NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE. EFICIENCIA ENERGÉTICA. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA, TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN, TIPO JAULA DE ARDILLA, EN POTENCIA NOMINAL DE 0,746 A 373 KW. LIMITES, MÉTODO DE PRUEBA Y ETIQUETADO

NORMA TÉCNICA N°. NTON 10 007-08, Aprobada el 29 de Enero del 2009

Publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°. 48, 49, 51, y 52 del 10, 11, 15 y 16 de Marzo del 2010

CERTIFICACIÓN:

La infrascrita Secretaria Ejecutiva de la Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, CERTIFICA que en el Libro de Actas que lleva dicha Comisión, en los folios que van del diez (10) al veintiuno (21), se encuentra el Acta No. 001-09 "Primera Sesión Ordinaria de la Comisión de Normalización Técnica y Calidad", la que en sus partes conducentes, expone: "En la ciudad de Managua, República de Nicaragua, a las diez y treinta minutos de la mañana del día jueves veintinueve de Enero del año dos mil nueve, reunidos en el Despacho del Ministro de Fomento, Industria y Comercio, por notificación de convocatoria enviada previamente el día veinte de enero del dos mil nueve, de conformidad a lo establecido en el Reglamento Interno de Organización y Funcionamiento de la Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, están presentes los miembros titulares y delegados de la Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad (CNNC) entre los que se encuentran: **Verónica Rojas Berríos** en su calidad de Ministra por la Ley y Presidente de la CNNC, **Onasis Delgado,** en representación del Director del Instituto Nacional de Energía (INE); **Juana Ortega Soza,** en representación del Ministro de Salud (MINSA); **Hilda Espinoza,** en representación de la Ministro del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA); **Marvin Antonio Collado,** en representación del Director del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos (TELCOR); **Donaldo Picado** en representación del Ministro Agropecuario y Forestal (MAGFOR); **José Arguello Malespín** en representación del Ministra del Trabajo (MITRAB); **Juan Eduardo Fonseca,** en representación de las organizaciones privadas del Sector Comercial; **Francisco Javier Vargas,** en representación de las organizaciones privadas del Sector Agropecuario; **Zacarías Mondragón García,** en representación de las organizaciones privadas del sector Industrial y **María del Carmen Fonseca** en representación de las organizaciones privadas Científico–Técnico. Así mismo participa en esta sesión **Sara Amelia Rosales Castellón**, en su carácter de secretaria Ejecutiva de la CNNC y los siguientes invitados especiales del MIFIC: **Claudia Valeria Pineda, Ricardo Pérez Molina y María Auxiliadora Campos**. Por otro lado, no acudieron a la presente sesión y por lo tanto quedaron como miembros titulares ausentes en la misma **Carlos Schutze Sugrañez**, Presidente Ejecutivo del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), **Pablo Martínez Espinoza** Ministro de Transporte e Infraestructura (MTI) y **Maura Morales Reyes**, en representación de las organizaciones de Consumidores. Habiendo sido constatado el

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

quórum de Ley, por Sara Amelia Rosales, Ministro de Fomento, Industria y Comercio como Presidente de la Comisión, procede a dar por iniciada esta sesión y la declara abierta (…) **06-08. (Aprobación, de cuarenta y siete Normas Técnicas Nicaragüenses)**. (…) Después de realizada la presentación de los Proyectos las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses los miembros de la CNNC por consenso aprueban cuarenta y cinco normas de las cuarenta y siete presentadas las que se detallan a continuación (…) **NTON 10 015-08 Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Eficiencia Energética. Refrigeradores Electrodomésticos y Congeladores Electrodomésticos. Método de Ensayo.** No habiendo otros asuntos que tratar se levanta la sesión a las doce de la mañana del día veintinueve de enero del año dos mil nueve . (f) Verónica Rojas Berríos (Legible) Presidenta de la CNNC. (f) Sara Amelia Rosales C. (Legible), Secretaria Ejecutiva de la CNNC A solicitud del Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) extiendo, en una hoja de papel común tamaño carta, esta CERTIFICACIÓN, la cual es conforme con el documento original con el que fue cotejada, para su debida publicación en La Gaceta, Diario Oficial de la república, y la firmo, sello y rubrico en la ciudad de Managua a los diecinueve días del mes de marzo del año dos mil nueve. Lic. Sara Amelia Rosales C., Secretaria Ejecutiva, Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad.

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense denominada 10 007-08 **Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Eficiencia Energética. Motores de Corriente Alterna, Trifásicos de Inducción, Tipo Jaula de Ardilla, en Potencia Nominal de 0,746 A 373 kW. Limites, Método de Prueba y Etiquetado** y en su elaboración participaron las siguientes personas en representación de sus instituciones:

Rolando Lugo Ministerio de Energía y Minas MEM

Carlos Pérez Méndez Instituto Nicaragüense de Energía INE

Irma Monjarrez Dirección General de Servicios Aduaneros DGA

Manuel Bermúdez Cámara de Comercio de Nicaragua CACONIC

Erick López Centro de Producción más Limpia de Nicaragua CPmL-N

Augusto César Palacios Universidad Nacional de Ingeniería UNI

Sandra Gutiérrez Multiconsult & CIA Ltda.

Miguel Ángel Aragón SIEMENS

José Sánchez COPA

Carlos Jiménez BOMONSA

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

Thomas Zamora Casa Mc Gregor

Lizeth Zúniga BUN-CA

Javier Cruz Ministerio de Fomento Industria y Comercio MIFIC

Erick Méndez Ministerio de Fomento Industria y Comercio MIFIC

C. Valeria Pineda Ministerio de Fomento Industria y Comercio MIFIC

Esta norma fue revisada y aprobada por el Comité Técnico de Eficiencia Energética en la sesión de trabajo del día 19 de junio de 2008.

1. OBJETO

Esta norma establece los valores de eficiencia nominal y mínima asociada, el método de prueba para su evaluación, y la especificación de etiquetado, en la placa de datos de los motores que se comercializan en Nicaragua.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma se aplica a motores eléctricos abiertos y cerrados de corriente alterna, trifásicos, de inducción, jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW hasta 373 kW, con tensión eléctrica nominal hasta 600 V, 60 Hz, de posición de montaje horizontal o vertical.

3. DEFINICIONES

3.1 Dinamómetro. Instrumento que sirve para medir las fuerzas motrices y para probar las resistencias de las máquinas.

3.2 Eficiencia. Se define como la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada del motor. Se expresa en porcentaje y se calcula con alguna de las siguientes relaciones:

a) (Potencia de Salida/Potencia de Entrada) X 100
b) (Potencia de Entrada – Perdidas)/Potencia de Entrada) X 100
c) (Potencia de Salida/(Potencia de Salida + Perdidas)) X 100

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

3.4 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

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

debe ser mayor que la eficiencia promedio de una población grande de motores del mismo diseño.

3.5 Eficiencia normalizada. Es la eficiencia mínima que debe cumplir un motor para ser considerado de alta eficiencia, de acuerdo a la presente norma.

3.6 Equilibrio térmico a carga plena. Cuando la diferencia entre la temperatura del motor y la temperatura ambiente no excede de 1°C, en un lapso de 30 min trabajando a carga plena.

3.7 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. Su determinación es importante cuando el dinamómetro está situado entre el motor a probar y el transductor usado para medir el par.

3.8 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.

3.9 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. Dentro de esta clasificación se incluyen los motores a prueba de explosión.

3.10 Motor de eficiencia normalizada. Es aquel que tiene una eficiencia nominal igual o mayor que la indicada en la Tabla 2, según su tipo de enclaustramiento y número de polos.

3.11 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.

3.12 Motor eléctrico. Es una máquina rotatoria para convertir energía eléctrica en mecánica.

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

3.14 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 cortocircuito por medio de anillos en sus extremos semejando una jaula de ardilla.

3.15 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.

3.16 Pérdidas por efecto Joule. Son las debidas a la circulación de corriente eléctrica

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

por los conductores del estator y rotor y se manifiestan en forma de calor.

3.17 Pérdidas por fricción y ventilación. Son las debidas a la oposición que presentan los dispositivos tales como ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.

3.18 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.

3.19 Pérdidas totales. Son la diferencia entre la potencia de entrada y la potencia de salida del motor.

3.20 Potencia de entrada. Es la potencia eléctrica que el motor toma de la línea de alimentación eléctrica.

3.21 Potencia de salida. Es la potencia mecánica disponible en el eje del motor.

3.22 Potencia nominal. Es la potencia mecánica de salida indicada en la placa de datos del motor.

3.23 Régimen nominal. Es la condición de operación a la tensión y frecuencia eléctricas nominales, medidas en las terminales, en la que el motor desarrolla los parámetros indicados en su placa de datos.

3.24 Régimen continúo. Es el régimen nominal con el cual debe cumplir un motor en funcionamiento continuo.

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

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

4. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

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.

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

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, referido 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	Velocidad de rotación para cada punto de carga, en min-1
nmín	Velocidad de rotación con el dinamómetro a su carga mínima, en min-1.
n0	Velocidad de rotación en vacío, en min-1.
ns	Velocidad 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.

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

Ps	Potencia de salida corregida para cada punto de carga, en kW.
Psc	Potencia de salida corregida en kW para cada punto de carga, referida a una temperatura ambiente de 25°C.
RE0	Resistencia del estator medida entre las terminales de referencia, a la temperatura de la prueba de operación en vacío, en Ù.
Rf	Resistencia del estator medida entre las terminales de referencia después de alcanzar el equilibrio térmico del motor al 100% de su carga nominal, en Ù.
Ri	Resistencia de referencia medida inicialmente con el motor en frío, en Ù.
Rm	Resistencia del estator corregida a la temperatura de los devanados para cada punto de carga, en Ù.
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 Ù.
Rmín	Resistencia de referencia corregida a la temperatura de los devanados durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro, en Ù.
Sm	Deslizamiento por unidad de la Velocidad de rotación síncrona, para cada punto de carga medido.
Smc	Deslizamiento por unidad de la Velocidad de rotación síncrona, para cada punto de carga medido, referido a una temperatura ambiente de 25°C.
Smín	Deslizamiento por unidad de la Velocidad 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.

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

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 en °C referida a una temperatura ambiente de 25°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.
y	Factor de correlación para el análisis de regresión lineal.
ç	Eficiencia nominal, en porciento.
çm	Eficiencia calculada a la potencia nominal del motor, en por ciento.
DAT	Distorsión armónica total, en por ciento.

5. CLASIFICACIÓN

Los motores sujetos a esta Norma se clasifican por su tipo de enclaustramiento:
a) Motor abierto
b) Motor cerrado

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos generales

6.1.1 Eficiencia del motor
Cualquier motor debe tener indicada en su placa de datos una eficiencia nominal igual o mayor a la especificada en la Tabla 2.

6.1.2 Eficiencia mínima asociada
Cualquier motor 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.

6.2 Requisitos específicos

6.2.1 Determinación de la eficiencia

Para determinar la eficiencia energética de motores de inducción trifásicos en potencia nominal de 0,746 a 373 kW, se precisa como prueba única el método descrito en el capítulo 7 de la presente Norma.

Tabla 1- Eficiencia nominal y mínima asociada, en por ciento

Columna A Eficiencia Nominal	Columna B Eficiencia Mínima	Columna A Eficiencia Nominal	Columna B 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

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

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%.

7. MÉTODO DE ENSAYO

Todos los motores se prueban por el método de las pérdidas segregadas, en este método, a partir de mediciones y cálculos, se determinan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator y del rotor, las pérdidas del núcleo y las pérdidas por fricción y ventilación; al final, las pérdidas indeterminadas se obtienen por diferencia.

7.1 Criterios de aceptación

7.1.1 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 la Tabla 2 de esta Norma, de acuerdo con su potencia nominal en kW, número de polos y tipo de enclaustramiento.

7.1.2 Resultados de las pruebas

La eficiencia determinada con el método de prueba del capítulo 7, 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.

7.2 Condiciones de la prueba

Los motores se deben de probar en una posición acorde con su condición de diseño y montaje.
La frecuencia eléctrica de alimentación para todas las pruebas debe ser la frecuencia eléctrica nominal que se indica en la placa de datos del motor con una variación de ± 0,5%.
La tensión eléctrica de corriente alterna de alimentación para la prueba, debe ser 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%. El porciento 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.

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

La Distorsión Armónica Total (DAT) de la onda de tensión eléctrica no debe ser mayor al 5%.

La Distorsión Armónica Total (DAT) es un indicador del contenido de armónicas en una onda de tensión eléctrica. Se expresa como un porcentaje de la fundamental y se define como:

Donde:

Vi es la amplitud de cada armónica
V1 es la amplitud de la fundamental

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

7.3 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 ±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, corriente y potencia eléctricas. Los errores de los transformadores de corriente y potencial 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 por el 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:

a) aparato para medir la temperatura detectada por los detectores de temperatura por resistencia o termopares;

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

b) medidor de factor de potencia
c) óhmetro a cuatro terminales, para medir resistencias bajas;
d) equipo para controlar la tensión de alimentación;
e) frecuencímetro;
f) voltímetros;
g) amperímetros;
h) wáttmetro trifásico;
i) dinamómetro;
j) torsiómetro o aparato para medir par torsional;
k) tacómetro, y
l) cronómetro.

Tabla 2. Valores de eficiencia nominal a plena carga para motores verticales y horizontales, en por ciento

Potencia Nominal, kW	Potencia Nominal Cp	MOTORES CERRADOS				MOTORES ABIERTOS			
		2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos	2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
0,746	1	80.0	82,5	80,0	74,0	75,5	82,5	80,0	74,0
1,119	1,5	82,5	84,0	85,5	77,0	82,5	84,0	84,0	75,5
1,492	2	84,0	84,0	86,5	82,5	84,0	84,0	85,5	85,5
2,238	3	85.0	85.0	87,5	84,0	84,0	86,5	86,5	86,5
3.0	4	85.0	86.0	87.5	84.5	-	-	-	-
3,730	5	87,5	87,5	87,5	85,5	85,5	87,5	87,5	87,5
4.0	-	87.5	87.5	-	-	-	-	-	-
4.5	6.0	88.0	88.5	87.5	85.5	-	-	-	-
5,595	7,5	88,5	89,5	89,5	85,5	87,5	88,5	88,5	88,5
7,460	10	89,5	89,5	89,5	88,5	88,5	89,5	90,2	89,5
9.2	12.5	89.5	90.0	89.5	88.5	-	-	-	-
11,19	15	90,2	91,0	90,2	88,5	89,5	91,0	90,2	89,5
14,92	20	90,2	91,0	90,2	89,5	90,2	91,0	91,0	90,2
18,65	25	91,0	92,4	91,7	89,5	91,0	91,7	91,7	90,2
22,38	30	91,0	92,4	91,7	91,0	91,0	92,4	92,4	91,0
29,84	40	91,7	93,0	93,0	91,0	91,7	93,0	93,0	91,0
37,30	50	92,4	93,0	93,0	91,7	92,4	93,0	93,0	91,7
44,76	60	93,0	93,6	93,6	91,7	93,0	93,6	93,6	92,4
55,95	75	93,0	94,1	93,6	93,0	93,0	94,1	93,6	93,6

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

74,60	100	93,6	94,5	94,1	93,0	93,0	94,1	94,1	93,6
93,25	125	94,5	94,5	94,1	93,6	93,6	94,5	94,1	93,6
111,9	150	94,5	95,0	95,0	93,6	93,6	95,0	94,5	93,6
132.0	175	94.7	95.0	95.0	94.1	94.1	95.0	94.5	93.6
149,2	200	95,0	95,0	95,0	94,1	94,5	95,0	94,5	93,6
186,5	250	95,4	95,0	95,0	94,5	94,5	95,4	95,4	94,5
223,8	300	95,4	95,4	95,0	---	95,0	95,4	95,4	---
261,1	350	95,4	95,4	95,0	---	95,0	95,4	95,4	---
298,4	400	95,4	95,4	---	---	95,4	95,4	---	---
335,7	450	95,4	95,4	---	---	95,8	95,8	---	---
373	500	95,4	95,8	---	---	95,8	95,8	---	---

7.4 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, como mínimo, dos detectores de temperatura por resistencia o termopares, entre o sobre cada uno de 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.

7.4.1 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 Ohm;
2) El promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator ti, en °C, y
3) La temperatura ambiente tai, en °C.
Se designa como resistencia de referencia Ri, a aquélla con el valor más cercano al promedio de las tres registradas. Por ejemplo, si:

R1-2 = 4,8 Ω R1-3 = 5,0 Ω R2-3 = 5,2Ω

Entonces el valor de la resistencia de referencia será Ri = 5,0 Ω

7.4.2 Prueba para alcanzar el equilibrio térmico

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

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 régimen nominal hasta alcanzar el equilibrio térmico definido en el inciso 3.6 en todos los detectores de temperatura. Se des energiza 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 7.4.1, en el tiempo especificado en la Tabla 3.

Tabla 3. Tiempo al cual se debe realizar la medición de la resistencia de referencia de los devanados del estator

Potencia Nominal, en kW	Tiempo [s]
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 3, se traza una curva de enfriamiento basada en la resistencia entre el par de terminales de referencia, utilizando por lo menos 10 valores espaciados a intervalos de 30 s, para determinar la resistencia al tiempo de retardo especificado en la Tabla 3.

Si los tiempos especificados en la tabla 3 se exceden en más del doble para el registro de la primera lectura, se anula y se repite la prueba.

Se miden y registran:
1) La resistencia entre las terminales de referencia, Rf, en ohm;
2) El promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, tf, en °C;
3) La temperatura ambiente, taf, en °C;
4) El tiempo al que se midió o determinó la resistencia Rf, en s.

7.4.3 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 3.5. Se aplican en forma descendente dos valores de carga arriba de la potencia nominal, 130% y 115%; así como cuatro valores de carga al 100%, 75%, 50% y 25% de la potencia nominal, con una tolerancia de ± 2%.
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) Frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz;
3) El promedio de las corrientes eléctricas de línea, Im, en A;

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

4) La potencia de entrada, Pe, en kW;
5) El par torsional del motor, Tm, en N·m;
6) La Velocidad 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;
8) La temperatura ambiente para cada valor de carga, tam, en °C.

7.4.4 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 min.

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 Velocidad de rotación, nmín, en min-1;
7) El promedio de las temperaturas registradas 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:

Nota**:** El valor de 9 549 proviene de la transformación de revoluciones por minuto a velocidad angular, que es 60/2π = 9,549

7.4.5 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 min. 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.

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

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, I0, en A;
4) La potencia de entrada en vacío, P0, en kW;
5) La Velocidad 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.

7.5 Segregación de pérdidas

7.5.1 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 7.4.5 en vacío, P0, las pérdidas de los devanados del estator I2RE0 para cada valor de tensión eléctrica del inciso 7.3.5, calculadas con la siguiente ecuación:

Donde:

I0 Es el promedio de las corrientes eléctricas de línea en vacío del inciso 7.4.5, en A, y **RE0** es la resistencia entre las terminales de referencia, en ohm, del inciso 7.4.1, corregida al promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator para cada valor de tensión eléctrica, de acuerdo con la siguiente ecuación:

Donde:

Ri es la resistencia de referencia del inciso 7.4.1, en ohm;
t0 es el promedio de las temperaturas de los devanados para cada valor de tensión el inciso 7.4.5, en °C;
ti es el promedio de las temperaturas de los devanados del estator en frío del inciso 7.4.1, 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

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

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).

7.5.2 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 7.4.3, utilizando la siguiente ecuación:

Donde:

Im es el promedio de las corrientes de línea del inciso 7.4.3, en A;
Rm es la resistencia entre las terminales de referencia del estator, inciso 7.4.1, corregida a la temperatura de los devanados para cada valor de carga mediante la siguiente ecuación:

Donde:

Ri es la resistencia de referencia del inciso 7.4.1, en ohm;
tm es el promedio de las temperaturas de los devanados por cada valor de carga del inciso7.4.3,en °C;
ti es el promedio de las temperaturas de los devanados del estator del inciso 7.4.1, 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.

7.5.3 Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el rotor
Se calculan las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor I2Rr, en cada uno de los seis valores de carga aplicados según el inciso 7.4.3 utilizando la siguiente ecuación:

Donde:

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

Pe es la potencia de entrada para cada valor de carga medida en el inciso 7.4.3
Ph son las pérdidas del núcleo calculadas en el inciso 7.5.1
Sm es el deslizamiento por unidad de la Velocidad de rotación síncrona ns para cada valor de carga, de acuerdo con la siguiente ecuación:

Donde:

ns es la Velocidad de rotación síncrona en min-1, y
nm es la Velocidad de rotación para cada valor de carga medida en el inciso 7.4.3 en min-1.

7.5.4 Cálculo del Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD)

Cuando la medición del par se hace entre el motor de prueba y el dinamómetro, las pérdidas del dinamómetro no afectan a la medición, por lo que este paso no es necesario.

Con las mediciones realizadas en el inciso 7.4.4 y 7.4.5, se calcula:

a) El deslizamiento por unidad de la Velocidad de rotación con respecto a la Velocidad de rotación síncrona, con el dinamómetro a su carga mínima, de acuerdo con la siguiente ecuación (Smín):

Donde:

ns es la Velocidad de rotación síncrona, en min-1, y
nmín es la Velocidad de rotación con el dinamómetro a su carga mínima medida en el inciso 7.4.4, en min-1.

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

Donde:

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

Imín es el promedio de las corrientes de línea durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro del inciso 7.4.4, en A, y
Rmín 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:

Donde:

Ri es la resistencia de referencia del inciso 7.4.1, en ohm;
tmín es el promedio de las temperaturas de los devanados del estator con el dinamómetro a su mínima carga del inciso 7.4.4, en °C;
ti es el promedio de las temperaturas de los devanados del estator del inciso 7.4.1, 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:

Donde:

Pmín es la potencia de entrada con el dinamómetro a su carga mínima, medida en el inciso 7.4.4, en kW
Pn son las pérdidas en el núcleo calculadas en el inciso 7.5.1 en kW
Po-I2REo es calculado en el inciso 7.5.1 a), en kW
Tmín es el par torsional del motor con el dinamómetro a su carga mínima, medida en el inciso 7.4.4 en N.m
no es la Velocidad de rotación en vacío, en min-1

7.5.5 Cálculo de la potencia de salida corregida

Cuando la medición del par se hace entre el motor de prueba y el dinamómetro, las pérdidas del dinamómetro no afectan a la medición, por lo que este paso no es necesario.

a) Se calculan los valores de par torsional corregido Tc, sumando el factor de corrección del dinamómetro FCD, a los valores de par medidos Tm.

b) Se calcula la potencia de salida corregida de acuerdo a la siguiente ecuación:

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

Donde:

Tc es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, en N·m
nm es la Velocidad de rotación para cada valor de carga, en min-1

7.5.6 Cálculo de las pérdidas indeterminadas

Para calcular las pérdidas indeterminadas en cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 7.4.3, se calcula la potencia residual Pres como sigue:

Donde:

Pe es la potencia de entrada para cada valor de carga medida en el inciso 7.4.3
Ps Potencia de salida corregida para cada punto de carga, en kW
I2Rm Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada punto de carga, en kW
Ph Pérdidas en el núcleo, en kW
Pfv Pérdidas por fricción y ventilación, en kW
I2Rr Pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada punto de carga, en kW
Para suavizar la curva de potencia residual, Pres, contra el cuadrado del par torsional, Tc2, para cada valor de carga, se usa el análisis de regresión lineal del Anexo A.

Donde:

Tc es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, calculado en el inciso 7.5.5 (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 γ es menor que 0,9, se elimina el peor punto y se calculan nuevamente A y B. Si el valor de γ 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 7.4.3 de la

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

siguiente forma:

Donde:

Tc es el par torsional corregido del motor para cada valor de carga, calculado en el inciso 7.5.5(a), en N·m, y
A es la pendiente de la recta

7.6 Corrección por temperatura para las pérdidas por efecto Joule

7.6.1 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 taf, medida en el inciso 7.4.2, a la temperatura ambiente de 25°C, para cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 7.4.3, usando la siguiente ecuación:

Donde:

Im es el promedio de las corrientes de línea para cada valor de carga del inciso 7.4.3, en A;
Rmc es la resistencia de referencia Rf del inciso 7.4.2, corregida a una temperatura ambiente de 25°C de acuerdo a la siguiente ecuación:

Donde:

tc promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, tf, del inciso 7.4.2, corregida a una temperatura ambiente de 25°C (tc = tf + 25°C - taf), en °C;
tf es el promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, durante la prueba de equilibrio térmico a plena carga del inciso 7.4.2, 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.

7.6.2 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 7.4.2, a la temperatura ambiente de

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

25°C, para cada uno de los seis valores de carga medidos en el inciso 7.4.3, usando la siguiente ecuación:

Donde:

Donde:

Smc es el deslizamiento por unidad de la Velocidad de rotación síncrona, referido a una temperatura ambiente de 25°C;
Sm es el deslizamiento por unidad de la Velocidad de rotación síncrona medida en el inciso 7.4.3 y calculado en el inciso 7.5.3;
tm es el promedio de las temperaturas de los devanados por cada valor de carga del inciso 7.4.3,en °C;
tc promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, tf, medida en el inciso 7.4.2, corregida a una temperatura ambiente de 25°C (tc = tf + 25 °C - taf), en °C;
taf es la temperatura ambiente durante la prueba de equilibrio térmico a plena carga del inciso 7.4.2, 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.

7.7 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 7.4.3 usando la siguiente ecuación:

Donde:

Psc Potencia de salida corregida para cada punto de carga, referido a una temperatura ambiente de 25 °C, en kW
Pe es la potencia de entrada para cada valor de carga medida en el inciso 7.4.3
Ph Pérdidas en el núcleo, en kW
Pfv Pérdidas por fricción y ventilación, en kW
Pind Pérdidas indeterminadas, en kW

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

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
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

7.8 Cálculo de la eficiencia

Se calcula la eficiencia ηm para cada uno de los seis valores de carga del inciso 7.4.3 usando la siguiente ecuación:

Donde:

Psc Potencia de salida corregida para cada punto de carga, referida a una temperatura ambiente de 25 °C, en kW
Pe Potencia de entrada para cada valor de carga, en kW

7.9 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 7.8 contra la potencia de salida corregida calculada en el inciso 7.7. Para tabular los datos que conducen a la eficiencia se puede utilizar el formato de la hoja de datos del ensayo de eficiencia sugerido por la IEEE, el cual se presenta en el Anexo D.

8. ETIQUETADO

La información mínima que se debe marcar en la placa de datos del motor es:
La marca, modelo, tipo de enclaustramiento
País de origen
Número de serie
La eficiencia nominal a plena carga (2 dígitos enteros y 1 decimal)
La potencia nominal en kW o HP;
La tensión eléctrica en V;
La frecuencia eléctrica en Hz, y
Corriente nominal en A, para cada tensión
Factor de potencia nominal
Número de fases
La velocidad de rotación a plena carga en min-1 o r/min.
Clase de aislamiento
Temperatura ambiente máxima permitida
Factor de servicio

NOTA: En el caso de maquinaria que incluye uno o varios motores incorporados y que no traigan en su etiqueta especificada la eficiencia nominal u otro dato requerido por

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

este apartado de la norma, la factura debe estar acompañada de catálogos que contengan la información solicitada.

8.1 La información opcional que puede ser adicionada a la etiqueta es la siguiente:

Ciclo de trabajo
Configuración de montaje (horizontal, vertical)
Letra de código de rotor bloqueado
Tamaño de carcasa
Número de identificación de rodamientos
Letra de diseño relación torque-velocidad
Diagrama de conexiones
Otros datos misceláneos

9. REFERENCIA

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. Límites, método de prueba y marcado, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 23 de septiembre de 2002.

NMX-J-075/2-ANCE 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-ANCE 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.

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.

IEEE 519-1992 Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

Electrical Power Systems.

10. OBSERVANCIA DE LA NORMA

La observancia para el cumplimiento de esta Norma le corresponde al MIFIC a través de la Dirección de Defensa del Consumidor según sus competencias y la legislación vigente en el país.

11. ENTRADA EN VIGENCIA

La presente Norma entrará en vigencia 60 días después de su publicación en la Gaceta Diario Oficial.

Anexo A (Informativo)
Análisis de Regresión 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 (xi, yi) son graficados, los puntos casi se ajustarán a una línea recta. El coeficiente de correlación (γ), 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:

Donde:

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

N es el número de parejas (xi, yi), el coeficiente de correlación (γ) se calcula usando la siguiente fórmula:

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.

ANEXO B (Normativo)
EQUIVALENCIA ENTRE kW y HP

Potencia en kW	Potencia en HP
0,746	1
1,119	1,5
1,492	2
2,238	3
3,730	5
5,595	7,5
7,460	10
11,19	15
14,92	20
18,65	25
22,38	30
29,84	40
37,30	50
44,76	60

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352

55,95	75
74,60	100
93,25	125
111,9	150
149,2	200
186,5	250
223,8	300
261,1	350
298,4	400
335,7	450
373,0	500

Fuente: http://www.leybook.com/doc/16352