

**Fuente :** Diario Oficial de la Federación

**Fecha de Publicación:** 17 de Junio de 1998

**NOM-016-ENER-1997**

**NORMA OFICIAL MEXICANA, EFICIENCIA ENERGETICA DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA TRIFASICOS, DE INDUCCION, TIPO JAULA DE ARDILLA, DE USO GENERAL EN POTENCIA NOMINAL DE 0,746 A 149,2 kW. LIMITES, METODO DE PRUEBA Y MARCADO.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.- Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE).

ODON DE BUEN RODRIGUEZ, Secretario Técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) de la Secretaría de Energía, con fundamento en los artículos 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 38 fracciones II y III, 40 fracciones X y XII y 47 fracción IV y Quinto Transitorio de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y 29 fracción III del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, y

**CONSIDERANDO**

Que el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 ha propuesto, entre sus objetivos fundamentales, la promoción de un crecimiento económico vigoroso, sostenido y sustentable en beneficio de los mexicanos.

Que para impulsar y alcanzar este objetivo fundamental, el Plan Nacional de Desarrollo identificó diversas estrategias prioritarias entre las cuales destacan el uso eficiente de los recursos, la aplicación de políticas sectoriales pertinentes y el despliegue de una política ambiental que haga sustentable el crecimiento económico.

Que para lograr las metas establecidas por estas estrategias será necesario propiciar un aumento sistemático de la eficiencia general de la economía, así como impulsar la actualización tecnológica.

Que como antecedente de la presente Norma se encuentra el Proyecto de 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. Límites, método de prueba y marcado; publicado para comentarios en el **Diario Oficial de la Federación** el 7 de febrero de 1997.

Que las reformas a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 28 de diciembre de 1994, delimitaron las facultades de la nueva Secretaría de Energía, mismas entre las que se encuentra la de expedir normas oficiales mexicanas que promuevan la eficiencia del sector energético.

Que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización señala como una de las finalidades de las normas oficiales mexicanas el establecimiento de criterios y/o especificaciones que promuevan el mejoramiento del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales.

Que el Programa Nacional de Normalización 1997 publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de abril de este mismo año, contempla la expedición de diversas normas oficiales mexicanas cuya finalidad es la preservación y uso racional de los recursos energéticos.

Que el programa de la Secretaría de Energía para 1998 considera el ahorro y uso eficiente de la energía como una de las prioridades de la política sectorial.

Que el Reglamento Interior de la Secretaría de Energía publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 1 de junio de 1995, adscribió el ejercicio de la facultad de aprobar y emitir las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, por sí o en conjunto con otras dependencias, por lo tanto se expide la siguiente: 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. Límites, método de prueba y marcado.

**TRANSITORIOS**

1. La presente Norma entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.
2. La certificación de cumplimiento de los productos sujetos a la misma, se exigirá a los 90 días de su publicación.
3. Los motores con certificado de cumplimiento con la NOM-074-SCFI-1994, Eficiencia energética de motores de inducción de corriente alterna, tipo jaula de ardilla en potencias de 0,746 kW (1 CP) a 149,2 kW (200 CP). Límites-Métodos de prueba, expedidos por los organismos de certificación acreditados antes de esta fecha, podrán ser comercializados como máximo hasta el término de su vigencia estipulada en el mismo.
4. No es necesario esperar el vencimiento del certificado de cumplimiento con la NOM-074-SCFI-1994 para obtener el certificado de cumplimiento con la NOM-016-ENER-1997, si así le interesa al comercializador.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 13 de mayo de 1998.- El Secretario Técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), **Odón de Buen Rodríguez**.- Rúbrica.

#### **PREFACIO**

La presente Norma Oficial Mexicana fue elaborada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, bajo la coordinación de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía y con la colaboración de los siguientes organismos y empresas:

- ASOCIACION NACIONAL DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION DEL SECTOR ELECTRICO
- CAMARA NACIONAL DE MANUFACTURAS ELECTRICAS
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- COMISION REGULADORA DE ENERGIA
- CONFEDERACION NACIONAL DE ASOCIACIONES DE COMERCIANTES DE MATERIAL Y EQUIPO ELECTRICO, A.C.
- FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA
- ABB SISTEMAS, S.A. DE C.V.
- BALDOR DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- EMERSON ELECTRIC DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- G.E. SUPPLY MEXICO, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAL FUNDIDORA VALSI, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS CONFAD, S.A. DE C.V.
- INDUSTRIAS IEM, S.A. DE C.V.
- MOTORES MCMILLAN, S.A. DE C.V.
- MOTORES US DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- ROCKWELL AUTOMATION DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- SIEMENS, S.A. DE C.V.
- USEM DE MEXICO, S.A. DE C.V.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los valores mínimos de eficiencia, el método de prueba para su evaluación, y la especificación de marcado de la eficiencia nominal en la placa de datos de los motores eléctricos de corriente alterna, trifásicos, de inducción, jaula de ardilla, de uso general, en potencia nominal de 0,746 kW hasta 149,2 kW, abiertos y cerrados; que se comercializan en los Estados Unidos Mexicanos. Esta Norma cancela y sustituye a la NOM-074-SCFI-1994.

Esta Norma tiene la función de definir la forma en que se medirá y se expresará la eficiencia energética y cuáles son los límites inferiores, con lo cual se facilitan las decisiones del usuario y se evita la comercialización de motores ineficientes con el fin de procurar el uso racional de los recursos energéticos no renovables de la nación.

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-016-ENER-1997 EFICIENCIA ENERGETICA DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA, TRIFASICOS, DE INDUCCION, TIPO JAULA DE ARDILLA, DE USO GENERAL EN POTENCIA NOMINAL DE 0,746 A 149,2 kW Límites, método de prueba y marcado Esta Norma Oficial Mexicana cancela y sustituye a la NOM-074-SCFI-1994**  
**CONTENIDO**

**1. Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los valores mínimos de eficiencia, el método de prueba para su evaluación, y la especificación de marcado de la eficiencia nominal en la placa de datos de los motores que se comercializan en los Estados Unidos Mexicanos.

**2. Campo de aplicación**

Esta Norma se aplica a motores eléctricos de corriente alterna, trifásicos, de inducción, jaula de ardilla, de uso general, en potencia nominal de 0,746 kW hasta 149,2 kW, abiertos y cerrados.

**3. Referencias**

Se debe utilizar como referencia la siguiente Norma:  
NOM-008-SCFI Sistema General de Unidades de Medida.

**4. Definiciones**

Para efectos de esta Norma se definen los siguientes términos:

**4.1 Dinamómetro**

Aparato para aplicar carga mecánica a un motor en forma continua y controlada, y que puede incluir dispositivos para medir el par torsional y la frecuencia de rotación desarrollados por dicho motor.

**4.2 Eficiencia**

La eficiencia se define como la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada del motor. Se expresa en por ciento y se calcula con alguna de las siguientes relaciones:

- a)  $[\text{Potencia de salida} / \text{potencia de entrada}] \times 100$ ,
- b)  $[(\text{Potencia de entrada} - \text{pérdidas}) / \text{potencia de entrada}] \times 100$ ,
- c)  $[\text{Potencia de salida} / (\text{potencia de salida} + \text{pérdidas})] \times 100$ .

**4.3 Eficiencia mínima asociada**

Cada eficiencia nominal tiene una eficiencia mínima asociada especificada en la columna B de la Tabla 1.

**4.4 Eficiencia nominal**

Es el valor de la eficiencia mostrado en la placa de datos del motor, seleccionado de la Columna A de la Tabla 1 por el fabricante. Este valor no debe ser mayor que la eficiencia promedio de una población grande de motores del mismo diseño.

**4.5 Equilibrio térmico a carga plena**

Es el que se tiene cuando la variación de temperatura de las diferentes partes del motor, trabajando a carga plena, no excede de un grado Celsius en un lapso de 30 minutos.

**4.6 Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD)**

Es el par torsional necesario para vencer la oposición que presenta el dinamómetro al movimiento mecánico, en su condición de carga mínima.

**4.7 Motor abierto**

Es un motor que tiene aberturas para ventilación que permiten el paso del aire exterior de enfriamiento, sobre y a través del embobinado del motor.

**4.8 Motor cerrado**

Es un motor cuya armazón impide el intercambio libre de aire entre el interior y el exterior de éste, sin llegar a ser hermético.

**4.9 Motor de eficiencia alta**

Es aquél que tiene una eficiencia nominal igual o mayor que la indicada en las Tablas 4 y 5, según su enclaustramiento y número de polos.

**4.10 Motor de eficiencia estándar**

Es aquél que tiene una eficiencia nominal igual o mayor que la indicada en las Tablas 2 y 3, según su enclaustramiento y número de polos.

**4.11 Motor de inducción**

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

**4.12 Motor de uso general**

Es un motor enfriado por aire, abierto o cerrado, con flecha horizontal, cuya construcción no tiene efecto en su aplicación y es capaz de trabajar a régimen continuo.

**4.13 Motor eléctrico**

Máquina para convertir energía eléctrica en mecánica.

**4.14 Motor trifásico**

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

**4.15 Motor tipo jaula de ardilla**

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.

**4.16 Pérdidas en el núcleo**

Son las debidas a las alternaciones del campo magnético en el material activo del estator y el rotor por efectos de histéresis y corrientes parásitas.

**4.17 Pérdidas indeterminadas**

Son la porción de las pérdidas que no se incluyen en la suma de las pérdidas por efecto Joule en el estator y en el rotor, las pérdidas en el núcleo, y las pérdidas por fricción y ventilación.

**4.18 Pérdidas por efecto Joule**

Son las debidas a la circulación de corriente eléctrica por los conductores del estator y rotor y se manifiestan en forma de calor.

**4.19 Pérdidas por fricción y ventilación**

Son las debidas a la oposición que presentan los dispositivos, tales como ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.

**4.20 Pérdidas totales**

Son la diferencia de la potencia de entrada y la potencia de salida del motor.

**4.21 Potencia de entrada**

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

**4.22 Potencia de salida**

Es la potencia mecánica disponible en el eje del motor.

**4.23 Potencia nominal**

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

**4.24 Régimen continuo**

Es el régimen nominal con el cual debe cumplir un motor en funcionamiento continuo indefinidamente.

**4.25 Régimen nominal**

Es la condición de operación a la tensión y frecuencia eléctricas nominales en la que el motor desarrolla los parámetros indicados en su placa de datos.

**4.26 Resistencia entre terminales del motor**

Es la resistencia medida entre dos terminales en la caja de conexiones del motor.

**4.27 Torsiómetro**

Aparato acoplado entre los ejes del motor y del dinamómetro, que trasmite y mide el par torsional. Algunos tipos miden además la frecuencia de rotación y permiten determinar la potencia mecánica desarrollada por el motor.

**5. Clasificación**

Los motores sujetos a esta Norma se clasifican por su nivel de eficiencia y tipo de enclaustramiento:

**5.1 De acuerdo con su eficiencia**

- Motor de eficiencia estándar
- Motor de eficiencia alta

**5.2 De acuerdo con su enclaustramiento**

- Motor abierto
- Motor cerrado

**6. Especificaciones****6.1 Motor de eficiencia estándar**

Cualquier motor de eficiencia estándar debe tener indicada en su placa de datos una eficiencia nominal igual o mayor a la especificada en las Tablas 2 y 3.

**6.2 Motor de eficiencia alta**

Cualquier motor de eficiencia alta debe tener indicada en su placa de datos una eficiencia nominal igual o mayor a la especificada en las Tablas 4 y 5.

**6.3 Eficiencia mínima asociada**

Cualquier motor de eficiencia estándar o alta debe tener una eficiencia mayor o igual a la eficiencia mínima asociada a la eficiencia nominal que muestre en su placa de datos de acuerdo con la Tabla 1.

**6.4 Determinación de la eficiencia**

Para determinar la eficiencia energética de motores de inducción trifásicos en potencia nominal de 0,746 a 149,2 kW, se precisa como prueba única el método descrito en el capítulo 9 de la presente Norma.

**7. Muestreo**

De acuerdo con el artículo 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, establecerá el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los motores con las especificaciones de esta Norma.

**TABLA 1.- Eficiencia nominal y mínima asociada**

[en por ciento]

| Columna A<br>Eficiencia Nominal | Columna B<br>Eficiencia Mínima | Columna A<br>Eficiencia Nominal | Columna B<br>Eficiencia Mínima |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 99,0                            | 98,8                           | 94,1                            | 93,0                           |
| 98,9                            | 98,7                           | 93,6                            | 92,4                           |
| 98,8                            | 98,6                           | 93,0                            | 91,7                           |
| 98,7                            | 98,5                           | 92,4                            | 91,0                           |
| 98,6                            | 98,4                           | 91,7                            | 90,2                           |
| 98,5                            | 98,2                           | 91,0                            | 89,5                           |
| 98,4                            | 98,0                           | 90,2                            | 88,5                           |
| 98,2                            | 97,8                           | 89,5                            | 87,5                           |
| 98,0                            | 97,6                           | 88,5                            | 86,5                           |
| 97,8                            | 97,4                           | 87,5                            | 85,5                           |
| 97,6                            | 97,1                           | 86,5                            | 84,0                           |
| 97,4                            | 96,8                           | 85,5                            | 82,5                           |
| 97,1                            | 96,5                           | 84,0                            | 81,5                           |
| 96,8                            | 96,2                           | 82,5                            | 80,0                           |
| 96,5                            | 95,8                           | 81,5                            | 78,5                           |
| 96,2                            | 95,4                           | 80,0                            | 77,0                           |
| 95,8                            | 95,0                           | 78,5                            | 75,5                           |
| 95,4                            | 94,5                           | 77,0                            | 74,0                           |
| 95,0                            | 94,1                           | 75,5                            | 72,0                           |
| 94,5                            | 93,6                           | 74,0                            | 70,0                           |
|                                 |                                | 72,0                            | 68,0                           |

**Nota:** Los valores de la eficiencia nominal de la Columna A se obtienen a partir del 99,0%, con incrementos de pérdidas del 10%. Los valores de eficiencia mínima asociada de la Columna B, se obtienen incrementando las pérdidas en un 20%.

**8. Criterios de aceptación**

**8.1 Placa de datos**

La eficiencia nominal marcada por el fabricante en la placa de datos del motor debe ser igual o mayor que la eficiencia de las Tablas 2 a 5 de esta Norma, de acuerdo con su potencia nominal en kW, número de polos, nivel de eficiencia y enclaustramiento.

**8.2 Resultados de las pruebas**

La eficiencia medida con el método de prueba del capítulo 9, para cada motor probado, debe ser igual o mayor que la eficiencia mínima asociada a la eficiencia nominal marcada en la placa de datos por el fabricante.

**TABLA 2.- Valores de eficiencia nominal a plena carga para motores cerrados de eficiencia estándar**

[en por ciento]

| Potencia Nominal, kW | 2 Polos | 4 Polos | 6 Polos | 8 Polos |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| 0,746                | 74,0    | 75,5    | 75,5    | 72,0    |
| 1,119                | 77,0    | 80,0    | 78,5    | 75,5    |
| 1,492                | 80,0    | 81,5    | 78,5    | 75,5    |
| 2,238                | 81,5    | 81,5    | 80,0    | 75,5    |
| 3,730                | 82,5    | 84,0    | 81,5    | 82,5    |
| 5,595                | 84,0    | 86,5    | 82,5    | 84,0    |
| 7,460                | 85,5    | 86,5    | 84,0    | 85,5    |
| 11,19                | 85,5    | 87,5    | 85,5    | 85,5    |
| 14,92                | 86,5    | 87,5    | 86,5    | 86,5    |
| 18,65                | 86,5    | 89,5    | 86,5    | 86,5    |
| 22,38                | 87,5    | 90,2    | 87,5    | 87,5    |
| 29,84                | 88,5    | 90,2    | 88,5    | 88,5    |
| 37,30                | 88,5    | 91,0    | 88,5    | 89,5    |
| 44,76                | 89,5    | 91,7    | 89,5    | 89,5    |
| 55,95                | 89,5    | 91,7    | 90,2    | 89,5    |
| 74,60                | 90,2    | 92,4    | 90,2    | 90,2    |
| 93,25                | 91,0    | 92,4    | 91,0    | 91,0    |
| 111,9                | 91,0    | 92,4    | 91,0    | 91,7    |
| 149,2                | 91,7    | 93,0    | 91,7    | 91,7    |

**TABLA 3.- Valores de eficiencia nominal a plena carga para motores abiertos de eficiencia estándar**

[en por ciento]

| Potencia Nominal, kW | 2 Polos | 4 Polos | 6 Polos | 8 Polos |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| 0,746                | 72,0    | 72,0    | 72,0    | 72,0    |
| 1,119                | 72,0    | 74,0    | 74,0    | 74,0    |
| 1,492                | 74,0    | 75,5    | 75,5    | 75,5    |
| 2,238                | 80,0    | 81,5    | 80,0    | 78,5    |
| 3,730                | 80,0    | 81,5    | 80,0    | 80,0    |
| 5,595                | 81,5    | 82,5    | 81,5    | 81,5    |
| 7,460                | 82,5    | 82,5    | 82,5    | 82,5    |
| 11,19                | 84,0    | 84,0    | 84,0    | 84,0    |
| 14,92                | 84,0    | 84,0    | 84,0    | 84,0    |
| 18,65                | 86,5    | 86,5    | 86,5    | 86,5    |
| 22,38                | 87,5    | 88,5    | 87,5    | 87,5    |
| 29,84                | 88,5    | 89,5    | 88,5    | 88,5    |
| 37,30                | 89,5    | 89,5    | 89,5    | 89,5    |
| 44,76                | 90,2    | 90,2    | 90,2    | 90,2    |
| 55,95                | 90,2    | 90,2    | 90,2    | 90,2    |
| 74,60                | 90,2    | 91,0    | 90,2    | 90,2    |
| 93,25                | 91,0    | 92,4    | 91,0    | 91,0    |
| 111,9                | 91,0    | 92,4    | 91,0    | 91,0    |
| 149,2                | 91,7    | 93,0    | 91,7    | 91,7    |

**TABLA 4.- Valores de eficiencia nominal a plena carga para motores cerrados de eficiencia alta** [en por ciento]

| Potencia Nominal, kW | 2 Polos | 4 Polos | 6 Polos | 8 Polos |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| 0,746                | 75,5    | 82,5    | 80,0    | 74,0    |
| 1,119                | 82,5    | 84,0    | 85,5    | 77,0    |
| 1,492                | 84,0    | 84,0    | 86,5    | 82,5    |
| 2,238                | 85,5    | 87,5    | 87,5    | 84,0    |
| 3,730                | 87,5    | 87,5    | 87,5    | 85,5    |
| 5,595                | 88,5    | 89,5    | 89,5    | 85,5    |
| 7,460                | 89,5    | 89,5    | 89,5    | 88,5    |
| 11,19                | 90,2    | 91,0    | 90,2    | 88,5    |
| 14,92                | 90,2    | 91,0    | 90,2    | 89,5    |
| 18,65                | 91,0    | 92,4    | 91,7    | 89,5    |
| 22,38                | 91,0    | 92,4    | 91,7    | 91,0    |
| 29,84                | 91,7    | 93,0    | 93,0    | 91,0    |
| 37,30                | 92,4    | 93,0    | 93,0    | 91,7    |
| 44,76                | 93,0    | 93,6    | 93,6    | 91,7    |
| 55,95                | 93,0    | 94,1    | 93,6    | 93,0    |
| 74,60                | 93,6    | 94,5    | 94,1    | 93,0    |
| 93,25                | 94,5    | 94,5    | 94,1    | 93,6    |
| 111,9                | 94,5    | 95,0    | 95,0    | 93,6    |
| 149,2                | 95,0    | 95,0    | 95,0    | 94,1    |

**TABLA 5.- Valores de eficiencia nominal a plena carga para motores abiertos de eficiencia alta** [en por ciento]

| Potencia Nominal, kW | 2 Polos | 4 Polos | 6 Polos | 8 Polos |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| 0,746                | ---     | 82,5    | 80,0    | 74,0    |
| 1,119                | 82,5    | 84,0    | 84,0    | 75,5    |
| 1,492                | 84,0    | 84,0    | 85,5    | 85,5    |
| 2,238                | 84,0    | 86,5    | 86,5    | 86,5    |
| 3,730                | 85,5    | 87,5    | 87,5    | 87,5    |
| 5,595                | 87,5    | 88,5    | 88,5    | 88,5    |
| 7,460                | 88,5    | 89,5    | 90,2    | 89,5    |
| 11,19                | 89,5    | 91,0    | 90,2    | 89,5    |
| 14,92                | 90,2    | 91,0    | 91,0    | 90,2    |
| 18,65                | 91,0    | 91,7    | 91,7    | 90,2    |
| 22,38                | 91,0    | 92,4    | 92,4    | 91,0    |
| 29,84                | 91,7    | 93,0    | 93,0    | 91,0    |
| 37,30                | 92,4    | 93,0    | 93,0    | 91,7    |
| 44,76                | 93,0    | 93,6    | 93,6    | 92,4    |
| 55,95                | 93,0    | 94,1    | 93,6    | 93,6    |
| 74,60                | 93,0    | 94,1    | 94,1    | 93,6    |
| 93,25                | 93,6    | 94,5    | 94,1    | 93,6    |
| 111,9                | 93,6    | 95,0    | 94,5    | 93,6    |
| 149,2                | 94,5    | 95,0    | 94,5    | 93,6    |

**9. Método de prueba**

Los motores se prueban por el método de segregación de pérdidas, este método para la determinación de la eficiencia tiene como particularidad la medición indirecta de las pérdidas indeterminadas y la medición directa de las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator y del rotor, las pérdidas en el núcleo, así como las pérdidas por fricción y ventilación.

**9.1 Condiciones de la prueba**

La frecuencia eléctrica de alimentación para todas las pruebas será de 60 Hz ± 0,8%.

Las magnitudes eléctricas que varíen senoidalmente deben expresarse en valores eficaces, a menos que se especifique otra cosa.

La tensión eléctrica de corriente alterna de alimentación para la prueba, será la tensión eléctrica nominal indicada en la placa de datos del motor, medida en sus terminales, sin exceder una variación de ±0,5%, con un desbalance máximo permitido de ±0,5%. Donde el por ciento de desbalance es igual a 100 veces la desviación máxima de la tensión eléctrica de cada fase con respecto a la tensión eléctrica promedio, dividida entre la tensión eléctrica promedio.

El factor de desviación de la onda de tensión eléctrica no debe ser mayor o igual del 10%<sup>1</sup>.

### 9.2 Instrumentos de medición y equipo de prueba

Los instrumentos de medición deben seleccionarse para que el valor leído esté dentro del intervalo de la escala recomendado por el fabricante del instrumento, o en su defecto en el tercio superior de la escala del mismo.

Los instrumentos analógicos o digitales deben estar calibrados con una incertidumbre máxima de  $\pm 0,5\%$  de plena escala.

Cuando se utilicen transformadores de corriente y de potencial se deben realizar las correcciones necesarias para considerar los errores de relación y fase en las lecturas de tensión y corriente eléctricas. Estos errores no deben ser mayores de 0,5%.

El dinamómetro debe seleccionarse de forma que a su carga mínima, la potencia de salida demandada al motor no sea mayor del 15% de la potencia nominal del mismo.

Para evitar la influencia del acoplamiento del motor con el dinamómetro durante el desarrollo de las pruebas de equilibrio térmico, funcionamiento y carga mínima posible en el dinamómetro, éstas deben realizarse sin desacoplar el motor entre ellas.

Los instrumentos de medición, equipos y aparatos para aplicar este método de prueba son los siguientes:

- 1) Aparato para medir la temperatura detectada por los detectores de temperatura por resistencia o termopares;
- 2) óhmetro para medir resistencias bajas.
- 3) equipo para controlar la tensión de alimentación;
- 4) frecuencímetro;
- 5) vóltmetros;
- 6) ampérmetros;
- 7) wáttmetro trifásico;
- 8) dinamómetro;
- 9) torsiómetro o aparato para medir par torsional;
- 10) tacómetro; y
- 11) cronómetro;

### 9.3 Procedimiento de prueba

Antes de comenzar las pruebas se deben registrar la temperatura y la resistencia óhmica de los devanados del estator. Para ello, se deben instalar dentro del motor detectores de temperatura por resistencia o termopares, entre o sobre los cabezales del devanado, o en las ranuras del núcleo del estator, procurando que queden fuera de las trayectorias del aire de enfriamiento del motor.

#### 9.3.1 Parámetros iniciales

Se miden las resistencias entre terminales de los devanados del estator y la temperatura correspondiente.

Se registran los siguientes parámetros:

- 1) las resistencias entre terminales de los devanados del estator, en Ohms;
- 2) el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator  $t_i$ , en °C; y
- 3) la temperatura ambiente  $t_{ai}$ , en °C.

Se designa como resistencia de referencia  $R_i$ , a aquélla con el valor intermedio de las tres registradas. Por ejemplo, si:

$$R_{1-2} = 4,8 \Omega \quad R_{1-3} = 5,0 \Omega \quad R_{2-3} = 5,1 \Omega$$

entonces el valor de la resistencia de referencia será  $R_i = 5,0 \Omega$

#### 9.3.2 Prueba para alcanzar el equilibrio térmico

Mediante esta prueba se determinan la resistencia y temperatura de los devanados del motor, operando a carga plena.

Se hace funcionar el motor a su tensión eléctrica medida en sus terminales, frecuencia eléctrica y potencia nominales, hasta alcanzar el equilibrio térmico definido en el inciso 4.5 en todos los detectores de temperatura. Se desenergiza y se desconectan las terminales de línea del motor, se mide y registra la resistencia entre las terminales de la resistencia de referencia determinada en el inciso 9.3.1, en el tiempo especificado en la Tabla 6.

<sup>1</sup> El factor de desviación de una onda es la razón de la diferencia máxima entre las ordenadas correspondientes de la onda y de la onda senoidal equivalente, a la ordenada máxima de la onda senoidal equivalente, cuando las ondas están superpuestas de tal manera que esta diferencia máxima es lo más pequeña posible. La onda senoidal equivalente se define como aquélla que tiene la misma frecuencia y el mismo valor eficaz que la onda que se está probando.

**TABLA 6.- Tiempo al cual se debe realizar la medición de la resistencia de referencia de los devanados del estator.[s]**

| Potencia Nominal, en kW | Tiempo |
|-------------------------|--------|
| 37,5 o menor            | 30     |
| Mayor de 37,5 a 150     | 90     |
| mayor de 150            | 120    |

Si se excede el tiempo establecido en la Tabla 6, se traza una curva de enfriamiento basada en la resistencia entre el par de terminales de referencia, utilizando por lo menos 5 valores espaciados a intervalos de 60 s, para determinar la resistencia al tiempo de retardo especificado en la Tabla 6.

Se miden y registran:

- 1) la resistencia entre las terminales de referencia, Rf, en Ohms;
- 2) el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, tf, en °C;
- 3) la temperatura ambiente, taf, en °C; y
- 4) el tiempo al que se midió o determinó la resistencia Rf, en s.

**9.3.3 Prueba de funcionamiento**

Al término de la prueba anterior, se hace funcionar el motor a su tensión eléctrica medida en sus terminales, frecuencia eléctrica y potencia nominales, hasta alcanzar nuevamente el equilibrio térmico definido en el inciso 4.5. Se aplican en forma descendente dos valores de carga arriba de la potencia nominal, seleccionados adecuadamente para no dañar el motor y sin exceder del 150% de la misma; así como cuatro valores de carga espaciados aproximadamente iguales desde el 100% hasta el 25% de la potencia nominal.

Se miden y registran los siguientes parámetros para cada uno de los valores de carga:

- 1) el promedio de las tensiones eléctricas entre terminales, en V;
- 2) la frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz;
- 3) el promedio de las corrientes eléctricas de línea, Im, en A;
- 4) la potencia de entrada, Pe, en kW
- 5) el par torsional del motor, Tm, en N·m;
- 6) la frecuencia de rotación, nm, en min-1;
- 7) el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator para cada valor de carga, tm, en °C; y
- 8) la temperatura ambiente para cada valor de carga, tam, en °C.

**9.3.4 Carga mínima posible en el dinamómetro**

Se ajusta el dinamómetro a su carga mínima y se opera el motor a su tensión eléctrica medida en sus terminales y frecuencia eléctrica nominales hasta que la potencia de entrada no varíe más del 3% en un lapso de 30 minutos.

Con la potencia de entrada estabilizada a la carga mínima del dinamómetro, se miden y registran:

- 1) el promedio de las tensiones eléctricas entre terminales, en V
- 2) la frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz;
- 3) el promedio de las corrientes eléctricas de línea, Imín, en A;
- 4) la potencia de entrada, Pmín, en kW;
- 5) el par torsional del motor, Tmín, en N·m;
- 6) la frecuencia de rotación, nmín, en min-1;
- 7) el promedio de las temperaturas detectadas por los detectores de temperatura de los devanados, tmín, en °C; y
- 8) Se verifica que la potencia de salida Pd demandada al motor bajo prueba, sea menor al 15% de su potencia nominal. Donde Pd en kW, se calcula de la siguiente forma:

$$P_d = \frac{T_{\text{mín}} \cdot n_{\text{mín}}}{9549} \quad [\text{kW}]$$

**9.3.5 Prueba de operación en vacío**

Se desacopla el motor del dinamómetro y se opera en vacío a su tensión eléctrica medida en las terminales del motor y frecuencia eléctrica nominales hasta que la potencia de entrada varíe no más del 3% en un lapso de 30 minutos. Se aplican en forma descendente tres o más valores de tensión eléctrica entre el 125% y el 60% de la tensión eléctrica nominal, espaciados en forma regular; de la misma manera, tres o más valores entre el 50% y el 20% de la tensión eléctrica nominal o hasta donde la corriente eléctrica de línea llegue a un mínimo o se haga inestable.

Para cada valor de tensión eléctrica, se miden y registran:

- 1) el promedio de las tensiones eléctricas entre terminales, en V;
- 2) la frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz;
- 3) el promedio de las corrientes eléctricas de línea, IO, en A;

- 4) la potencia de entrada en vacío, P0, en kW;
- 5) la frecuencia de rotación, n0, en min-1; y
- 6) el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator en cada valor de tensión, t0, en °C.

**9.4 Segregación de pérdidas**

**9.4.1 Determinación de las pérdidas por fricción y ventilación y cálculo de las pérdidas en el núcleo.**

Los siguientes cálculos se utilizan para separar el origen de las pérdidas en vacío.

- a) Se resta de la potencia de entrada medida en el inciso 9.3.5 en vacío, P0, las pérdidas de los devanados del estator I2RE0 para cada valor de tensión eléctrica del inciso 9.3.5, calculadas con la siguiente ecuación:

$$I^2 R_{E0} = 0,0015 \cdot I_0^2 \cdot R_{E0} \quad [kW]$$

donde:

- I0 es el promedio de las corrientes eléctricas de línea en vacío del inciso 9.3.5, en A; y
- RE0 es la resistencia entre las terminales de referencia, en ohms, del inciso 9.3.1, corregida al promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator para cada valor de tensión eléctrica, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R_{E0} = R_i \cdot \frac{t_0 + K}{t_i + K} \quad [\Omega]$$

donde:

- Ri es la resistencia de referencia del inciso 9.3.1, en ohms;
  - t0 es el promedio de las temperaturas de los devanados para cada valor de tensión el inciso 9.3.5, en °C;
  - ti es el promedio de las temperaturas de los devanados del estator en frío del inciso 9.3.1, en °C; y
  - K es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados deberá usarse el valor especificado por el fabricante del material.
- b) Se traza una curva con la potencia de entrada con el motor operando en vacío P0 menos las pérdidas en los devanados del estator I2RE0 contra la tensión eléctrica en vacío, para cada valor de tensión eléctrica entre el 125% y el 60% del valor nominal.
  - c) Se traza una curva con los valores de potencia de entrada en vacío P0 menos las pérdidas en los devanados del estator I2RE0, contra el cuadrado de la tensión eléctrica, para cada valor de tensión eléctrica entre el 50% y el 20% del valor nominal o hasta el valor correspondiente a la corriente eléctrica de línea mínima o inestable. Se extrapola la curva a la tensión eléctrica en vacío igual a cero. El valor de la potencia de entrada en este punto corresponde a las pérdidas por fricción y ventilación Pfv.
  - d) De la curva obtenida en el inciso (b) se calculan las pérdidas del núcleo, Ph, a la tensión eléctrica nominal, restando de la potencia de entrada en vacío, P0, las pérdidas en los devanados del estator I2RE0 según el inciso (a), y las pérdidas de fricción y ventilación Pfv según el inciso (c).

**9.4.2 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el estator.**

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator I2Rm para cada uno de los seis valores de carga aplicados según el inciso 9.3.3, utilizando la siguiente ecuación:

$$I^2 R_m = 0,0015 \cdot I_m^2 \cdot R_m \quad [kW]$$

donde:

- Im es el promedio de las corrientes de línea del inciso 9.3.3, en A;
- Rm es la resistencia entre las terminales de referencia del estator, inciso 9.3.1, corregida a la temperatura de los devanados para cada valor de carga mediante la siguiente ecuación:

$$R_m = R_i \cdot \frac{t_m + K}{t_i + K} \quad [\Omega]$$

donde:

- Ri es la resistencia de referencia del inciso 9.3.1, en ohms;
- tm es el promedio de las temperaturas de los devanados por cada valor de carga del inciso 9.3.3, en °C;
- ti es el promedio de las temperaturas de los devanados del estator del inciso 9.3.1, en °C; y
- K es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, deberá usarse el valor especificado por el fabricante.

**9.4.3 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el rotor**

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor  $I^2 R_r$ , en cada uno de los seis valores de carga aplicados según el inciso 9.3.3, utilizando la siguiente ecuación:

$$I^2 R_r = (P_e - I^2 R_m - P_h) \cdot S_m \quad [kW]$$

donde:

- Pe es la potencia de entrada para cada valor de carga medida en el inciso 9.3.3
- Ph son las pérdidas del núcleo calculadas en el inciso 9.4.1
- Sm es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona  $n_s$  para cada valor de carga, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S_m = \frac{n_s - n_m}{n_s}$$

donde:

- $n_s$  es la frecuencia de rotación síncrona en min-1; y
- $n_m$  es la frecuencia de rotación para cada valor de carga medida en el inciso 9.3.3 en min-1.

#### 9.4.4 Cálculo del Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD)

Con las mediciones realizadas en el inciso 9.3.4 y 9.3.5, se calcula:

- a) El deslizamiento por unidad de frecuencia de rotación síncrona con el dinamómetro a su carga mínima de acuerdo con la siguiente ecuación ( $S_{mín}$ ):

$$S_{mín} = \frac{n_s - n_{mín}}{n_s}$$

donde:

- $n_s$  es la frecuencia de rotación síncrona, en min-1; y
- $n_{mín}$  es la frecuencia de rotación con el dinamómetro a su carga mínima medida en el inciso 9.3.4, en min-1.

- b) Las pérdidas por efecto Joule en el estator con el dinamómetro a su carga mínima:

$$I^2 R_{mín} = 0,0015 \cdot I_{mín}^2 \cdot R_{mín} \quad [kW]$$

donde:

- $I_{mín}$  es el promedio de las corrientes de línea durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro del inciso 9.3.4, en A; y
- $R_{mín}$  es la resistencia de referencia corregida a la temperatura de los devanados del estator durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro, calculada mediante la siguiente ecuación:

$$R_{mín} = R_i \cdot \frac{t_{mín} + K}{t_i + K} \quad [\Omega]$$

donde:

- $R_i$  es la resistencia de referencia del inciso 9.3.1, en ohms;
- $t_{mín}$  es el promedio de las temperaturas de los devanados del estator con el dinamómetro a su mínima carga del inciso 9.3.4, en °C;
- $t_i$  es el promedio de las temperaturas de los devanados del estator del inciso 9.3.1, en °C; y
- $K$  es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados deberá usarse el valor especificado por el fabricante del material.

- c) El factor de corrección del dinamómetro:

$$FCD = \frac{9549}{n_{mín}} [(P_{mín} - I^2 R_{mín} - P_h)(1 - S_{mín})] - \frac{9549}{n_0} [P_o - I^2 R_{E0} - P_h] - T_{mín} \quad [N \cdot m]$$

donde:

- $P_{mín}$  es la potencia de entrada con el dinamómetro a su carga mínima, medida en el inciso 9.3.4, en kW
- $P_n$  son las pérdidas en el núcleo calculadas en el inciso 9.4.1 en kW
- $P_o - I^2 R_{E0}$  es calculado en el inciso 9.4.1 a), en kW
- $T_{mín}$  es el par torsional del motor con el dinamómetro a su carga mínima, medida en el inciso 9.3.4 en N m
- $n_0$  es la frecuencia de rotación en vacío, en min-1

#### 9.4.5 Cálculo de la potencia de salida corregida

- a) Se calculan los valores de par torsional corregido  $T_c$ , sumando el factor de corrección del dinamómetro FCD, a los valores de par medidos  $T_m$ .
- b) Se calcula la potencia de salida corregida de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{T_c \cdot n_m}{9\ 549} \quad [kW]$$

donde:

- $T_c$  es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, en N-m
- $n_m$  es la frecuencia de rotación para cada valor de carga, en min-1

#### 9.4.6 Cálculo de las pérdidas indeterminadas

Para calcular las pérdidas indeterminadas en cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 9.3.3, se calcula la potencia residual  $P_{res}$  como sigue:

$$P_{res} = P_e - P_s - I^2R_m - P_h - P_{fv} - I^2R_r \quad [kW]$$

donde:

- $P_e$  es la potencia de entrada para cada valor de carga medida en el inciso 9.3.3
- $P_s$  Potencia de salida corregida para cada punto de carga, en kW
- $I^2R_m$  Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada punto de carga, en kW
- $P_h$  Pérdidas en el núcleo, en kW
- $P_{fv}$  Pérdidas por fricción y ventilación, en kW
- $I^2R_r$  Pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada punto de carga, en kW

Para suavizar la curva de potencia residual,  $P_{res}$ , contra el cuadrado del par torsional,  $T_c^2$ , para cada valor de carga, se usa el análisis de regresión lineal del Apéndice A.

$$P_{res} = A T_c^2 + B \quad [kW]$$

donde:

- $T_c$  es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, calculado en el inciso 9.4.5 (a), en N-m;
- $A$  es la pendiente de la recta para el análisis de regresión lineal; y
- $B$  es la intersección de la recta con el eje de las ordenadas

Si el coeficiente de correlación  $\gamma$  es menor que 0,9, se elimina el peor punto y se calculan nuevamente  $A$  y  $B$ . Si el valor de  $\gamma$  se incrementa hasta hacerlo mayor que 0,9, se usa el segundo cálculo. En caso contrario, la prueba no fue satisfactoria, indicando errores en la instrumentación, de lectura o ambos. Se debe investigar la fuente de estos errores y corregirse, para posteriormente repetir las pruebas. Cuando el valor de  $A$  se establece conforme al párrafo anterior, se pueden calcular las pérdidas indeterminadas para cada uno de los valores de carga del inciso 9.3.3 de la siguiente forma:

$$P_{ind} = A T_c^2 \quad [kW]$$

donde:

- $T_c$  es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, calculado en el inciso 9.4.5(a), en N-m; y
- $A$  es la pendiente de la recta

#### 9.5 Corrección por temperatura para las pérdidas por efecto Joule

##### 9.5.1 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el estator corregidas por temperatura

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator corregidas de la temperatura ambiente  $t_{af}$ , medida en el inciso 9.3.2, a la temperatura ambiente de 25°C, para cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 9.3.3, usando la siguiente ecuación:

$$I^2 R_{mc} = 0,0015 \cdot I_m^2 \cdot R_{mc} \quad [kW]$$

donde:

- $I_m$  es el promedio de las corrientes de línea para cada valor de carga del inciso 9.3.3, en A;
- $R_{mc}$  es la resistencia de referencia  $R_f$  del inciso 9.3.2, corregida a una temperatura ambiente de 25 °C de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R_{mc} = R_f \cdot \frac{t_c + K}{t_{af} + K} \quad [\Omega]$$

donde:

- tc promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator,  $t_f$ , del inciso 9.3.2, corregida a una temperatura ambiente de 25°C ( $t_c = t_f + 25^\circ\text{C} - t_{af}$ ), en °C
- taf es la temperatura ambiente durante la prueba de equilibrio térmico a plena carga del inciso 9.3.2, en °C
- K es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, deberá usarse el valor especificado por el fabricante del material.

**9.5.2 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el rotor corregidas por temperatura**

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del rotor, corregidas de la temperatura ambiente taf, medida en el inciso 9.3.2, a la temperatura ambiente de 25°C, para cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 9.3.3, usando la siguiente ecuación:

$$I^2 R_{rc} = (P_e - I^2 R_{mc} - P_h) \cdot S_{mc} \quad [\text{kW}]$$

donde:

$$S_{mc} = S_m \cdot \frac{t_c + K}{t_m + K}$$

donde:

- S<sub>mc</sub> es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, referido a una temperatura ambiente de 25°C;
- S<sub>m</sub> es el deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona medida en el inciso 9.3.3 y calculado en el inciso 9.4.3;
- t<sub>m</sub> es el promedio de las temperaturas de los devanados por cada valor de carga del inciso 9.3.3, en °C;
- tc promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator,  $t_f$ , medida en el inciso 9.3.2, corregida a una temperatura ambiente de 25°C ( $t_c = t_f + 25^\circ\text{C} - t_{af}$ ), en °C
- taf es la temperatura ambiente durante la prueba de equilibrio térmico a plena carga del inciso 9.3.2, en °C
- K es la constante del material y es igual a 234,5 para el cobre puro. Para otros materiales en los devanados, deberá usarse el valor especificado por el fabricante del material.

**9.6 Cálculo de la potencia de salida a 25°C**

Se calcula la potencia de salida corregida a la temperatura ambiente de 25°C, para cada uno de los seis valores de carga del inciso 9.3.3 usando la siguiente ecuación:

$$P_{sc} = P_e - P_h - P_{fv} - P_{ind} - I^2 R_{mc} - I^2 R_{rc} \quad [\text{kW}]$$

donde:

- P<sub>sc</sub> Potencia de salida corregida para cada punto de carga, referido a una temperatura ambiente de 25°C, en kW
- P<sub>e</sub> es la potencia de entrada para cada valor de carga medida en el inciso 9.3.3
- P<sub>h</sub> Pérdidas en el núcleo, en kW
- P<sub>fv</sub> Pérdidas por fricción y ventilación, en kW
- P<sub>ind</sub> Pérdidas indeterminadas, en kW
- I<sup>2</sup>R<sub>mc</sub> Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada punto de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C, en kW
- I<sup>2</sup>R<sub>rc</sub> Pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada punto de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C en kW

**9.7 Cálculo de la eficiencia**

Se calcula la eficiencia  $\eta_m$  para cada uno de los seis valores de carga del inciso 9.3.3, usando la siguiente ecuación:

$$\eta_m = \frac{P_{sc}}{P_e} \quad [\%]$$

donde:

- P<sub>sc</sub> Potencia de salida corregida para cada punto de carga, referida a una temperatura ambiente de 25°C, en kW
- P<sub>e</sub> Potencia de entrada para cada valor de carga, en kW

**9.8 Eficiencia en cualquier punto de carga**

Para determinar la eficiencia en algún valor preciso de carga, se traza una curva con la eficiencia calculada según el inciso 9.7 contra la potencia de salida corregida calculada en el inciso 9.6.

#### **10. Marcado**

La información mínima que se debe marcar en la placa de datos del motor es:

- La marca, modelo, tipo de enclaustramiento y si el motor es de eficiencia alta;
- la eficiencia nominal precedida del símbolo " $\eta$ ";
- la potencia nominal en kW;
- la tensión eléctrica en V;
- la frecuencia eléctrica en Hz; y
- la frecuencia de rotación en min-1.

Además de la información especificada por otras normas oficiales mexicanas vigentes que sean aplicables.

Los motores certificados en el cumplimiento de esta Norma podrán ostentar la contraseña del organismo certificador dentro o fuera de la placa de datos.

#### **11. Vigilancia**

La Secretaría de Energía y la Procuraduría Federal del Consumidor son las autoridades competentes para vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

#### **12. Sanciones**

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana debe ser sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, su Reglamento y demás disposiciones legales aplicables.

#### **13. Bibliografía**

- CSA C390 Energy Efficiency Test Methods for Three-Phase Induction Motors.
- CSA C22.2-100 Motors and Generators.
- IEC 34 PT-1 Rotating Electrical Machines. Part I: Rating and Performance.
- IEC 34 PT-2 Rotating Electrical Machines. Part 2: Methods for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machines.
- IEEE Std. 112 IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators.
- NEMA MG 1 Motors and Generators.
- NMX-J-075/1 Aparatos Eléctricos - Máquinas Rotatorias Parte 1: Motores de Inducción de Corriente Alterna del Tipo de Rotor en Cortocircuito, en Potencias desde 0,062 a 373 kW - Especificaciones.
- NMX-J-075/2 Aparatos Eléctricos - Máquinas Rotatorias Parte 2: Motores de Inducción de Corriente Alterna del Tipo de Rotor en Cortocircuito, en Potencias Grandes - Especificaciones.
- NMX-J-075/3 Aparatos Eléctricos - Máquinas Rotatorias Parte 3: Métodos de Prueba para Motores de Inducción de Corriente Alterna del Tipo de Rotor en Cortocircuito, en Potencias desde 0,062 kW - Métodos de Prueba.

#### **14. Concordancia con normas internacionales**

No existen normas internacionales sobre el tema.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 13 de mayo de 1998.- El Secretario Técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), **Odón de Buen Rodríguez**.- Rúbrica.

## APENDICE A ANALISIS DE REGRESION LINEAL

El propósito del análisis de regresión lineal es el encontrar una relación matemática entre dos conjuntos de variables, tal que los valores de una variable puedan ser usados para predecir la otra. La regresión lineal asume que los dos conjuntos de variables están relacionados linealmente; esto es, que si los valores de dos variables ( $x_i, y_i$ ) son graficados, los puntos casi se ajustarán a una línea recta. El coeficiente de correlación ( $g$ ), indica qué tan bien se ajustan estos pares de valores a una línea recta.

La relación de una línea recta se expresa de la siguiente forma:

$$Y = AX + B$$

donde:

- Y es la variable dependiente;
- X es la variable independiente;
- A es la pendiente de la recta; y
- B es la intersección de la recta con el eje de las ordenadas.

La pendiente de la recta (A) y la intersección con el eje de las ordenadas se calculan usando las siguientes dos fórmulas de regresión lineal:

$$A = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$B = \frac{\sum XY}{N} - A \frac{\sum X}{N}$$

donde:

- N es el número de parejas ( $x_i, y_i$ ) El coeficiente de correlación ( $g$ ) se calcula usando la siguiente fórmula:

$$g = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(N \sum X^2 - (\sum X)^2)(N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Los valores del coeficiente de correlación van desde -1 a +1. Un valor negativo indica una relación negativa (es decir, si X aumenta, Y disminuye o viceversa), y un valor positivo indica una relación positiva (es decir, si X aumenta, Y aumenta). Entre más cercano es el valor a -1 o +1 es mejor la relación. Un coeficiente de correlación cercano a cero indica una inexistencia de relación.

## APENDICE B NOMENCLATURA

- A Pendiente de la recta para el análisis de regresión lineal.
- B Intersección de la recta con el eje de las ordenadas para el análisis de regresión lineal.
- FCD Factor de corrección del dinamómetro, en N·m
- I0 Promedio de las corrientes de línea con el motor operando en vacío, en A
- Im Promedio de las corrientes de línea para cada punto de carga, en A
- Imín Promedio de las corrientes de línea con el dinamómetro a su carga mínima, en A
- I2RE0 Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para la operación en vacío del motor, en kW
- I2Rm Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada punto de carga, en kW
- I2Rmc Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada punto de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C, en kW
- I2Rmín Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro, en kW
- I2Rr Pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada punto de carga, en kW
- I2Rrc Pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada punto de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C en kW
- K Constante del material de los devanados del estator
- nm Frecuencia de rotación para cada punto de carga, en min-1
- nmín Frecuencia de rotación con el dinamómetro a su carga mínima, en min-1
- n0 Frecuencia de rotación en vacío, en min-1
- ns Frecuencia de rotación síncrona, en min-1

- P0 Potencia de entrada con el motor operando en vacío, en kW
- Pd Potencia demandada al motor bajo prueba por el dinamómetro a su carga mínima, en kW
- Pe Potencia de entrada para cada valor de carga, en kW
- Pfv Pérdidas por fricción y ventilación, en kW
- Ph Pérdidas en el núcleo, en kW
- Pind Pérdidas indeterminadas, en kW
- Pmín Potencia de entrada con el dinamómetro a su carga mínima, en kW
- Pres Potencia residual para cada punto de carga, en kW
- Ps Potencia de salida corregida para cada punto de carga, en kW
- Psc Potencia de salida corregida para cada punto de carga, referida a una temperatura ambiente de 25°C, en kW
- RE0 Resistencia del estator medida entre las terminales de referencia, a la temperatura de la prueba de operación en vacío, en kW
- Rf Resistencia del estator medida entre las terminales de referencia después de la estabilización térmica del motor al 100% de su carga nominal, en kW
- Ri Resistencia de referencia medida inicialmente con el motor en frío, en kW
- Rm Resistencia del estator corregida a la temperatura de los devanados para cada punto de carga, en kW
- Rmc Resistencia del estator corregida a la temperatura de los devanados para cada punto de carga, referida a una temperatura ambiente de 25°C, en kW
- Rmín Resistencia de referencia corregida a la temperatura de los devanados durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro, en kW
- Sm Deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, para cada punto de carga medido
- Smc Deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, para cada punto de carga medido, referido a una temperatura ambiente de 25°C
- Smín Deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, con el dinamómetro a su carga mínima
- Tc Par torsional del motor corregido para cada punto de carga, en N·m
- Tm Par torsional del motor para cada punto de carga, en N·m
- Tmín Par torsional del motor con el dinamómetro a su carga mínima, en N·m
- t0 Promedio de las temperaturas de los devanados del estator para cada uno de los valores de tensión con el motor operando en vacío, en °C
- taf Temperatura ambiente durante la prueba de estabilidad térmica a carga plena, en °C
- tai Temperatura ambiente durante la medición de los valores iniciales de resistencia y temperatura de los bobinados, en °C
- tam Temperatura ambiente durante las pruebas a diferentes cargas, en °C
- tc Temperatura tf referida a una temperatura ambiente de 25°C, en °C
- tf Promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator después de la estabilización térmica a la cual se midió la resistencia Rf en las terminales de referencia, en °C
- ti Promedio de las temperaturas de los devanados del estator con el motor en frío, en °C
- tm Promedio de las temperaturas de los devanados del estator para cada punto de carga, en °C
- tmín Promedio de las temperaturas de los devanados del estator con el dinamómetro a su carga mínima, en °C
- γ Factor de correlación para el análisis de regresión lineal
- η Eficiencia nominal, en por ciento
- ηm Eficiencia calculada a la potencia nominal del motor, en por ciento

**APENDICE C EQUIVALENCIA ENTRE kW y hp**

| KW    | hp   | kW    | hp | kW     | hp  |
|-------|------|-------|----|--------|-----|
| 0,746 | 1,0  | 11,19 | 15 | 55,95  | 75  |
| 1,119 | 1,5  | 14,92 | 20 | 74,60  | 100 |
| 1,492 | 2,0  | 18,65 | 25 | 93,25  | 125 |
| 2,238 | 3,0  | 22,38 | 30 | 111,90 | 150 |
| 3,730 | 5,0  | 29,84 | 40 | 149,20 | 200 |
| 5,595 | 7,5  | 37,30 | 50 |        |     |
| 7,460 | 10,0 | 44,76 | 60 |        |     |