



**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN:
FÓRMULAS PARA EVALUACIÓN
ECONÓMICA
(E-MT-022)**



	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN: FÓRMULAS PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA	E-MT-022
		Rev.: Nro. 6 AGO 2008
		Página 2 de 7

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN: FÓRMULAS PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA (E-MT-022)

Preparada por: Gerencia de Aprovisionamientos Enersis S.A.	Aprobada por: AMPLA – Gerencia de Ingeniería CHILECTRA S.A. – Gerencia Gestión Redes CODENSA S.A.E.S.P. – Gerencia de Distribución COELCE – Gerencia de Ingeniería EDELNOR S.A.A. – Gerencia Técnica EDESUR S.A. – Dirección de Distribución	Emitida por: Subgerencia Procesos Distribución Regional GERENCIA DE PROCESOS DISTRIBUCIÓN Y COMERCIAL REGIONAL
Editada : 21 de agosto de 2008 Revisada :		

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN: FÓRMULAS PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA	E-MT-022
		Rev.: Nro. 6 AGO 2008
		Página 3 de 7

INDICE

INDICE	3
1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE	4
3. FÓRMULA PARA LA COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LOS TRANSFORMADORES.....	4
4. CÁLCULO DE COEFICIENTES DE CAPITALIZACIÓN DE PÉRDIDAS	4
4.1. COEFICIENTE DE CAPITALIZACIÓN DE PÉRDIDAS EN VACÍO (A).....	4
4.2. COEFICIENTE DE CAPITALIZACIÓN DE PÉRDIDAS EN CARGA (B).....	5

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN: FÓRMULAS PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA	E-MT-022
		Rev.: Nro. 6 AGO 2008
		Página 4 de 7

1. OBJETIVO

El presente documento es un complemento a las especificaciones técnicas de transformadores de distribución y tiene por objeto establecer las fórmulas para la comparación económica de las ofertas de transformadores de distribución a ser suministrados a las empresas distribuidoras del Grupo Endesa en Latinoamérica.

2. ALCANCE

Se aplica a los transformadores de distribución desde 5 kVA hasta 1000 kVA, cotizados o comprados en dólares (US\$) o en moneda nacional (\$) por las empresas del Grupo Endesa en Latinoamérica.

3. FÓRMULA PARA LA COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LOS TRANSFORMADORES

Para efectos de comparación de las ofertas, se debe adicionar al costo de los transformadores, el costo capitalizado de las pérdidas durante la vida útil del equipo. Para ello, se utilizará el nivel de pérdidas en vacío y en carga garantizado por el proveedor para cada tipo de transformador ofrecido, corregidas a 75 °C, garantizadas a potencia y tensión nominales.

La comparación económica de las ofertas se realizará aplicando la siguiente fórmula:

$$C = C_0 + A \cdot P_v + B \cdot P_c$$

Dónde:

C: Costo total de comparación o valor económico del transformador (en US\$).

C₀: Valor comercial PAC de la oferta del proveedor (en US\$)

A: Coeficiente de capitalización de pérdidas en vacío (en US\$/kW).

P_v: Potencia de pérdidas en vacío garantizada por el oferente (en kW).

B: Coeficiente de capitalización de pérdidas en carga (en US\$/kW).

P_c: Potencia de pérdidas en carga a potencia nominal garantizada por el oferente (en kW).

4. CÁLCULO DE COEFICIENTES DE CAPITALIZACIÓN DE PÉRDIDAS

4.1. COEFICIENTE DE CAPITALIZACIÓN DE PÉRDIDAS EN VACÍO (A)

El coeficiente de capitalización de pérdidas en vacío (A) se calcula evaluando la siguiente expresión.

$$A = (12 \cdot C_{\text{pot}} + 8760 \cdot C_{\text{en}}) \cdot F_{\text{exp}} \cdot \frac{(1+r)^T - 1}{r \cdot (1+r)^T}$$

En donde:

C_{pot} : Precio de potencia en la barra MT de ingreso al sistema de distribución (US\$/kW/mes).

C_{en} : Precio de energía en la barra MT de ingreso al sistema de distribución (US\$/kWh)

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN: FÓRMULAS PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA	E-MT-022
		Rev.: Nro. 6 AGO 2008
		Página 5 de 7

F_{exp} : Factor de expansión de las pérdidas en la red de Media Tensión.
 r : Tasa de descuento anual.
 T : Período de evaluación (15 años).

4.2. COEFICIENTE DE CAPITALIZACIÓN DE PÉRDIDAS EN CARGA (B)

Se proponen dos metodologías para el cálculo del coeficiente B que, en función de la información disponible, podrán utilizar las empresas distribuidoras.

4.2.1. Metodología #1

Para determinar el factor de capitalización de las pérdidas en carga (B), se utilizará una demanda representativa supuesta para los transformadores de distribución que las empresas distribuidoras del Grupo Endesa instalarán en sus redes de distribución. La construcción de la curva de demanda que abastecerá el transformador está formada en base a dos supuestos: primero, se asume una evolución de la demanda máxima que abastece el transformador en forma de sierra (Figura 1); en donde, al comienzo del periodo de evaluación el transformador abastece una demanda máxima equivalente al 90% de su capacidad nominal, la cual, creciendo a una tasa de 5% podrá llegar como máximo a 30% por sobre la capacidad nominal del transformador; instante en el cual, la empresa distribuidora decide instalar un nuevo transformador en el vecindario y alivia la carga del transformador. Segundo, se define una curva de duración diaria de la demanda abastecida por un transformador representativo (Figura 2).

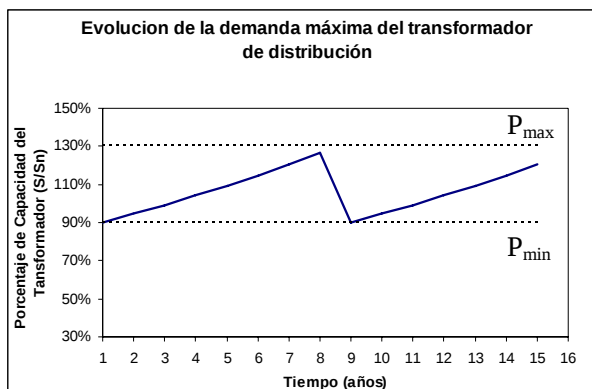


Figura 1: Perfil de carga histórico de un transformador de distribución tipo.

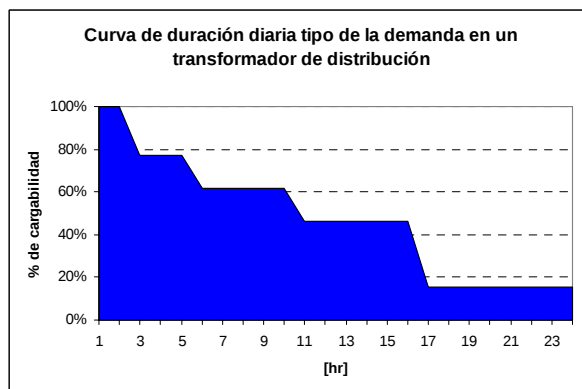


Figura 2: Curva de duración tipo diaria de la demanda en un transformador de distribución.

De esta forma, el coeficiente de capitalización de pérdidas en carga (B) se calcula evaluando la siguiente expresión.

$$B = C_{var} \cdot \left(\frac{S_{prom}}{S_{nom}} \right)^2 \cdot \frac{(1+r)^T - 1}{r \cdot (1+r)^T}$$

En donde:

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN: FÓRMULAS PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA	E-MT-022
		Rev.: Nro. 6 AGO 2008
		Página 6 de 7

- C_{var} : Costo unitario de las pérdidas variables (US\$/kW/año).
 S_{prom} : Demanda máxima media del transformador durante el periodo de evaluación (kVA).
 S_{nom} : Potencia nominal del transformador (kVA).
 r : Tasa de descuento anual.
 T : Período de evaluación (15 años).

Para determinar el costo unitario de las pérdidas variables en el transformador (C_{var}), se debe utilizar:

$$C_{var} = (12 \cdot C_{pot} \cdot F_{coin} + 8760 \cdot C_{en} \cdot F_{mh}) \cdot F_{exp}$$

Donde:

- C_{pot} : Precio de potencia en la barra MT de ingreso al sistema de distribución (US\$/kW/mes).
 C_{en} : Precio de energía en la barra MT de ingreso al sistema de distribución (US\$/kWh).
 F_{coin} : Factor de coincidencia entre la demanda máxima que ve el transformador y la demanda máxima del sistema.
 F_{exp} : Factor de expansión de las pérdidas en la red de Media Tensión.
 F_{mh} : Factor por modulación horaria de la demanda dentro en un día.

Además, asumiendo que durante el período de evaluación la demanda máxima asociada a un transformador de distribución varía producto de reconfiguraciones en la red de distribución de baja tensión¹ (Figura 1) se procede a calcular la demanda máxima media de utilización del transformador durante el período de evaluación.

$$S_{prom} = \frac{(P_{min} + P_{max})}{2} \cdot S_{nom}$$

- S_{prom} : Demanda máxima media del transformador durante el periodo de evaluación (kVA).
 S_{nom} : Potencia nominal del transformador (kVA).
 P_{min} : Porcentaje de uso mínimo del transformador.
 P_{max} : Porcentaje de uso máximo del transformador.

Finalmente, el factor de modulación horaria de la demanda (F_{mh}) corresponde a la demanda media diaria que abastece el transformador, en términos porcentuales de su capacidad nominal, el cual es obtenido de los parámetros de la curva de duración mostrados en la

Tabla 1 y Figura 2.

¹ Tras la adición de nuevos transformadores de distribución dentro de la zona de influencia del transformador originalmente evaluado.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN: FÓRMULAS PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA	E-MT-022
		Rev.: Nro. 6 AGO 2008
		Página 7 de 7

$$F_{mh} = \frac{\sum_{i=1}^5 D_{bli} \cdot P_{bli}^2}{24}$$

D_{bli} : Duración del bloque de demanda i (hr).

P_{bli} : Demanda del bloque i (medida en términos porcentuales sobre la capacidad nominal del transformador).

Tabla 1: Curva de duración de la demanda diaria de un transformador

	Duración (Hrs)	% demanda
Bloque 1	2	100%
Bloque 2	3	77%
Bloque 3	5	62%
Bloque 4	7	46%
Bloque 5	7	15%

4.2.2. Metodología #2

El factor de capitalización de las pérdidas en carga (B) viene determinado por la siguiente expresión:

$$B = \left(\text{Icono de moneda} \cdot C_{\text{pot}} \cdot 12 + F_{\text{cp}} \cdot 8760 \times C_{\text{en}} \right) \cdot S_{\text{prom}}^2 \cdot \frac{(1+r)^T - 1}{r \times (1+r)^T}$$

En donde:

C_{pot} : Precio de potencia en la barra MT de ingreso al sistema de distribución (US\$/kW/mes).

C_{en} : Precio de energía en la barra MT de ingreso al sistema de distribución (US\$/kWh).

F_{coin} : Factor de coincidencia entre la demanda máxima que ve el transformador y la demanda máxima del sistema.

F_{cp} : Factor de carga anual de las pérdidas.

S_{prom} : Demanda máxima promedio equivalente del transformador durante el periodo de evaluación con respecto a su capacidad nominal (p.u.) (S_{prom} [kVA] / S_n [kVA])

S_n : Capacidad Nominal del transformador (kVA)

r : Tasa de descuento anual (p.u.).

T : Período de evaluación (15 años).

El factor de carga anual de las pérdidas, F_{cp} , así como el la demanda máxima promedio equivalente, S_{prom} , serán definidos para las condiciones de carga características por transformador de cada empresa: Residencial, Comercial, Industrial, otros.