

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

***Guía para ahorrar energía eléctrica en
motores de corriente alterna, trifásicos,
de inducción, tipo jaula de ardilla.***

Julio 2013

Contenido

- 1. Introducción**
- 2. Objetivo**
- 3. Definiciones**
- 4. Comprar un motor de eficiencia normalizada**
- 5. Optimización del sistema motor-controlador**

1. Introducción

Los motores trifásicos en nuestro país representan el 61% del consumo de energía del sector industrial; se estima que son, aproximadamente, 2.6 millones los motores trifásicos instalados en el país¹.

Por lo anterior, resulta indispensable implementar programas o políticas dentro de las industrias en México, que permitan incrementar la eficiencia de los motores eléctricos y así obtener incrementos en la productividad, al mismo tiempo que se ahorra energía y dinero.

2. Objetivo

El presente documento pretende ilustrar los beneficios energéticos, económicos y ambientales, que se pueden obtener por instalar motores de eficiencia normalizada en el sector industrial.

3. Definiciones

Para efectos del presente documento, se establecen las definiciones siguientes:

Eficiencia:

Se define como la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada del motor.

Eficiencia nominal:

Es el valor de la eficiencia mostrado en la placa de datos del motor.

Motor de eficiencia normalizada:

Es aquel que tiene una eficiencia nominal igual o mayor a la establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-016-ENER-2009.

Motor de inducción:

Es un motor eléctrico en el cual solamente una parte, ya sea el rotor o el estator, se conecta a la fuente de energía y la otra trabaja por inducción electromagnética.

Motor eléctrico:

Es una máquina rotatoria para convertir energía eléctrica en mecánica.

Motor trifásico:

Es un motor que utiliza para su operación energía eléctrica de corriente alterna trifásica.

Motor tipo jaula de ardilla:

¹ Datos obtenido del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009 – 2012

Es un motor de inducción, en el cual los conductores del rotor son barras colocadas en las ranuras del núcleo secundario, que se conectan en circuito corto por medio de anillos en sus extremos, semejando una jaula de ardilla.

Potencia de entrada:

Es la potencia eléctrica que el motor toma de la línea.

Potencia de salida:

Es la potencia mecánica disponible en el eje del motor.

Potencia nominal:

Es la potencia mecánica de salida, indicada en la placa de datos del motor.

4. Comprar un motor de eficiencia normalizada

La eficiencia es el factor más importante cuando se considera comprar un motor de eficiencia normalizada; en esta sección se pretende mostrar qué puntos se deben considerar para obtener el motor más eficiente. Por lo anterior, resulta indispensable plantear y responder las siguientes preguntas:

¿Por qué es importante mejorar la eficiencia en un motor?

El incrementar la eficiencia de un motor eléctrico conlleva a un ahorro de energía dentro de la industria, lo cual reduce los costos de operación de la misma y provoca una mejora en la productividad.

La eficiencia energética debería ser el punto más importante cuando una industria tiene instalados motores eléctricos o se piensa en comprar nuevos, lo anterior considerando que el costo anual por operación (consumo de energía) de un equipo convencional o de baja eficiencia siempre es mayor que la inversión inicial de un equipo eficiente y nuevo.

Para ejemplificar lo antes expuesto, consideremos un motor típico de 20 CP, con una eficiencia de 83%, y un factor de carga del 75%, que opera aproximadamente 3,000 horas al año, con una tarifa eléctrica de 1.2726 \$/kWh², representa aproximadamente un gasto de \$56,800 al año por consumo de energía, lo anterior representa aproximadamente 3 veces el costo inicial del motor.

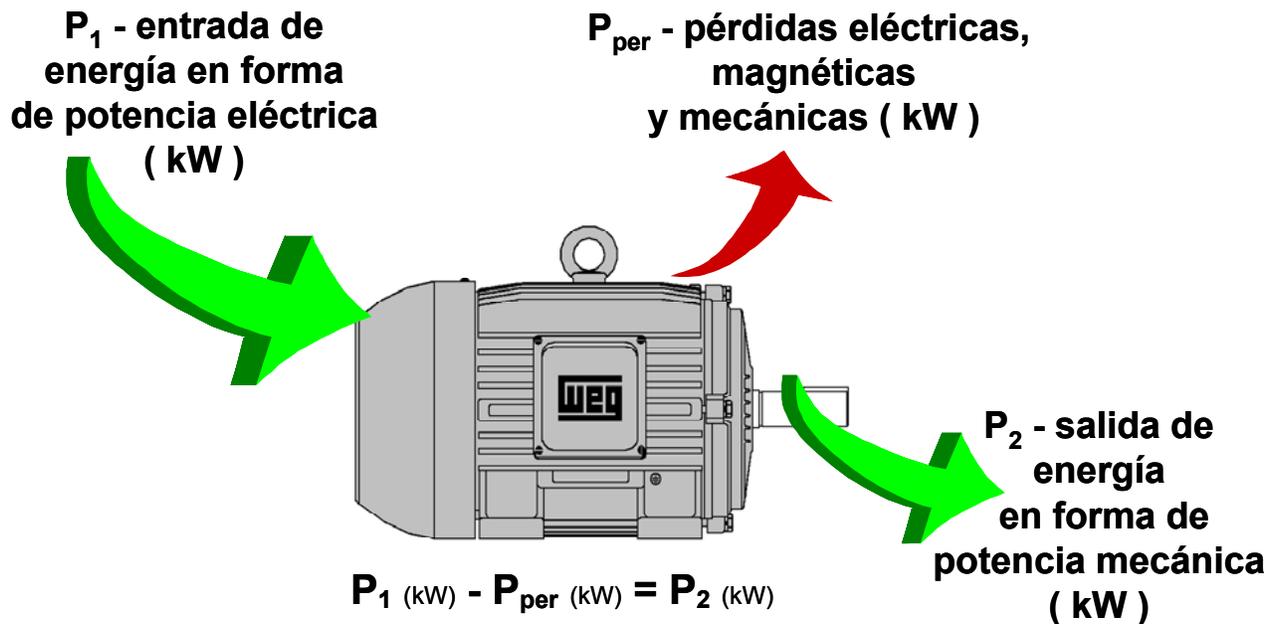
² Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Precio medio (1.2726 \$/kWh) para la gran industria en el año 2012

¿Qué es un motor de eficiencia normalizada?

Existen variaciones considerables en la operación de un motor convencional, si se le compara con un motor de eficiencia normalizada. Las mejoras en el diseño, en los materiales y en las técnicas de fabricación aumentan la eficiencia de un motor eléctrico, logrando así más trabajo por unidad de energía consumida.

Los motores de eficiencia normalizada ofrecen otros beneficios, como son: alto factor de de servicio, mayor resistencia al calor, mayor vida útil, mejor sistema de enfriamiento y menor vibración, todo esto mejora la operación del motor; además, los fabricantes ofrecen mejores garantías para sus modelos más eficientes.

Figura 1 Eficiencia de un motor eléctrico



$$\text{EFICIENCIA \%} = \frac{\text{POTENCIA DE SALIDA}}{\text{POTENCIA DE ENTRADA}} \times 100$$

¿Cuándo considerar la compra de un motor de eficiencia normalizada?

Se recomienda adquirir un motor de eficiencia normalizada en alguno de los siguientes casos:

- Para todas las instalaciones nuevas.

- Cuando se adquieren equipos en paquete, como son compresores, acondicionadores de aire, bombas, etc.
- Cuando se hacen remodelaciones, actualizaciones o rediseño del proceso productivo.
- Para remplazar motores viejos y rebobinados o motores convencionales.
- Como parte de programas de mantenimiento preventivo o de uso eficiente de la energía.

¿Cuándo un motor de eficiencia normalizada es económicamente rentable?

La inversión en un motor de eficiencia normalizada muchas veces se recupera con los ahorros obtenidos. En la Tabla 1, se muestra el ahorro económico por incrementar un punto la eficiencia de un motor eléctrico. En las aplicaciones industriales típicas, los motores de eficiencia normalizada son económicamente rentables cuando operan más de 4,000 horas al año, tomando como criterio un tiempo simple de recuperación de no más de 3 años.

Tabla 1. Ahorro anual al aumentar un punto la eficiencia de un motor eléctrico³.

Potencia (CP)	Ahorro Anual (\$)
5	234
10	468
15	702
20	936
30	1,405
50	2,341
100	4,682
200	9,364

En la Tabla 2 se muestran los potenciales de ahorro energético y económico, así como la inversión y el tiempo de recuperación, por sustituir motores eléctricos convencionales por motores de eficiencia normalizada. Es importante aclarar que los potenciales ahorro dependen del ciclo de operación, el factor de carga, el número de polos, el tipo de carcasa de cada motor. Los ejemplos aquí mostrados se calcularon tomando como base una operación anual de 4,000 horas, con un factor de carga de 75%, carcasa cerrada, de dos polos.

³ Datos calculados con el precio medio (1.2726 \$/kWh) para la gran industria en el año 2012 publicado por la CFE, 4,000 horas de uso al año, con un factor de carga de 100.

Tabla 2 Beneficio de los motores de eficiencia normalizada

Potencia (CP)	Eficiencia actual (%)	Eficiencia propuesta (%)	Ahorros		Inversión (\$)	Tiempo de recuperación (meses)
			Energético (kWh/año)	Económico ^{&} (\$)		
5	75	88.50	2,273	2,892	4,567	20
10	77	90.20	4,392	5,589	8,938	20
15	79	91.00	5,894	7,501	12,679	21
20	80	91.00	7,204	9,168	18,482	25
30	83	91.70	8,396	10,685	22,394	26
50	85	93.00	12,660	16,111	35,209	27
100	87	94.10	22,484	28,613	67,717	29
200	89	95.40	39,983	50,882	133,086	32

[&]Datos calculados con el precio medio (1.2726 \$/kWh) para la gran industria en el año 2012, publicado por la CFE, 4,000 horas de uso al año, con un factor de carga de 100.

¿Debería rebobinar un motor quemado?

A pesar de que los motores quemados usualmente se pueden rebobinar, resulta económicamente rentable remplazar un motor dañado por uno de eficiencia normalizada con el cual se ahorra energía y aumenta la productividad de la empresa.

Cuando se calculan los costos de operación de un motor convencional rebobinado, se deberá de reducir 2 puntos la eficiencia nominal para motores mayores a 40 CP y tres puntos para motores mas pequeños, siempre y cuando los motores sean reparados en un taller calificado y que los materiales utilizados sean de alta calidad; de lo contrario, los motores podrían llegar a perder hasta 5 puntos de su eficiencia nominal. En la Tabla 3 se muestran los impactos energéticos y económicos por rebobinar un motor.

A continuación se enlistan algunos criterios para determinar la compra de un motor de eficiencia normalizada en lugar, de rebobinar el motor dañado:

- Si el motor es menor a 40 CP.
- Si el costo por rebobinar excede el 65% del precio de un motor de eficiencia normalizada.
- Si el motor ha sido rebobinado con anterioridad.
- Si el motor dañado tiene más de 15 años en operación.

Tabla 3 Impactos energéticos y económicos por rebobinar un motor

Potencia (CP)	Eficiencia		Incremento	
	Actual (%)	Rebobinado (%)	Energético (kWh)	Económico ^{&} (\$)
5	75	73	41	50
10	77	75	77	95
15	79	77	115	147
20	80	78	154	195
30	83	81	230	301
50	85	83	383	502
100	87	84	768	977
200	89	86	1,536	1,955

[&]Datos calculados con el precio medio (1.2726 \$/kWh) para la gran industria en el año 2012, publicado por la CFE, 4,000 horas de uso al año, con un factor de carga de 100.

¿Qué factores de diseño se deben considerar cuando se escoge un motor de eficiencia normalizada?

Potencia del motor. Los motores de eficiencia normalizada deberán ser seleccionados para operar con un factor de carga entre 65% y el 100%. En la práctica, es común que se seleccionen motores sobredimensionados y que operan con factores de carga inferiores al 65%, lo que da como resultado una reducción de la eficiencia del motor, es importante aclarar, que hay procesos industriales que requieren motores sobredimensionados para cubrir los picos de carga en la producción.

Ciclo de trabajo. Al elegir un motor de eficiencia normalizada, debemos considerar si es para servicio continuo, en accionamientos de operación intermitente, con frecuentes arranques y paros, ya que esto ocasiona una depreciación de sus características de operación y eficiencia. Además las altas temperaturas pueden dañar el aislamiento de los devanados.

El armazón del motor. Se debe seleccionar de acuerdo con el ambiente en que va a estar trabajando. Los motores abiertos son más sencillos y, por lo tanto, menos costosos, además de operar con mayor factor de potencia. Sin embargo, en condiciones adversas del medio, los motores cerrados serán los indicados.

Velocidad de operación. Seleccionar motores de eficiencia normalizada con la velocidad de operación adecuada para las cargas centrífugas (bombas, ventiladores, extractores, etc.), ya que estas cargas son extremadamente sensibles a las variaciones de velocidad; un incremento de 5 rpm puede alterar significativamente la operación de estos equipos, disminuyendo la eficiencia y aumentando el consumo de energía.

Corriente de arranque. Los motores de eficiencia normalizada cuentan con una resistencia eléctrica baja; esto provoca una corriente de arranque mayor que la de un motor convencional. La duración de esta corriente es muy corta, por lo que la parte térmica de las protecciones no se activa, pero la parte magnética de las protecciones puede accionarse sin motivo de falla.

Nota: Se recomienda utilizar motores de inducción trifásicos en lugar de monofásicos. En motores de potencia equivalente, su eficiencia es de 3 a 5% mayor y su factor de potencia mejora notablemente.

¿Cómo implementar un programa para mejorar la eficiencia de los motores?

Se recomienda realizar un censo de los motores instalados, en el que se recolecten los datos de placa, así como algunas mediciones de campo (tensión eléctrica monofásica y trifásica, corriente, potencia activa, factor de potencia, velocidad de operación) en condiciones normales de operación; inicialmente, se deben reemplazar los motores que cumplan con alguno de los siguientes criterios:

- Motores sobredimensionados.
- Motores trifásicos con baja corriente de arranque (Nema tipo B).
- Motores que no sean especiales (ejemplo, motores a prueba de explosión).
- Motores de 10 a 500 CP.
- Motores que al menos operen 2,000 horas al año.
- Motores con carga constante (no intermitente, cíclica o fluctuante).
- Motores viejos o rebobinados convencionales.
- Motores de fácil acceso.
- Motores con datos de placa legibles.

También se recomienda realizar una evaluación técnica y económica de los motores a reemplazar y agruparlos en las siguientes categorías:

Reemplazo inmediato. Estos motores ofrecen un tiempo de recuperación corto (menos de 2 años). En este grupo se incluye a motores que presentan una operación continua (más de 6,000 horas al año), que en la actualidad son ineficientes (incluyendo los sobredimensionados). Este tipo de motores deben comprarse lo antes posible e instalarlos en la primera oportunidad, ya sea en un día libre o en un paro programado por mantenimiento.

Reemplazo al momento de la falla. Estos motores ofrecen un tiempo de recuperación intermedio (entre 2 y 5 años). En este grupo se incluyen motores que presentan una operación de entre 3,000 a 5,000 horas al año; en este caso, se tienen dos opciones: una es comprar el motor de eficiencia normalizado y se guarda en el almacén como repuesto, o bien se compra hasta que el motor existente falla. Lo anterior depende de qué tan rápido se puede conseguir un motor de eficiencia normalizada, qué tan rápido debe de ser reemplazado el que falló y cuántos motores con las mismas características y potencia se encuentran instalados en la empresa.

Permanecer con la situación actual. Estos motores ofrecen un tiempo de recuperación alto (más de 5 años). En este grupo se incluyen los motores que en la actualidad ya presentan una eficiencia razonable o que tienen un ciclo de operación intermitente de menos de 2,000 horas al año. Se recomienda mantener estos motores trabajando, así como realizar una nueva evaluación técnica y económica considerando las eficiencias y los precios de los motores disponibles en el mercado, cuando fallen.

Los motores tienen una larga vida útil, los costos de operación se incrementarán significativamente con el paso del tiempo; las mejoras en la eficiencia energética que el día de hoy no se justifican económicamente, quizás sean rentables en pocos años, por lo que, le recomendamos realizar periódicamente evaluaciones técnicas y económicas, con el objeto de reducir los costos de operación y aumentar la productividad de la empresa.

5. Optimización del sistema motor-controlador

El sistema motor-controlador integra un gran número de componentes: red eléctrica, controladores, motor eléctrico y sistema de transmisión mecánica. Por ejemplo, ventiladores, acondicionadores de aire y bombas de agua en muchos edificios usan alimentación de la red eléctrica monofásica o trifásica y son controlados por relevadores y/o termostatos que sirven para accionar los motores. Éstos suministran la energía mecánica a través de bandas o poleas a los compresores, ventiladores o bombas. En cada uno de los componentes se pueden optimizar el funcionamiento y la eficiencia del sistema.

El propósito de esta sección es apoyar al personal de mantenimiento de las industrias para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia del sistema motor-controlador. Se ofrecen recomendaciones en: calidad de la energía, eficiencia del motor y la transmisión, y sistema de monitoreo y mantenimiento. Las categorías brindan una serie de pasos que sirven para mejorar el funcionamiento de cada uno de los motores instalados en la industria. En algunos de estos pasos se requiere la participación de

ingenieros o del personal técnico. Otros se implementarán cuando los motores fallen o haya una remodelación importante en la instalación. Por último, otros involucran el desarrollo de un sistema de monitoreo de motores, controlar el suministro de energía eléctrica e implementar un programa de mantenimiento predictivo y preventivo.

Resulta importante diseñar e instalar sistemas eléctricos que cumplan los estándares de seguridad (NOM-001-SEDE-2012), minimicen el tiempo de paro y reduzcan las pérdidas eléctricas. Por lo anterior, las industrias, deberán contar con un ingeniero electricista capacitado que comprobará si la instalación eléctrica necesita modificaciones, ya que una mala distribución o conexión de las cargas pueden provocar pérdidas de energía en la instalación.

Se recomienda revisar periódicamente las instalaciones eléctricas existentes, ya que la norma fue diseñada primordialmente para la seguridad; optimizar la eficiencia de las instalaciones significa sobre-pasar los requerimientos de la norma.

5.1 Reducir las variaciones de la tensión eléctrica

La tensión eléctrica de un motor deberá mantenerse lo más cercana posible a la tensión nominal impresa en su placa de datos; se recomienda que la desviación máxima de la caída de tensión eléctrica sea del +/- 5%. A pesar de que los motores se diseñan para operar con una variación de +/- 10% de la tensión nominal, las variaciones muy grandes de la caída de tensión reducen la eficiencia, el factor de potencia y la vida útil. Cuando un motor trabaja por debajo del 95% de la tensión nominal, su eficiencia pierde de 2 a 4 puntos, la temperatura de operación puede llegar a incrementarse hasta 5 °C; el aumentar 1 °C la temperatura de operación de un motor puede reducir su vida útil hasta 30%.

Tabla 4 Reducción de la eficiencia de un motor bajo condiciones de caída de tensión⁴

Potencia (CP)	Eficiencia nominal (%)	Caída de tensión (%)	Eficiencia ajustada (%)
100	94.1	-3.00	94.01
100	94.1	-5.00	93.82
100	94.1	-7.50	93.44
100	94.1	-10.00	92.88
100	94.1	-15.00	90.71

5.2 Reducir el desbalanceo de la tensión eléctrica

El desbalanceo de la tensión eléctrica en las conexiones de un motor trifásico, conlleva a un desequilibrio en la corriente eléctrica, lo anterior provoca un incremento en la vibración, dañando así los rodamientos, por otro lado se incrementan las pérdidas eléctricas, reduciendo la eficiencia del sistema y aumentando la temperatura de operación, con lo cual se acorta la vida útil del motor.

Se recomienda que el desbalanceo de la tensión eléctrica en las conexiones del motor no exceda el 1%. Las causas más comunes de estos desbalances son:

- Cargas monofásicas mal distribuidas en el sistema.
- Conductores eléctricos de diferentes diámetros en el circuito primario.
- Equipos y/o conexiones mal instalados.
- Fallas a tierra no identificadas.
- Circuitos abiertos.

⁴ Los resultados pueden variar, dependiendo del diseño del motor, la velocidad, la eficiencia a plena carga y la potencia; para este ejemplo, se consideró un motor cerrado, de dos polos, con un factor de carga del 100%.

Tabla 5 Reducción de la eficiencia de un motor bajo condiciones de desbalanceo de tensión⁵

Potencia (CP)	Eficiencia nominal (%)	Desbalanceo de tensión (%)	Eficiencia ajustada (%)
50	93.00	-1.12	91.88
50	93.00	-2.12	91.05
50	93.00	-3.12	90.40
50	93.00	-4.12	90.68
50	93.00	-5.12	88.63

5.3 Mantener un alto factor de potencia

Un bajo factor de potencia resulta caro e ineficiente. La compañía suministradora de energía puede llegar a aplicar una penalización de hasta 120% del costo de la energía por presentar un factor de potencia inferior al 90%; además, el bajo factor de potencia reduce la capacidad del sistema eléctrico, debido a un aumento del flujo de corriente en los conductores eléctricos, así como caídas de tensión, aumento de la temperatura en el sistema y reducción de la vida útil de motores y conductores.

El bajo factor de potencia reduce la eficiencia y la capacidad del sistema eléctrico, tanto del lado de la compañía suministradora como de la industria. Los motores de eficiencia normalizada operan con un alto factor de potencia, siempre y cuando no trabajen por debajo del 65% de su carga.

⁵ Los resultados pueden variar, dependiendo del diseño del motor, la velocidad, la eficiencia a plena carga y la potencia; para este ejemplo, se consideró un motor cerrado, de dos polos, con un factor de carga del 100%.

Tabla 6 Reducción del factor de potencia de un motor de acuerdo con la carga en operación⁶

Potencia (CP)	Eficiencia nominal (%)	Factor de carga (%)	Factor de potencia (%)
100	94.1	25	62
100	94.1	50	80
100	94.1	75	86
100	94.1	100	90

5.4 Evitar las corrientes armónicas

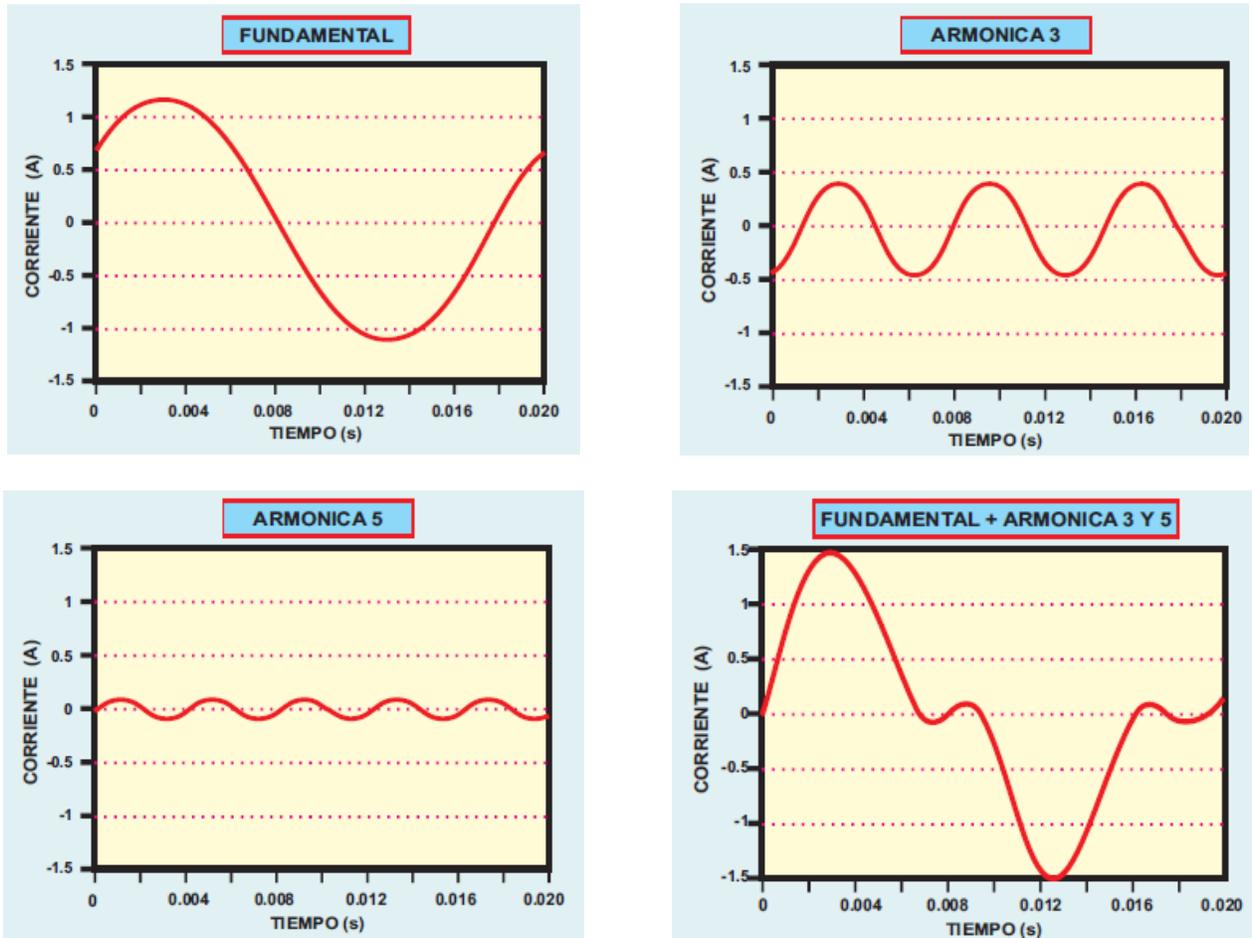
Los motores fueron diseñados para operar a una frecuencia de 60 Hz y una forma de onda senoidal. Desafortunadamente, en la actualidad la forma de onda ha sido contaminada por las armónicas, las cuales son producidas por equipos de fundición, hornos de arco y equipo con electrónica de potencia, etc.

Los motores de eficiencia normalizada son menos sensibles a la distorsión de la onda senoidal que un motor convencional, debido a la mejora del diseño y los materiales utilizados en su fabricación.

La distorsión armónica puede causar graves daños en la seguridad de la instalación, debido al sobrecalentamiento del sistema eléctrico; además, daña o acorta la vida útil de los motores y de otras cargas similares instaladas.

⁶ Los resultados pueden variar, dependiendo del diseño del motor, la velocidad, la eficiencia a plena carga y la potencia; para este ejemplo, se consideró un motor cerrado, de dos polos, con un factor de carga del 100%.

Figura 1 Descomposición de una onda senoidal original en sus armónicos.



En general, la distorsión armónica puede ser evitada de la siguiente manera:

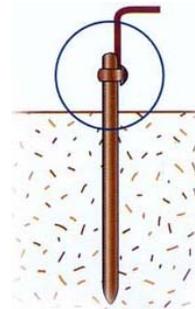
- Limitar el uso de cargas no lineales (equipos electrónicos) en los sistemas eléctricos.
- Seleccionar de manera adecuada el banco de capacitores para corregir el factor de potencia, para evitar que las corrientes armónicas entren en resonancia con el banco y se amplifiquen.
- Instalar filtros o trampas que capturen las corrientes armónicas, con la finalidad de prevenir el daño a los equipos de la instalación.

5.5 Montaje del motor eléctrico

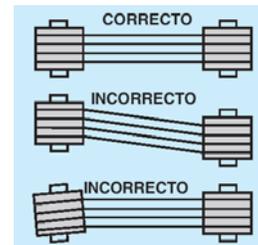
Efectuar correctamente la instalación eléctrica y el montaje de los motores y su carga. La Norma de Instalaciones Eléctricas, en su capítulo referente a motores, y las recomendaciones de los fabricantes son de consulta obligada para asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos.



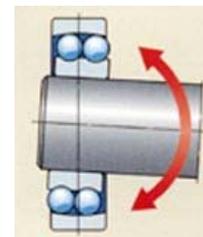
Realizar en forma correcta la conexión a tierra de los motores. Una conexión defectuosa o la ausencia de ésta pueden poner en peligro la vida de los operarios si se presenta una falla a tierra, además de ocasionar corrientes de fuga que no son liberadas por el equipo de protección, lo que significa un dispendio de energía.



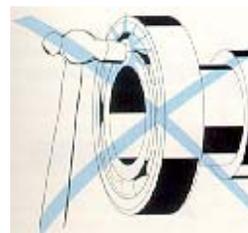
Verificar, periódicamente, la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo, ocasionar daños mayores en el motor y en la carga.



Reparar o cambiar los ejes del motor y de la transmisión, si se han doblado por sobrecarga o por mal uso. Un eje en mal estado incrementa las pérdidas por fricción y puede ocasionar daños severos sobre todo en los cojinetes del motor.



Mantener en óptimas condiciones los cojinetes del motor. Una cantidad considerable de energía se pierde en cojinetes en mal estado o si su lubricación es inadecuada (insuficiente o excesiva). Repárelos o sustitúyalos si tienen algún desperfecto y siga las instrucciones del fabricante para lograr una correcta lubricación.



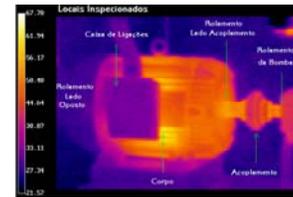
Mantener en buen estado los medios de transmisión entre el motor y la carga, tales como: poleas, engranes, bandas y cadenas. Si éstos no se encuentran en condiciones apropiadas o su instalación es incorrecta, pueden ocasionar daños importantes, además de representar una carga inútil para el motor.



Mantener en buen estado y correctamente ajustados los equipos de protección contra sobrecalentamientos o sobrecargas en los motores. Los protegen de daños mayores y evitan que operen con baja eficiencia.



Instalación en Bobinado



Termograma

Revisar periódicamente las conexiones del motor, junto con las de su arrancador y demás accesorios. Conexiones flojas o mal realizadas, con frecuencia originan un mal funcionamiento del motor y ocasionan pérdidas por disipación de calor.



Mantener en óptimas condiciones los sistemas de ventilación y enfriamiento de los motores, para evitar sobrecalentamientos que puedan aumentar las pérdidas en los conductores del motor y dañar los aislamientos.



5.6 Instalación de variadores de velocidad

Sustituir motores con engranes, poleas, bandas u otro tipo de transmisión, para reducir la velocidad del motor, por motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos.



Instalar motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos, en aquellos accionamientos, en los que la carga sea variable y se pueda controlar ajustando la velocidad. Por ejemplo, en sistemas de bombeo o compresión que deben suministrar caudales variables y que para hacerlo utilicen válvulas u otros dispositivos de control. La eficiencia total del motor y su carga se eleva notablemente, con ahorros importantes de energía.



5.7 Instalación de arrancadores

Utilizar arrancadores a tensión reducida en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques. Con esto se evita un calentamiento excesivo en los conductores y se logra disminuir las pérdidas durante la aceleración.

Utilizar arrancadores estrella-delta o de devanado partido, como alternativa de los arrancadores a tensión reducida, cuando la carga impulsada no requiera de alto par de arranque. Son más económicos y eficientes en términos de energía, pero tienen el inconveniente de que el par de arranque se reduce notoriamente.

Instalar arrancadores electrónicos, en lugar de los convencionales electromagnéticos para el arranque de los motores, permite una mayor eficiencia en el arranque, con el consiguiente ahorro de energía.



5.8 Instalación de accesorios y periféricos

Acoplar directamente el motor a la carga siempre que el accionamiento lo permita. Con esto se evitan pérdidas en el mecanismo de transmisión.



Instalar acoplamientos flexibles en aquellos motores sometidos a un número elevado de arranques súbitos. Con esto se pueden atenuar los efectos de una alineación defectuosa, reducir los esfuerzos de torsión en la flecha del motor y disminuir las pérdidas por fricción.



Instalar equipos de control de la temperatura del aceite de lubricación de cojinetes de motores de gran capacidad, a fin de minimizar las pérdidas por fricción y elevar la eficiencia.



5.9 *Mantenimiento y monitoreo*

Realizar la inspección periódica del motor, incluyendo lecturas de corriente, potencia (kW), velocidad (rpm), resistencia de aislamiento, etc., con objeto de verificar si se mantienen en condiciones apropiadas de funcionamiento y eficiencia, y poder tomar acciones correctivas, cuando se requieran.

Efectuar rutinariamente la limpieza del motor, con el propósito de eliminar la suciedad, el polvo y objetos extraños, que impidan su óptimo funcionamiento. La regularidad con que ésta se realice dependerá de las condiciones en las que el motor esté trabajando, pero es recomendable desmontarlo, al menos, una vez al año para realizar la limpieza completa de todos sus componentes.

Mantener actualizados los manuales de operación de los motores, incorporando en éstos las modificaciones que tengan lugar.

Colocar carteles con instrucciones concretas para los operarios, con la finalidad de que los motores operen con la mayor seguridad y eficiencia.