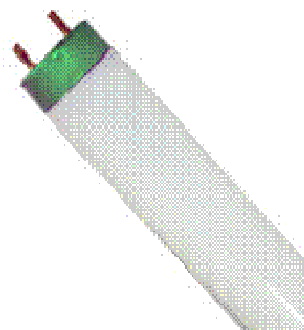


PNUD- CONSEJO NACIONAL DE ENERGIA
*Elaboración de normas técnicas sobre
compras con criterio de Eficiencia*

***Manual de compras de Equipos
Energéticos Eficientes - V1.1***



Octubre de 2012

Ing. Germán Cruz
Consultor Internacional

Tabla de Contenido – Volumen 2

INTRODUCCIÓN.....	3
1. UTILIDAD DEL MANUAL DE COMPRAS DE EQUIPOS ENERGÉTICOS EFICIENTES	4
1.1 Esencia de las compras públicas eficientes.....	4
1.2 Planificación de las compras anuales.....	4
1.3 Definición de requerimientos técnicos	4
1.4 Evaluación de ofertas.....	6
1.5 Ámbito de aplicación	7
2. PROGRAMAS DE ETIQUETADO Y NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS EFICIENTES	7
2.1 Sellos de eficiencia energética a nivel regional.....	7
2.2 Normas y Etiquetas de Eficiencia Energética comparativas	8
3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RECOMENDADAS PARA EQUIPOS ENERGÉTICOS	10
3.1 Lámparas fluorescentes	10
3.2 Alumbrado Público.....	14
3.3 Aire Acondicionado	15
3.4 Motores.....	17
3.5 Refrigeradores.....	19
3.6 Equipos informáticos	19
3.7 Resumen	20
4. MODELO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE EQUIPOS ENERGÉTICOS (MODEE)	20
5. MODELO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA REEMPLAZO DE EQUIPOS (MODREE).....	22
Anexo 1. Descripción del Modelo de Evaluación Económica de Equipos Energéticos (MODEE)	24

Modelos de evaluación económica en Excel



INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta el “Manual de Compras de Equipos Energéticos Eficientes” que constituye una herramienta de ayuda para las entidades públicas de El Salvador en el proceso de adquisición de equipos energéticos, en especial en las partes relativas a preparación de características técnicas de equipos y evaluación de ofertas con criterios de eficiencia.

El Gobierno de El Salvador está desarrollando el “Programa de Eficiencia Energética en el sector público (PEEPB)” promovido a nivel nacional por el Consejo Nacional de Energía (CNE) con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y financiado por el Fondo Global para el Medio Ambiente GEF. Las instituciones públicas del país, se sumaron al esfuerzo de cooperación que varias instituciones a nivel mundial están impulsando para promover y crear programas de eficiencia energética y preservación del medio ambiente en varios países.

Como parte del PEEPB y aunado al interés creciente del gobierno de implementar la utilización de criterios de eficiencia en la adquisición de equipos energéticos en las instituciones públicas del país, se preparó el presente “Manual”. El objetivo del Manual es proporcionar a las entidades públicas y municipalidades una herramienta de análisis a utilizar durante el proceso de compra de equipos energéticos llevado a cabo anualmente, para que puedan aplicar de manera sistemática y ordenada los criterios de eficiencia en la compra de dichos equipos.

El Manual está dividido en cinco capítulos que presentan en forma resumida los diferentes aspectos relacionados con la adquisiciones de bienes desde los programas de etiquetado y normas técnicas utilizadas a nivel mundial y regional, entre ellas las de El Salvador, hasta la propuesta de características técnicas de equipos. Las etiquetas y sellos son instrumentos visuales que ayudan a comprender mejor el concepto de eficiencia de los equipos energéticos y que son clave en la etapa de preparación de las características técnicas de los mismos.

Las recomendaciones sobre las características técnicas mínimas de equipos energéticos para alumbrado, aire acondicionado, refrigeradores, motores, y computadores, se encuentran en el capítulo 3, y están clasificadas en dos categorías denominadas “recomendado eficiente” y “recomendado alta eficiencia”. Estas clasificaciones se basan en las normas salvadoreñas (NSO) correspondientes y en normas internacionales como NOM, FIDE, IEC, NEMA, Energy Star, etc.

En los últimos capítulos se presentan dos modelos de evaluación económica. El objetivo detrás de los modelos es que las entidades públicas cuenten con herramientas para evaluar las adquisiciones de equipos energéticos de una manera sistemática y eficiente.

El primer modelo denominado “Modelo de Evaluación Económica para Equipos Energéticos MODEE”, pretende ayudar a las instituciones en el proceso de evaluación de las ofertas de equipos energéticos eficientes, permitiendo que los comités de evaluación de propuestas de bienes en las UACI tengan una herramienta que les permita incluir la eficiencia y el costo operativo de los equipos en la evaluación económica. El modelo utiliza la metodología de valor presente neto para medir el costo total de cada una de las ofertas presentadas, incluyendo, además del precio del equipo, los gastos asociados a su operación durante su vida útil, colocando así las ofertas en igual de condiciones.

El segundo modelo económico denominado “Modelo de Evaluación Económica de Reemplazo de Equipos Energéticos MODREE” permite hacer el análisis para el reemplazo de equipos estándar por equipos eficientes comparando los ahorros en gastos de operación que se obtienen al adquirir un equipo energético más eficiente, con los gastos del equipo actual.

El consultor espera que la herramienta presentada sea de gran apoyo y utilidad para las instituciones del gobierno en el proceso de adquisición de equipos energéticos y recomienda su utilización y actualización en la medida que se presenten nuevos avances en la oferta de equipos energéticos.

1. UTILIDAD DEL MANUAL DE COMPRAS DE EQUIPOS ENERGÉTICOS EFICIENTES

Como parte del proceso de compras que realizan las entidades públicas de El Salvador se ha identificado la conveniencia de tener un instructivo o manual que oriente y dirija a las instituciones hacia un proceso ordenado en la identificación, preparación y realización de las adquisiciones de equipos energéticos, además de que apliquen los criterios de eficiencia en la compra de esos equipos.

El Manual permite introducir a los usuarios en el conocimiento e importancia de las compras públicas eficientes a través de una serie de pasos o actividades previas a las mismas, seguido por los aspectos más importantes dentro del proceso como la preparación de especificaciones o características técnicas de los equipos referenciadas a una norma nacional y/o internacional y la inclusión de criterios de eficiencia en la evaluación de las ofertas de estos equipos, así como los lineamientos a seguir para tener un proceso ordenado.

Como resultado final del proceso el Manual permite contar con un modelo de evaluación económica de las ofertas de equipos energéticos que ayuda a las entidades a seleccionar la oferta económicamente más favorable (oferta con menor valor presente) que trae beneficios no solamente a la institución que realiza la compra sino también al país, al utilizar en forma más eficiente los recursos públicos.

1.1 Esencia de las compras públicas eficientes

Con las compras públicas de productos eficientes el gobierno ahorra energía y recupera la inversión en poco tiempo. El hecho de que el sector público compre estos productos estimula la oferta, hay más disponibilidad de equipos y baja su costo.

Las acciones de los Programas de Eficiencia Energética de las organizaciones públicas y privadas fomentan la transparencia del mercado, buscando que las características de eficiencia sean evidentes a los consumidores y que los productores puedan ofrecer más productos eficientes, reduciendo así el diferencial de precios entre un producto eficiente y uno estándar y que el país continúe creciendo y desarrollándose con un menor consumo de energía. Con las compras eficientes se eligen productos en los que el factor determinante de compra no es el precio, sino la calidad y la vida útil del producto en relación a productos similares.

1.2 Planificación de las compras anuales

La compra de equipos es el proceso realizado por una entidad para conseguir aquellos bienes y servicios que requiere para su operación y que son producidos o prestados por terceros. Este concepto implica incorporar en la definición del proceso todas las actividades que se relacionan con la compra o contratación, desde la detección de necesidades hasta el fin de la vida útil del bien o equipo. El proceso incluye múltiples actividades y diversos actores, otros departamentos, clientes internos y externos, proveedores, compradores, ciudadanos, etc.

Los pasos o etapas más importantes a seguir en el proceso de compras son:

- Preparación de datos técnicos o especificaciones mínimas que incluyan los requerimientos técnicos en base a la revisión que se hace del mercado y a las recomendaciones obtenidas por expertos.
- Evaluación de ofertas dando prioridad a los productos clasificados como eficientes y seleccionar el producto cuya inversión inicial más gasto de operación durante vida útil sea el más bajo.

1.3 Definición de requerimientos técnicos

Los aspectos clave a considerar para aplicar criterios de Eficiencia Energética en la definición de requerimientos o especificaciones técnicas de los equipos energéticos son los siguientes:

- Enfocarse en las compras importantes
- Participación de la dependencia que solicita la compra

- Realizar una investigación de lo que se ofrece en el mercado consultando a expertos y proveedores
- Definir las características claves del producto o equipo a adquirir
- Registrar y utilizar información de las adquisiciones anteriores
- Redactar bases técnicas o especificaciones mínimas que deben cumplir los equipos, haciendo siempre referencia a una norma nacional y/o internacional.

1.3.1 Compras importantes y participación de las dependencias involucradas

Estas dos fases son el punto de partida de todo proceso de compras. Por un lado es necesario centrar la atención en aquellas adquisiciones más relevantes e importantes para la institución con el fin de darle la debida atención. Asimismo es primordial involucrar a las dependencias que solicitan la compra desde que empieza el proceso, hasta que termina. Son ellos los que saben realmente lo que necesita comprarse y van a ser un punto clave en el momento de la preparación de las especificaciones técnicas, convirtiéndose en el punto de apoyo del encargado de la compra que en general es el Jefe de la UACI de la entidad.

1.3.2 Investigación de mercado

Esta fase es fundamental como paso previo a cualquier compra de equipo energético. Cuando se redacta un requerimiento en productos de iluminación, equipos de oficina (computadores, monitores, impresoras), aires acondicionados, luminarias públicas, etc., es importante preguntarse qué alternativas eficientes existen en el mercado que presten el mismo servicio y con las que se pueda ahorrar en la factura mensual de electricidad. La forma más directa es preguntar a otras entidades que ya tienen experiencia y recordar que las bases de licitación que se publican en el portal web de Comprasal son públicas y están disponibles para todos los interesados.

Por su conocimiento técnico, los proveedores de equipos están preparados para informar al usuario sobre el consumo de energía de los productos o equipos que ofrecen. Si bien esta información implica una importante referencia, es necesario recordar que las Etiquetas y Sellos de Eficiencia Energética y el cumplimiento de las normas técnicas nacionales o internacionales son elementos que deben respaldar la información que entregan los proveedores.

Veamos un ejemplo: si un proveedor indica que una lámpara eficiente (LFC o lámpara fluorescente compacta) que vende consume 11 vatios (watts) y tiene una eficacia de 60 lúmenes/w, también deberá indicar que la información fue medida bajo las condiciones indicadas en la Norma NSO u otra norma internacional equivalente.

1.3.3 Características claves del producto o equipo

La definición de requerimientos técnicos clave de un equipo tiene básicamente dos objetivos: señalar a los proveedores qué y cómo queremos comprar, y en segundo lugar, indicarles las características más relevantes de la compra, a fin de tener presente la necesidad concreta a satisfacer. Si bien es cierto que en la mayoría de los casos un aspecto importante a la hora de comparar ofertas es el precio, es aconsejable incorporar otros aspectos relevantes como la calidad (certificaciones), los gastos de operación (consumo de energía, vida útil, mantenimiento), etc. El momento ideal para hacerlo es cuando se redactan las especificaciones técnicas y se definen los criterios de evaluación.

El consumo energético es la información que permite comparar el gasto de funcionamiento de los productos. Las variables más importantes a considerar son lúmenes por vatio (watts), en el caso de iluminación, o kwh (kilowatt por hora) consumidos por el equipo, especialmente en el caso de aire acondicionado, motores, refrigeradores, etc.

1.3.4 Redactar bases técnicas o especificaciones mínimas

La definición de requerimientos mínimos o bases técnicas debe incluir por lo menos: (i) una breve y clara descripción del contexto en que se enmarca la compra; y (ii) una descripción del producto o equipo

que se desea comprar. Para incorporar en las decisiones de compra la eficiencia energética, es necesario incluir los criterios de eficiencia como una de las características de descripción del producto.

Las características técnicas o especificaciones deben incluir los requerimientos técnicos deseados, en base a la revisión que se ha hecho del mercado y de las recomendaciones de las unidades solicitantes. Es importante recordar que de acuerdo a la Ley de Compras Públicas no es posible exigir marcas de productos específicos, sin embargo, sí es posible y recomendable definir aquellas características o requerimientos técnicos asociados al consumo energético relacionados con la eficiencia, pues de ésta forma se facilitará la evaluación del desempeño energético de los productos y la selección de la alternativa más económica. Por ejemplo, en el caso de iluminación se deben considerar: los tipos de lámparas, el nivel de consumo, el nivel de luminosidad (eficacia) que entregan, la vida útil, etc.

Es importante también tener en cuenta que el proceso de adquisición de un equipo eficiente no termina en la compra del mismo, pues la eficiencia de un producto también depende de su operación, mantenimiento y uso adecuado. En este sentido el uso correcto de cada producto deben ser una “norma” difundida para garantizar el éxito esperado del mismo. Es por esto que los gastos asociados con la operación y el mantenimiento (consumo anual de energía, gastos anuales por mantenimiento y/o repuestos del producto, etc.) deben formar parte de las especificaciones del equipo a adquirir.

Veamos esto con un ejemplo: considere que un equipo de aire acondicionado de un fabricante es un poco más costoso que otro, pero requiere menos mantenimiento debido a que sus piezas duran más. Si el equipo más caro requiere mantenimiento y cambio de algunas piezas una vez cada dos años, y el otro equipo más barato requiere mantenimiento una vez al año, puede ocurrir entonces que el equipo más barato termine costando más dinero porque requiere el doble de mantenimiento durante el periodo analizado o vida útil del equipo.

1.4 Evaluación de ofertas

Los criterios o aspectos a utilizar en el proceso de evaluación de ofertas de compra de equipos energéticos deben incluir entre otros:

1.4.1 Identificar los productos clasificados como Eficientes

El rendimiento de los productos se asocia a la eficiencia energética. Algunos productos ya cuentan con una etiqueta o sello de eficiencia energética que los clasifica según su eficiencia. En el caso de las etiquetas, por ejemplo, la “tipo europeo”, la letra A indica un equipo más eficiente y consume menos energía para el mismo nivel de servicio energético, mientras que la letra G indica el menos eficiente, es decir, un mayor nivel de consumo de energía. Esto es muy común en el caso de refrigeradores, aires acondicionados y lámparas que ya se encuentran en el mercado.

También se puede identificar un equipo eficiente por la etiqueta “tipo americana” que viene adherida al mismo en la cual se indica el consumo de energía en kw/h y el porcentaje de ahorro en relación al valor indicado en la norma respectiva.

1.4.2 Evaluar considerando Valor de Compra y Gastos de Operación

Se recomienda considerar para la evaluación de distintas opciones de productos, el consumo de energía durante su vida útil y los gastos de operación y mantenimiento asociados a esa vida útil. En éste sentido, además de considerar el costo del producto, se deben revisar sus características técnicas de eficiencia y vida útil, y calcular cuánto costará el funcionamiento del producto durante su operación, obteniendo así el gasto total de operación. Finalmente se debe seleccionar el producto cuyo “costo total” de inversión inicial (precio) más el gasto estimado de operación durante su vida útil sea el más bajo.

Es importante destacar que el concepto de Eficiencia Energética está incluido en el “Costo Total” y cuando se compra un producto basado en éste valor, se está comprando el producto más eficiente en relación a los disponibles en el mercado. Esto es válido para todos los productos que utilizan energía para

su funcionamiento, como son los equipos energéticos, tales como lámparas, aires acondicionados, motores, refrigeradores y computadores, entre otros. Para más detalles sobre éste punto consulte el capítulo 4 “Modelo de evaluación económica de equipos energéticos”.

1.5 Ámbito de aplicación

El manual preparado es una herramienta para ser aplicada por todas las entidades públicas y municipales de El Salvador. Se busca que su uso sea obligatorio normado mediante un Acuerdo Ministerial firmado por el Ministro de Hacienda y reglamentado por la UNAC para su distribución a todas las UACI de las entidades.

2. PROGRAMAS DE ETIQUETADO Y NORMAS TÉCNICAS DE EQUIPOS EFICIENTES

Antes de realizar la recomendación de características técnicas de equipos energéticos es importante tener en cuenta que existen en el mundo diversas normas de equipos energéticos y programas de etiquetado que complementan dichas normas. Estos instrumentos existentes y/o en proceso de implementación en algunos países, ayudan a las entidades y personas encargadas de las compras públicas en el momento de realizar la recomendación y selección óptima de equipos que consumen energía eléctrica.

2.1 Sellos de eficiencia energética a nivel regional

Existen en el mundo diversos programas de etiquetado de equipos eficientes y sellos asociados a los mismos. En la figura 1 se presentan algunas de las etiquetas y sellos más conocidos¹.

Figura 1. Sellos para identificar equipos ahorradores de energía

Brasil



Canadá



Hong Kong



Comunidad Europea



Singapur



Costa Rica



FIDE



Energy Star



Nema Premium



¹ Manual de compras energéticamente eficientes, México 2007

A nivel regional los que más se utilizan son el “Sello Fide” de México y el Sello “Energy Star” (equipos informáticos) y “Nema Premium” (motores) de Estados Unidos. Recientemente el ICE de Costa Rica creó el sello “ENERGICE” que respalda en el mercado nacional las tecnologías eficientes. De los sellos mencionados, en El Salvador y en Centroamérica son vigentes el Sello FIDE y el sello Energy Star, que aunque es una etiqueta válida en los Estados Unidos se encuentra en muchos productos que se comercializan en El Salvador (equipo informático, aire acondicionado, televisores, etc.), por lo que mencionarlos es muy importante para los productos que se venden a nivel nacional.

Sello Fide. Es un programa del Fideicomiso para el Ahorro de Energía (Fide) de México para fomentar el uso racional de energía eléctrica, éste sello lo llevan aquellos productos energéticamente eficientes que solicitan validación al Fide. Entre los equipos de iluminación certificados se encuentran: lámparas fluorescentes compactas, circulares y lineales, lámparas de vapor de sodio de alta presión y balastos de bajas pérdidas para las mismas; luminarias para uso interior, exterior y uso industrial o alumbrado público. Los productos certificados tienen un alto nivel de eficiencia energética en comparación a otros ofrecidos en el mercado.

Energy Star. Es un programa de la agencia de protección ambiental EPA (*Environmental Protection Agency*) de Estados Unidos, que busca, mediante la introducción de equipos eficientes en el mercado, disminuir las emisiones de gases nocivos en las plantas generadoras de energía y al disminuir el consumo energético se reducen los egresos por consumo de energía².

Nema Premium. Los miembros de la Sección de Motores y Generadores de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos (NEMA, por sus siglas en inglés) establecieron el programa NEMA Premium® para proporcionarlo a los productos altamente eficientes que resuelvan las necesidades de los usuarios y fabricantes, basados en una definición tomada en consenso de la "eficiencia premium" y haciendo uso de la insignia Nema Premium®³. Los motores con este sello ayudan a los compradores a optimizar la eficiencia de los sistemas del motor reduciendo el consumo de energía y sus costos asociados y mejorando la eficiencia del sistema.

2.2 Normas y Etiquetas de Eficiencia Energética comparativas

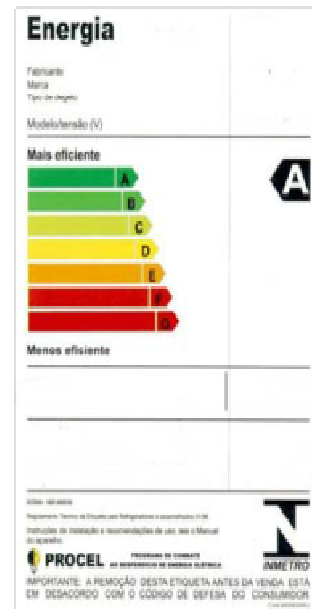
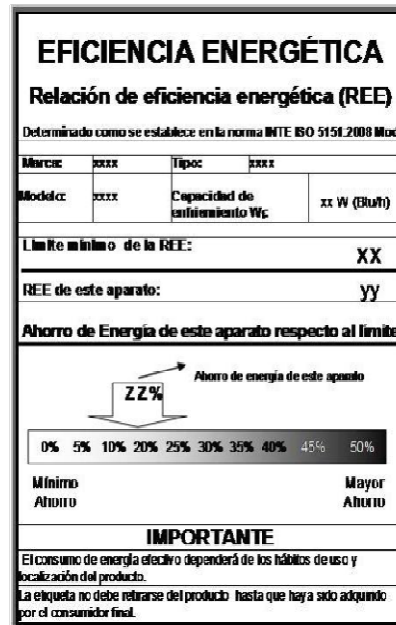
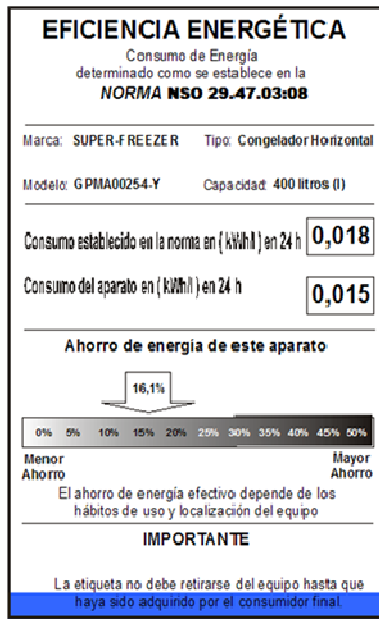
En relación con las normas técnicas sobre las cuales se especifican las características de los equipos energéticos, se hará mención a la Norma Salvadoreña (NSO) que exista para cada tipo de equipo, sin embargo las recomendaciones estarán basadas en las normas internacionales más eficientes o de alta eficiencia, así como en los sellos Fide, Energy Star y Nema Premium.

Las etiquetas son el medio visual por el cual se identifica a los equipos eficientes. Es importante recordar que una etiqueta de energía es principalmente eficaz en el momento de la venta y no está diseñada para afectar el comportamiento del consumidor o el uso de la energía, por lo que debe ser diseñada para influenciar la decisión del consumidor en el momento de la compra, pues después que un producto es comprado, la etiqueta de energía se retira. Los formatos básicos en uso alrededor del mundo para etiquetas pueden ser agrupados en tres clases básicas de la siguiente forma: (i) etiqueta estilo australiano; (ii) etiqueta estilo europeo; y (iii) etiqueta estilo americano.

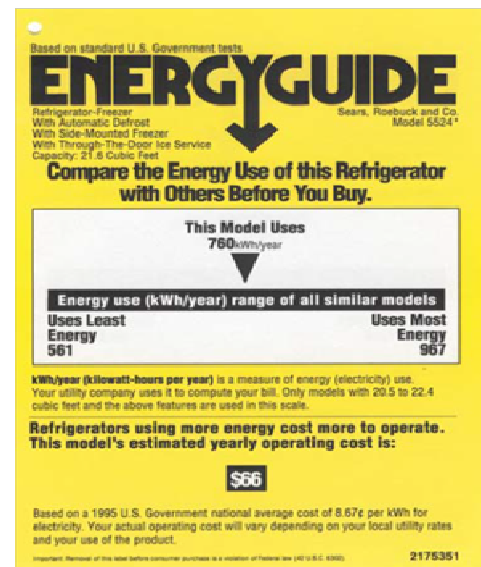
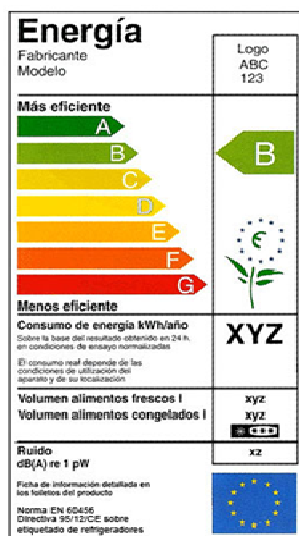
Las etiquetas más comunes en la región son la europea, utilizada por los países suramericanos y la americana, usada por México y Centroamérica. En el caso de El Salvador las normas NSO de refrigeradores domésticos y comerciales, aire acondicionado y lámparas fluorescentes compactas (LFC) exigen el etiquetado obligatorio para estos equipos, así que ellos deben tener su etiqueta. La etiqueta para refrigeración y aire acondicionado es del tipo americano y la de lámparas LFC es del tipo europeo.

² Program Energy Star, What is Energy Star?, EUA, <http://www.energystar.gov/>, Enero de 2006

³ National Electrical Manufacturers Association. Motores NEMA Premium. Estados Unidos, Septiembre de 2006.
<http://www.nema.org/gov/energy/efficiency/premium/>



Etiqueta estilo europeo. La etiqueta tiene la forma de un rectángulo con una clasificación de letras, desde la letra A (más eficiente) en la parte superior, hasta la letra G (menos eficiente) en la parte inferior. Hay una línea junto a cada letra: por ejemplo, una línea verde y corta para la letra A y una línea roja y larga para la letra G (ver figura arriba). Las siete líneas de clasificación están visibles en todas las etiquetas. La flecha del lado derecho indica el rango de clasificación donde se ubica el producto y usa el color y letra correspondiente.



Etiqueta de la Unión Europea

Etiqueta de Estados Unidos

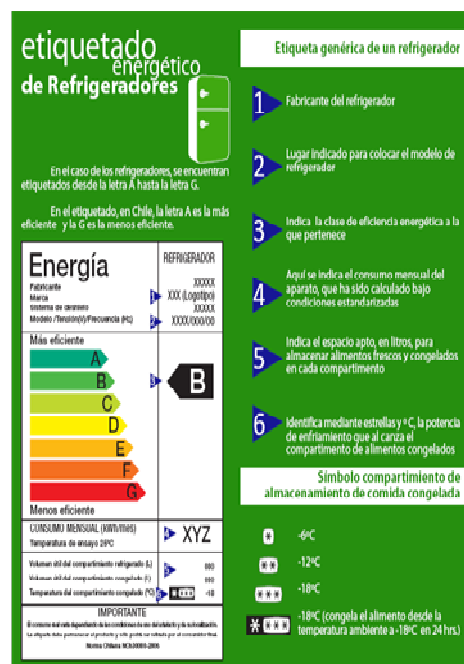
Etiqueta estilo americano. La etiqueta es de forma rectangular y muestra el costo de la energía. También tiene una escala lineal que indica el uso de energía más alto y más bajo de los modelos en el mercado y localiza el modelo específico en dicha escala. Esta etiqueta es usada en Estados Unidos y Canadá, donde están uniformadas técnicamente pero no visualmente (por ejemplo, las etiquetas de Estados Unidos

muestran los costos de energía y las etiquetas Canadienses no). En ambos casos, el uso de una unidad monetaria (dólares) fue cambiado por una unidad física (kilovatio-hora).

A continuación se presentan de manera referencial las etiquetas (ver figuras) de México, que sigue el modelo americano, y de Chile que sigue el modelo europeo.



Etiqueta de México



Etiqueta de Chile

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RECOMENDADAS PARA EQUIPOS ENERGÉTICOS

Como ya se mencionó, uno de los aspectos importantes en el proceso de compras de equipos energéticos es la redacción de especificaciones técnicas. Esto requiere el conocimiento de las normas según las cuales se fabrican y prueban los equipos, así como sus características técnicas, de las cuales los criterios de eficiencia energética son primordiales.

Después de analizar las normas existentes en Latinoamérica y EE.UU, se presentan a continuación las características técnicas mínimas recomendadas para los equipos energéticos en dos categorías, denominadas “recomendado eficiente” y “recomendado alta eficiencia”. Las especificaciones no tienen carácter restrictivo o limitante y tampoco pretenden mencionar todos los parámetros técnicos que deben incluirse en las bases de licitación, ya que éstos están en las normas respectivas; sólo se hace énfasis en los parámetros más importantes relacionados con eficiencia y ahorro de energía.

3.1 Lámparas fluorescentes

Las especificaciones establecen parámetros mínimos de eficiencia (eficacia), características técnicas y normativas que deben cumplir los equipos y materiales de iluminación.

Para la iluminación interior no se recomienda usar lámparas fluorescentes T12 o lámparas incandescentes, ni balastos electromagnéticos. La razón de ello es que las lámparas incandescentes son muy ineficientes (consumen mucha energía para el mismo nivel de iluminación) comparadas con fluorescentes compactas. En relación al uso de lámparas fluorescentes lineales, las lámparas

T8 con balasto electrónico son más eficientes que las T12 con balasto electromagnético, con lo cual el consumo de energía es mucho menor.

3.1.1 Lámparas fluorescentes compactas (LFC)

Para éste tipo de lámparas se recomiendan las siguientes características generales, las se presentan en dos grupos, uno eficiente y el otro de alta eficiencia.

- Potencias: 7 a 65 w
- Temperatura de color: entre 2700 a 6500 grados K
- Valor mínimo de índice de rendimiento de color (IRC): 80
- Eficacia: de acuerdo al cuadro No 3.1.
- Vida útil promedio : 6000 a 10000 hrs

Cuadros 3.1 y 3.2

ESPECIFICACIONES TECNICAS LFC sin envoltente										
DESCRIPCION	Valor recomendado Eficiente					Valor recomendado alta eficiencia				
1. potencia, W	7 a 10	11 a 14	15 a 18	19 a 22	>=22	7 a 10	11 a 14	15 a 18	19 a 22	>=22
2. flujo luminoso, lm	450	550	550	800	1200	500	600	700	1000	1300
3. eficacia, lm/w	45	48	52	57	60	50	55	55	65	65
4. vida util, hr	6000 a 8000					10000				
5. Indice de rend.de color, IRC	>=80					>=80				
6.Temperatura color RFC, oK	2700					6500				
7. Norma de referencia	NSO29.39.01.04, NOM 017 rev 2012					Sellos FIDE4102, Energy Star				

Especificaciones Tecnicas LFC (comunes)	
Descripcion	Valor recomendado
8 Factor de potencia	> 0.9
9 Distorsion de armónicos	<20%
10 Nivel max de Hg. mg	5
11 norma de fabricacion	indicar norma

Fuente: Normas NSO, NOM, FIDE, Energy Star y recomendaciones del consultor.

Cuadro 3.3

ESPECIFICACIONES TECNICAS LFC con envoltente								
DESCRIPCION	Valor recomendado Eficiente				Valor recomendado alta eficiencia			
1. potencia, W	7 a 10	11 a 14	15 a 25	>25	7 a 10	11 a 14	15 a 25	>25
2. flujo luminoso, lm	500	800	1000	1500	500	900	1200	1750
3. eficacia, lm/w	35	40	46	52	40	45	55	60
4. vida util, hr	6000 a 8000				10000			
5. Indice rend.de color, IRC	>=80				>=80			
6. Temperatura de color RFC, oK	2700				6500			
7. Norma de referencia	NSO29.39.01.04, NOM017 rev 2012, IEC				Sellos FIDE4102, Energy Star			

Fuente: Normas NSO, NOM, IEC, FIDE, Energy Star y recomendaciones del consultor.

Con el fin de comparar las ventajas económicas obtenidas al utilizar lámparas fluorescentes compactas (LFC) en lugar de incandescentes, en el Cuadro 3.4 se presenta el análisis de los ahorros

obtenidos. En el Anexo 2 se presenta el modelo de reemplazo de equipos “MODREE” que permite hacer un análisis más detallado.

Cuadro 3.4

Descripción	Lámpara incandescente a reemplazar (1000 hr)	Lámpara LFC (8000 hr)
Potencia, w	60 W	17 W
Energía consumida anual	120 Kwh	34 Kwh
Ahorro anual energía	-	86 Kwh
Costo anual de la energía	US\$30	US\$ 8.5
Costo energía durante vida útil	US\$120	US\$34
Ahorros en costos de energía	-	US\$86

Fuente: cálculos del consultor. Se asume utilización anual de 2000 hr, costo de energía de 0.25US\$/kwh y vida útil de 4 años.

3.1.2 Lámparas fluorescentes lineales

Las características mínimas recomendadas para lámparas fluorescentes lineales T8 y balastos electrónicos se muestran en el cuadro 3.5, en dos grupos: eficientes y de alta eficiencia (esta última solo para las lámparas).

- Potencias: 17, 32, 40, 59 w
- Forma: tubular recto o en forma de U, con diámetro de 8 octavos de pulgada
- Temperatura de color: entre 2700 a 6500 grados K
- Valor de índice de rendimiento de color (IRC): 69 a 85
- Eficacia: de acuerdo a la tabla del cuadro 3.5
- Vida útil promedio : 15000 a 24000 hr

Cuadro 3.5

ESPECIFICACIONES TECNICAS LFL T8								
DESCRIPCION	Valor recomendado Eficiente				Valor recomendado Alta eficiencia			
1. potencia, W	17	32	32 U	59	17	32	32 U	59
2. flujo luminoso, lm	1200	2500	2300	5000	1350	3000	2850	5950
3. eficacia, lm/w	73	85	84	93	75	90	87	98
4. vida util, hr	20000	20000	15000	20000	24000	24000	18000	24000
5. Indice rendimiento color, CRI	69	69	69	69	80	85	85	82
6. Temperatura de color, o K	2700 a 4100				5000 a 6500			
7. Factor de potencia	> 0.9							
8. Distorcion armonicos	<20%							
9. Nivel max. Hg, mg	5							
10. Normas de referencia	NSO29.39.01.04, NOM028, IEC60081, 60901, 60882, FIDE4108, ANSI C8211							

Fuente: Normas NSO, NOM, IEC, FIDE, Energy Star y recomendaciones del consultor.

ESPECIFICACIONES TECNICAS BALASTOS PARA LFL T8					
DESCRIPCION	Valor recomendado de Alta eficiencia				
Potencia de la lampara	# lamp	17 w	25 w	32 w	59 w
Factor minimo de eficacia (FEB) del balasto de encendido instantaneo (segun # lamparas)	1 L	4.5	2.7	1.8	1.4
	2 L	3.5	1.8	1.3	1
	3 L	2.7	1.45	0.97	0.75
	4 L	1.4	0.78	-	-
Potencia de entrada (lampara + balasto), w (segun # lamparas)	1 L	24		38	72
	2 L	34		58	110
	3 L	47		85	-
	4 L	61		112	-

Tipo	Electrónico
Eficiencia:	> 90%
Factor de balasto	>0.85
Factor de cresta de corriente	< 1.7
Distorcion de armonicos	< 20%
Factor de potencia	> 0.95
Ruido Balasto, dB	20 a 24
Normas de referencia	Fide4104, UL935, IEC61347, ANSIC82-11, NSO29.39.01.04

Fuente: Normas NSO, NOM, IEC, FIDE, Energy Star y recomendaciones del consultor.

Para lámparas fluorescentes lineales T5 y balastos electrónicos las características mínimas recomendadas se muestran en el cuadro 3.6.

Asimismo en el Cuadro 3.7 se presenta un ejemplo comparativo entre lámparas fluorescentes T8 en lugar de T12. El cuadro muestra los ahorros obtenidos al reemplazar las lámparas T12 con balasto electromagnético, por lámparas T8 con balasto electrónico.

Cuadro 3.6

ESPECIFICACIONES TECNICAS LFL T5				
DESCRIPCION	Valor recomendado alta eficiencia			
1. potencia, W	14	21	28	35
2. flujo luminoso, lm	1200	1900	2600	3300
3. eficacia, lm/w	80	83	85	87
4. vida util, hr	20000			
5. Indice rendimiento color, CRI	>85			
6. Temperatura de color, o K	4000	a	5000	
7. Factor de potencia	> 0.9			
8. Distorcion armonicos	<20%			
9. Nivel max. Hg, mg	5			
10. Normas de referencia	IEC60081, 60901, FIDE4119, ICONTEC			

Fuente: Normas IEC, FIDE, ICONTEC y recomendaciones del consultor.

ESPECIFICACIONES TECNICAS BALASTOS PARA LFL T5					
DESCRIPCION		Valor recomendado de Alta eficiencia			
Potencia de la lampara, W	# lamp	24	39	54	80
Potencia de entrada	1 L	31	45	67	94
(lampara + balasto), w	2 L	57	88	126	-
(segun # lamparas)	3 L	-	-	186	-
encendido rapido programado	4 L	-	-	241	-
Potencia de la lampara, W	# lamp	14	21	28	35
Potencia de entrada (lam +bal), w	1 L	20	27	34	42
(segun # lamparas)	2 L	35	35	67	82
Tipo	Electrónico				
Eficiencia:	> 90%				
Factor de balasto	>95%				
Factor de cresta de corriente	< 1.7				
Distorcion de armonicos	< 20%				
Factor de potencia	> 0.95				
Ruido Balasto, dB	20 a 24				
Normas de referencia	FIDE4131, UL935, IEC61347, ANSI C82-11				

Fuente: Normas NSO, NOM, IEC, FIDE, Energy Star y recomendaciones del consultor.

Cuadro 3.7 Lámparas T12 vs T8

Descripción	Luminaria T 12	Luminaria T 8
Tipo de lámpara y balasto	T12, 34 W, balasto magnético	T8, 32 W, balasto electrónico
Flujo luminoso (sistema con dos lámparas)	5300 lm	6000 lm
Potencia de entrada (sistema)	82 W	57 W
Energía anual consumida	164 Kwh	114 Kwh
Costo anual de energía	US\$41	US\$28.5
Ahorro anual de energía	-	50 Kwh
Costo energía durante vida útil	US\$164	US\$114
Ahorros en costos de energía durante vida útil	-	US\$50

Fuente: cálculos del consultor. Se asume utilización anual de 2000 hr, costo de energía de 0.25US\$/kwh y vida útil de 4 años.

3.2 Alumbrado Público

Para el alumbrado público se sugiere sustituir las lámparas ineficientes (incandescentes, halógenas, y de vapor de mercurio) por lámparas de vapor de sodio de alta presión, logrando ahorro que van del 40% al 70%. También pueden utilizarse lámparas de inducción o LEDs, que recientemente están penetrando el mercado Centroamericano, las cuales logran ahorros más significativos y reducen costos de mantenimiento (ver cuadros con características técnicas en cuadros 3.8, 3.9 y 3.9.1).

Cuadro 3.8

ESPECIFICACIONES TECNICAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION						
DESCRIPCION	Valor recomendado Eficiente					
Potencia, W	50	70	100	150	250	400
1. Flujo luminoso, lm	4000	6300	9500	16000	28500	50000
2. eficacia, lm/w	80	85	92	103	115	124
3. vida util, hr	24000					
4. Factor de cresta de corriente	<1.8					
5. Factor de potencia	> 0.9					
6. Distorsion armonicos	<20%					
7. Temperatura de color, K	1900 a 2100					
8. Indice rendimiento de color, IRC	> 22					
9. Voltaje, V	220					
10. Normas de referencia	IEC60662, ANSI C78, CONUEE (recomend.), FIDE 4107, NSO29.39.02.06					

Fuente: Normas IEC, ANSI y recomendaciones del consultor.

Cuadro 3.9

ESPECIFICACIONES TECNICAS LAMPARAS DE INDUCCION						
DESCRIPCION	Valor recomendado alta Eficiencia					
1. potencia, w	40	80	120	150	200	300
2. eficacia, lm/w	66 a 88					
eficacia fototopica, Plm/w *	150					
3. vida util, hr (balasto incorp)	50000					
4. vida util, hr (balasto indep)	80000					
5. Temperatura de lampara	< 80 grados C					
6. Temperatura color, K	3500 a 4100					
7. Indice rendimiento de color, IRC	80					
8. Voltaje, V	220/120					
9. Normas de referencia	CONUEE (recomendación), FIDE 4172					
* Plm = lm percibidos						

Fuente: Normas FIDE y recomendación CONUEE y del consultor.

Cuadro 3.9.1

ESPECIFICACIONES TECNICAS - DIODO EMISOR DE LUZ - LEDS	
DESCRIPCION	Valor recomendado Eficiente
Potencia, W	30 a 120
1. Flujo luminoso, lm	2700 a 12000
2. eficacia, lm/w	>80
3. vida util, hr	50000 a 100000
4. Factor de potencia	> 0.9
5. Distorcion armonicos	<20%
6. Temperatura de color, K	2700 a 6500
7. Indice rendimiento de color, IRC	> 67
8. Normas de referencia	Proy NOM 031-2012, Energy Star, FIDE 4139

Fuente: Recomendación CONUEE y el consultor, e información de fabricantes.

3.3 Aire Acondicionado

Los equipos de aire acondicionado son utilizados regularmente para controlar la humedad y tener confort, y son ampliamente utilizados en El Salvador, sobre todo en el área de San Salvador y en las ciudades grandes.

Para los aires acondicionados se utiliza como criterio de eficiencia el valor del índice o relación de eficiencia energética (EER ó REE), medido generalmente en [BTU/hr]/We. Este índice expresa la eficiencia eléctrica relativa, expresada como la relación entre la capacidad de enfriamiento térmica sobre la potencia eléctrica. También es común utilizar el coeficiente estacional de eficiencia energética SEER, expresado en las mismas unidades que el EER y cuya relación es: $EER = SEER * 0.85$.

Los aires acondicionados y los aparatos eléctricos van mejorando con las nuevas tecnologías y hoy en día es posible conseguir en el mercado equipos con EER de 13, 14 y hasta 16, comparados con los equipos ineficientes fabricados hace cinco años o más que tenían un EER de 6 o menos. El tener un factor de eficiencia (EER) más alto implica que el consumo de energía del equipo es menor. Se recomienda comprar equipos que tengan un sello de distinción de alta eficiencia como por ejemplo el “sello Fide” o “Energy Star” o una etiqueta que les garantice un alto porcentaje de ahorro de energía (letra A ó B).

Cuadro 3.10 Aire Acondicionado Tipo Ventana

AIRE ACONDICIONADO UNIDADES TIPO VENTANA								
Descripcion	Valor recomendado Eficiente				Valor recomendado Alta eficiencia			
1. Capacidad, Miles de BTU/ hr	6 a 12	12 a 18	24 a 36	36 a 60	6 a 12	12 a 18	24 a 36	36 a 60
Capacidad, kw	1.8 a 3.7	3.7 a 5.3	7 a 10.5	11 a 17.6	1.8 a 3.7	3.7 a 5.3	7 a 10.5	11 a 17.6
2. Eficiencia: EER , [BTU /hr] /We	9.7	9.8	9.3	9.3	11	11	9.4	9.4
Eficiencia: SEER, [BTU /hr] /We	11.4	11.5	10.9	10.9	12.9	12.9	11.1	11.1
3. Consumo potencia, kw	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f
4. Consumo anual energia, kwh (1)	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f
5. Ruido max, dbA	< 70				< 70			
6. Vida util equipo, años	d.f				d.f			
7. Tipo de refrigerante	Ecologico				Ecologico			
8. Tipo de motor	Alta eficiencia				Alta eficiencia			
9. Normas de referencia	NSO23.47.06.10 y 23.47.07.09,				ARI-210, ASHRAE, y Sellos			
	ARI-210, ASHRAE, NOM-011 y 023				FIDE 4113 y 4116 y Energy Star			
(1) Basado en 2000 hr anual	d.f. dato a suministrar por el fabricante							

Fuente: Normas NSO, NOM, ARI, ASHRAE, FIDE, DOE, Energy Star y recomendaciones del consultor.

Cuadro 3.11 Aire Acondicionado Tipo Mini-Split

AIRE ACONDICIONADO UNIDADES TIPO MINI-SPLIT								
Descripcion	Valor recomendado Eficiente				Valor recomendado Alta eficiencia			
1. Capacidad, Miles de BTU/ hr	6 a 18	24 a 36	36 a 60	>= 65	6 a 18	24 a 36	36 a 60	>= 65
Capacidad, kw	1.8 a 5.3	7 a 10.5	11 a 17.6	>19	1.8 a 5.3	7 a 10.5	11 a 17.6	>19
2. Eficiencia: EER , [BTU /hr] /We	10.3	10.3	10.3	10.3	13.0	13.0	13.0	13.0
Eficiencia: SEER, [BTU /hr] /We	12.1	12.1	12.1	12.1	15.3	15.3	15.3	15.3
3. Consumo potencia, kw	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f
4. Consumo anual energia, kwh (1)	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f
5. Ruido max, dbA	< 70				< 70			
6. Vida util equipo, años	d.f				d.f			
7. Tipo de refrigerante	Ecologico				Ecologico			
8. Tipo de motor	Alta eficiencia				Alta eficiencia			
9. Normas de referencia	NSO23.47.06.10 y 23.47.07.09,				ARI-210, ASHRAE, y Sellos			
	ARI-210, ASHRAE, NOM-011 y 023				FIDE 4113 y 4116 y Energy Star			
(1) Basado en 2000 hr anual	d.f. dato a suministrar por el fabricante							

Fuente: Normas NSO, NOM, ARI, ASHRAE, FIDE, DOE, Energy Star y recomendaciones del consultor.

Cuadro 3.12 Aire Acondicionado Tipo Central

AIRE ACONDICIONADO UNIDADES TIPO CENTRAL								
Descripcion	Valor recomendado Eficiente				Valor recomendado Alta eficiencia			
1. Capacidad, Miles de BTU/ hr	6 a 12	12 a 24	30 a 60	>65	6 a 12	12 a 24	30 a 60	>65
Capacidad, kw	1.8 a 3.7	3.7 a 7.4	9.3 a 18.6	20.2	1.8 a 3.7	3.7 a 7.4	9.3 a 18.6	20.2
2. Eficiencia: EER , [BTU /hr] /We	11	11	11	11.8	13	13	13	13
Eficiencia: SEER, [BTU /hr] /We	12.9	12.9	12.9	13.9	15.3	15.3	15.3	15.3
3. Consumo potencia, kw		d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f
4. Consumo anual energia, kwh (1)		d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f	d.f
5. Ruido max, dbA	< 70				< 70			
6. Vida util equipo, años	d.f				d.f			
7. Tipo de refrigerante	Ecologico				Ecologico			
8. Tipo de motor	Alta eficiencia				Alta eficiencia			
9. Normas de referencia	NSO23.47.06.10 y 23.47.07.09,				ARI-210, ASHRAE, y Sellos			
	ARI-210, ASHRAE, NOM-011 y 023				FIDE 4113 y 4116 y Energy Star			
(1) Basado en 2000 hr anual	d.f. dato a suministrar por el fabricante							

Fuente: Normas NSO, NOM, ARI, ASHRAE, FIDE, DOE, Energy Star y recomendaciones del consultor.

En el Cuadro 3.13 se muestra en ejemplo de los ahorros obtenidos al reemplazar un equipo de aire acondicionado con un factor de eficiencia REE de 6 por uno con factor (REE) de 12, presentando los ahorros económicos y de energía durante la vida útil del equipo.

Cuadro 3.13

Descripción	Equipo convencional	Modelo eficiente
Potencia y eficiencia	24000 BU/hr REE = 6	24000 BU/hr REE = 13
Consumo de potencia, Kw	4	1.8
Energía anual consumida, kwh	10000	4500
Costo anual de energía, US\$	US\$2500	US\$1125
Ahorro anual de energía, kwh	-	5500
Costo energía durante vida útil, US\$	US\$12500	US\$5625
Ahorros en costos de energía, US\$	-	US\$6875

Fuente: cálculos de consultor. Se asume utilización anual de 2500 hr, costo de la energía de 0.25US\$/kwh y vida útil de 5 años

3.4 Motores

El motor es una máquina que convierte la energía eléctrica en trabajo mecánico. La selección apropiada de los motores es parte fundamental del ahorro de energía, especialmente en aquellas instituciones donde utilizan bastante estos equipos como es el caso de las Autónomas.

El ahorro de energía se mide a través de la eficiencia del motor que debe siempre venir en la placa de datos pegada al equipo. Se recomienda la sustitución de los motores obsoletos o muy antiguos por motores energéticamente eficientes. Para ello se sugiere usar los parámetros mínimos establecido en las normas NSO o NOM y preferiblemente utilizar motores que tengan el sello “Fide” o “Nema Premium” ya que estos garantizan que son equipos con una eficiencia mayor a la de las normas técnicas NSO o NOM referenciadas.

El Cuadro 3.14 presenta un ejemplo de los ahorros de energía y económicos obtenidos al reemplazar motores antiguos de baja eficiencia por motores fabricados con tecnologías de alta eficiencia.

Cuadro 3.14

Descripción	Modelo antiguo	Modelo eficiente
Potencia y eficiencia	100 HP $\eta = 0.9$	100 HP $\eta = 0.95$
Energía anual consumida, kwh	248,667	235,579
Costo anual de energía, US\$	US\$62,167	US\$58,895
Ahorro anual de energía, kwh	-	13,088
Costo energía durante vida útil, US\$	US\$310,833	US\$294,474
Ahorros en costos de energía, US\$	-	US\$16,360

Fuente: cálculos del consultor. Se asume utilización anual de 3000 hr, costo de la energía de 0.25US\$/kwh y vida útil de 5 años.

Entre las características técnicas que deben incluirse en la placa de los motores están:

- Modelo
- Potencia nominal en HP y Kw
- Tensión nominal en volts
- Corriente nominal a plena carga en amperes
- Frecuencia eléctrica en hertz
- Monofásico o trifásico
- Diagrama de conexiones
- Factor de servicio
- Tipos de servicio (continuo o intermitente)
- Clase de aislamiento
- Máxima temperatura ambiente
- Letra de diseño
- Eficiencia nominal a plena carga en porcentaje (dos dígitos enteros y un decimal)
- País de origen
- Número de serie
- Peso del motor en kg
- Sentido de rotación del eje

El Cuadro 3.15 presenta las características de motores abiertos y cerrados de 5 kV o menos.

Cuadro 3.15 Motores de 5 kV o menos

MOTORES Verticales de 5 kV o menos						
Potencia	Valores Recomendados de Eficiencia Nominal (%)					
	Norma NEMA "PREMIUM"					
(HP)	Motores cerrados			Motores abiertos		
	2 polos	4 polos	6 polos	2 polos	4 polos	6 polos
250	95.0	95.0	95.0	94.5	95.0	95.0
300	95.0	95.0	95.0	94.5	95.0	95.0
350	95.0	95.0	95.0	94.5	95.0	95.0
400	95.0	95.0	95.0	94.5	95.0	95.0
450	95.0	95.0	95.0	94.5	95.0	95.0
500	95.0	95.0	95.0	94.5	95.0	95.0

Fuente:Manual de compras eficientes- Mexico 2007

Para motores verticales de 600 Voltios (V) o menos, tipo abierto y cerrado, de 2, 4 y 6 polos, se presentan a continuación en el Cuadro 3.16, las características técnicas según la capacidad (HP) del motor, para las opciones de eficiencia y alta eficiencia.

Cuadro 3.16 Motores Verticales de 600 V

MOTORES VERTICALES DE 600 V o MENOS												
Potencia	Valores Recomendados de Eficiencia Nominal (%)						Valores Recomendados alta Eficiencia Nominal (%)					
Nominal	Normas NSO 29.47.02.08 y NOM 016						Norma NEMA PREMIUM					
(HP)	Motores cerrados			Motores abiertos			Motores cerrados			Motores abiertos		
	2 polos	4 polos	6 polos	2 polos	4 polos	6 polos	2 polos	4 polos	6 polos	2 polos	4 polos	6 polos
1	80.0	82.5	80.0	75.5	82.5	80.0	77.0	85.5	82.5	77.0	85.5	82.5
1.5	82.5	84.0	85.5	82.5	84.0	84.0	84.0	86.5	87.5	84.0	86.5	86.5
2	84.0	84.0	86.5	84.0	84.0	85.5	85.5	86.5	88.5	85.5	86.5	87.5
3	85.0	85.0	87.5	84.0	86.5	86.5	86.5	89.5	89.5	85.5	89.5	88.5
5	87.5	87.5	87.5	85.5	87.5	87.5	88.5	89.5	89.5	86.5	89.5	89.5
7.5	88.0	89.5	89.5	87.5	88.5	88.5	89.5	91.7	91.0	88.5	91.0	90.2
10	89.5	89.5	89.5	88.5	89.5	90.2	90.2	91.7	91.0	89.2	91.7	91.7
15	90.2	91.0	90.2	89.5	91.0	90.2	91.0	92.4	91.7	90.2	93.0	91.7
20	90.2	91.0	90.2	90.2	91.0	91.0	91.0	93.0	91.7	91.0	93.0	92.4
25	91.0	92.4	91.7	91.0	91.7	91.7	91.7	93.6	93.0	91.7	93.6	93.0
30	91.0	92.4	91.7	91.0	92.4	92.4	91.7	93.6	93.0	91.7	94.1	93.6
40	91.7	93.0	93.0	91.7	93.0	93.0	92.4	94.1	94.1	92.4	94.1	94.1
50	92.4	93.0	93.0	92.4	93.0	93.0	93.0	94.5	94.1	93.0	94.5	94.1
60	93.0	93.6	93.6	93.0	93.6	93.6	93.6	95.0	94.5	93.6	95.0	94.5
75	93.0	94.1	93.6	93.0	94.1	93.6	93.6	95.4	94.5	93.6	95.0	94.5
100	93.6	94.5	94.1	93.0	94.1	94.1	94.1	95.4	95.0	93.6	95.4	95.0
125	94.5	94.5	94.1	93.6	94.5	94.1	95.0	95.4	95.0	94.1	95.4	95.0
150	94.5	95.0	95.0	93.6	95.0	94.5	95.0	95.8	95.8	94.1	95.8	95.4
200	95.0	95.0	95.0	94.5	95.0	94.5	95.4	96.2	95.8	95.0	95.8	95.4
250	95.4	95.0	95.0	94.5	95.4	94.5	95.8	96.2	95.8	95.0	95.8	95.4
300	95.4	95.4	95.0	95.0	95.4	95.4	95.8	96.2	95.8	95.4	95.8	95.4
350	95.4	95.0	95.0	95.0	95.4	95.4	95.8	96.2	95.8	95.4	95.8	95.4
400	95.4	95.0	n.d	95.4	95.4	n.d	95.8	96.2	95.8	95.8	95.8	95.8
450	95.4	95.0	n.d	95.8	95.8	n.d	95.8	96.2	95.8	95.8	96.2	96.2
500	95.4	95.8	n.d	95.8	95.8	n.d	95.8	96.2	95.8	95.8	96.2	96.2

Ref: Norma NSO 29.47.02.08 y NOM-016

Fuente: Manual de compras eficientes- Mexico 2007

Nota: n.d. no disponible. Fuentes: Normas NOM-016, NSO29.47.02.08, FIDE-4101 y Nema Premium para motores trifásicos

3.5 Refrigeradores

Los refrigeradores eficientes tienen la etiqueta en un lugar visible y aseguran que el equipo adquirido tiene la nueva tecnología que hace posible gastar menos energía, lo cual se traduce en ahorros visibles en la factura eléctrica, por lo que se sugiere al comprar estos equipos verificar la etiqueta. Las características técnicas que deben cumplir estos equipos son, entre otras⁴ (ver Cuadro No 3.17).

- Eficiencia energética, en éste caso consumo de energía eléctrica (kwh)
- Norma bajo la cual se fabrica el equipo
- Características del refrigerador (capacidad en lt o dm³ de volumen de almacenamiento, etc.)
- Consumo máximo de energía eléctrica de éste refrigerador en un año (kwh/año), según la Norma
- Consumo de energía eléctrica promedio en un año (kwh/año), determinado en un laboratorio de pruebas acreditado. Este valor debe ser menor o igual al máximo establecido en la Norma.
- Porcentaje de ahorro de energía adicional en comparación con el máximo permitido por la norma.
- “Etiqueta” que permite comparar el consumo para asegurarse haber comprado el refrigerador más eficiente, es decir que tenga el mayor porcentaje de ahorro de energía.

Cuadro No 3.17

REFRIGERADORES								
Descripción	Valor recomendado Eficiente							
1. Enfriador vertical								
Capacidad, lt	10 a 50	51 a 99	100 a 150	151 a 300	301 a 450	451 a 850	> 850	
Consumo, kwh/lt en 24 hr	0.042	0.041	0.040	0.036	0.028	0.020	0.018	
2. Enfriador horizontal	Con circulación forzada de aire				De placa fría			
Capacidad, lt	100 a 150	151 a 250	251 a 360	> 360	100 a 150	151 a 250	251 a 360	> 360
Consumo, kwh/lt en 24 hr	0.03	0.024	0.02	0.015	0.034	0.024	0.028	0.018
3. Congelador vertical	Con puerta de cristal y circulac. forz. de aire				Con puerta de cristal y placa fría			
Capacidad, lt	50 a 100	101 a 200	>200		200 a 600	601 a 1000	>1000	
Consumo, kwh/lt en 24 hr	0.05	0.045	0.04		0.034	0.018	0.012	
4. Congelador horizontal	Con puerta sólida				Con puerta de cristal			
Capacidad, lt	110 a 200	201 a 400	> 400		110 a 200	201 a 400	> 400	
Consumo, kwh/lt en 24 hr	0.013	0.01	0.009		0.02	0.018	0.016	
Normas	NSO 97.47.04.09 y 97.47.03.09, NOM 015, FIDE 4111 y 4117							

Fuente: Normas NSO 97.47.04.09, NOM 015 y FIDE 4111

3.6 Equipos informáticos

Se recomienda incluir las siguientes especificaciones de consumos límites de energía⁵:

- Sello Energy Star
- Consumos límites de energía, ver cuadro adjunto.

Equipo	Encendido	Hibernación (sleep)	Apagado (stand-by)
Computador de escritorio	95 watts	4 watts	2 watts
Monitor LCD	15 –35 watts	1 - 2 watts	1 watt
Computador portátil	-	2 watts	1 watt

Fuente: Manuales de compras energéticamente eficientes, México 2007 y Chile 2008.

⁴ Normas NSO 97.47.03.09 y 97.47.04.09, NOM 015, FIDE 4117 y 4111: Etiquetas de refrigeradores

⁵ Manuales de compras energéticamente eficientes, México 2007 y Chile 2008.

3.7 Resumen

El Cuadro No 3.18 resume los requerimientos técnicos mínimos necesarios que permiten evaluar los desempeños de los equipos energéticos en relación a la eficiencia de los mismos, para los productos de iluminación, aire acondicionado, refrigeración, motores y equipos computacionales.

Cuadro 3.18

Equipo	Requerimientos Técnicos	Valor recomendado	Etiquetas de EE según Normas	Sello de distinción de EE
Lámparas Fluorescentes	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo luminoso, lm • Potencia, w • Eficacia, lm/w • Vida útil, hr 	Ver Cuadros Nos 3.1, 3.2, 3.3, 3.5 y 3.7	<ul style="list-style-type: none"> • Normas NSO 29.39.01.04 • NSO 29.47.01.09 • Normas NOM-017 y 023 • Normas IEC60081 y 60082 • Etiqueta: letra B o mejor 	<ul style="list-style-type: none"> • Sello Fide 4108, 4119 y 4102 • Sello Energy Star
Aire Acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad, Btu/hr • Eficiencia, [Btu/hr]/we • Vida útil, hr • Consumo, w 	Ver Cuadros Nos 3.10, 3.11 y 3.12	<ul style="list-style-type: none"> • Norma NSO23.47.06.10 y 23.47.07.09 • Normas NOM-011 y 023 • Etiqueta: letra B o mejor, ó % de ahorro de energía. • REE: recomendación DOE 	<ul style="list-style-type: none"> • Sello Fide 4113, 4116 • Sello Energy Star
Motores	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad, HP • Eficiencia, % • Vida útil, hr 	Ver Cuadros Nos 3.15 y 3.16	<ul style="list-style-type: none"> • Norma NSO 29.47.02.08 • Norma NOM-016 • Norma NEMA 	<ul style="list-style-type: none"> • Sello Fide 4101 • Sello Energy Star • NEMA Premium
Refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad, lt o dm³ • Consumo máximo, kwh/año • Vida útil, hr 	Ver numeral 3.5 y Cuadro No 3.17	<ul style="list-style-type: none"> • Normas NSO 97.47.03.09 y 97.47.04.09 • Norma NOM-016 • Etiqueta: letra B o mejor, ó % de ahorro de energía • Energy Star 	<ul style="list-style-type: none"> • Sello Fide 4107 y 4117 • Sello Energy Star
Equipo informático: Computadores	Consumo máximo, watts en: <ul style="list-style-type: none"> • Modo Encendido • Modo hibernación (sleep) • Modo Apagado (stand by, no desconectado) 	Ver numeral 3.6		• Sello Energy Star
Equipo informático: Monitores	Consumo máximo, watts en: <ul style="list-style-type: none"> • Modo Encendido • Modo hibernación (sleep) • Modo Apagado stand by, no desconectado) 	Ver numeral 3.6	• Energy Star	• Sello Energy Star

Fuente: Normas NSO, NOM, IEC, Department of Energy, NEMA. Sellos FIDE y Energy Star.

4. MODELO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE EQUIPOS ENERGÉTICOS (MODEE)

Con el fin de incentivar el uso de criterios de eficiencia energética en la compra de bienes energéticos y permitir que los comités de evaluación de ofertas de bienes en las UACI de la entidades públicas cuenten con una herramienta que les permita incluir la eficiencia y el costo operativo de los equipos en la evaluación, se creó el “Modelo de Evaluación Económica para Equipos Energéticos MODEE” que usa la metodología de valor presente neto (VPN) para medir el costo total de cada una de las ofertas presentadas, incluyendo, además del precio del equipo, los gastos asociados a su operación durante su vida útil, colocando así las ofertas en igual de condiciones.

El concepto de costo total incluye la inversión inicial o precio que se paga por el equipo y los gastos de operación durante su vida útil, compuesto por la suma de la energía consumida por el equipo, más los gastos de mantenimiento y/o reparación, y la reposición del equipo al final de su vida útil.

El modelo matemático utiliza la metodología de valor presente neto, para lo cual se calcula la inversión anualizada durante la vida útil de equipo y todos los gastos anuales de operación asociados. La

inversión y gastos son traídos a valor presente (ver ecuación 1) utilizando una tasa de descuento (r) y un periodo de análisis. La alternativa u oferta que dé el menor VPN (conocida como oferta evaluada más baja) es la que económicamente le conviene adquirir a la entidad (ver detalles matemáticos en Anexo 1).

$$\text{Ecuación 1: } VPN = \sum_{k=0}^n (CI_k * (1+r)^{-k} + GM_k * (1+r)^{-k})$$

En los Cuadros 4.1 y 4.2 se presentan dos ejemplos de análisis de ofertas de equipos energéticos, uno para lámparas fluorescentes compactas y otro para aires acondicionados. Allí se observan los cuatro pasos a seguir en el análisis de las ofertas. Los dos primeros se refieren al ingreso de datos; el Paso 1 corresponde a los parámetros básicos para la evaluación y el Paso 2 a los datos de cada una de las ofertas a evaluar.

En el Paso 3 el modelo calcula el VPN de cada una de las ofertas y se recomienda la oferta a escoger, que es aquella con menor VPN, denominada oferta evaluada más baja. Posteriormente en el Paso 4 el modelo presenta la comparación entre la oferta evaluada más baja (OEMB) y la oferta de menor precio (OMI), indicando los ahorros anuales (kwh y US\$) logrados al seleccionar la OEMB, así como el VPN, la relación beneficio costo (B/C) y el periodo de recuperación (payback) de la inversión adicional incurrida al comprar el equipo más eficiente.

Los resultados del Cuadro No 4.1 muestran que la oferta con menor VPN es la número 2, con ahorros de 6.2 kwh, comparada con la oferta de menor inversión inicial (número 1). La relación beneficio costo es 4.7 y el periodo de recuperación de la inversión adicional (payback) 0.6 años.

Cuadro 4.1. Evaluación de ofertas de Lámparas LFC

PASO 2: LLENAR DATOS SOLICITADOS Y DATOS DE LAS OFERTAS

Nota: asegúrese colocar ceros (0) en las celdas que no utilice

PASO 1: DATOS DE PARAMETROS

PARAMETROS GENERALES			
uso	Energía	tasa de	periodo
hr anual	\$/kwh	descuento	años
2000	0.25	0.12	10

DATOS SOLICITADOS				DATOS DE LAS OFERTAS				
OFERTA	Cantidad	flujo	eficacia	potencia	flujo	eficacia	vida	precio US\$
No	equipos	luminoso	minima	nominal	luminoso	minima	util	unitario
OFERTA	#	lm	ml/w	w	lm	lm/w	hr	PRECIO
1	1	840	58.0	15.0	840	58.0	8000	10.0
2	1	840	58.0	15.0	950	64.0	8000	11.0
3	1	840	58.0	15.0	900	60.0	8000	10.5

PASO 3: SELECCIONAR OFERTA CON MENOR VPN

PASO 4: BENEFICIOS OBTENIDOS

RESULTADOS			
Valor US\$ presente	Inversion anual US\$	Gastos US\$ anuales	Energía anual KWH
VPN	INV	GAST	KWH
61.0	3.29	7.50	30.0
54.0	3.62	5.94	23.8
57.7	3.46	6.75	27.0

Beneficios obtenidos al seleccionar la oferta evaluada mas baja					
VPN US\$ neto	Relacion B/C	payback años	Inver adic. anual US\$	Ahorro anual US\$	Ahorro Kwh anual
7.0	4.7	0.6	0.3	1.6	6.25

El cuadro 4.2 se pueden observar los resultados para el caso de ofertas de aire acondicionado, donde la oferta de menor VPN es la número 2. Al comparar esta oferta con la menor precio (número 1) se obtienen ahorros de US\$895 anuales, con relación B/C de 32.1 y payback de 0.1 años.

Cuadro 4.2

PASO 1: LLENAR DATOS DE PARAMETROS				PASO 2: LLENAR DATOS DE LAS OFERTAS.			
PARAMETROS GENERALES				Nota: asegúrese colocar ceros (0) en las celdas que no utilice			
uso hr	Energía	tasa de	periodo	DATOS DE LAS OFERTAS			
annual	\$/kwh	descuento	años	OFERTA	Cantidad	potencia	eficiencia
8000	0.25	0.12	10	No	equipos	nominal	REE
				OFERTA	#	BTU/hr	[Btu/hr]/we
				1	1	12000	9.21
				2	1	12000	14.13
				3	1	12000	12.30
				4	1	12000	9.83
				5	1	12000	16.20
							kw
							años
							PRECIO
							US\$ anual
							400.0
							20.0
							500.0
							25.0
							704.0
							35.0
							550.0
							28.0
							800.0
							40.0

PASO 3: SELECCIONAR LA DE MENOR VPN

PASO 4: BENEFICIOS OBTENIDOS

RESULTADOS			
Valor presente VPN	Inversion anual US\$ INV	Gastos anuales US\$ GAST	Energía anual KWH
15430.6	111.0	2620.0	10,400
10530.3	138.7	1725.0	6,800
12262.7	195.3	1975.0	7,760
14806.8	152.6	2468.0	9,760
11141.8	221.9	1750.0	6,840

Beneficios obtenidos al seleccionar la oferta evaluada mas baja				
VPN US\$ neto	Relacion B/C	payback años	Inver adic. anual US\$	Ahorro anual US\$
4900.2	32.3	0.1	27.7	895.0

En el Anexo 1 se presenta la formulación matemática del modelo “MODEE” y los detalles de cálculo.

5. MODELO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA REEMPLAZO DE EQUIPOS (MODREE)

Con el fin de tener una herramienta que permita hacer el análisis para el reemplazo de equipos estándar por eficientes, se preparó el “Modelo de Evaluación Económica de Reemplazo de Equipos Energéticos MODREE” el cual permite comparar los ahorros que se obtienen al adquirir un equipo energético más eficiente. Se compara el precio del equipo nuevo con los gastos de operación de los equipos actual y nuevo.

El modelo matemático utilizado para el cálculo es similar al empleado para la evaluación económica de ofertas de equipo energético y utiliza la metodología de valor presente neto (VPN), para lo cual se calculan las diferencias de gastos anuales asociados, traídos a valor presente utilizando una tasa de descuento (r) a los que se les resta la inversión inicial (ver ecuación 2). La alternativa que dé el mayor VPN (mayores ahorros) es la que económicamente le conviene adquirir (ver detalles en el Anexo 2).

Este modelo se basa en el cálculo de los ahorros obtenidos al comparar el equipo existente con el nuevo, por lo tanto se busca maximizar el ahorro neto y por lo tanto se selecciona la alternativa con mayor VPN o mayores ahorros.

$$\text{Ecuación 2: } VPN = \left[\sum_{k=0}^n DGM_k * (1 + r)^{-k} \right] - DCI$$

A continuación se presentan dos ejemplos de reemplazo de equipo. En el Cuadro 5.1 se analiza el caso de equipos de aire acondicionado en el cual se observa que la opción #2 es la mayor VPN y por lo tanto la que se recomienda tomar.

Cuadro 5.1

PASO 2: INTRODUCIR DATOS EQUIPO ACTUAL Y NUEVO

Nota: Asegúrese de colocar ceros en las celdas no utilizadas

PASO 1: DEFINIR PARAMETROS

PARAMETROS GENERALES		
uso hr anual	Energía \$/kwh	tasa de descuento
2000	0.25	0.12

Datos Equipo actual						Datos Equipo Nuevo				
cantid. equipos	potencia nominal	efic.EER [Btu/hr]/	Consumo potencia	Gasto OM anual	valor de rescate	efic.EER [Btu/hr]/	vida útil	consumo	Gasto OM anual	precio eq. nuevo
#	BTU/hr	we	kw	US\$	US\$	we	años	kw	US\$	US\$
1	12000	7.00	1.70	10.00	0	9.21	5	1.30	5	400
1	12000	7.00	1.70	10.00	0	14.13	5	0.85	5	500
1	12000	7.00	1.70	10.00	0	12.3	5	0.98	5	450
1	12000	7.00	1.70	10.00	0	9.83	5	1.22	5	400

PASO 3: RESULTADOS. SELECCIONAR LA DE MAYOR VPN

RESULTADOS					
VPN neto	Relacion B/C	pay-back	Inversion neta	Ahorro anual	Ahorro anual
US\$		años	US\$	Benef. US\$	Kwh
359.4	1.90	1.90	400.0	210.7	823
1077.1	3.15	1.14	500.0	437.5	1730
899.4	3.00	1.20	450.0	374.3	1477
507.6	2.27	1.59	400.0	251.8	987

El Cuadro 5.2 presenta los resultados del análisis para motores. Se puede observar que la alternativa más económica (la de mayor VPN) es la número 3, con una relación B/C de 5.33 y payback de 0.68 años.

Cuadro 5.2. Motores

PASO 2: INTRODUCIR DATOS EQUIPO ACTUAL Y NUEVO

Nota: Asegúrese de colocar ceros en las celdas no utilizadas

PASO 1: DEFINIR PARAMETROS

PARAMETROS GENERALES			
uso hr anual	Energía \$/kwh	tasa de descuento	Factor de carga, %
8000	0.25	0.12	0.75

Datos Equipo actual					Datos Equipo Nuevo			
cantid. equipos	potencia nominal	eficiencia	Gasto OM anual	valor de rescate	eficiencia	vida útil	Gasto OM anual	precio eq. nuevo
#	HP	%	US\$	US\$	%	años	US\$	US\$
1	5	0.840	10.0	0.0	0.882	5	5.0	233.0
1	5	0.840	10.0	0.0	0.900	5	5.0	300.0
1	5	0.840	10.0	0.0	0.910	5	5.0	350.0

PASO 3: RESULTADOS. SELECCIONAR LA DE MAYOR VPN

RESULTADOS					
VPN neto	Relacion B/C	pay-back	Inversion neta	Ahorro anual	Ahorro anual
US\$		años	US\$	US\$	Kwh
928.4	4.98	0.72	233.0	322.2	1269
1318.7	5.40	0.67	300.0	449.0	1776
1515.0	5.33	0.68	350.0	517.4	2049

En el Anexo 2 se presenta la formulación matemática del modelo “MODREE” y los detalles de cálculo.

Anexo 1. Descripción del Modelo de Evaluación Económica de Equipos Energéticos (MODEE)

El modelo matemático utiliza la metodología de valor presente neto, para lo cual se calcula la inversión anualizada durante la vida útil de equipo y todos los gastos anuales de operación asociados. La inversión y gastos son traídos a valor presente utilizando una tasa de descuento (r) y un periodo de análisis (n) (ver ecuación 1). La alternativa u oferta que dé el menor VPN (conocida como oferta evaluada más baja) es la que económicamente le conviene adquirir a la entidad.

$$\text{Ecuación 1:} \quad \text{VPN} = \sum_{k=0}^n (CI_k * (1+r)^{-k} + GM_k * (1+r)^{-k})$$

Donde:

CI_k = Costo anualizado de la inversión durante la vida útil del equipo

GM_k = Gasto anual de operación

r = tasa de descuento (se recomienda utilizar 12%)

n = número de años de análisis

m = vida útil del equipo

Con el fin de tener en cuenta la vida útil del equipo se utiliza el concepto de valor anualizado de la inversión, es decir la inversión inicial se anualiza durante el número de años estimados de vida útil (m) del equipo utilizando la tasa de descuento (r). De esta manera el costo anual de inversión CI_k se expresa:

$$CI_k = CI * r / [1 - (1+r)^{-m}]$$

El término $r/[1 - (1+r)^{-m}]$ se conoce con el factor de anualidad (fa) y la sumatoria $\sum_{k=0}^n (1+r)^{-k}$ se conoce como factor de valor presente (fvp) y es igual a:

$$\text{fvp} = \sum_{k=0}^n (1+r)^{-k} = \frac{1}{r} * [1 - (1+r)^{-n}]$$

De esta manera la ecuación 1 se convierte en: $\text{VPN} = CI * fa * \text{fvp} + GM * \text{fvp}$

El modelo también permite comparar la oferta con menor VPN (OEMB) con la oferta de menor inversión inicial (OMI), (o precio más bajo), para ver los ahorros de energía (kwh), la relación beneficio-costos (B/C) y el periodo de recuperación de la inversión adicional (payback) en que se incurre al comprar el equipo más eficiente, comparado con el equipo de precio más bajo.

A continuación se presenta la metodología de cálculo de los gastos anuales (GM) para lámparas fluorescentes, aire acondicionado, equipos de refrigeración y otros equipos energéticos.

1. Lámparas fluorescentes

Para lámparas fluorescentes el gasto anual de operación (GM) está compuesto por:

$$GM = CE - C_{mil} - C_{mef}$$

Donde:

CE = gasto anual por consumo energético de la lámpara

C_{mil} = Ahorro anual por mayor iluminación

C_{mef} = Ahorro anual por mayor eficiencia

Las expresiones CE, C_{mil} y C_{mef} se calculan de la siguiente manera:

$$CE = Wi * hr / 1000 * \text{Tarifa}$$

$$C_{mil} = [(l_{mi} - l_{ms}) / E_{fi}] / 1000 * hr * \text{Tarifa}$$

$$C_{mef} = [(E_{fi} - E_{fs}) / E_{fi}] * Wi / 1000 * hr * \text{Tarifa}$$

Donde:

l_{mi} = lúmenes de la lámpara i

l_{ms} = lúmenes solicitados en las especificaciones técnicas

E_{fi} = eficacia (lm/w) de la lámpara i

E_{fs} = eficacia (lm/w) solicitada en las especificaciones técnicas

Wi = potencia de la lámpara i, en watts

hr = número de horas anuales de consumo consideradas

Tarifa = costo de la energía en dólares (US\$ por kwh).

2. Aire Acondicionado

Para aire acondicionado el gasto de operación (GM) se calcula de la siguiente manera:

$$GM = \text{Con} * \text{hr} * \text{Tarifa} + \text{GOM}$$

Donde:

Con = Consumo de potencia en Kw del equipo, que depende del factor de eficiencia REE

$$\text{Con} = [\{\text{BTU/hr}\} / \text{REE}] / 1000$$

BTU/hr = Capacidad del equipo (en BTT por hora)

REE = Factor de eficiencia expresado en [BTU/hr]/We

GOM = Gasto anual de operación y mantenimiento del equipo

3. Motores

El gasto de operación (GM) de los motores se obtiene con la siguiente fórmula:

$$GM = [(\text{HP} * 0.746 * \text{Fu} / \text{Ef}) * \text{hr}] * \text{Tarifa} + \text{GOM}$$

Donde:

HP = Potencia del motor en caballos de fuerza (HP)

Fu = factor de utilización del motor en %

Ef = Eficiencia del motor en %

GOM = Gasto anual de operación y mantenimiento del motor

4. Refrigeración

Para el caso de equipos de refrigeración, compuesto por refrigeradores, congeladores, equipos de enfriamiento de agua, etc., el gasto de operación (GM) se calcula de la siguiente manera:

$$GM = (\text{Con} / 24) * \text{hr} * \text{Tarifa} + \text{GOM}$$

Donde:

Con = consumo del equipo de refrigeración en Kwh para un periodo de 24 horas

GOM = Gasto anual de operación y mantenimiento del equipo

Si el consumo “Con” está dado en kwh por volumen, es necesario multiplicarlo por el volumen y reflejarlo en un periodo de 24 horas como se mencionó arriba porque el modelo utiliza consumo diario de energía (kwh/día).

5. Otros equipos

Para el caso de otros equipos energéticos (como lámparas de alumbrado público, equipo informático, etc.), el gasto de operación (GM) se calcula de la siguiente manera:

$$GM = (\text{Cons}/1000) * \text{hr} * \text{Tarifa} + \text{GOM}$$

Donde:

Cons = consumo de potencia (o potencia eléctrica) del equipo, en W

GOM = Gasto anual de operación y mantenimiento del equipo

En las hojas de cálculo en Excel se presenta el modelo de evaluación económica “MODEE” que requiere en el Paso 1 ingresar los parámetros básicos de la evaluación: la tasa de retorno, el número de horas anuales, el periodo de análisis en años y la tarifa de la energía. En el Paso 2 se ingresan los datos de los equipos en la sección “Datos de la oferta”. En el Paso 3 el modelo automáticamente calcula el VPN de cada oferta, y en el Paso 4 el modelo compara la OEMB con la OMI y calcula los ahorros en energía y en dólares y la inversión adicional, para luego obtener el VPN, B/C y payback.

Anexo 2. Descripción Modelo de Evaluación Económica Reemplazo de Equipos (MODREE)

El “Modelo de Evaluación Económica de Reemplazo de Equipos Energéticos MODREE” utiliza la metodología de valor presente neto y compara los ahorros que se obtienen al adquirir un equipo energético más eficiente. Se compara el precio del equipo nuevo con los gastos de operación de los equipos actual y nuevo.

El modelo matemático utilizado es similar al empleado para la evaluación económica de ofertas de equipo energético. Se calculan las diferencias de gastos anuales asociados, traídos a valor presente utilizando una tasa de descuento (r), a los que se les resta la inversión inicial (ver ecuación 2).

La alternativa que dé el mayor VPN (mayores ahorros) es la que económicamente le conviene adquirir. Este modelo se basa en el cálculo de los ahorros obtenidos al comparar el equipo existente con el nuevo, por lo tanto se busca maximizar el ahorro neto y por lo tanto se selecciona la alternativa con mayor VPN o mayores ahorros.

$$\text{Ecuación 2: } VPN = \left[\sum_{k=0}^n DGM_k * (1 + r)^{-k} \right] - DCI$$

Donde:

DCI =	CIj- CIi
DGMk =	GMi- GMj
CIj =	Costo de la inversión (precio) del equipo nuevo
CIi =	Valor de rescate del equipo actual (si aplica, o cero en caso contrario)
GMi =	Gasto anual de operación del equipo actual
GMj =	Gasto anual de operación del equipo nuevo
i =	equipo actual
j =	equipo nuevo
r =	tasa de descuento
n =	vida útil del equipo nuevo (número de años)

1. Lámparas fluorescentes

En el caso de lámparas fluorescentes, el ahorro anual DGMk se obtiene mediante la expresión:

$$DGMk = ETK * Tarifa$$

$$ETk = (Ei - Ej) + AEmil + AEmef$$

Donde:

Ei =	Energía consumida (kwh) por la lámpara actual (i)
Ej =	Energía consumida (kwh) por la lámpara nueva (j)
AEmil =	Ahorro de energía por mayor iluminación entre la lámpara actual (i) y nueva (j)
AEmef =	Ahorro de energía por mayor eficiencia entre la lámpara actual (i) y la nueva (j)

Las expresiones Ei,j, AEmil y AEmef se calculan de la siguiente manera:

$$Ei = Wi * hr / 1000$$

$$Ej = Wj * hr / 1000$$

$$AEmil = [(Imj - Imi) / Efj] / 1000 * hr$$

$$AEmef = [(Efj - Efi) / Efj] * Wj / 1000 * hr$$

Donde:

Imi =	lúmenes de la lámpara actual (i)
Imj =	lúmenes de la lámpara nueva (j)
Efi =	eficacia (lm/w) de la lámpara actual (i)
Efj =	eficacia (lm/w) de la lámpara nueva (j)
Wi,j =	potencia (watts) de la lámpara actual (i), o nueva (j)
hr =	número de horas anuales de consumo consideradas
Tarifa =	costo de la energía (US\$ por kwh)

2. Otros equipos

Para los otros equipos, el ahorro anual DGMk se obtiene mediante la expresión:

$$DGMk = PTk * hr * Tarifa + (GOMi - GOMj)$$

Donde:

PTk =	(Pi - Pj)
Pi =	Potencia consumida por el equipo actual (kw)
Pj =	Potencia consumida por el equipo nuevo (kw)
GOMi =	Gastos de operación y mantenimiento del equipo actual (i)
GOMj =	Gastos de operación y mantenimiento del equipo nuevo (j)
hr =	Número de horas de uso al año

En las hojas de cálculo en Excel se presenta el modelo de evaluación económica “MODREE” que requiere en el Paso 1 ingresar los parámetros básicos de la evaluación: la tasa de retorno, el número de horas anuales, el periodo de análisis en años y la tarifa de la energía. En el Paso 2 se ingresan los datos de los equipos actual y nuevo

en la sección “Datos de los equipos”. En el Paso 3 el modelo automáticamente calcula el VPN de cada oferta y los ahorros en energía y en dólares, para luego obtener el VPN, B/C y payback.

Definiciones⁶

Eficacia.- Es la relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente y la potencia total consumida, expresada en lumen por watt (lm/w).

Flujo luminoso.- Flujo de luz por unidad de tiempo que se emite dentro de una unidad de ángulo sólido por una fuente de luz puntual que tiene una intensidad luminosa de una candela.

Flujo luminoso total. Magnitud derivada del flujo radiante, mediante la evaluación de la radiación de acuerdo a su acción sobre el observador fotométrico estándar de la CIE (lúmenes).

Índice de rendimiento de color (IRC).- Es un valor numérico, en una escala de 0 a 100, que describe el efecto de una lámpara en el color de los objetos que ilumina en comparación con el color del mismo objeto iluminado por una fuente de luz de referencia.

Lámpara.- Fuente fabricada para producir una radiación óptica visible.

Balastro: dispositivo electromagnético, electrónico o híbrido que por medio de inductancias, resistencias y/o elementos electrónicos (transistores, tiristores, etc.), que limitan la corriente de lámpara y cuando es necesario la tensión y corriente de encendido. Los balastos electromagnéticos e híbridos tienen una frecuencia de salida de 60 hz y los electrónicos son aquellos que internamente tienen al menos un convertidor de frecuencia.

Factor de balastro: Relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara cuando es operado por el balastro bajo análisis, y un balastro de referencia o patrón.

Lámpara fluorescente: Una lámpara de descarga eléctrica de vapor de mercurio a baja presión en la que un recubrimiento fluorescente transforma parte de la energía ultravioleta generada por la descarga, en luz visible.

Lámpara fluorescente compacta: lámpara de descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión en la cual la emisión principal de luz proviene de un recubrimiento de material fluorescente. Se caracteriza por presentar sus terminales eléctricas en un extremo de la lámpara y por incluir una o más zonas frías para controlar la presión del vapor de mercurio.

Lámpara fluorescente compacta autobalastada (LFCA): unidad en la que no se puede separar la lámpara del balastro sin ser dañada permanentemente, provista con una base y la incorporación de una lámpara fluorescente compacta y los elementos adicionales necesarios para su encendido y funcionamiento estable.

Temperatura de color correlacionada (TCC): expresa la apariencia cromática de una fuente de luz por comparación con la apariencia cromática de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura absoluta determinada, su unidad de medida es grados Kelvin (K).

Lámpara de vapor de sodio de alta presión.- Lámpara de descarga en alta intensidad en la cual la mayor porción de la luz se produce principalmente por la radiación del sodio operando a una presión parcial de alrededor de 6,67 x 103 Pa o mayor.

Distorsión de armónicas: es la medida de la magnitud de las corrientes armónicas comparada con la amplitud de la corriente a la frecuencia fundamental (60 Hz).

Relación de Eficiencia Energética (REE): razón entre capacidad de enfriamiento total y potencia de entrada efectiva en cualquier grupo de condiciones de clasificación dadas. (Cuando REE aparezca sin indicación de unidades, significa que está expresado en Wt/We). Otra forma de expresar este término en unidades de eficiencia es el formato EER (del inglés energy efficiency ratio) y se define con unidades (BTU/h)/We.

⁶ Ver Definiciones en Normas NSO y NOM