

Como ejemplo de los beneficios adicionales de la sustitución de un transformador de alta eficiencia, con la tarifa de alumbrado público 5A para el municipio de Centro (Villahermosa) para el mes de agosto del 2009 el costo del KWh en Media tensión es \$1.702 mientras que en Baja Tensión es \$2.024. Esto hace que el transformador convencional analizado tenga un costo anual de operación de \$90,771. Si este transformador se cambiara por el de alta eficiencia el costo de operación bajaría a \$85,393, pero si además se solicita el cambio de tarifa por la correspondiente a media tensión, el costo de operación disminuiría a \$71,808, lo que favorece notablemente la sustitución pues los ahorros se incrementarían de \$4,251, a \$18,963 y el tiempo de recuperación ya no rebasaría los 3 años, sino que sería de tan solo 0.8 años (9.7 meses).

Con estos resultados, el municipio de Centro tiene planeado sustituir durante el 2009, 575 transformadores de distribución en sus circuitos de alumbrado público con lo que tendrían ahorros anuales de 1.5 GWh, económicos por 2.3 millones de pesos y dejarían de emitir 1,075 ton de eCO<sub>2</sub> a la atmósfera. Gracias a los resultados del programa TEE y al efecto multiplicador de la sustitución de transformadores, además de múltiples medidas implementadas por la administración, el municipio de Centro (Villahermosa) ganó el Premio Nacional de Ahorro de Energía 2009, que otorga el gobierno federal mexicano.

Costo Anual en Baja Tensión con Transformador ineficiente	\$90,771
Costo Anual en Baja Tensión con Transformador eficiente	\$71,808
Ahorro anual	\$18,963
Inversión	\$15,469
Tiempo de retorno años	0.82

## transformadores energéticamente **eficientes.** (TEE)



### Lecciones aprendidas

- La sustitución de transformadores convencionales por los de alta eficiencia presenta ahorros de energía y económicos en los circuitos donde está conectado.
- Con el ahorro de energía en estos equipos se dejan de emitir gases de efecto invernadero y se logra mitigar el calentamiento global.
- El potencial de sustitución de estos transformadores a nivel local es muy amplio.
- La sustitución de transformadores convencionales por alta eficiencia no es un tema que manejen las áreas de servicios públicos y alumbrado de los municipios del país y se desperdicia la oportunidad de obtener los beneficios por su realización.
- El costo de inversión de estos transformadores es mayor.
- El periodo de recuperación de un transformador de alta eficiencia (3 años) solo por su sustitución es aceptable pero excede el periodo de un gobierno municipal en México dificultando su compra.
- Al adquirir un transformador energéticamente eficiente se puede modificar la tarifa de servicio público en la cual se está contratado, es decir cambiar de baja a media tensión, logrando ahorros adicionales (la tarifa en baja tensión es aproximadamente 19% mayor a la de media tensión) y reduciendo el periodo de recuperación a tan solo 10 meses.
- Al mejorar la calidad de la energía que se entrega al circuito, las fallas en lámparas y balastos, así como en los transformadores mismos se reducen, por lo que los costos de mantenimiento de un circuito con transformador de alta eficiencia son menores.
- Algunas dependencias de gobierno federal (CFE, PAESE, FIDE) están iniciando proyectos donde pretenden sustituir transformadores de distribución convencionales por los de alta eficiencia, por lo que los resultados obtenidos en este proyecto facilitarán el proceso.
- Las áreas comerciales de los proveedores de transformadores en el país en su mayoría desconocen el concepto de transformador de alta eficiencia, comercializándose equipos pseudo equipos de alta eficiencia.
- Los proveedores en México que cuentan con transformadores de alta eficiencia limitan su venta sólo al mayoreo o sólo se venden a la Comisión Federal de Electricidad.



## Descripción del Proyecto

El proyecto Transformadores Energéticamente Eficientes (TEE) es un proyecto piloto realizado en los municipios de Aguascalientes y Centro (Villahermosa) para establecer políticas públicas que permitan la adquisición de transformadores de alta eficiencia para reducir el consumo de energía eléctrica, eficientar los sistemas de distribución, reducir pérdidas y reducir emisiones de gases de efecto invernadero. Se realiza por ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad en conjunto con Procobre.

## Antecedentes

El cobre es un material de alta conductividad eléctrica y térmica. Es un material abundante en la naturaleza y es reciclable; con él se pueden formar aleaciones para mejorar su resistencia mecánica y es muy resistente a la corrosión y a la oxidación.

En el mercado nacional existen transformadores con bobinas de alta y baja tensión fabricadas de cobre-cobre, cobre-aluminio y aluminio-aluminio.

La eficiencia es la relación existente entre la potencia de entrada con respecto a la de salida, por lo que la potencia que consume el transformador se le llama “pérdida técnica” y mientras más pequeña sea mayor eficiencia tendrá el equipo.

**Los transformadores cobre-cobre (alta eficiencia) tienen las siguientes ventajas con respecto a los transformadores convencionales:**

- Reducen sustancialmente las pérdidas técnicas.
- La eficiencia del aprovechamiento de la energía eléctrica aumenta.
- A mayor cobre utilizado, los transformadores operen con capacidades de sobrecarga mayor, por tanto operan en forma más eficiente para índices de carga superiores.
- Al operar en mejores condiciones de enfriamiento tienen una mayor vida útil.
- Al considerar el peso, tamaño, costo y resistencia, se comprueba que el cobre es el mejor conductor eléctrico.
- Usando cobre en los componentes alrededor del núcleo de acero del transformador se pueden reducir la pérdida de energía en 33%.
- Incrementar el diámetro del conductor de cobre ayudaría a incrementar su eficiencia eléctrica.
- Menor consumo de energía por el uso de transformadores de alta eficiencia, menor generación de gases de efecto invernadero en las plantas que queman combustibles fósiles para generar electricidad.

La Norma Oficial Mexicana, NOM-002-SEDE-1999 “Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución”, indica los niveles mínimos de eficiencia que estos transformadores deben tener. La simple adquisición de transformadores que cumplan la normatividad mexicana, representa grandes beneficios de ahorro de energía, económicos y ambientales.

ICLEI es la Agencia Internacional de Medio Ambiente para los Gobiernos Locales y está en coordinación con los tres órdenes de gobierno en México y con distintas dependencias del gobierno federal para realizar acciones de eficiencia energética y para promover el uso a mayor escala de los transformadores de alta eficiencia.

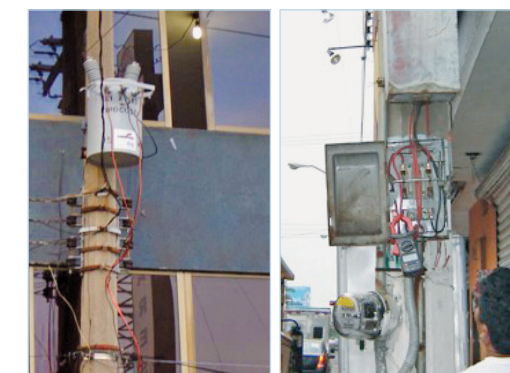
La demanda amplia de los transformadores de alta eficiencia entre los municipios del país propiciará que se tenga mayor disponibilidad de estos. El trabajo conjunto de ICLEI y Procobre con el apoyo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y su Programa para el Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE), permitirá encontrar los mecanismos para comercializar los transformadores de alta eficiencia entre los gobiernos municipales y los compradores a pequeña escala.

## Actividades realizadas

- Selección de municipios piloto: Aguascalientes y Centro (Villahermosa).
- Capacitación de los funcionarios de las ciudades seleccionadas por ICLEI.
- Selección de un circuito de alumbrado público con un transformador de 10 kVA y otro circuito de 15 kVA para cada ciudad.
- Realización de mediciones en los circuitos seleccionados con los transformadores convencionales durante seis semanas por personal de los municipios.
- Búsqueda de transformadores de alta eficiencia en el mercado nacional por ICLEI.
- Adquisición de dos transformadores de 15 kVA por ICLEI (uno para cada municipio).
- Instalación, medición y documentación de las condiciones de operación en los circuitos con los equipos de alta eficiencia, durante cuatro semanas por personal de los municipios.
- Análisis de la información obtenida.
- Realización de un seminario en el municipio de Centro (Villahermosa) para capacitación sobre el programa TEE a funcionarios municipales y estatales de todo el país.

## Descripción de los transformadores energéticamente eficientes.

- Cantidad Comprada: 2
- Marca: EMSA
- No. Serie: 237265 y 240238
- Impedancia: 1.86
- Peso: 153.9 kg
- Aceite: 48.8 y 55.5 litros
- Año de fabricación: Marzo de 2008
- Libre de BPC
- Peso del núcleo y bobinas: 72.8 Kg, de los cuales el peso del contenido de cobre: 28.3 kg
- Peso del tanque y accesorios: 32.3 kg
- Peso del líquido aislante: 48.8 kg



## Cofinanciamiento

Para la realización del proyecto las ciudades aportaron como cofinanciamiento en especie \$186,870 (ciento ochenta y seis mil ochocientos setenta pesos 00/100 M.N.)

RESULTADOS	AGUASCALIENTES		CENTRO	
	Transformador NO Eficiente	Transformador de Alta Eficiencia	Transformador NO Eficiente	Transformador de Alta Eficiencia
Consumo de energía diario [kWh]	122.87	115.59	60.5	53.49
Ahorro de energía mensual [kWh]	218.39		210.2	
Ahorro de energía anual [kWh]	2,657.08		2,557.43	
Porcentaje de Ahorro [%]	6%		12%	
Tarifa mensual estimada (5A)[\$/kWh]	1.6		1.6	
Ahorro económico mensual [pesos]	\$349.42		\$336.32	
Ahorro económico anual [pesos]	\$4,251.32		\$4,091.89	
Inversión del transformador [pesos]	\$15,469		\$15,469	
Periodo Simple de Retorno [años]	3.63		3,78	
Reducción anual de emisiones de GEI (ton eCO2)	1.94		1,87	

Relación de transformación: 13200/7620 240/120 V.