



**PRO**  **BRE**  
Connects Life.™

## **VENTAJAS Y RECOMENDACIONES EN EL USO DE MOTORES ELÉCTRICOS CON SELLO FIDE®**



NOVIEMBRE 2008

## VENTAJAS Y RECOMENDACIONES EN EL USO DE MOTORES ELÉCTRICOS CON SELLO FIDE®

## INDÍCE

1.-Introducción	1
2.-La Eficiencia de un Motor Eléctrico	2
3.-La Importancia de la Eficiencia Energética de un Motor Eléctrico	4
4.-Factor de Potencia de un Motor Eléctrico	5
5.-¿Qué es un Motor Eléctrico con Sello FIDE?	5
6.-Beneficios de utilizar un Motor con Sello FIDE	6
7.-Apreciación de los Ahorro de Energía y Económicos con el Uso de Motores Sello FIDE	7
8.-¿Cuándo Utilizar los Motores de Mayor Rendimiento con Sello FIDE?	8
9.-Recomendaciones para el Ahorro de Energía en Motores Eléctricos	8
10.-Conclusiones	9
11.-Bibliografía	9
12.- Anexo y Apéndices	10



## VENTAJAS Y RECOMENDACIONES EN EL USO DE MOTORES ELÉCTRICOS CON SELLO FIDE®



### INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es uno de los insumos fundamentales para el desarrollo de nuestra economía y un servicio indispensable para la sociedad, de lo que se desprende su importancia en las actividades económicas y domésticas del país.

En la actualidad se ha demostrado que el uso de tecnologías de alta eficiencia energética es técnicamente factible y económicamente rentable, ya que proporcionan ahorros económicos que permiten pagar el sobre-costo por la mayor eficiencia del mejor equipo, con base en el flujo de efectivo que generan los ahorros obtenidos.

Debido a que los motores eléctricos son los encargados de casi todo el suministro de energía mecánica que mueve a los equipos en la industria, comercios, servicios, hogares y municipios, en equipos tales como bombas, compresores, elevadores, transportadores, grúas, maquinaria en general, etc., y por su alta intensidad de uso, representan un área de oportunidad de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica muy importante.

El uso de motores de máxima eficiencia energética permite reducir los costos de producción, mantenimiento e incrementar la competitividad y finalmente contribuir a reducir las emisiones contaminantes al consumir menos energía eléctrica que los motores de eficiencia convencional, ya que en nuestro país cerca del 80% de la energía generada es a través de hidrocarburos.



Alrededor de 46% del consumo de la energía eléctrica en la industria, comercios, servicios, municipios y hogares responde a la utilización de los motores eléctricos. Dada la importancia de estos equipos y su alta intensidad de uso en el país, México cuenta con normas de eficiencia energética, de la variedad de ellas, este documento tratará una en particular: La cobertura de la "Norma Oficial Mexicana NOM-016-ENER-2002 Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jala de ardilla en potencia nominal de 0.746 a 373 kW", que entró en vigor el 14 de marzo de 2003, siendo una actualización de la NOM-016-ENER-1997, debido a la desaparición de la clasificación para motores de eficiencia estándar y a la extensión de capacidad de potencia hasta 500 CP.



En la actualidad algunos fabricantes a nivel internacional han desarrollado los mayores avances en cuanto al incremento de la eficiencia para los motores que fabrican, al grado que la Asociación Nacional de Manufacturas Eléctricas de los Estados Unidos (NEMA por sus siglas en inglés); les concedió un reconocimiento especial, con la designación NEMA-Premium® a los motores que ofrecen el mayor rendimiento energético. Para sostener esta denominación los motores eléctricos deben tener una eficiencia igual o mayor a los valores especificados en la tabla 12-12 de "NEMA Standards Publication MG1-2003" (Ver Apéndice 2.)

Asimismo, a partir de enero de 2007 la especificación del Sello FIDE® se actualizó, quedando los mismos valores de mínima eficiencia a lo establecido por NEMA Premium®. En México se estima que existen en operación más de 1.5 millones de motores eléctricos,<sup>1</sup> siendo el de mayor uso, el motor eléctrico de inducción trifásico tipo jaula de ardilla en baja tensión en capacidad de 1 a 500 CP, siendo un gran porcentaje de éstos de fabricación anterior a la norma vigente, lo que ofrece un alto potencial de ahorro de energía. La comercialización de motores hoy en día es del orden de las 100,000 unidades al año, en capacidades que predominan entre 1 y 500 CP<sup>1</sup>.

El propósito de este fascículo es dar a conocer las principales características de los motores eléctricos de alto rendimiento energético con Sello FIDE®, al destacar sus ventajas y referir las condiciones más comunes cuando su aplicación es altamente recomendable.

## 2. La Eficiencia de un Motor Eléctrico

La eficiencia de un motor eléctrico es un parámetro que no se debe pasar por alto cuando se elige un motor. A mayor eficiencia mayores ahorros energéticos y económicos para el usuario y beneficios ambientales para el país.

La eficiencia ( $\eta$ ) es la medida de la capacidad de un motor para convertir la potencia eléctrica que toma de la línea de alimentación en potencia mecánica útil y es comúnmente expresada en porcentaje.

Esto es:

$$\eta = \frac{\text{Potencias de salida (Mecánica)}}{\text{Potencia de entrada (Eléctrica)}} \times 100$$

Es importante que para el cálculo de la eficiencia, las unidades de las potencias sean las mismas, ya que la potencia eléctrica se expresa comúnmente en unidades de kW (kiloWatts) y la potencia mecánica en unidades de CP (Caballos de Potencia) o HP (por sus siglas en inglés). Entonces, se pueden usar las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ kW} = 1.34 \text{ CP}$$

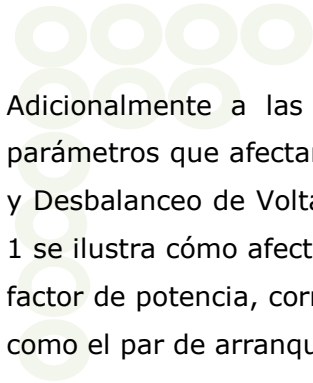
$$1 \text{ CP} = 0.746 \text{ kW}$$

Es importante recordar que no toda la energía eléctrica de entrada que recibe el motor de la línea se convierte en energía mecánica útil, en el proceso de conversión existen pérdidas, por lo que la eficiencia nunca será del 100%.

Las pérdidas consumen sólo una fracción de la potencia de entrada o eléctrica, y se entienden como pérdidas de transformación; por su naturaleza se dividen en función de la carga e independientes de acuerdo con la siguiente clasificación:

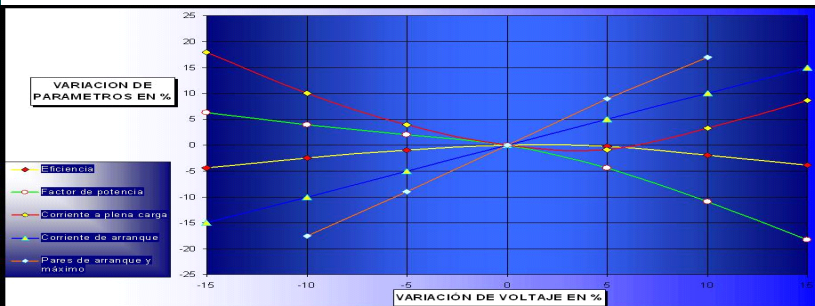
- *Pérdidas en el núcleo magnético.* Se deben a las alteraciones del campo magnético en el núcleo del estator y del rotor por efectos de histéresis y Corrientes parásitas o de Eddy.
- *Pérdidas por fricción y ventilación.* Se deben a la fricción en los rodamientos y a las pérdidas por resistencia del aire al giro del ventilador y de otros elementos rotativos del motor.
- *Pérdidas por efecto Joule en los conductores.* Se producen en las bobinas del estator y del rotor. Estas pérdidas dependen en forma cuadrática de la corriente ( $I^2R$ ).
- *Pérdidas indeterminadas o adicionales a la carga.* Se llaman así porque su naturaleza es compleja y es difícil determinarlas por medios analíticos; también están en función del cuadrado de la corriente ( $I^2R$ ).

1. Ortega Solís J. "Motores" Presentación en el IV Taller Nacional "Promoviendo un Sector Público Energéticamente Eficiente: Acciones Locales que Mueven al País" FIDE, Septiembre de 2006 de motores eléctricos.



Adicionalmente a las pérdidas implícitas al motor existen parámetros que afectan su eficiencia tales como: la Variación y Desbalanceo de Voltaje. A manera de ejemplo, en la figura 1 se ilustra cómo afecta la variación de voltaje a la eficiencia, factor de potencia, corrientes a plena carga y de arranque así como el par de arranque y máximo.

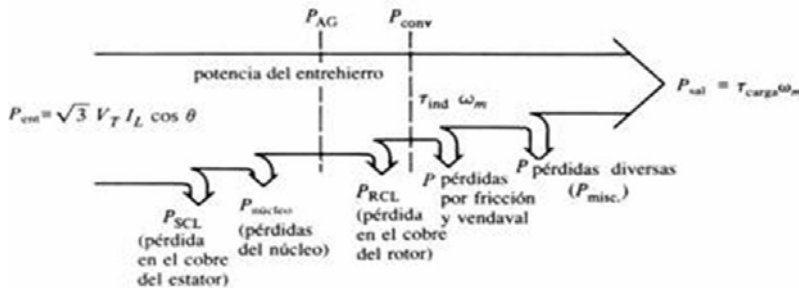
**Figura 1. Efectos de la Variación de Voltaje**



Los motores eléctricos se clasifican por su eficiencia con Normas Oficiales Mexicanas y Sello FIDE®.

En la figura 2 se muestra el Diagrama de Sanky para un motor eléctrico, tipo jaula de ardilla.

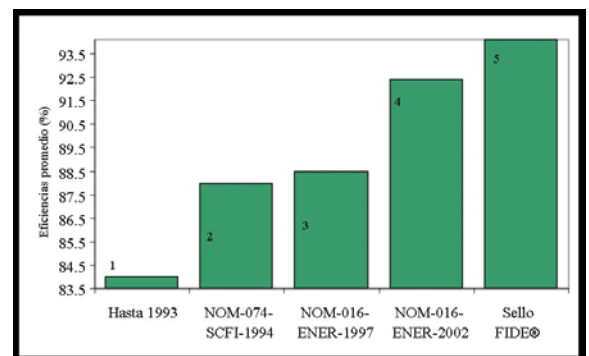
**Figura 2. Diagrama de Sanky para un motor**



Como se mencionó, en México, la eficiencia de los motores eléctricos que se fabrican y comercializan, está sujeta al cumplimiento de la NOM-016-ENER-2002. Esta norma tiene su origen con carácter de voluntaria en 1985. En 1994 fue establecida como norma obligatoria bajo el nombre NOM-074-SCFI-1994. En 1997 fue modificada y en marzo de 2003 entró en vigor la NOM-016-ENER-2002.<sup>2</sup>

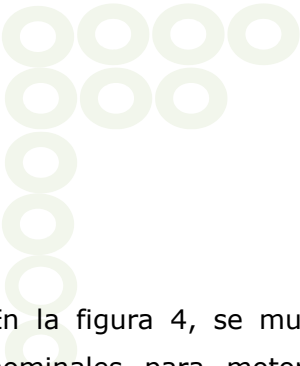
A manera de ejemplo en la figura 3 se muestra la evolución de la eficiencia mínima para un motor de 30 CP, 4 polos, abierto.

**Figura 3. Evolución de eficiencias en motores eléctricos**



Los valores de esta norma se encuentran en el Apéndice 2.

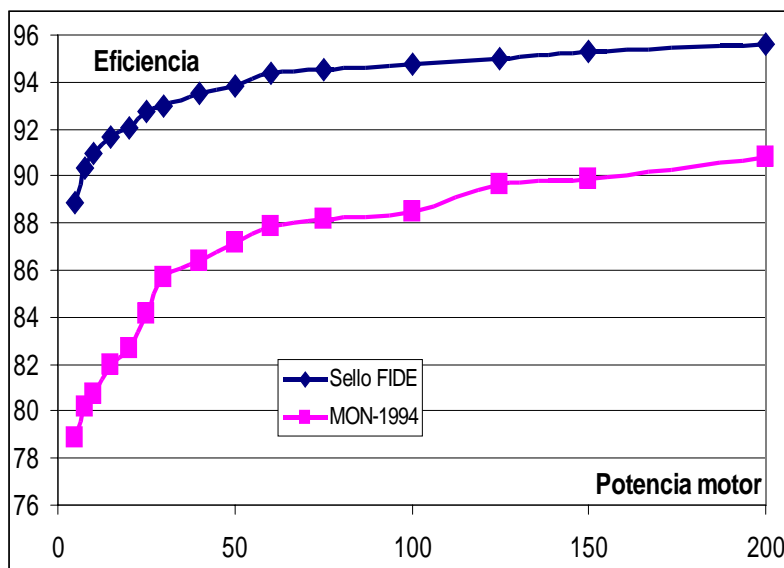
Fuentes:  
 1. Instituto de Investigaciones Eléctricas; www.iie.org.mx  
 2. NOM-074-SCFI-1994, Publicada en DOF el 8 de septiembre de 1994.  
 3. NOM-016-ENER-1997, Publicado en DOF el 17 de Junio de 1998.  
 4. NOM-016-ENER-2002, Publicado en DOF el 13 de Enero de 2003.  
 5. Sello FIDE® FIDC



### 3. La Importancia de la Eficiencia Energética en un Motor Eléctrico

En la figura 4, se muestran las gráficas de las eficiencias nominales para motores de 4 polos, cerrados, para las capacidades definidas en las normas tanto nacionales como las internacionales. En donde, se exponen claramente las diferencias de eficiencia entre las distintas potencias de motores, y se observa que entre un motor adquirido antes de 1995 y un motor con Sello FIDE® la diferencia en el incremento del rendimiento del último va del 2.8 hasta el 13.5%. Siendo, entonces, el motor con Sello FIDE® el más eficiente.

**Figura 4. Comparación de eficiencias nominales a plena carga para motores de inducción (4 polos, cerrados)<sup>3</sup>**

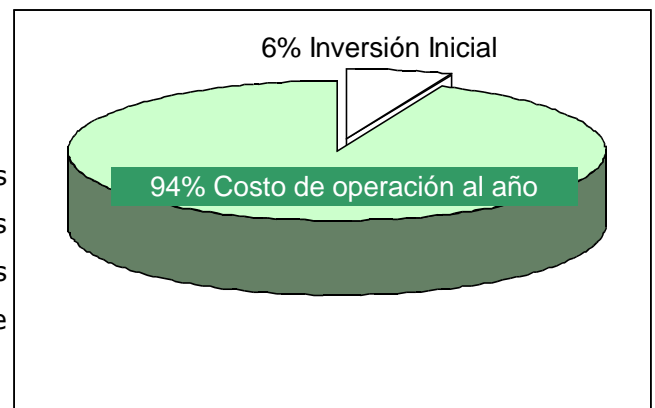


Se hace notar que se compara un motor de 4 polos cerrado, sólo como ejemplo, ya que se pueden hacer las comparaciones 2, 4, 6 y 8 polos, abiertos o cerrados y sus diferentes capacidades en todas ellas habrá diferencias de eficiencia significativas.

La normatividad en eficiencia energética en los motores es una herramienta con la cual, se obtienen ahorros energéticos y económicos al comprar y utilizar un motor que cumpla con los mayores valores de eficiencia.

Un aspecto fundamental al seleccionar un motor eléctrico, es tener en cuenta que el costo energético de operación al año es mucho mayor al de la inversión inicial, por lo que es muy subjetivo el solo pensar en el ahorro de la inversión inicial al optar por motores que no cuenten con Sello FIDE®. Para ilustrar esta premisa puede verse más claro en la figura 5.

**Figura 5. Comparación entre la inversión inicial de un motor con Sello FIDE® y su costo de operación al año**



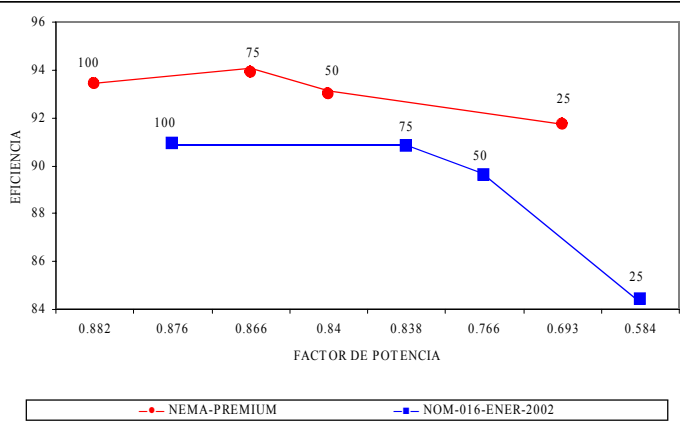
4. Datos obtenidos de: NOM-074-SCFI-1994; NOM-016-ENER-1997; NOM-016-ENER-2002 y NEMA MG1-2003

#### 4. Factor de Potencia de un Motor Eléctrico

Un parámetro importante en el rendimiento de los motores eléctricos es el factor de potencia, debido a que la eficiencia varía con dicho factor. Por definición el Factor de Potencia es el cociente entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA). Dicho en otras palabras, se origina una potencia reactiva, la cual no produce trabajo en los equipos, pero es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento al motor. Es decir, aún en óptimas condiciones, los motores eléctricos tienen cargas eléctricas de carácter reactivo. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (kW) se sume el de la potencia reactiva (kVAR), las cuales en su conjunto afectan el comportamiento de los motores.

Por otra parte el factor de potencia es indicativo de la eficiencia con la que se está utilizando la energía eléctrica en el motor para transformar la energía eléctrica a mecánica, por lo tanto un bajo factor de potencia, significa energía desperdiciada y afecta el adecuado uso del sistema eléctrico (Ver Figura 6)

**Figura 6. Eficiencia nominal promedio VS Factor de Potencia, en función del Factor de Carga para un motor de 40 CP (abierto, 4P)**



Como se vio en la figura 6, un motor de alta eficiencia, no sólo ofrece mayor rendimiento para los distintos niveles de carga, sino que además ofrece un mejor factor de potencia para las mismas condiciones de carga.

Para mejorar el factor de potencia es importante que:

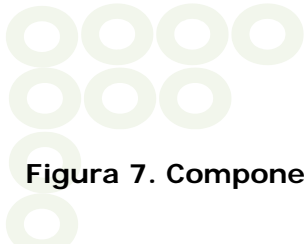
- El motor sea operado bajo las condiciones en que fue diseñado.
- La selección del tipo, potencia y velocidad del motor que se instalará sea la más apropiada para la aplicación específica.
- Se seleccione la potencia del motor para el Factor de Carga óptimo.

Es importante notar que durante las operaciones de mantenimiento los motores se pueden ver afectados por prácticas inadecuadas en la lubricación, limpieza, rebobinado, etc., ya que afectan el rendimiento del motor. Por ejemplo, un rebobinado inadecuado puede producir una disminución en la eficiencia del 2 al 8%<sup>4</sup>

#### 5. ¿Qué es un Motor Eléctrico con Sello FIDE®?

El avance de la tecnología ha permitido a los fabricantes de motores poder utilizar materiales de mejor calidad y realizar trabajos con menores distancias de separación en el entrehierro, entre otras lo que permite obtener un producto de la más alta calidad con la mayor eficiencia tecnológica posible. En la figura 7 se muestran las principales características que hacen de un motor la denominación Sello FIDE®.

4. "Uso eficiente de la energía eléctrica" Procobre, Programa de Investigaciones en Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile; Santiago de Chile, 1998  
Programa Piloto de rebobinado USAID. 1985. Ing. Juan Rubén Zagal León.



**Figura 7. Componente de un motor con Sello FIDE®**



Lo anterior, más un alto grado de automatización en los procesos de fundición, maquinados, embobinados hacen del motor con Sello FIDE® uno de los más confiables de su clase.

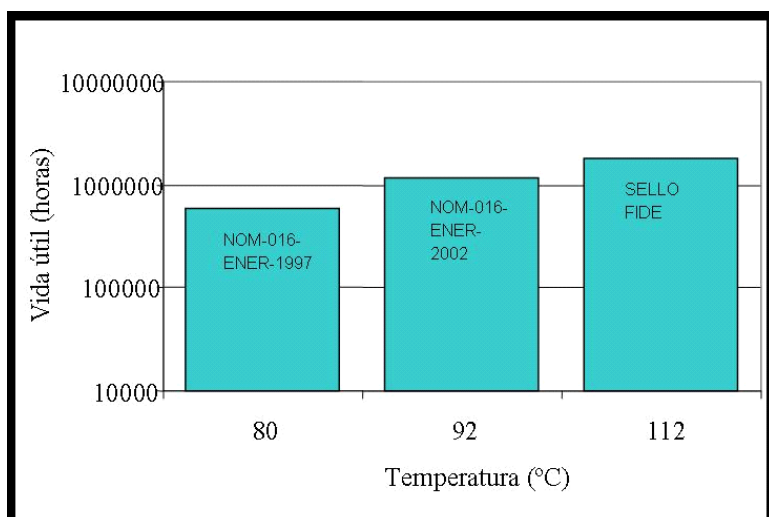
**6.- Beneficios de utilizar un motor con Sello FIDE**

El sistema de aislamiento del motor con Sello FIDE® está diseñado para absorber los cambios súbitos de tensión y sobrecalentamientos repentinos debidos a variaciones imprevistas en la carga; esto permite que el motor pueda operar durante periodos cortos de tiempo bajo estas condiciones de inestabilidad sin disminuir su vida útil (Figura 8).

El que estos motores, cumplan y rebasen las normas tanto nacionales como internacionales, garantiza que dentro de un programa de ahorro y uso eficiente de la energía se tengan la siguientes ventajas:

- Menor costo de operación —perceptible en la facturación eléctrica—, el hecho que tenga un mayor rendimiento, esto es, un apreciable aumento en la eficiencia significa que disminuyen los costos de operación y se puede recuperar la inversión inicial en un tiempo razonable.
- Menor gasto en mantenimiento, ya que están mejor contruidos con relación a otros motores, resultando ser más confiables.

**Figura 8. Vida útil del aislamiento VS temperatura**



## 7. Apreciación de los Ahorros de Energía y Económicos con el Uso de Motores Sello FIDE®

Si se analiza económicamente el reemplazo de un motor eléctrico en operación —sobre todo si fue adquirido antes de 1995—, por un motor con Sello FIDE®, resulta que es económicamente rentable dicho cambio, con la recuperación de la inversión para la mayoría de los casos en menos de tres años. Vale la pena comentar que, existen ahorros adicionales en mantenimiento, reducción de las horas máquina perdidas por fallas en el sistema motriz, entre otros.

Cuando se considera la posibilidad de compra de un nuevo motor eléctrico. Se debe valorar la rentabilidad económica de pagar un costo adicional por el motor de mayor rendimiento, frente al ahorro derivado del un menor consumo energético.

Los mejores resultados por el reemplazo de motores en operación por unidades con Sello FIDE®, obtendrán en primer lugar, reemplazando aquellas unidades que trabajan tres turnos (al menos 8,000 horas al año) y en segundo lugar equipos sub y sobredimensionados.

Es importante notar que cuando un motor en operación falla se tienen básicamente tres alternativas de acción: 1), Comprar un motor con Sello FIDE®, que permitirá el máximo ahorro energético posible; 2) Comprar un motor normalizado y 3) Reparar el motor, que viene siendo en cuanto a inversión la opción más rentable, sin embargo energéticamente hablando es la peor opción, debido a que el rebobinado conlleva pérdidas en el rendimiento.

Estudios <sup>5</sup> han demostrado que la eficiencia disminuye entre el 2 al 8%, cuando es efectuado en talleres que carecen de los equipos y técnicas especializadas.

La decisión de reemplazar un motor depende de muchas variables, entre otras: antigüedad del motor, disponibilidad de un sustituto, características especiales o diseño eléctrico especial, costo de reparación, variación del rendimiento, precio del nuevo motor, eficiencia original del motor averiado, eficiencia del motor después de reparado, el factor de potencia, las horas de operación, el precio de la energía, tiempo de amortización de la inversión, etc.

En la Tabla 1 se muestra a modo de comparación el ahorro anual y porcentual de energía eléctrica para motores de 10 a 200 CP, de 4 polos, cerrado, 8,000 horas de uso al año.

**Tabla 1. Comparación de eficiencias y ahorros económicos en motores 4 polos, cerrados con Sello FIDE®**

Potencia	Eficiencia a plena carga		Ahorro anual por usar Sello FIDE®	
	NOM-016	Sello FIDE®	Ahorro de Energía Anual (kWh)	% Ahorro de Energía Anual
10	89.5	91.7	1,600	2.46%
25	92.4	93.6	2,070	1.30%
50	93.0	94.5	5,093	1.61%
100	94.5	95.4	5,958	0.95%
200	95.0	96.2	15,673	1.26%

5. Estudios de General Electric para motores de 3 a 150 CP. [www.ge.com.mx](http://www.ge.com.mx)

Un análisis del Departamento de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica (DOE) estima que la sustitución de todos sus motores en uso por motores eléctricos de mayor rendimiento NEMA-Premium® evitaría:

- La generación de 5,800 GW de energía eléctrica
- La emisión de casi 80 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en los próximos diez años.

### 8. ¿Cuándo Utilizar los Motores de Mayor Rendimiento con Sello FIDE®?

Elegir el motor adecuado depende de las necesidades a cubrir, tomando en cuenta la potencia requerida por la carga, las condiciones de operación, de arranque y la regulación de la velocidad.

Para adquirir un motor se deben observar los siguientes cuatro puntos:

*Primero:* La máxima eficiencia de un motor se obtiene entre el 75 y 85% del factor de carga.

*Segundo:* El periodo de recuperación es inversamente proporcional a la intensidad de uso (horas al año).

*Tercero:* Entre más alta sea la tarifa eléctrica bajo la cual facture el usuario, más rápido será el retorno de inversión.

*Cuarto:* Cualquier selección de un motor tiene que estar dirigida específicamente para su uso previsto.

Los motores con Sello FIDE® pueden utilizarse favorablemente:

- En instalaciones nuevas.
- Cuando el motor opera a una carga constante y muy cerca del punto óptimo de operación, esto es, cuando el motor oscila entre el 75 y 85% de su factor de carga
- Como parte de un programa de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.
- Por el costo adicional que implica reparar el motor.

Los motores eléctricos con Sello FIDE® tienen rangos de potencias de 1 a 500 CP, de 2, 4 y 6 polos, son de usos generales por lo que pueden ser empleados en cualquier aplicación como: bombas, compresores, ventiladores, puertas y bandas transportadoras, elevadores y maquinaria en general.

### 9. Recomendaciones para el Ahorro de Energía en Motores Eléctricos

Es muy importante que cualquier motor eléctrico, sea de la eficiencia que sea, no esté ni subdimensionado ni sobredimensionado, ya que es común que al seleccionar un motor, éste se sobredimensione hasta el doble de su potencia, o bien se efectúen cambios temporales sustituyendo motores por unidades de mayor potencia a la de operación, de esta forma se desaprovecha el mejor nivel de eficiencia del equipo que se obtiene entre el 75 y 85% del factor de carga.

Adicionalmente a las características de eficiencia intrínsecas a los motores, existen otros factores que afectan su rendimiento, como son: las instalaciones eléctricas en malas condiciones, ya que siempre es recomendable un buen sistema de alimentación que permita un suministro de energía eléctrica adecuado al motor. En este rubro se deberá tener especial cuidado en que la *Diferencia de Tensión* y el *Desbalanceo de Tensión* se encuentren en el menor rango posible, ya que de otra forma se tendrán pérdidas en la eficiencia por estos conceptos.

Las instalaciones mecánicas también deben estar en óptimas condiciones, ya que una banda mal tensada, un anclaje mal hecho o vibraciones excesivas darán por consiguiente una disminución en la eficiencia del motor.

En la medida de lo posible brindar una buena circulación de aire para garantizar que el sistema de ventilación opere en forma adecuada.

La mala lubricación afectan el rendimiento del motor y un mantenimiento insuficiente deteriora la eficiencia.

Uso de motores en lapsos de tiempo continuos de intermitentes.

## 10. Conclusiones

En México existe en operación un importante parque de motores eléctricos de fabricación anterior a la entrada en vigor de la norma de eficiencia energética actual (NOM-016-ENER-2002), estimado en 1.5 millones de motores, por lo cual, el sólo pensar en el cambio de motores de dicho parque, ofrece ya un primer potencial de ahorro de energía.

La diferencia entre el rendimiento energético de un motor adquirido antes de 1995 y uno con Sello FIDE® va del 2.8% hasta el 13.5%, dependiendo de la potencia del motor.

La mayor eficiencia en un motor con Sello FIDE®, puede compensar el sobreprecio al pagar el motor, sobre todo cuando el motor trabaja al menos 3,600 horas al año.

Los motores eléctricos de alto rendimiento con Sello FIDE® tienen aislamiento de la más alta calidad, mayor vida útil, mejor factor de potencia y menos pérdidas, sobre todo si la comparación es hecha con un motor de fabricación anterior a 1995.

## 11. Bibliografía

1. Comisión Federal de Electricidad, [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)
2. Diario Oficial de la Federación. Norma oficial Mexicana NOM-074-SCFI-1994, Eficiencia Energética de motores de inducción de corriente alterna, tipo jaula de ardilla en potencias de 0.746kW (1 CP) a 149.2 kW (200 CP). Límites - Métodos de prueba. Publicada el 08 de Septiembre de 1994, México.
3. Diario Oficial de la Federación. Norma oficial Mexicana NOM-016-ENER-1997, Eficiencia energética de motores de corriente alterna trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, de uso general en potencia nominal de 0,746 a 149,2 kW. Publicada el 17 de Junio de 1998, México.
4. Diario Oficial de la Federación. Norma oficial Mexicana NOM-016-ENER-2002, Eficiencia energética de motores de corriente alterna trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, de uso general en potencia nominal de 0,746 a 149,2 kW. Publicada el 13 de Enero de 2003, México.
5. Félix Quiroz, M.A. "Procedimiento para la evaluación energética de motores eléctricos" Energía Racional No.43, FIDE; Abril- Junio de 2002. México
6. FIDE, [www.fide.org.mx](http://www.fide.org.mx)
7. General Electric, [www.ge.com.mx](http://www.ge.com.mx)
8. Instituto de Investigaciones Eléctricas, [www.iie.org.mx](http://www.iie.org.mx)
9. NEMA. "NEMA, Standard Publication MG1-2003" Tablas 12-12; [www.nema.org/premiummotors](http://www.nema.org/premiummotors)
10. Ortega Solís, J. "Motores" Presentación en el IV Taller Nacional "Promoviendo Un Sector Público Energéticamente Eficiente: Acciones Locales Que Mueven al País" FIDE, Septiembre de 2006.
11. Procobre,
12. Procobre, Programa de Investigaciones en Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile "Uso eficiente de la energía eléctrica"; Santiago de Chile, 1998.
13. Siemens, [www.siemens.com.mx](http://www.siemens.com.mx)

## ANEXO 1

## Procedimiento para la Evaluación Energética de Motores Eléctricos

### Introducción

Debido a que en la práctica sería muy difícil el traslado de un motor eléctrico a un laboratorio de pruebas para determinar la eficiencia con la cual opera, existen diversos métodos para determinar la eficiencia en el mismo sitio de trabajo y sin retirarlo de operación. Algunos métodos son el de deslizamiento, por la determinación del año de fabricación y el de factor de carga. En este documento se describirá este último, ya que a partir de mediciones eléctricas y de datos de placa se podrá obtener un método confiable para su evaluación energética.

### Cálculo para Obtener el Rendimiento de un Motor Eléctrico por el Método de Factor de Carga

La Eficiencia de un motor eléctrico es una función del Factor de Carga, es decir cuando un motor trabaja fuera del 100% de carga, se produce una variación en la eficiencia. De acuerdo a la información de fabricantes se sabe que la mayor eficiencia de un motor ocurre entre el 75 y 85% del factor de carga. Para motores de Alta Eficiencia que cumplen con la NOM-016-ENER-2002 éste máximo ocurre alrededor del 85%, mientras que para los motores anteriores a esta normatividad ocurre alrededor del 75%. Hablando en términos generales la eficiencia tienen poca variación desde el 50% hasta el 100% de factor de carga, sin embargo, disminuye dramáticamente por abajo del 40% de carga. Para el desarrollo de este procedimiento se necesitará la siguiente instrumentación: multímetro, factoripotenciómetro o analizador de redes. Estos servirán para obtener la siguiente información:

Voltaje de alimentación al motor (Volts).  
Corriente en el motor (Amperes).  
Factor de potencia trifásico (unitario).  
Potencia trifásica (kW).

Adicionalmente se deberá contar con la siguiente información de la placa del motor.  
Voltaje (Volts).  
Potencia (CP).  
Eficiencia de placa (η).  
Número de Polos (unitario).  
Tipo de motor (abierto o cerrado).

Una vez obtenidos los datos y realizadas las mediciones seleccionamos los datos siguientes.

**Tabla 3. Cuadro de los datos requeridos para determinar la eficiencia de un motor en operación**

Mediciones (unidades)	Datos de la placa del motor (unidades)
$V_{USOp} = (\text{Volts})$	$V_{placa} = (\text{Volts})$
$V_{USOmax} = (\text{Volts})$	$CP_{placa} = (\text{hp})$
$V_{USOmin} = (\text{Volts})$	$\eta = (1)$
$I_{USOp} = (\text{Amps})$	$Costo_D = (\$/\text{kW})$
$FP_{USOp} = (1)$	$C_{Cponderado} = (\$/\text{kW}_{ponderado})$

## PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO ENERGÉTICO

**Paso 1. El Factor de Carga será lo primero a calcular por medio de la expresión:**

$$FC_{USO} = \frac{\eta(Pot_{USOele})}{0.746(CP_{placa})} \quad (1)$$

Tomando en cuenta que:

$$Pot_{USO} = \frac{\sqrt{3}(V_{USOp})(I_{USOp})(FP_{USOp})}{1000} \quad (2)$$

La ecuación (1) permite conocer el Factor de Carga real al que se encuentra trabajando el motor.

Con este resultado y la información del Apéndice 2 es posible conocer la eficiencia real del motor en las condiciones de trabajo, realizando las interpolaciones convenientes en caso de ser necesario<sup>6</sup>

Si la eficiencia al 100% no está indicada en la placa o no se dispone por ningún modo de esta información; se hará uso del Apéndice 2, considerando un factor de carga al 100%.

### 6. Expresión para interpolación

$$\eta_{USO} = \left( \frac{\eta_2 - \eta_1}{FC_2 - FC_1} \right) (FC_{USO} - FC_1) + \eta_1$$

## Paso 2. Ajuste a la Eficiencia del Motor en Uso

Para determinar la eficiencia real del motor objeto de estudio es necesario tomar en cuenta factores como:

La diferencia que existe entre la tensión de suministro y la de placa.

El desbalanceo máximo de la tensión de suministro con respecto a un valor promedio de la tensión.

Las pérdidas por rebobinados efectuados al motor por concepto de reparaciones.

Para realizar el ajuste a la eficiencia considerando estos factores se dispone de la siguiente ecuación:

$$\eta_{USOajustada} = FA_{DV} (\eta_{USO} + FA_{VV} - FA_{re})$$

El Ajuste por Diferencia de Tensión ( $FA_{VV}$ ), por Desbalanceo ( $FA_{DV}$ ) y por Rebobinado ( $FA_{re}$ ) podrán ser determinados como sigue:

### Ajuste por Diferencia de Tensión

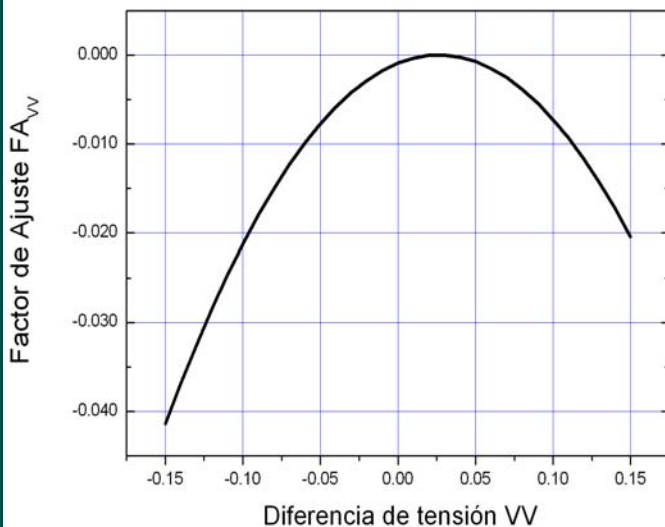
El valor de Diferencia de Tensión (VV) se determina con la expresión

$$VV = \left( \frac{V_{USOp}}{V_{USOp\text{placa}}} - 1 \right)$$

y el valor del Factor por Diferencia de Tensión ( $FA_{VV}$ ) se obtiene por medio de la Figura 1 o bien a través de su ecuación<sup>7</sup>

**Figura 1. Gráfica para la corrección de la eficiencia por diferencia de tensión**

Ajuste a la eficiencia por Diferencia de Tensión



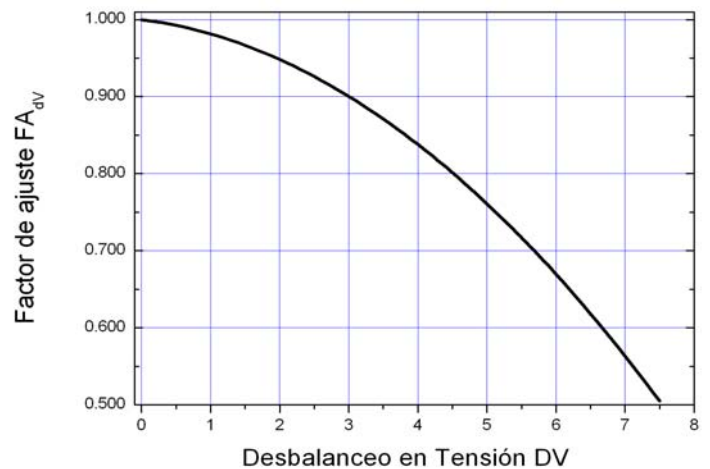
7. Expresión para el Factor de Ajuste por Diferencia de Tensión.  
 $FA_{VV} = (VV_{USO}) [0.07 - 1.334(VV_{USO})] - 0.0009$

### Ajuste por Desbalanceo de Tensión

Con la ecuación (5) se puede obtener el desbalanceo de tensión (DV), el Factor de Ajuste por Desbalanceo de Tensión ( $FA_{DV}$ ) se determina con ayuda de la Figura 2 o por medio de la ecuación de  $FA$ <sup>8</sup>

$$DV = \left( \frac{\text{Max}\{(V_{USO\text{max}} - V_{USOp}) \text{ ó } (V_{USOp} - V_{USO\text{min}})\}}{V_{USOp}} \right)$$

Ajuste a la eficiencia por Desbalanceo de Tensión



### Ajuste por Rebobinados.

Los motores que han sido rebobinados sufren una disminución en su eficiencia y está depende, entre otras cosas de la temperatura aplicada durante su reparación (Tabla 4); sin importar el número de reparaciones realizadas al motor el ajuste solo se debe aplicar una sola vez.

**Tabla 4. Factores de ajuste de eficiencia con respecto a la temperatura de extracción de devanados.**

T	
Temperatura (°C)	$FA_{re}$
633	0.0053
683	0.0117
733 (soplete)	0.0250
Químico	0.0040

8. Expresión para el Factor de Ajuste por Desbalanceo de Tensión.  
 $FA_{DV} = 1 - DV_{USO} [0.0113 + 0.0073(DV_{USO})]$

En la práctica se considera un valor entre el 2 y 5% de pérdida en la eficiencia por rebobinado y queda en función del tipo de motor y la calidad de la mano de obra en la reparación.

### Paso 3. Cálculo de la Potencia al Freno del Motor Actual

La  $Pot_{USOmec}$  es la energía mecánica entregada al sistema motriz accionado por el motor y se determina a partir de la ecuación (6).

$$Pot_{USOmec} = (\eta_{USOajustada})(Pot_{USOele})$$

Esta potencia será la misma para el motor nuevo de mayor eficiencia.

### Paso 4. Propuesta de Motor de Mayor Eficiencia

Una vez que se conoce la potencia al freno, es posible seleccionar un motor, no sólo de mayor eficiencia sino también uno que opere al factor de carga óptimo. El valor de la potencia mecánica con la cual trabajará el motor de mayor eficiencia se divide entre 0.75 para que el motor quede trabajando dentro del área de máxima eficiencia (entre 75 y 85% de carga). Por otra parte esto permite una holgura del 25%, aunque este valor podrá ajustarse de acuerdo al criterio del calculista y queda determinado con la ecuación (7).

$$POT_{MEmec} = \frac{(Pot_{USOmec})}{0.75}$$

### Paso 5. Cálculos del Factor de Carga y Eficiencia para el Motor Propuesto

El factor de carga queda determinado por:

$$FC_{ME} = \frac{(Pot_{USOmec})}{0.746(hp_{placa})}$$

Con base al factor de carga se determina la eficiencia del nuevo motor de acuerdo al catálogo de fabricante para el motor de mayor rendimiento o del Apéndice 2, realizando las interpolaciones convenientes en caso de ser necesario.<sup>9</sup>

### Paso 6. Ajustar Eficiencia para el Nuevo Motor

De la ecuación (3), con  $FA_{re} = 0$  por ser un motor nuevo.

$$FC_{ME} = \frac{(Pot_{USOmec})}{0.746(hp_{placa})}$$

### Paso 7. Calcular la Potencia Eléctrica Demandada por el Nuevo Motor

El cálculo de la potencia requerida del nuevo motor Ecuación (9) es necesario para hacer una comparación económica con respecto a los gastos de operación y determinar el monto del ahorro energético.

$$Pot_{MEele} = \frac{0.746(Pot_{MEmec})(FC_{ME})}{\eta_{MEajustada}}$$

### Paso 8. Cálculo del Ahorro Energético y Económico

El ahorro se obtiene de restar la potencia demandada por el motor en uso a la potencia que requiere el motor de mayor eficiencia propuesto.

$$A_D = Pot_{USOele} - Pot_{MEele}$$

El ahorro de energía se obtiene con el ahorro en demanda y el número de horas de operación del motor.

$$A_C = A_D(t)$$

El ahorro en la operación anual del motor se obtiene con los ahorros en demanda, consumo y datos de facturación o de la página electrónica de la CFE. [www.cfe.gob.mx/gercom/tarifa100/](http://www.cfe.gob.mx/gercom/tarifa100/)

El costo C ponderado<sup>10</sup> se calcula de la siguiente manera:

$$Costo_{Cponderado} = (Fracción_{Base})(\$/kWh_{Base}) + (Fracción_{Intermedia})(\$/kWh_{Intermedia}) + (Fracción_{Punta})(\$/kWh_{Punta})$$

Entonces, el ahorro total  $A_{Etotal}$  será:

$$A_{Etotal} = 12(A_D)(Costo_D) + (A_C)(Costo_{Cpond})$$

### Paso 9. Periodo de Amortización de la Inversión

Por último al disponer de datos de la inversión y de los ahorros económicos anuales es posible estimar un periodo simple de recuperación o amortización con la ecuación (14)

$$P.S.R. = \frac{Inversion}{A_{Etotal}}$$

9.  $\eta_{ME} = \left( \frac{\eta_2 - \eta_1}{FC_2 - FC_1} \right) (FC_{ME} - FC_1) + \eta_1$

10. Para mayor detalle e información de las fracciones y precio de kWh base, intermedia y punta por tarifa ir a [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

### Ejemplo para comparar eficiencia de equipo usado con respecto a uno de mayor eficiencia.

Se considera un motor de 100 CP, 4 polos, abierto con una tensión nominal de 440 V.

Selección de datos de placa y mediciones a utilizar:

Mediciones (unidades)	Datos del motor (placa)
$V_1 = 445.7$ (Volts)	$V_{placa} = 440$ (Volts)
$V_2 = 446.9$ (Volts)	$CP_{placa} = 100$ (hp)
$V_3 = 445.1$ (Volts)	$\eta = 0.9100$
$I_{USOp} = 63.2$ (Amps)	$C_D = \$132.38/kW$
$FP_{USO} = 0.67$	$C_{Cpond} = \$0.9870/kWh$

Datos complementarios:

	FC	Eff
1	0.2500	0.8750
2	0.5000	0.9060

Al aplicar uno a uno de los pasos del procedimiento se obtiene:

Paso	Concepto	Resultado
1	$Pot_{USOele}$ (kW)	32.69
	$FC_{USO}$	0.3988
	$\eta_{FC=38\%}$	0.8935
	$VV_{USO}$	0.0130
	$FA_{VV}$	-0.0002
2	$DV_{USO}$	0.0027
	$FA_{dV}$	0.9999
	$FA_{re}$	0.0250
3	$\eta_{USOajustada}$	0.8682
	$Pot_{USOmec}$ (kW)	28.38
4	$CP_{ME}$ (hp)	60
5	$FC_{ME}$	0.6340
6	$\eta_{ME}$	0.9496
7	$\eta_{MEajustada}$	0.9440
8	$Pot_{MEele}$ (kW)	30.36
	$A_D$ (kW)	2.63
9	$A_c$ (kWh/año)	18,936
	$AE_{Total}$ (\$/año)	22,867.74
	$Inversion$ (MN)	18,000.00
	$P.S.R.$ (años)	0.79

#### Nomenclatura

Tabla 1. Símbolos y su descripción con unidades

Símbolo	Variable	Unidades
A	Ahorro	---
CP	Potencia nominal	CP o hp
FA	Factor de ajuste	1
FC	Factor de carga	1
FP	Factor de potencia	1
I	Corriente	Amperes
Pot	Potencia demandada	kW
t	Tiempo de operación	Hrs/año
V	Tensión	Volts
$\eta$	Eficiencia	1

Tabla 2. Descripción de los subíndices

Símbolo	Subíndice
ME	Referente al motor sugerido para sustitución, el de mayor eficiencia
Ajustada	Se refiere a un ajuste
C	Consumo
D	Demanda
dv	Referente a desbalanceo de tensión
E	Económico
ele	Eléctrica
max	Valor máximo de una serie
mec	Mecánica
min	Valor mínimo de una serie
p	Promedio
placa	Datos de placa
ponderado	Se refiere a una ponderación
re	Relativo a rebobinado
USO	Referente al motor en uso, susceptible a sustitución
vv	Referente a diferencia de tensión

Apéndice 1.  
Tabla de Captura de Datos

Empresa:	Industrias FIDE, S.A. de C.V.		
Calle	Mariano Escobedo No. 420		
Col. /CP	Anzures, 11590		
Municipio/Edo	México, DF		
RPU	XXXXXXXX		
Tarifa	HM		
Región	Central		
Mes/año	Septiembre-07		
\$/kW Facturable	68.97		
\$/kW-h Ponderado	0.4283		
Horas de operación al año	7.200		
<b>Datos Motor</b>			
Ubicación del motor	51		
Aplicación	Elevador de canjilones		
Tipo	USO	ME	
CP placa	100	30	
V placa	440	440	
Clase	Abierto		
Marca	XXXX		
RPM	1.765		
Eficiencia Motor USO 100%	0.9184		
Precio Motor AE	\$ 18,815.47		
Perdidas por rebobinados	0.025		
$FC_{USO}$	$\eta_{USO}$	$FC_{ME}$	$\eta_{ME}$
0.25	0.8858	0.50	0.9500
0.50	0.9221	0.75	0.9540
Mediciones	V	I	FP
Fase 1	445.1	63.2	0.670
Fase 2	446.9	64.2	0.670
Fase 3	445.1	62.2	0.670
<b>Cálculos</b>			
<b>Paso 1</b> $FC_{USO} = 0.6334$ $Pot_{USOele} = 15.4357 \text{ kW}$	<b>Paso 6</b> $\eta_{MEajustada} = 0.9493$		
<b>Paso 2</b> $FA_{VVUSO} = -0.0002$ $FA_{dvUSO} = 0.99997$	<b>Paso 7</b> $Pot_{MEnom} = 25 \text{ CP}$ $Pot_{MEele} = 14.1728 \text{ kW}$		
<b>Paso 3</b> $Pot_{USOmec} = 13.4579 \text{ kW}$	<b>Paso 8</b> $A_D = 1.19 \text{ kW}$ $A_c = 9,092 \text{ kWh/año}$ $AE_{Total} = 5,327 \text{ \$/año}$		
<b>Paso 4</b> $FC_{ME} = 0.7216$	<b>Paso 9</b> $P.S.R. = 3.5 \text{ años}$		

## ANEXO 2

## EFICIENCIAS DE MOTORES

EFICIENCIA DE MOTORES											
Potencia Nominal		Tipo	Polos	SELLO FIDE	NOM-016-ENER-2002	ALTA EFIC NOM-016-ENER-1997	EFIC STD NOM-016-ENER-1997	NOM-074-SCFI-1994	VALOR PROMEDIO		
(kW)	(hp)			100%	100%	100%	100%	100%	75%	50%	25%
0.746	1	Abierto	2	77.0	75.5	-	72.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	85.5	82.5	82.5	72.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	82.5	80.0	80.0	72.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	74.0	74.0	72.0	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	77.0	75.5	75.5	74.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	85.5	82.5	82.5	75.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	82.5	80.0	80.0	75.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	74.0	74.0	72.0	s/d	s/d	s/d	s/d
1.119	1.5	Abierto	2	84.0	82.5	82.5	72.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	86.5	84.0	84.0	74.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	86.5	84.0	84.0	74.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	75.5	75.5	74.0	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	84.0	82.5	82.5	77.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	86.5	84.0	84.0	80.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	87.5	85.5	85.5	78.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	77.0	77.0	75.5	s/d	s/d	s/d	s/d
1.492	2	Abierto	2	85.5	84.0	84.0	74.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	86.5	84.0	84.0	75.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	87.5	85.5	85.5	75.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	85.5	85.5	75.5	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	85.5	84.0	84.0	80.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	86.5	84.0	84.0	81.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	88.5	86.5	86.5	78.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	82.5	82.5	75.5	s/d	s/d	s/d	s/d
2.238	3	Abierto	2	85.5	84.0	84.0	80.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	89.5	86.5	86.5	81.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	88.5	86.5	86.5	80.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	86.5	86.5	78.5	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	86.5	85.5	85.5	81.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	89.5	87.5	87.5	81.5	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	89.5	87.5	87.5	80.0	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	84.0	84.0	75.5	s/d	s/d	s/d	s/d
3.730	5	Abierto	2	86.5	85.5	80.0	80.0	77.5	83.7	82.5	76.2
			4	89.5	87.5	81.5	81.5	78.5	84.2	81.5	74.4
			6	89.5	87.5	80.0	80.0	77.5	82.9	81.2	77.4
			8	-	87.5	80.0	80.0	77.0	82.7	80.0	70.2
		Cerrado	2	88.5	87.5	82.5	82.5	80.5	86.1	84.2	76.3
			4	89.5	87.5	84.0	84.0	81.5	86.3	85.3	78.4
			6	89.5	87.5	81.5	81.5	78.0	84.4	82.0	76.7
			8	-	85.5	82.5	82.5	80.5	83.7	80.9	72.3
5.595	7.5	Abierto	2	88.5	87.5	81.5	81.5	78.0	86.2	85.6	80.9
			4	91.0	88.5	82.5	82.5	79.5	85.9	85.2	80.4
			6	90.2	88.5	81.5	81.5	78.5	85.7	84.6	76.8
			8	-	88.5	81.5	81.5	78.5	85.1	83.6	74.3
		Cerrado	2	89.5	88.5	84.0	84.0	81.5	87.6	86.2	79.3
			4	91.7	89.5	86.5	86.5	83.5	87.8	86.8	79.9
			6	91.0	89.5	82.5	82.5	80.5	86.0	84.5	79.4
			8	-	85.5	84.0	84.0	81.5	87.4	83.3	74.2
7.460	10	Abierto	2	89.5	88.5	82.5	82.5	78.0	87.8	86.5	81.2
			4	91.7	89.5	82.5	82.5	79.5	87.0	86.5	81.8
			6	91.7	90.2	82.5	82.5	78.5	88.1	86.5	85.1
			8	-	89.5	82.5	82.5	80.5	86.8	85.6	79.5
		Cerrado	2	90.2	89.5	85.5	85.5	82.0	88.7	88.7	83.3
			4	91.7	89.5	86.5	86.5	84.0	88.4	87.8	82.7
			6	91.0	89.5	84.0	84.0	81.5	87.4	86.1	80.4
			8	-	88.5	85.5	85.5	82.0	87.4	86.3	79.8
11.190	15	Abierto	2	90.2	89.5	84.0	84.0	81.0	89.2	88.9	86.1
			4	93.0	91.0	84.0	84.0	81.0	89.4	89.0	84.8
			6	91.7	90.2	84.0	84.0	81.0	87.3	86.4	79.7
			8	-	89.5	84.0	84.0	81.0	87.6	87.1	81.4
		Cerrado	2	91.0	90.2	85.5	85.5	82.5	88.8	87.3	82.2
			4	92.4	91.0	87.5	87.5	85.0	88.5	87.1	80.3
			6	91.7	90.2	85.5	85.5	82.0	87.6	85.8	79.5
			8	-	88.5	85.5	85.5	82.0	88.2	87.9	76.8

## EFICIENCIAS DE MOTORES

EFICIENCIA DE MOTORES											
Potencia Nominal		Tipo	Polos	SELLO FIDE 100%	NOM-016- ENER-2002 100%	ALTA EFIC NOM-016- ENER-1997 100%	EFIC STD NOM-016- ENER-1997	NOM-074- SCFI-1994 100%	VALOR PROMEDIO		
(kW)	(hp)								75%	50%	25%
14.920	20	Abierto	2	91.0	90.2	84.0	84.0	81.5	90.4	90.0	87.4
			4	93.0	91.0	84.0	84.0	81.5	88.9	88.6	83.4
			6	92.4	91.0	84.0	84.0	81.5	89.4	89.0	86.1
			8	-	90.2	84.0	84.0	81.5	88.8	87.8	80.5
		Cerrado	2	91.0	90.2	86.5	86.5	83.5	89.3	88.0	81.4
			4	93.0	91.0	87.5	87.5	85.0	89.7	88.8	82.9
			6	91.7	90.2	86.5	86.5	83.5	89.1	88.5	81.8
			8	-	89.5	86.5	86.5	83.5	89.1	88.3	84.9
18.650	25	Abierto	2	91.7	91.0	86.5	86.5	83.5	90.2	89.5	85.1
			4	93.6	91.7	86.5	86.5	83.5	90.9	90.6	87.1
			6	93.0	91.7	86.5	86.5	83.5	89.9	89.3	85.4
			8	-	90.2	86.5	86.5	83.5	89.1	88.2	84.3
		Cerrado	2	91.7	91.0	86.5	86.5	84.0	90.2	89.1	84.1
			4	93.6	92.4	89.5	89.5	87.0	91.7	91.2	86.9
			6	93.0	91.7	86.5	86.5	84.0	89.9	89.0	84.1
			8	-	89.5	86.5	86.5	84.0	88.5	87.2	78.9
22.380	30	Abierto	2	91.7	91.0	87.5	87.5	85.0	90.4	90.0	86.5
			4	94.1	92.4	88.5	88.5	86.0	91.6	91.7	88.2
			6	93.6	92.4	87.5	87.5	85.0	90.9	90.7	90.7
			8	-	91.0	87.5	87.5	85.0	89.6	88.7	83.6
		Cerrado	2	91.7	91.0	87.5	87.5	85.5	90.5	89.6	85.4
			4	93.6	92.4	90.2	90.2	88.0	92.1	91.7	88.7
			6	93.0	91.7	87.5	87.5	85.5	90.8	90.1	83.9
			8	-	91.0	87.5	87.5	85.5	89.5	88.9	83.3
29.840	40	Abierto	2	92.4	91.7	88.5	88.5	86.0	91.1	90.9	88.8
			4	94.1	93.0	89.5	89.5	87.0	91.1	90.3	89.4
			6	94.1	93.0	88.5	88.5	86.0	91.2	90.6	87.2
			8	-	91.0	88.5	88.5	86.0	90.4	89.8	85.0
		Cerrado	2	92.4	91.7	88.5	88.5	86.0	89.5	88.3	84.5
			4	94.1	93.0	90.2	90.2	88.0	91.2	90.1	87.7
			6	94.1	93.0	88.5	88.5	86.0	90.2	89.3	85.2
			8	-	91.0	88.5	88.5	86.0	90.8	90.4	86.5
37.300	50	Abierto	2	93.0	92.4	89.5	89.5	87.0	91.2	90.0	87.0
			4	94.5	93.0	89.5	89.5	87.5	91.7	91.2	88.9
			6	94.1	93.0	89.5	89.5	87.0	91.3	92.0	88.3
			8	-	91.7	89.5	89.5	87.0	91.1	91.1	87.9
		Cerrado	2	93.0	92.4	88.5	88.5	86.0	90.5	88.9	85.7
			4	94.5	93.0	91.0	91.0	89.5	92.6	92.0	88.5
			6	94.1	93.0	88.5	88.5	86.5	91.8	91.2	86.8
			8	-	91.7	89.5	89.5	87.0	91.2	90.7	87.2
44.760	60	Abierto	2	93.6	93.0	90.2	90.2	88.0	91.9	91.6	88.6
			4	95.0	93.6	90.2	90.2	88.0	91.6	90.8	85.1
			6	94.5	93.6	90.2	90.2	88.0	91.8	91.7	88.2
			8	-	92.4	90.2	90.2	88.0	92.8	92.8	90.4
		Cerrado	2	93.6	93.0	89.5	89.5	87.0	90.0	88.4	87.0
			4	95.0	93.6	91.7	91.7	90.0	92.5	91.8	88.2
			6	94.5	93.6	89.5	89.5	87.0	91.7	91.0	86.2
			8	-	91.7	89.5	89.5	87.0	91.9	91.5	87.0
55.950	75	Abierto	2	93.6	93.0	90.2	90.2	88.0	91.6	90.7	86.8
			4	95.4	94.1	90.2	90.2	89.0	92.6	92.2	87.9
			6	94.5	93.6	90.2	90.2	88.0	92.2	92.3	88.9
			8	-	93.6	90.2	90.2	88.0	91.9	91.4	85.8
		Cerrado	2	93.6	93.0	89.5	89.5	87.5	90.5	88.7	87.0
			4	95.4	94.1	91.7	91.7	90.0	92.9	91.7	89.7
			6	94.5	93.6	90.2	90.2	88.0	91.9	91.2	89.1
			8	-	93.0	89.5	89.5	87.0	91.3	90.6	83.4
74.600	100	Abierto	2	93.6	93.0	90.2	90.2	88.0	92.5	92.1	89.0
			4	95.4	94.1	91.0	91.0	89.5	92.7	92.2	88.6
			6	95.0	94.1	90.2	90.2	88.0	92.8	92.2	87.4
			8	-	93.6	90.2	90.2	88.0	92.0	91.6	86.9
		Cerrado	2	94.1	93.6	90.2	90.2	88.0	91.1	89.9	88.4
			4	95.4	94.5	92.4	92.4	90.5	93.4	92.7	89.1
			6	95.0	94.1	90.2	90.2	88.0	93.0	92.1	86.8
			8	-	93.0	90.2	90.2	88.0	92.7	92.2	87.9

EFICIENCIAS DE MOTORES

EFICIENCIA DE MOTORES											
Potencia Nominal		Tipo	Polos	SELLO FIDE	NOM-016-ENER-2002	ALTA EFIC NOM-016-ENER-1997	EFIC STD NOM-016-ENER-1997	NOM-074-SCFI-1994	VALOR PROMEDIO		
(kW)	(hp)			100%	100%	100%	100%	100%	75%	50%	25%
14.920	20	Abierto	2	91.0	90.2	84.0	84.0	81.5	90.4	90.0	87.4
			4	93.0	91.0	84.0	84.0	81.5	88.9	88.6	83.4
93.250	125	Abierto	2	94.1	93.6	91.0	91.0	89.5	92.6	92.0	88.4
			4	95.4	94.5	92.4	92.4	90.5	93.7	93.7	92.2
			6	95.0	94.1	91.0	91.0	89.5	92.8	92.7	88.6
			8	-	93.6	91.0	91.0	89.5	94.2	94.2	91.8
		Cerrado	2	95.0	94.5	91.0	91.0	89.0	92.3	90.7	88.1
			4	95.4	94.5	92.4	92.4	90.5	93.1	92.2	88.3
			6	95.0	94.1	91.0	91.0	89.0	93.6	93.0	89.0
			8	-	93.6	91.0	91.0	89.5	93.2	93.1	-
111.900	150	Abierto	2	94.1	93.6	91.0	91.0	89.5	92.6	92.2	89.4
			4	95.8	95.0	92.4	92.4	91.0	93.4	92.5	91.1
			6	95.4	94.5	91.0	91.0	89.5	93.3	93.0	90.0
			8	-	93.6	91.0	91.0	89.5	94.2	94.5	92.7
		Cerrado	2	95.0	94.5	91.0	91.0	89.0	92.6	91.0	87.7
			4	95.8	95.0	92.4	92.4	91.0	93.8	93.0	90.0
			6	95.8	95.0	91.0	91.0	89.5	94.2	94.0	90.8
			8	-	93.6	91.7	91.7	90.0	94.2	94.5	90.2
149.200	200	Abierto	2	95.0	94.5	91.7	91.7	90.0	93.4	92.4	88.4
			4	95.8	95.0	93.0	93.0	91.5	94.2	93.9	91.1
			6	95.4	94.5	91.7	91.7	90.5	94.1	92.8	91.9
			8	-	93.6	91.7	91.7	90.5	93.8	93.6	-
		Cerrado	2	95.4	95.0	91.7	91.7	91.5	92.9	91.6	91.1
			4	96.2	95.0	93.0	93.0	91.5	94.7	94.1	89.8
			6	95.8	95.0	91.7	91.7	90.5	94.5	94.3	92.5
			8	-	94.1	91.7	91.7	90.5	94.9	94.2	-
186.5	250	Abierto	2	95.0	94.5	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.4	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	94.5	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	96.2	95.0	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.8	95.0	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	94.5	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
223.8	300	Abierto	2	95.4	95.0	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.4	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	96.2	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.8	95.0	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
261.1	350	Abierto	2	95.4	95.0	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.4	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	96.2	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.8	95.0	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
298.4	400	Abierto	2	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.8	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	96.2	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.8	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
335.7	450	Abierto	2	95.8	95.8	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	96.2	95.8	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	96.2	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	96.2	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.8	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
373	500	Abierto	2	95.8	95.8	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	96.2	95.8	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	96.2	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
		Cerrado	2	95.8	95.4	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			4	96.2	95.8	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			6	95.8	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d
			8	-	-	-	-	s/d	s/d	s/d	s/d