalente al 0.1% o superior respecto a la Oferta de Compra Aceptada del Suministrador de Servicios Básicos, la cantidad de Energía Eléctrica Acumulable se calculará por el CENACE de manera proporcional a la Oferta de Compra Aceptada del Suministrador de Servicios Básicos.

(c) Cuando la Oferta de Compra Aceptada del Suministrador de Servicios Básicos solo incluya Energía Eléctrica Acumulable, las Entidades Responsables de Carga distintas a los Suministradores de Servicios Básicos deberán ofertar una cantidad de Energía Eléctrica Acumulable equivalente al 0.1% o superior respecto a la Oferta de Compra Aceptada del Suministrador de Servicios Básicos.

**CÁLCULOS DE OFERTAS DE COMPRA**

Cálculo de las tablas de oferta de compra de potencia: Cantidad total y precio unitario por actualización de tipo de cambio

$$Dempot.DTPOT_i = \left( 1 + \sum_j Demerc.OFCOM_j \right) * Dempot.DPOT_i$$

$$Dempot.PAPOT_i = Dempot.PPOT_i * \frac{TCUSD}{TCSSB}$$

Cálculo de las tablas de oferta de compra de Energía Eléctrica Acumulable (EEA): Cantidad total y precio unitario por actualización de tipo de cambio

  
 Joaquín P

$$DEMPOT.DTEEA_i = \left( 1 + \sum_j DEMERC.OFCOM_j \right) * Dempot.DEEA_i$$

$$DEMEEA.PAEEA_i = Dempot.PEEA_i * \frac{TCUSD}{TCSSB}$$

Cálculo de las tablas de oferta de compra de Certificados de Energía Limpia (CEL): Cantidad total y precio unitario por actualización de tipo de cambio

$$DEMPOT.DTCEL_i = \left( 1 + \sum_j DEMERC.OFCOM_j \right) * Dempot.DCEL_i$$

$$DEMCEL.PACEL_i = DEMCEL.PCEL_i * \frac{TCUSD}{TCSSB}$$

---

PRECIO DEL PAQUETE

---

$$\begin{aligned} \text{PrecioPaquete}_p = & \\ & \left( \text{PrecioOriginalPaquete}_p + \frac{\text{HoraDeRecepcion}_p - \text{HoraDeInicio}}{1000} \right. \\ & \left. + \Delta PML_{zpr} \text{ PaqueteE}_p \right) (\text{FactorPrefPesos} * \text{FactorDevEsp})^{\text{IndexUSD}_p} \end{aligned}$$

Donde:

$\Delta PML_{zpr}$  Parámetro real, representa el valor esperado de la diferencia entre el promedio de los Precios Marginales Locales del SEN y el promedio del Precio Marginal Local de la Zona de Precios  $zpr$  donde se ubica el Paquete  $p$ , en \$/MWh, ambos en valor nivelado durante el plazo considerando en la Subasta, a fin de reflejar la ubicación de la oferta.

$\text{HoraDeRecepcion}_p$  Parámetro real no negativo, representa el número de horas que pasaron entre el inicio del periodo en el cual se permite la recepción de ofertas y la hora real de presentación de la oferta económica de la Oferta de Venta, en términos de la cláusula 6.4.5 de las Bases de Licitación.

$\text{HoraDeInicio}$  Parámetro real no negativo, representa la hora a partir de la cual se permite la presentación de las ofertas económicas de las Ofertas de Venta.

  
Joaquín P.

<i>PrecioOriginalPaquete<sub>p</sub></i>	Parámetro real no negativo, representa el precio del Paquete (oferta de venta) <i>p</i> en \$/año. Definido como parte de la oferta de venta para el Paquete <i>p</i> por el Licitante que presenta dicha oferta.
<i>FactorDevEsp</i>	La razón entre el costo esperado de una oferta indexada en Dólares y una oferta indexada en Pesos, calculada en términos de la sección 4.6 del Manual.
<i>FactorPrefPesos</i>	Factor que refleja la preferencia del Comprador para realizar sus pagos en la misma moneda en que reciba sus ingresos. Se fijará en 1.01, a menos que se ajuste vía otra Disposición Operativa del Mercado, de conformidad con lo establecido en el numeral 4.6.2 del Manual.
<i>IndexUSD<sub>p</sub></i>	Parámetro binario, 1 si el Paquete <i>p</i> está indexado a Dólares, 0 si el Paquete <i>p</i> está indexado a Pesos.

**Manual de Subastas de Largo Plazo DOF 2015 11 19**

**4.6.2** Cada Oferta de Venta deberá especificar si el Licitante prefiere que los pagos se indexen a Dólares o a Pesos. Para la evaluación de las Ofertas de Venta indexadas a Dólares, el Precio Ofertado se convertirá a un precio equivalente al de las Ofertas de Venta indexadas a Pesos. Para tal efecto, se aplicarán los cálculos siguientes:

1.  $PrecioEquivalente = PrecioNominal * FactorDevEsp * FactorPrefPesos$
2.  $FactorDevEsp = \frac{VPN_{INDEXDLS}}{VPN_{INDEXPESOS}}$
3.  $VPN_{INDEXDLS} = \sum_{a=1}^{15} \frac{(1+TasaDevEsp)^a * (PorcionDlsNominal + PorcionDlsReal * (1+i)^a + PorcionPesosRealID)}{(1+t)^a (1+i)^a} + pct20 * \sum_{a=16}^{20} \frac{(1+TasaDevEsp)^a * (PorcionDlsNominal + PorcionDlsReal * (1+i)^a + PorcionPesosRealID)}{(1+t)^a (1+i)^a}$
4.  $VPN_{INDEXPESOS} = \sum_{a=1}^{15} \frac{PorcionPesosNominal + (1+i)^a * PorcionPesosRealIP}{(1+t)^a (1+t)^a} + pct20 * \sum_{a=16}^{20} \frac{PorcionPesosNominal + (1+i)^a * PorcionPesosRealIP}{(1+t)^a (1+t)^a}$
5.  $TasaDevEsp = \frac{(1+TasaBONOS)}{(1+TasaBONOSUSD) * (1+TasaEMBI)} - 1$
6.  $i = \frac{(1+TasaBONOS)}{(1+TasaUDIBONO)} - 1$
7.  $id = \frac{(1+TasaBONOSUSD)}{(1+TasaTIPS)} - 1$
8.  $pct20 = \frac{C * CantCEL}{P * CantPot + E * CantEn + C * CantCEL}$

Joquín P

**2.3.6** Las Diferencias Esperadas correspondientes a cada Zona de Precios se utilizarán en la Subasta para la evaluación de las ofertas económicas. El cálculo se realizó conforme a la fórmula señalada en el numeral 2.8.5(c)(i) del Manual de Subastas de Largo Plazo, donde la Tasa Social de Descuento es del 10% real. Las Diferencias Esperadas están expresadas en Dólares por MWh, por lo que para efectos de conversión a moneda nacional aplicará el tipo de cambio publicado en el Diario Oficial de la Federación el quinto día hábil anterior a la fecha en que deban presentarse la oferta económica de la Oferta de Venta, de acuerdo con el Calendario de la Subasta.

### **Bases de licitación SLP2018**

**2.3.5** Para efectos de la Subasta y con la finalidad de calcular las Diferencias Esperadas y los Factores de Ajuste Horarios que se utilizarán conforme a lo señalado en los numerales 2.3.6 y 2.3.7 siguientes, se estimaron los Precios Marginales Locales para cada Zona de Precios con base en el PIIRCE. Estos Precios Marginales Locales, así como el monto de las Diferencias Esperadas y de los Factores de Ajuste Horario se encuentran disponibles para su consulta en el siguiente vínculo electrónico :

<http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MercadoOperacion/SubastasLP.aspx>

**2.3.6** Las Diferencias Esperadas correspondientes a cada Zona de Precios se utilizarán en la Subasta para la evaluación de las ofertas económicas. El cálculo se realizó conforme a la fórmula señalada en el numeral 2.8.5(c)(i) del Manual de Subastas de Largo Plazo, donde la Tasa Social de Descuento es del 10% real. Las Diferencias Esperadas están expresadas en Dólares por MWh, por lo que para efectos de conversión a moneda nacional aplicará el tipo de cambio publicado en el Diario Oficial de la Federación el quinto día hábil anterior a la fecha en que deban presentarse la oferta económica de la Oferta de Venta, de acuerdo con el Calendario de la Subasta.

**2.3.7** Los Factores de Ajuste Horarios correspondientes a cada Zona de Precios se utilizarán para calcular los pagos de ajuste mensuales de Energía Eléctrica Acumulable. El cálculo se realizó conforme a la fórmula señalada en la numeral 2.8.5(d)(iv) del Manual de Subastas de Largo Plazo. Los Factores de Ajuste Horarios están expresados en Dólares por MWh, por lo que para efectos de conversión a moneda nacional aplicará el tipo de cambio indicado para ello en el Contrato, de acuerdo a lo previsto en el modelo de contrato correspondiente.

**6.4.5** A fin de reducir la probabilidad de empates en el proceso de evaluación, cada Oferta de Venta se evaluará como la suma de la oferta económica presentada por el Licitante y un factor de hora de presentación de la oferta económica de la Oferta de Venta. Dicho factor será igual a 1/1000 multiplicado por la hora de presentación de la oferta económica de la Oferta de Venta respectiva, expresado como el número de horas que pasaron entre el inicio del periodo en el cual se permite la recepción de ofertas y la hora real de presentación de la oferta económica de la Oferta de Venta.

  
Joaquín P

CÁLCULO DE PRECIO MÍNIMO

Calcular el precio máximo por tipo de producto

$$\max PEEA = \max_j DEMEEA.PEEA_j$$

$$\max PCEL = \max_j DEMCEL.PCEL_j$$

Para cada zona de potencia  $zp_i$

$$\max PPOT_i = \max_j Dempot_j$$

sujeto a  $DEMPOT.ZPDEM_j = zp$

$$PrecioMinimo_{i,j} = PAQGEN.GPOT_k * (0.1) * \max PPOT_i +$$

$$PAQGEN.GEEA_k * (0.1) * \max PEEA +$$

$$PAQGEN.GCEL_k * (0.1) * \max PCEL$$

CÁLCULO DE PRECIO MÁXIMO

Calcular precios máximos ajustados de cada producto

$$\max PAEEA = \max_j DEMEEA.PAEEA_j$$

$$\max PACEL = \max_j DEMCEL.PACEL_j$$

Para cada zona de potencia  $zp_i$

$$\max PAPOT_i = \max_j Dempapot_j$$

sujeto a  $DEMPOT.ZPDEM_j = zp$

$$PrecioMaximo_k = PAQGEN.GPOT_k * \max PAPOT_{k,i} +$$

$$+PAQGEN.GEEA_i * \max PAEEA +$$

$$+PAQGEN.GCEL_i * (0.1) * \max PACEL$$

donde  $\max PAPOT_{k,i} = \max PAPOT_i$  si  $PAQGEN.ZPDEM_k = zp_i$

  
 Joaquín P

---

## CALCULO DE OBSERVACIONES

---

Para cada columna de los paquetes PAQGEN definir:

$$PAQGEN.OBS_i = \begin{cases} PINF & \text{si } PAQGEN.PAPAQ_i \leq PrecioMinimo_{k,i} \\ PSUP & \text{si } PAQGEN.PAPAQ_i > \max(PAQGEN.PRMAX_{k,i}, PAQGEN.PPAQ_i) \\ NULL & \text{en otro caso} \end{cases}$$

### Manual de Subastas de Largo Plazo

#### 5.7.4 Evaluación de las ofertas económicas de las Ofertas de Venta

- (a) Las ofertas económicas de las Ofertas de Venta recibidas por el CENACE serán evaluadas conforme a lo siguiente:
- (i) Se descartarán las Ofertas de Venta cuyo precio de paquete sea mayor al precio máximo establecido por la CRE para cada producto, multiplicado por la cantidad de dicho producto incluido en el paquete, lo anterior sumado entre todos los productos incluidos en el paquete.
  - (ii) Los aspectos técnicos, legales y financieros que hayan sido acreditados en la etapa de precalificación de Ofertas de Venta se tendrán por cumplidos, siempre que la Oferta de Venta haya satisfecho los requisitos necesarios para su recepción antes señalados; y,
  - (iii) El CENACE procederá a realizar la evaluación de las ofertas económicas de las Ofertas de Venta recibidas en los tiempos señalados para ello en el Calendario de la Subasta.

---

## CÁLCULO DE OFERTA DE VENTA MÁXIMA

---

Tenemos un conjunto de  $m$  paquetes (ofertas de venta)  $PAQ = \{p_1, \dots, p_m\}$ . Consideramos que tenemos  $r$  grupos  $ome_1, \dots, ome_r$  de paquetes excluyentes, de modo que

$$ome_i = \{p_{i_1}, \dots, p_{i_k}\}.$$

También consideramos que tenemos  $s$  parejas de ofertas condicionadas

$$OC = \{oc_i = (p_{j_i}, p_{k_i}) : p_{k_i} \text{ puede aceptarse si } p_{j_i} \text{ fue aceptado}\}$$

Si el paquete  $p_k$  contiene la cantidad de potencia  $G_{pot}(p_i)$ , entonces la cantidad total de potencia máxima en las ofertas de venta se calcula resolviendo el problema:

  
Joaquín P

$$\begin{aligned}
 & \max_{w_1, \dots, w_m} \sum_{i=1}^m G_{pot}(p_i) w_i \\
 & \text{sujeta a } w_i \in \{0, 1\}, \\
 & \sum_{p_{j_1} \in ome_1} w_{i_j} \leq 1, \\
 & \quad \vdots \\
 & \sum_{p_{j_s} \in ome_s} w_{i_j} \leq 1, \\
 & w_{j_1} - w_{k_1} \geq 0 \quad \text{para } oc_1 = (p_{j_1}, p_{k_1}), \\
 & \quad \vdots \\
 & w_{j_s} - w_{k_s} \geq 0 \quad \text{para } oc_s = (p_{j_s}, p_{k_s}).
 \end{aligned}$$

Para definir cada conjunto  $ome_i$  se usaron los índices CPEX de la tabla PAQEX. Dado un índice  $i \in CPEX$ , se obtuvieron todos los paquetes  $p_{i_1}, \dots, p_{i_k}$  asociados a ese índice y se eliminaron los paquetes que no estaban registrados en la tabla PAQEGEG.

Para definir cada par  $oc_i = (p_{j_i}, p_{k_i})$  se hizo una consulta a la tabla PAQIN y se verificó que tanto  $p_{j_i}$  como  $p_{k_i}$  estuvieran registrados en la tabla PAQEGEG.

### Manual de Subastas de Largo Plazo

**5.7.4 (b)** Todas las Ofertas de Venta se evaluarán mediante la maximización del excedente económico total. Es decir, se maximizará la cantidad vendida de cada producto multiplicada por el precio máximo de compra ofertada para dicho Producto, menos la cantidad de cada paquete de Productos comprados multiplicada por el precio de oferta para dicho paquete.

### CÁLCULO DE DEMANDAS AJUSTADAS

Para cada zona de potencia  $zp_i$ , resolver el problema de optimización anterior con los paquetes asociados a la zona de potencia  $zp_i$ . Calcular el valor  $CTOV POT_i$  como el valor de la función objetivo del problema anterior.

Calcular

$$OCAPOT_i = \sum_j DEMPOT_j \cdot DTPOT_j$$

$$PRPOT_i = \min \left\{ 1, \frac{CTOV POT_i}{2 * OCAPOT_i} \right\}$$

*J*  
Jaquín P

para cada fila  $k$  en la tabla  $DEMPOT$ , calcular

$$DEMPOT.DAPOT_k = DEMPOT.DTPOT_k * PRPOT_i$$

Calcular el valor  $CTOVEEA_i$  como el valor de la función objetivo del problema anterior.

$$OCAEEA_i = \sum_j DEMEEA.DTEEA_j$$

$$PREEA_i = \min \left\{ 1, \frac{CTOVEEA_i}{2 * OCAEEA_i} \right\}$$

$$DEMEEA.DAEEA_k = DEMEEA.DTEEA_k * PREEA_i$$

Calcular el valor  $CTOVCEL_i$  como el valor de la función objetivo del problema anterior.

$$OCACEL_i = \sum_j DEMCEL.DTCEL_j$$

$$PRCEL_i = \min \left\{ 1, \frac{CTOVCEL_i}{2 * OCACEL_i} \right\}$$

$$DEMCEL.DACEL_k = DEMCEL.DTCEL_k * PRCEL_i$$

### Manual de Subastas de Largo Plazo

**5.7.4 (d)** A fin de fomentar las condiciones de competencia del proceso, cuando la cantidad total de un Producto incluida en las Ofertas de Venta recibidas sea menor a dos veces la cantidad de dicho Producto incluida en las Ofertas de Compra Aceptadas, un porcentaje de la cantidad para dicho Producto incluido en cada Oferta de Compra se diferirá hasta la siguiente Subasta. Las cantidades para cada Producto que se mantendrán en la Subasta se calcularán multiplicando las cantidades incluidas en las Ofertas de Compra Aceptadas por el Porcentaje de Reducción. Asimismo, en caso de que la CRE establezca límites respecto a la cantidad total Productos que se puedan asignar en la Subasta, el Porcentaje de Reducción se ajustará para respetar dichos límites. El Porcentaje de Reducción se calculará como sigue:

$$PR_p = \min (1, CTOV_p / (2 \times OCA_p), CM_p / OCA_p)$$

Donde:

$PR_p$  = Porcentaje de Reducción para el Producto "p".

$CTOV_p$  = Cantidad Total de Ofertas de Venta del Producto "p".

Para el caso de CELS, es igual a la suma de la Cantidad de Ofertas de Venta de CELs (en número de CELs), considerando las siguientes reglas para su cálculo: (i) en caso de Ofertas de Venta mutuamente excluyentes

  
Joaquín P

*se considerará la oferta con el mayor número de CELs; (ii) en caso de Ofertas de Venta condicionadas se considerará la combinación posible de ofertas que resulte en el mayor número de CELs; (iii) en caso de combinaciones de Ofertas de Venta en las que algunas sean mutuamente excluyentes y otras condicionadas, se considerará la combinación posible de ofertas que resulte en el mayor número de CELs; y (iv) no se contabilizarán Ofertas de Venta que hayan sido descartadas por tener precio mayor al valor de los productos incluidos en ellas, de acuerdo con los precios máximos establecidos por la CRE.*

$OCA_p$  = Cantidad del Producto "p" incluido en las Ofertas de Compra Aceptadas.

$CM_p$  = Límite del Producto "p" que se puede adjudicar en la Subasta en caso de que la CRE lo establezca.

- (e) *Mediante la aplicación del Porcentaje de Reducción, las cantidades que permanecen en las Ofertas de Compra serán iguales a las cantidades originales multiplicadas por  $PR_p$ . Las nuevas Ofertas de Compra se conocerán como Ofertas de Compra Reducidas.*

---

## MODELO DE OPTIMIZACIÓN

---

Se anexa el documento presentado como Entregable "0 ValidaciónModelo\_vs\_Bases.pdf" en donde se incluye la revisión del modelo completo incluyendo el proceso de iteraciones versus la documentación que define el CENACE.

---

## REFERENCIAS

---

1. Bases del Mercado Eléctrico Mayorista. Acuerdo SENER, DOF 2015 09 08
2. Bases de Licitación de la Subasta de Largo Plazo SLP-1/2018, CENACE 2018 06 01
3. Manual de Subastas de Largo Plazo, DOF 2015 11 19.

  
Joaquín P