

Capacitación en cálculo de Pérdidas Técnicas y No Técnicas en el Sector Eléctrico incluyendo Generación Distribuida

- La Paz, del 3 al 7 de febrero de 2020

Introducción conceptual y temas regulatorios



Implementada por:



estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Contenido

- Introducción: aspectos conceptuales.
- El modelo de tarifas y las pérdidas técnicas. Señales de eficiencia.
- Las pérdidas y la regulación. Experiencias internacionales.
 - Brasil
 - Colombia
 - El Salvador
 - Perú
 - Panamá

Introducción: aspectos conceptuales.

- En el suministro de electricidad a usuarios finales, las pérdidas hacen referencia a la energía eléctrica que es inyectada en las redes de transmisión y distribución pero que no es pagada por los usuarios.

Pérdidas de Energía



Pérdidas Técnicas



Perdida No Técnicas

Introducción: aspectos conceptuales.

- **Pérdidas técnicas** → ocurren naturalmente como resultado directo de las características físicas de las redes y consisten principalmente en la energía que se pierde durante el transporte y la distribución dentro de la red eléctrica, en los distintos componentes del sistema eléctrico: líneas de transmisión y distribución, transformadores, sistemas de medida y otros equipos.
- Son inherentes al transporte y la distribución de energía eléctrica y no se pueden evitar, aunque pueden medirse y controlarse.
- Dependen del diseño de la red, del nivel de tensión y de la longitud de las líneas. Por lo tanto, se relacionan con la inversión en equipos, con los gastos operativos, así como con el diseño y planificación eficiente de las redes de distribución.

Introducción: aspectos conceptuales.

Pérdidas Técnicas

Variables

- Pérdidas que varían con la corriente que fluye por los conductores (resistencia).
- Las redes de transmisión tienen menores pérdidas que las de distribución, ya que se requiere una menor corriente para transmitir la misma cantidad de energía.
- Representan entre $2/3$ y $3/4$ del total de PT.
- Existe un compromiso entre el costo de las pérdidas y el costo de inversiones.

Fijas

- Pérdidas que son independientes de la energía transportada, resultan aun cuando no se entregue energía, debido a que el sistema esta conectado a la red y energizado (en general, en los transformadores).
- Dependen principalmente del número de componentes energizados.
- Contribuyen a entre $1/4$ y $1/3$ de las PT.

Servicios de Red

- Además del equipo responsable de la disipación de energía (pérdidas fijas y variables), otros equipos conectados a la red pueden consumir energía (equipos de control y medición).

Introducción: aspectos conceptuales.

- **Pérdidas No Técnicas ó Comerciales** → son pérdidas (no directamente relacionadas con las características físicas de las redes) asociadas con la cantidad de electricidad que fue suministrada pero no facturada.
- A diferencia de las PT, son causadas por acciones que son externas al sistema eléctrico.
- A diferencia de las PT, no pueden ser medidas directamente.
- La electricidad no facturada ocurre debido a errores en la medición o facturación o al comportamiento ilegítimo o fraudulento de algunos consumidores. También tienen relación con factores socioeconómicos.
- Las PNT deben ser separadas de otros dos casos: energía contabilizada pero no facturada, o energía facturada pero no pagada. En el caso de las PNT el usuario final es desconocido o la cantidad de energía que consume es incierta.

Introducción: aspectos conceptuales.

Pérdidas No Técnicas

Equipos de red

- Robo y fraude. El robo ocurre en un punto que no está registrado y medido, y se realiza una conexión no autorizada a la red o una reconexión. El fraude es una extracción ilegal dentro de los límites de propiedad del cliente (manipulación del medidor).
- Errores de medición. Diferencia entre la energía entregada y registrada en el medidor (defectos de equipos o conexión, errores de lectura).

Información de red

- La energía es entregada y consumida pero no es registrada adecuadamente, debido a: (i) puntos de conexión no registrados (sistema de gestión de datos de medida, sistema de facturación), (ii) información incorrecta en el equipo de medición

Procesamiento de datos de energía

- Imprecisiones en el procesamiento de los datos (errores en la estimación de la energía consumida o entregada), debidos a: (i) estimación de consumos no medidos; (ii) estimación de las PT; (iii) otros problemas del procesamiento de datos.

El modelo de tarifas y las pérdidas técnicas. Señales de eficiencia.

Componentes tarifarios



Componente Fijo [\$/mes]



Componente de capacidad [\$/kW]



Componente de energía [\$/kWh]



Componente de pérdidas de energía [\$/kWh] – Reconocimiento de pérdidas “eficientes” – En general incluido dentro del componente variable de energía

El modelo de tarifas y las pérdidas técnicas. Señales de eficiencia.

- Las acciones para reducir las pérdidas de energía juegan un rol importante, desde el punto de vista financiero, técnico y medioambiental.
- Por otro lado, el costo de las pérdidas se pasa total o parcialmente a los clientes regulados vía tarifas.
- La regulación debe proveer incentivos para que las empresas busquen reducir sus niveles de pérdidas de energía.
- El objetivo de estos incentivos es garantizar que los operadores de red implementen acciones operativas e inviertan para limitar / reducir el volumen y el costo de la energía necesaria para cubrir las pérdidas de energía. En general estos incentivos se aplican a la distribución.

El modelo de tarifas y las pérdidas técnicas. Señales de eficiencia.

- Desde el punto de vista regulatorio, y en el marco de los procesos de revisión de tarifas, las pérdidas se consideran como un costo más a reconocer a las distribuidoras o bien se incluye un determinado porcentaje de pérdidas, y el distribuidor es compensado (o penalizado) si sus pérdidas reales son menores (o mayores) que las reconocidas.
- En algunos casos, también se reconocen planes de inversión destinados a reducir las pérdidas de energía.

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

BRASIL

- Las pérdidas totales de energía reconocidas, se encuentran incorporadas en el componente de abastecimiento (costo de compra).
- Los incentivos a la eficiencia para el combate de las PNT se incluyen dentro del VAD como parte de los costos eficientes reconocidos.
- PT:
 - AT se calcula mediante flujos eléctricos con parámetros reales de las líneas y equipos.
 - MT se calculan sobre la base de un modelo simplificado aproximado con datos reales de la red (longitud de troncales, ramales, secciones, etc.).
 - BT se calculan sobre la base de módulos típicos de red (transformador de MT/BT) y red eléctrica asociada que cubren la demanda del área de concesión.
 - Cada concesionaria realiza sus estudios, los cuales confronta con los realizados por ANEEL aplicando un programa específico (PERTEC).

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.



Implementada por:



BRASIL

- PNT:
 - ANEEL, mediante un modelo econométrico, correlaciona los niveles de PNT de las empresas con variables “no controlables”: entorno social (nivel de criminalidad, educación, etc.) y económico (p.e., acceso al servicio de agua por ductos).
 - Se confecciona un ranking de complejidad socioeconómica de eliminación de las PNT.
 - Se define para cada empresa una “Potencial Reducción de PNT”, que surge de un *benchmark* a partir de otras firmas con menores PNT de áreas de concesión comparables desde el punto de vista de la complejidad socioeconómica.
 - La meta para cada empresa es obtenida por un promedio ponderado de las pérdidas de la propia concesionaria y de las pérdidas de su *benchmark*, los ponderadores están dados por la incertidumbre estadística de la comparación entre las dos empresas.

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

COLOMBIA

- NT 4 ($220 \text{ kV} < NT \leq 57.5 \text{ kV}$) → calculadas con base en el balance energético, a partir de la diferencia entre las sumatorias de las energías importadas y exportadas en el STR, en MWh, respecto de la sumatoria de las energías importadas.
- NT 3 ($57.5 \text{ kV} < NT \leq 30 \text{ kV}$) y NT 2 ($30 \text{ kV} < Pe \leq 1 \text{ kV}$) → se calcula la media y la desviación estándar de los índices de pérdidas de todos los OR. Según los resultados, los OR se dividen en 2: los que tienen índices iguales o menores a la suma de la media más la desviación estándar, y los mayores. Los del primer grupo no deben presentar estudio y continúan con los índices vigentes. Los del segundo si deben presentar estudio (análisis técnico y flujos de carga; y cumplimiento de determinadas condiciones).

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

COLOMBIA

- NT 1 ($NT \leq 1$ kV) $\rightarrow P = PT + PNT$.
 - PT son las pérdidas técnicas.
 - PNT se calculan con la siguiente expresión:

$$PNT_{j,1} = 2,9270313 + LR_j * 9,61323 * 10^{-5} + 1,5 * \frac{Eae_j}{Eae_{m\acute{a}x}}$$

Donde son los LR_j km de líneas rurales; Eae_j es la energía entregada a usuarios en áreas especiales; $Eae_{m\acute{a}x}$ es el máximo valor de energía entregada a usuarios en áreas especiales.

- Pérdidas reconocidas para OR que pueden optar por un plan de reducción de pérdidas (OR con pérdidas en NT 1 superiores a las reconocidas) \rightarrow a estos OR se les adicionan a las pérdidas eficientes, unas "pérdidas adicionales".

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

COLOMBIA

- Estas “pérdidas adicionales” se reconocen durante un período de transición, durante se van reduciendo gradualmente hasta alcanzar las pérdidas eficientes.
- Las “pérdidas adicionales” reconocidas dependen del nivel de inversión de OR y de las pérdidas iniciales:

| % de Inversión | $Pt_{j,1,0} \geq 23\%$ | $23\% > Pt_{j,1,0} \geq 19,1\%$ | $19,1\% > Pt_{j,1,0} \geq 15,2\%$ | $15,2\% > Pt_{j,1,0} \geq 11,3\%$ |
|--------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| $X_{r,t} \geq 7\%$ | $PT_{j,1,0}$ | $PT_{j,1,0}$ | $PT_{j,1,0}$ | $PT_{j,1,0}$ |
| $7\% > X_{r,t} \geq 6\%$ | 19,1% | $PT_{j,1,0}$ | $PT_{j,1,0}$ | $PT_{j,1,0}$ |
| $6\% > X_{r,t} \geq 5\%$ | 15,2% | 15,2% | $PT_{j,1,0}$ | $PT_{j,1,0}$ |
| $5\% > X_{r,t} \geq 4\%$ | 11,3% | 11,3% | 11,3% | $PT_{j,1,0}$ |
| $4\% > X_{r,t}$ | $Pe_{j,1}$ | $Pe_{j,1}$ | $Pe_{j,1}$ | $Pe_{j,1}$ |

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

EL SALVADOR

- PT: se realiza un estudio detallado de pérdidas técnicas, utilizando información real de las empresas y/o modelos matemáticos de simulación.
- PT: las pérdidas se calculan por segmento:
 - Centros de transformación AT/MT
 - Centros de transformación MT/MT
 - Red de MT
 - Centros de transformación MT/BT
 - Red de BT
 - Acometidas y medidores

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

EL SALVADOR

- PT: Centros de transformación MT/MT
 - Determinación de la demanda
 - Determinación de las pérdidas
 - Demanda
 - Factor de corrientes armónicas
 - Parámetros de los transformadores (Pérdidas en el hierro, Pérdidas en el cobre, potencia nominal, etc.)
- PT: Red de Media Tensión
 - Determinación de la demanda (Máxima, Punta, Resto y Valle)
 - Distribución de la demanda
 - Determinación de las pérdidas:
 - Flujos de carga
 - Factor de corrientes armónicas
 - Factor de desequilibrio de fases

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

EL SALVADOR

- PT: Centros de transformación MT/BT
 - Determinación de la demanda
 - A partir del agregado de las curvas de carga de los usuarios conectados
 - Determinación de las pérdidas
 - Demanda
 - Factor de corrientes armónicas
 - Parámetros de los transformadores (Pérdidas en el hierro, Pérdidas en el cobre, potencia nominal, etc.)
- PT: Red de Baja Tensión
 - Determinación de la demanda (Máxima, Punta, Resto y Valle)
 - Distribución de la demanda
 - Determinación de las pérdidas
 - Flujos de carga
 - Factor de corrientes armónicas
 - Factor de desequilibrio de fases

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 **estudios energéticos consultores.**
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

EL SALVADOR

- PT: Acometidas y medidores
 - Determinación de la demanda
 - Determinación de las pérdidas
 - Demanda
 - Acometida real o típica según disponibilidad
 - Parámetros de los medidores

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

EL SALVADOR

- PNT: Determinación de la demanda
 - Energía ingresada al sistema
 - Energía suministrada
 - Registros de la base de datos comercial
 - Ajuste por energía en medidores
 - Determinación de las PNT a partir de la confección de balances de energía y potencia.



Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

PANAMÁ

- En Panamá el mecanismo de regulación es de Ingreso Máximo Permitido.
- Ingreso Máximo Permitido de la actividad de distribución →
 $IMPD = IPSD + IPPD$; donde $IPSD$ es el VP de los ingresos permitidos por los costos de distribución (OPEX + CAPEX) y $IPPD$ el VP de los ingresos permitidos por el costo de las pérdidas de distribución.

- Ingresos anuales permitidos por el costo de pérdidas (PD_t) →

$$PD_t = PD\%_t \times MWhD_t \times CMM_t$$

Donde $PD\%_t$ es un % eficiente de pérdidas; $MWhD_t$ es la energía; CMM_t es el costo monómico en el mercado mayorista.

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

PANAMÁ

- Regulación por comparación → Se seleccionan “empresas comparadoras” con el fin de definir condiciones de eficiencia para las empresas de distribución.
- Con los datos de las “empresas comparadoras” se estima una “ecuación de eficiencia” para determinar las pérdidas eficientes.
- La “ecuación de eficiencia” es la base para el cálculo de las pérdidas que se les reconocerá a las empresas de distribución:

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

PANAMÁ

- Las pérdidas eficientes se representan a través de un coeficiente de Pérdidas de Energía ($PD\%_j$) para cada empresa, que se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$EP_{t,j} = e^A \times MWhD_{t,j}^B$$

Donde $EP_{t,j}$ son las pérdidas de energía; $MWhD_{t,j}^B$ es la energía total; e es base de los logaritmos naturales; A y B son parámetros.

- Luego:

$$PD\%_{t,j} = \frac{\sum_j EP_{t,j}}{\sum_j MWhD_{t,j}}$$

Donde $PD\%_{t,j}$ es el porcentaje de pérdidas respecto a la energía ingresada.

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

PANAMÁ

- En el último estudio tarifario (2018-2022), para el cálculo de las pérdidas la ASEP:
 - Consideró como empresas comparadoras a empresas “eficientes” de Estados Unidos (FERC).
 - Removió de la muestra a las empresas que presentaban pérdidas menores a 6.5% y a 2 empresas con pérdidas con pérdidas superior a las panameñas.
 - Los % de pérdidas eficientes que resultaron estuvieron en el orden de 7.7%.
 - Adicionalmente, se reconoció un “adicional por pérdidas no gestionables”, para “zonas rojas”. El adicional fue el 60% de las pérdidas de estas zonas. Esto implicó entre un 1.7% y un 1%, dependiendo la empresa.

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

PERÚ

- Esquema de regulación → busca generar incentivos económicos para reducir costos, incluido el costo asociado a las pérdidas de energía.
- Se establece un porcentaje de pérdidas referenciales que es reconocido en la tarifa eléctrica: si la distribuidora tiene pérdidas menores a la referencia, recibe ingresos adicionales, y viceversa.
- Bajo este esquema los clientes solo pagan por el porcentaje de pérdidas referencial (no por el real).
- El porcentaje de pérdidas referencial es actualizado periódicamente por el regulador, en cada proceso tarifario.

Las pérdidas y la regulación. Experiencias Internacionales.

PERÚ

- El cálculo del VAD se basa en una “empresa modelo eficiente” y considera: i) costos asociados al usuario, ii) pérdidas de distribución y iii) costos de inversión + O&M.
- La determinación de las PT eficientes se efectúa sobre circuitos económicamente adaptados según un estudio técnico económico.
- De este proceso de optimización surgen las redes e instalaciones a reconocer a la “empresa modelo”, así como las PT eficientes para los “Sistemas Económicamente Adaptados” → *trade-off* entre los costos de inversión y O&M y los costos de PT.
- Las PNT (en BT) las fija el regulador para cada empresa.