



17
Zejen

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE INGENIERIA ELECTRICA
ELECTRONICA Y EN COMPUTACION

ACREDITACION DEL LABORATORIO DE MAQUINAS
ELECTRICAS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, AL
SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION DE
LABORATORIOS, PARA PRUEBAS DE
MOTORES ELECTRICOS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA: ELECTRICA - ELECTRONICA)
P R E S E N T A N
RUBEN AMAYA VALVERDE
JOSE GUADALUPE OLVERA YAÑEZ
VICTOR HUGO RODRIGUEZ GUTIERREZ
ALEJANDRO ZARCO CRUZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. JUAN VICENTE LEDUC RUBIO



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS

Acreditación del Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Facultad de Ingeniería, al Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios, Para Pruebas de Motores Eléctricos

**AMAYA VALVERDE RUBEN
OLVERA YAÑEZ JOSÉ GUADALUPE
RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ VICTOR HUGO
ZARCO CRUZ ALEJANDRO**

DEDICATORIAS

A ti mamá: “Señora”, en toda la extensión de la palabra, que compartes conmigo los éxitos y los fracasos.

A mi hermana: Que siempre me ayudaste y me has dado una de las alegrías más grandes.

**A mamá Mica
y papá Pol:** Amor que llevo por siempre en mi corazón.

**A mis tías
Mago, Marie,
Rosa y Angela:** Que sin su apoyo y confianza no lo hubiera logrado.

A mis tíos: Por su valiosa aportación.

**A mis primos
y amigos:** Que me alentaron con su consejo.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS POR PONERME EN ESTE CAMINO.

A la Facultad de Ingeniería por su valiosa contribución por el aprendizaje que me brindó.

Al Ing. Grajales, Ing. Leduc y a Carlitos que junto con ellos logramos realizar este proyecto.

VICTOR HUGO.

A mis padres:

En especial a tí mamá,
por haberme apoyado
siempre para que continuara
mis estudios.

A Mónica:

Gracias por la paciencia,
la confianza y el gran amor
con el que siempre me alentaste
para que pudiera continuar con
mis proyectos.

**A mis hermanos
y amigos:**

Por su apoyo moral
y su ayuda sin la cual
no hubiera podido
realizar este trabajo.

ALEJANDRO.

A LA MEMORIA DE MI PADRE.

A MI MADRE:

QUE CON SUS SACRIFICIOS
ME IMPULSO A SALIR ADELANTE.

**A MI HERMANO
Y
A MIS HERMANAS**

CON INMENSA GRATITUD Y AFECTO
POR SU AYUDA CONSTANTE
Y EL ENTUSIASMO CON QUE
ME HAN ALENTADO.

JOSE GUADALUPE.

A MIS PADRES:

Que con su ejemplo de superación
y gran apoyo he logrado salir adelante
en mis estudios.

**A MIS HERMANOS
Y AMIGOS:**

Que con su continua ayuda
constante apoyo fué posible este
logro.

Rubén

ÍNDICE

	Pag.
Generalidades	1
CAPITULO 1	
NORMAS INTERNACIONALES PARA PRUEBAS DE MOTORES ELÉCTRICOS	3
Tratado de Libre Comercio de América del Norte Elaborado por los Gobiernos de los Estados Unidos Mexicanos, Canadá y los Estados Unidos de América	4
Preámbulo	4
Objetivo y Otras Disposiciones Iniciales	4
Reglas de Origen	5
Administración Aduanera	6
Normas	6
Aspectos Generales	6
Experiencia Internacional	7
GATT	8
Importancia de las Negociaciones Internacionales en Normas	8
Dificultad Para el Cumplimiento de las Normas	10
Sistemas de Normas en México, Canadá y Estados Unidos	11
Normas Mexicanas	11
Comisión Nacional de Normalización	12

Comités Consultivos Nacionales de Normalización	12
Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	13
Normas Técnicas	14
Normas Canadienses	14
Normas Estado Unidenses	15
Objetivos de las Negociaciones	16
Evolución y Situación Actual de la Negociación	16
Subgrupo A: Normas Sanitarias y Fitosanitarias	17
Subgrupo B: Salud y Protección del Medio Ambiente	18
Subgrupo C: Normas Industriales	18
Motores de Corriente Alterna	19
Objetivo y Campo de Aplicación	19
Definición de Motor y de Corriente Alterna	19
Términos Generales	19
Motores Trifásicos Integrales	20
Motores Abiertos	21
Motores Cerrados	22
Características Mecánicas y Eléctricas	23
Sección II Motores Tipo Jaula en Potencias de 0.062(1/12 CP) a 373 KW(500 CP).	27
Objetivo y Campo de Aplicación	27
Clasificación	27

Características Mecánicas y Eléctricas	29
Muestreo	50
Pruebas y Comportamiento	50
Mercado	50
Concordancia con Normas Internacionales	51

CAPITULO 2

LABORATORIO DE PRUEBAS NECESARIO	52
Descripción de la Máquina	55
Estator	55
Coraza o Carcaza	55
Freno de Seguridad	55
Base de la Máquina	56
Pedestales	56
Armadura	57
Balanceo	57
Bobinas de Campo	59
Escobillas y porta Escobillas	60
Ventilación	61
Panel de Control	61
Tacómetro Eléctrico	61

Integrador de RPM o Cronotacómetro	61
Control de Velocidad	62
Reostato de Arranque (Serie)	64
Reostato de Campo	65
Banco de Carga	66
Panel de Medición	66
Brazo de Palanca	66
Medición del Par	66
Instalación de la Báscula	68
Sistema de Medición Neumático	68
Instalación del Sistema de Medición Neumático	70
Bancada de Prueba	71
Acoplamiento	72
Fuentes de Energía	75
Como Motor	75
Como Generador	76

CAPITULO 3

PRUEBAS POSIBLES A REALIZAR EN EL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA	78
Pruebas de Rutina	79
Pruebas Complementarias de Aceptación	79

Pruebas de Prototipo	81
PRUEBAS DE RUTINA	
Inspección Visual	83
Prueba en Vacío	91
Resistencia de Aislamiento	97
PRUEBAS COMPLEMENTARIAS DE ACEPTACION	
Determinación del Par y la Corriente de Arranque	103
Características de Funcionamiento por el Método de Circuito Equivalente	108
Determinación del par Máximo	124
PRUEBAS DE PROTOTIPO	
Potencia Nominal y Corriente a Plena Carga	131
Determinación del Incremento de Temperatura	136
Determinación de Eficiencia	143
CAPITULO 4	
TRABAJOS A REALIZAR EN EL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA PARA SU FUNCIONAMIENTO	151
CAPITULO 5	
CONCLUSIONES	161
Bibliografía	165

GENERALIDADES

Debido a la apertura comercial que México ha adquirido con nuestros vecinos del norte (Estados Unidos y Canadá) y gracias a sus buenas relaciones internacionales, México tiene la necesidad de modificar sus tendencias de mercado para ofrecer productos de mayor calidad y rendimiento, que serán la base principal de un intercambio social, cultural, económico y tecnológico que darán pie a la formación de una alianza comercial de gran fuerza en este continente (TLC).

Dicho intercambio comercial es en beneficio de todos, esto es, que estará respaldado por una regularización o normalización de carácter internacional.

Es así, como México amplía sus políticas de importación y de exportación, y por ello siente la necesidad de modificar sus Normas Tecnológicas con el fin de homologarlas con Normas utilizadas en Estados Unidos de América, Canadá y por instituciones reconocidas a nivel mundial.

Dentro del aspecto tecnológico, el trabajo que planteamos se estableció dentro de la venta de servicios. Servicios que se ofrecen al cliente, para que este tenga la certeza de que, lo que ha comprado, es lo que le ofrece el fabricante. Y que para el fabricante, sea el punto objetivo de su investigación, para ofrecer un producto de buena calidad, a sus clientes.

El servicio que ofrecemos es: Prueba a motores según Normas Internacionales.

Nuestro trabajo pretende cumplir cuatro finalidades importantes:

- La Primera: la acreditación del Laboratorio de Equipo Eléctrico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, como un laboratorio de pruebas a motores, que pueda ser registrado ante la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).
- La segunda: es ofrecer al cliente un servicio de carácter profesional, que proteja sus intereses y que podamos darle alternativas para su beneficio propio.
- La tercera: la mas importante creemos, es que con la puesta en operación del Laboratorio, la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional Autónoma de México, en su departamento de Ingeniería Eléctrica, tenga un ingreso extra para la renovación y progreso del Laboratorio de Equipo Eléctrico de dicha facultad, o para los fines que ésta pretenda.

- Simultáneamente, consideramos que las pruebas a motores que realizamos, puedan ser prácticas que se lleven a cabo por los alumnos, es decir, que formen parte del plan de estudios del Laboratorio de Equipo Eléctrico, para que el estudiantado o profesorado amplíe sus conocimientos.

Para dicho fin, se presenta a lo largo de nuestra investigación, los reportes sobre las pruebas, las cuales contienen la información suficiente para realizar dichas pruebas, así como las condiciones y características del equipo empleado.

Capítulo 1

Normas Internacionales Para la Prueba de Motores Eléctricos

**TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE AMÉRICA DEL NORTE,
ELABORADO POR LOS GOBIERNOS DE LOS ESTADOS
UNIDOS MEXICANOS, CANADÁ Y LOS ESTADOS UNIDOS DE
AMÉRICA.**

El 12 de agosto de 1992, el Secretario de Comercio y Fomento Industrial de México, Jaime Serra; el Ministro de Industria, Ciencia y Tecnología y Comercio Internacional de Canadá, Michael Wilson; y la Representante, Comercial de Estados Unidos, Carla Hills concluyeron las negociaciones del Tratado de Libre Comercio de América del norte (TLC). Funcionarios de los tres gobiernos recibieron el encargo de concluir el texto lo antes posible. Este se hará del conocimiento público una vez terminada su redacción. La siguiente descripción no constituye, en sí misma, un acuerdo entre los tres países, ni pretende interpretar el texto final.

PREÁMBULO.

El preámbulo expone los principios y aspiraciones que constituyen el fundamento del tratado. Los tres países confirman su compromiso de promover el empleo y el crecimiento económico, mediante la expansión del comercio y de las oportunidades de inversión en la zona de libre comercio. También ratifican su convicción de que el TLC permitirá aumentar la competitividad internacional de las empresas mexicanas, canadienses y estadounidenses, en forma congruente con la protección del medio ambiente. En el preámbulo se reitera el compromiso de los tres países del TLC de promover el desarrollo sostenible, y proteger, ampliar y hacer efectivos los derechos laborales, así como mejorar las condiciones de trabajo en los tres países.

OBJETIVOS Y OTRAS DISPOSICIONES INICIALES.

Las disposiciones iniciales del TLC establecen formalmente una zona de libre comercio entre México, Canadá y Estados Unidos, de conformidad con el acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT). Estas disposiciones proveen las reglas y los principios básicos que regirán el funcionamiento del tratado y los objetivos en que se fundará la interpretación de sus disposiciones.

Los objetivos del tratado son: eliminar barreras al comercio; promover condiciones para una competencia justa, incrementar las oportunidades de inversión; proporcionar protección adecuada a los derechos de propiedad intelectual, establecer procedimientos efectivos para la aplicación del tratado y la solución de controversias, así como fomentar la cooperación trilateral, regional y multilateral. Los países miembros del TLC lograrán estos objetivos mediante el cumplimiento de

los principios y reglas del tratado como los de trato nacional, trata de nación más favorecida y transparencia en los procedimientos.

Cada país ratificará sus respectivos derechos y obligaciones derivados del GATT y de otros convenios internacionales.

Para efectos de interpretación en caso de conflicto, se establece que prevalecerán las disposiciones del Tratado sobre las de otros convenios, aunque existen excepciones a esta regla general. Por ejemplo, las disposiciones en materia comercial de algunos convenios ambientales prevalecerán sobre el TLC, de conformidad con el requisito de minimizar la incompatibilidad de estos convenios con el TLC.

En las disposiciones iniciales se establece también la regla general relativa a la aplicación del tratado en los diferentes niveles de gobierno de cada país. Asimismo, en esta sección se definen los conceptos generales que se emplean en el Tratado, a fin de asegurar uniformidad y congruencia en su utilización.

REGLAS DE ORIGEN

El TLC prevé la eliminación de todas las tasas arancelarias sobre los bienes que sean originarios de México, Canadá y Estados Unidos, en transcurso de un periodo de transición. Para determinar cuáles bienes son susceptibles de recibir trato arancelario preferencial, son necesarias reglas de origen.

Las disposiciones sobre reglas de origen contenidas en el Tratado están diseñadas para:

- asegurar que las ventajas del TLC se otorguen sólo a bienes producidos en la región de América del Norte y no a bienes que se elaboren total o en su mayor parte en otros países;
- establecer reglas claras y obtener resultados previsibles; y
- reducir los obstáculos administrativos para los exportadores, importadores y productores que realicen actividades comerciales en el marco del tratado.

Las reglas de origen disponen que los bienes se consideran originarios de la región cuando se produzca en su totalidad en los países de América del Norte. Los bienes que contengan materia que no provenga de la zona también se considerarán originarios, siempre y cuando los materiales ajenos a la región sean transformados en cualquier país socio del TLC. Dicha transformación deberá ser suficiente para modificar su clasificación arancelaria conforme a las posiciones del tratado. En algunos casos además de satisfacer el requisito de clasificación arancelaria, los bienes deberán incorporar un porcentaje específico de contenido regional.

ADMINISTRACIÓN ADUANERA

Con el propósito de asegurar que sólo se otorgue trato arancelario preferencial a los bienes que cumplan con las reglas de origen, y de que los importadores, exportadores y productores de los tres países obtengan certidumbre y simplificación administrativa, el TLC incluye disposiciones en materia aduanera que establecen:

- reglamentos uniformes que asegurarán la aplicación, administración e interpretación congruente de las reglas de origen;
- un certificado de origen uniforme, así como requisitos de certificación y procedimientos a seguir por los importadores y exportadores que reclamen trato arancelario preferencial;
- requisitos comunes para la contabilidad de dichos bienes;
- reglas, tanto para importadores y exportadores como para las autoridades aduaneras, sobre la verificación del origen de los bienes;
- resoluciones previas sobre el origen de los bienes emitidas por la autoridad aduanera del país al que vayan a importarse;
- que el país importador otorgue a los importadores en su territorio y a los exportadores y productores de otro país del TLC, substancialmente los mismos derechos que los otorgados para solicitar la revisión e impugnar las determinaciones de origen y las resoluciones previas;
- un grupo de trabajo trilateral que se ocupará de modificaciones anteriores a las reglas de origen y a los reglamentos uniformes; y
- plazos específicos para la pronta solución de controversias entre los tres países signatarios, en torno a reglas de origen.

NORMAS

ASPECTOS GENERALES

Las Normas son aquellas especificaciones técnicas, científicas o tecnológicas que establecen criterios con los que deben cumplir los productos, servicios y procesos de producción. Las Normas son diseñadas con fines diversos, tales como la protección del consumidor, la salud pública, el medio ambiente, la seguridad pública y la promoción del comercio, entre otros.

El uso indebido de las Normas puede generar barreras al flujo de bienes y servicios que implican discriminación entre productos, productores y países. La exageración en los requisitos impuestos para el cumplimiento de las Normas, así como los procesos de validación para el cumplimiento, verificación y vigilancia de las mismas, constituyen manifestaciones de este uso indebido.

Además de la elaboración de Normas, los sistemas de normalización incluyen aspectos relacionados con la certificación y acreditamiento de laboratorios de pruebas. Corresponde a estos laboratorios determinar si los productos o servicios cumplen con las estipulaciones establecidas en las Normas y son los encargados de sancionar la calidad y seguridad de los bienes y servicios que se comercian, tanto a nivel nacional como internacional, así como de los procesos con que son producidos. Por lo tanto la autoridad encargada de la normalización de un país establece criterios para la autorización, reglamentación y acreditación de estos laboratorios, de su personal y de las actividades que llevan a cabo.

Las particularidades del sistema de normalización de cada país se explican en función de su geografía, clima, composición del ecosistema, infraestructura y nivel de desarrollo, así como de otras consideraciones tipo económico, político, cultural, histórico y social, que han condicionado su evolución. Por todo ello, existen diferencias entre las Normas de cada país, así como en los niveles local, regional o estatal, de acuerdo a los criterios aplicados dan la elaboración de reglamentos de salud, seguridad, higiene y protección al consumidor. La elaboración de Normas refleja no solamente las condiciones arriba mencionadas, sino también las propiedades asignadas a los objetivos de desarrollo que persigue cada país o región en un determinado momento.

Como consecuencia de la diversidad regional, nacional e internacional de las Normas y de los procesos de validación de las mismas, ha surgido el incremento para minimizar o eliminar estas diferencias a través de negociaciones en diversos foros, de los cuales el GATT es el más importante. El proceso de concentración y negociación ha resultado sumamente complejo ya que ha sido necesario establecer definiciones sobre bases comunes. Además, la diversidad de los fines que persiguen cada país en el diseño de sus Normas, en especial cuando se utilizan como medidas proteccionistas, ha hecho más arduo el proceso.

EXPERIENCIA INTERNACIONAL

La experiencia adquirida tanto en foros multilaterales como bilaterales ha señalado la necesidad de entablar negociaciones particulares sobre Normas y Procesos de Validación y de la inclusión de capítulos especiales en varios documentos internacionales. Algunos de los ejemplos más sobresalientes de negociación se han realizado en el marco del GATT, de la Comunidad Económica Europea y en el Acuerdo de libre Comercio firmado entre Estados Unidos y Canadá en 1988.

GATT

A nivel multilateral y con base en el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio del GATT, conocido por sus siglas como el TBT, una Norma se define como aquella especificación técnica aprobada por una institución u organización reconocida que establece, por un uso repetido y reiterado, reglas, lineamientos o características para productos, procesos y métodos de producción, cuyo cumplimiento no es obligatorio. Estas Normas no obligatorias se refieren, principalmente, a terminología, símbolos, empaquetado, o requisitos de etiquetado y son aplicables a productos, procesos o métodos de producción. Cabe aclarar que la definición del TBT se aplica solamente a productos, quedando excluidos los servicios.

El TBT es el documento internacional que incluye los aspectos más importantes en materia de normalización. A pesar de que su contenido se encuentra aún en proceso de negociación y que no se ha aprobado una versión definitiva, se utiliza como texto de referencia en numerosas negociaciones internacionales. Lo que se ha logrado es incluir un artículo mediante el cual cada país se compromete a establecer una instancia que responda a las solicitudes de información de cualquier miembro del sistema de normalización de los Estados.

Las entidades responsables de elaborar, adoptar y aplicar las Normas pueden ser federales, estatales, locales e incluso privadas. Esta dividida en fuente de problemas para su cumplimiento y para la verificación del mismo, así como para la divulgación y conocimiento de las mismas.

IMPORTANCIA DE LAS NEGOCIACIONES INTERNACIONALES EN NORMAS

La importancia de las Normas dentro del comercio internacional ha ido en constante aumento en los últimos años, como lo demuestra la atención de que han sido objeto por parte del GATT, de la Comunidad Europea y de otros organismos regionales. En tanto que los flujos de bienes y servicios han crecido durante las últimas tres décadas a volúmenes sin precedente, no todos los países han sido capaces de sostener niveles adecuados de eficiencia y competitividad internacional, por los que algunos han recurrido a utilizar ciertas Normas como medios de protección para sus industrias.

Las Normas se han tenido que actualizar de manera que no limiten la expansión comercial de nuestros días y han sido necesario crear otras que respondan a las condiciones del comercio mundial contemporáneo, al desarrollo de las

tecnologías, a la incorporación de nuevos productos y servicios al comercio internacional y a la sofisticación de las prácticas comerciales.

Asimismo, han surgido sistemas de Normas internacionales que buscan minimizar las diferencias en materia de normalización entre las diferentes naciones y unificar criterios para evitar el proteccionismo. Entre estos sistemas internacionales cabe destacar a la International Standard Organization (ISO), organismo privado de normalización y el Comité Europeo de Normalización, mencionado anteriormente.

La elaboración y desarrollo de Normas internacionales es un proceso lento, complicado y delicado por los diversos factores que deben tomarse en cuenta, así como por la concertación necesaria, tanto a nivel internacional como nacional, en la que participan instituciones públicas y privadas.

Actualmente se aplica la tendencia hacia la adaptación de Normas Internacionales y los países que insisten en que se observen sus Normas a nivel mundial enfrentan costos crecientes resultados del monitoreo y verificación.

La adopción de Normas Internacionales puede hacer más eficiente la administración del comercio internacional mediante la unificación de criterios en la materia y, además, disminuir los costos que requiere la concentración para hacer compatibles diferentes Normas Nacionales, y sobre todo darles seguimiento.

No todos los países están de acuerdo en el uso de Normas Internacionales. Las diferencias de opinión en cuanto a su uso y aplicación son evidentes en ciertas áreas, en especial las sanitarias y fitosanitarias, así como las relativas a la protección del ambiente.

Muchas naciones se niegan a adoptar Normas Sanitarias y Fitosanitarias de carácter internacional argumentando que las condiciones climáticas y geográficas obligan a que cada país, incluso cada región, sea responsable de fijar sus propias Normas en materia de sanidad y protección de la salud. Los problemas han sido particularmente delicados en relación con las diferencias en los criterios utilizados para determinar los límites de tolerancia de los residuos de pesticidas que se usan en la agricultura y que bloquean el comercio internacional de diversos productos agrícolas. Estas diferencias surgen debido a los métodos para su determinación, la evidencia utilizada y las oscilaciones que resultan por cambio de temporada.

Algunas naciones difieren sus derechos para imponer Normas más estrictas que las internacionales para la protección de la salud e higiene de un país, o región con fines proteccionistas. Por ello, en las negociaciones internacionales sobre Normas se ha abierto un capítulo especial sobre la discusión de medidas sanitarias y fitosanitarias y hasta la fecha, el resultado más impactante ha sido la Propuesta de

Texto Sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias presentada por el grupo de Agricultura de Ronda Uruguay, conocida también como el SPS.

La última versión del SPS establece el derecho de los países firmantes a adoptar las medidas sanitarias y fitosanitarias necesarias para proteger la salud y la vida de las personas y de los animales. Estas medidas, sustentadas en criterios científicos, no deberán aplicarse para discriminar de manera arbitraria o injustificable a países en que prevalezcan condiciones idénticas o similares, de modo que no constituyan restricciones encubiertas al comercio internacional.

Aún no se ha aprobado el texto final del SPS debido a la complejidad de las áreas que abarca, tales como armonización, transparencia, equivalencia, cooperación técnica y trato especial y diferenciado para ciertos países. El resultado de estas negociaciones tendrá repercusiones muy importantes ya que permitirá establecer uno de los marcos de referencia más complejos para el manejo de las Normas Sanitarias y Fitosanitarias existentes y para las negociaciones futuras.

DIFICULTAD PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS

Uno de los problemas más comunes a los que se enfrentan productores y exportadores consiste en la disparidad de los criterios utilizados para la aplicación de una misma Norma por parte de distintas autoridades (federales o estatales) con jurisdicción sobre la misma área geográfica, lo que crea barreras al comercio. Por ejemplo, una Norma Federal indica un límite máximo de contaminantes emitido por fuentes móviles, pero pueden existir Normas Locales que marquen otros límites. Esta disponibilidad también se manifiesta, en ocasiones, entre un estado y otro del mismo país.

El cumplimiento de las Normas se vuelve más complejo cuando además de las instituciones públicas existen organismos privados con facultades para expedirlas. Por ello, los productores enfrentan requisitos que no necesariamente son congruentes y las contradicciones se vuelven más evidentes durante el proceso de validación de las Normas.

Finalmente la diversidad de fuentes y del número de Normas ocasiona que los productores no siempre las conozcan. La falta de información sobre las Normas y sobre sus procesos de validación constituyen una de las barreras no arancelarias más comunes.

SISTEMAS DE NORMAS EN MÉXICO, CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS

En México y en Canadá, básicamente, es el gobierno quien emite las Normas, mientras que en Estados Unidos lo hacen tanto el gobierno como instituciones privadas.

NORMAS MEXICANAS

El Sistema Mexicano de Normalización se encuentra regulado por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), publicadas en el diario oficial de la Federación el 26 de enero de 1988. Este ordenamiento constituye el fundamento jurídico para la expedición de Normas Oficiales Mexicanas (NOM), las cuales pueden ser de carácter obligatorio o voluntario.

Entre los objetivos del sistema mexicano de normalización está el incrementar la calidad de los productos y servicios nacionales; estimular la concurrencia del sector privado, público, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de todos los aspectos relacionados con las NOM; determinar las Normas de carácter obligatorio y la forma en que se acreditará el cumplimiento de las mismas, así como el desarrollo de los recursos humanos especializados para lograr estos fines.

La LFMN establece el Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios de Prueba (SINALP), que autoriza o acredita laboratorios que cuenten con equipo y personal técnico calificado, para que presten servicios relacionados con la normalización, particularmente los inherentes al control de calidad. Además, instituye la Comisión Nacional de Normalización para coadyuvar en la política de normalización y coordinar las actividades que esta materia corresponda realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal.

La LFMN también regula las actividades de la Comisión Nacional de Normalización y de los Comités Consultivos Nacionales de Normalización, quienes coadyuvan a la creación de Normas y a la Administración del Sistema Nacional de Normalización.

COMISIÓN NACIONAL DE NORMALIZACIÓN.

La Comisión Nacional de Normalización establece las NOM y los mecanismos de coordinación entre las dependencias públicas y privadas para la elaboración, difusión y el cumplimiento de las NOM, así como los referentes a la solución de las discrepancias que puedan presentarse en los trabajos de los Comités Consultivos Nacionales de Normalización.

La Comisión Nacional de Normalización está presidida por alguno de los Subsecretarios de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, según el área de competencia, y está integrada por representantes de la secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Comunicaciones y Transportes, de Desarrollo Urbano y Ecología, de Pesca, de Educación Pública, de Trabajo y Previsión Social y de la Defensa Nacional.

Asimismo, participan representantes de la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior, de la Confederación Nacional de Cámaras Industriales de la República Mexicana, de la Confederación Nacional de Cámaras de Comercio y de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación. Igualmente forman parte de la Comisión, los Directores Generales del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial, del Centro Nacional de Metrología, del Instituto Nacional de la Pesca y de otros institutos de investigación que se considere pertinente.

COMITÉS CONSULTIVOS NACIONALES DE NORMALIZACIÓN

Los Comités Consultivos Nacionales de Normalización se constituyen por ramas específicas en función del objeto a normalizar, ya sea por petición de la SECOFI, o a solicitud de las dependencias o de los sectores interesados.

Existen 44 Comités consultivos Nacionales de Normalización, que están integrados por personal técnico representativo de las dependencias del Ejecutivo Federal, de las organizaciones de productores, de prestadores de servicios, así como de comerciantes, de consumidores y de personal académico.

En el Sistema Mexicano de Normalización existen principalmente dos tipos de Normas, las Oficiales y las Técnicas.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)

Estas Normas son expedidas por la SECOFI con base en los proyectos presentados por alguno de los 44 Comités Consultivos de Normalización. En caso de que el interés público lo requiere, SECOFI puede expedir una NOM sin que exista un proyecto previo.

Existen actualmente cerca de cinco mil NOM que incluyen las de cumplimiento obligatorio y las de carácter voluntario.

Las NOM de cumplimiento obligatorio son todas aquellas que se publican en el Diario Oficial de la Federación, con la declaratoria expresa de su obligatoriedad y de su fundamento legal. Estas NOM regula los instrumentos para medir, patrones de medida y sus métodos de prueba para fines de comprobación oficial; términos, expresiones, abreviaturas, símbolos, diagramas o dibujos que deberán emplearse en el lenguaje oficial, industrial y comercial; productos o servicios en los que se requiera el cumplimiento obligatorio de Normas Oficiales de conformidad con otras disposiciones legales; productos utilizados como materia prima o partes para la fabricación o ensamble de productos finales sujetos al cumplimiento de Norma Obligatoria; procesos, productos y servicios de los que dependa la seguridad o la salud de las personas o que, formando parte de aparatos, maquinaria, vehículos o instalaciones deban de recurrir determinadas especificaciones para garantizar la seguridad; equipo para el uso y manejo de gases utilizados como energéticos, en medicina o en uso industriales, así como los recipientes para almacenarlos, tuberías para conducirlos y sus conexiones, los instrumentos para regular su presión, los accesorios de control y los artefactos para aprovecharlos; materiales, dispositivos, maquinaria y aparatos destinados a la generación, conducción transformación, abastecimiento y utilización de energía eléctrica; productos y procesos que por su contenido, uso u operación, puedan calcular contaminación en términos de las disposiciones legales aplicables.

Existen además, algunas NOM que en un momento determinado pueden ser obligatorias como aquellas que regulan materias relativas a productos alimenticios, debidas de cualquier naturaleza, que directa o indirectamente sean para consumo humano, así como sus envases, empaques o envolturas; productos y servicios de exportación, cuando se requiera establecer determinadas especificaciones para la concurrencia y permanencia de los mismos en mercados externos; procesos, productos y servicios que utilicen energéticos y recursos naturales respecto de los cuales deba evitarse el dispendio, o en general, cuando lo requiera el interés público; otros procesos, productos y servicios cuando lo soliciten fabricantes, prestadores de servicios, comerciantes o consumidores; descripción de emblemas o símbolos para denotar que un producto ha sido obtenido, elaborado, producido o fabricado en el país y productos y servicios de cualquier clase cuando lo requiera el interés público.

Las NOM de aplicación voluntaria también son expedidas por SECOFI y se publican en el Diario Oficial de la Federación.

NORMAS TÉCNICAS

Las Normas técnicas son aquellas expedidas por las distintas dependencias del Ejecutivo Federal, además de SECOFI, con fundamento en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Todas estas Normas tienen un carácter obligatorio.

NORMAS CANADIENSES

En Canadá, las Normas pueden ser emitidas por instituciones privadas de normalización o por el gobierno. El Consejo de Normas de Canadá fue creado en 1970 con el objetivo de fomentar las actividades privadas de normalización. Su tarea es ayudar al gobierno federal, brindar asistencia a los industriales, representar las actividades de los organismos privados de normalización y delimitar las políticas y procedimientos para el desarrollo de Normas Nacionales del Canadá.

En 1973, el Consejo de Normas de Canadá creó el Sistema Nacional de Normas, que es una Federación que agrupa a Organizaciones de Normalización acreditadas ante el Consejo de Normas de Canadá.

Actualmente, son cinco las organizaciones de normalización que cuentan con esta acreditación y que hacia finales de 1988, había expedido cerca de 6500 Normas. Estas organizaciones son:

- Oficina de Normalización de Quebec
- Asociación Canadiense de Gas
- Consejo Canadiense de Normas
- Laboratorios de Certificación de Canadá

El Departamento de Relaciones Exteriores de Canadá es responsable de la aplicación de las disposiciones del GATT y de coordinar las actividades del Consejo de Normas de Canadá relacionadas con la operación del Centro de Información, según lo disponen los compromisos adquiridos con el GATT en materia de normalización. Además, el Departamento administra un Comité sobre Política de Normas encargado de la preparación, adopción o aplicación de regulaciones técnicas, Normas o sistemas de certificación.

Hasta finales de 1990, se habían registrado 1,389 Normas Nacionales, relacionadas con una amplia gama de campos de la actividad productiva, destacando

entre ellos los siguientes: gas natural licuado, diseño estructural de cristales para edificios y la instalación de sistemas para protección en contra de incendios.

Actualmente el Sistema Nacional de Normalización de Canadá cuenta con 66 laboratorios acreditados, de los cuales 15 obtuvieron su acreditación durante 1990 a raíz del incremento en el comercio con los Estados Unidos, resultado del acuerdo firmado entre los países.

Canadá ha expresado su apoyo, en diversos Foros Internacionales, al uso de Normas Internacionales. Es a la vez un activo participante en organizaciones internacionales de normalización, entre las cuales cabe mencionar:

- Comisión del Codex Alimentarius
- Organización Internacional de Normalización (ISO)
- Comisión Internacional Electrotécnica (IEC)

NORMAS ESTADOUNIDENSES.

En los Estados Unidos las Normas pueden ser emitidas tanto por Dependencias Gubernamentales como por organizaciones no gubernamentales. La Oficina del Representante Comercial de los Estados Unidos (USTR) es el enlace entre los organismos de ese país con otros gobiernos en asuntos relacionados con Normas y regulaciones técnicas. También representa al gobierno estadounidense en las reuniones del Comité de Obstáculos Técnicos al comercio del GATT.

El USTR preside el Subcomité de Normas del Comité de Política Comercial. Este subcomité incluye a los departamentos de Agricultura, Comercio, Trabajo, Estado, Justicia y Tesoro, y además a las agencias reguladoras, tales como la Oficina de Alimentos y Drogas que depende del Departamento de Salud y Servicios Humanos, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente, la Comisión para la Revisión de la Salud y Seguridad Laboral y la Comisión para la Protección de la Seguridad del Consumidor.

El USTR incluye el punto de vista de los organismos privados a través de las opiniones del Comité Asesor Funcional de la Industria Número dos (IFAC-2), organismo específico para el área de Normas. El IFAC para Normas fue creado, junto con otros 19 comités similares, por disposición presidencial en 1974, con el fin de asesorar al Representante Comercial Estadounidense con el punto de vista del sector industrial en diversos foros internacionales. Este comité ha tenido una participación muy activa en relación a las propuestas estadounidenses en la Ronda Uruguay.

Por su parte, el Acta de acuerdos Comerciales de 1979 designó al Departamento de Comercio (DOC) como responsable del manejo del centro de información sobre Normas. Asimismo, el DOC tiene bajo su jurisdicción al Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST), organismo federal encargado de diversos aspectos en materia de normalización. El NIST administra la Oficina para Normas e Industria, el Instituto de Ciencias para Materiales, el Laboratorio Nacional de Computadoras y Telecomunicaciones y el Laboratorio Nacional de Ingeniería.

Actualmente, los Estados Unidos tienen registradas alrededor de 80.000 Normas, que incluye las obligatorias y voluntarias, así como las de origen gubernamental y privado.

El 45 por ciento de las Normas existentes en los Estados Unidos han sido elaboradas por más de 400 organizaciones privadas de normalización, lo cual proporciona una idea de la importancia de estos organismos en la actividades de normalización. Cabe hacer notar que la gran mayoría de las Normas privadas han sido publicadas por diez organizaciones:

- Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI)
- Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte (AASHTO)
- Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR)
- Asociación de Analistas Químicos Oficiales (AOAC)
- Asociación de Cosméticos, Productos de uso personal y Fragancias (CTFA)
- Asociación de la Industria Aeroespacial (AIA)
- Instituto Americano del Petróleo (API)
- Farmacopea de los Estados Unidos
- Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM)

Destaca entre las organizaciones arriba mencionadas, el Instituto Nacional Americano de Normas por ser una organización "paraguas" que representa a cerca de 250 organizaciones de Normalización.

OBJETIVOS DE LA NEGOCIACIÓN

La negociación del Tratado Trilateral de Libre Comercio entre México, Canadá y los Estados Unidos (TLC) ofrece el foro ideal para revisar las diferencias existentes entre las Normas de los tres países y desarrollar los mecanismos que permitan disminuirlas, así como para crear mecanismos que eliminen la aplicación injusta de ciertas Normas, que han sido impuestas de manera arbitraria.

Para México el principio fundamental es que las Normas no constituyan barreras a la actividad comercial. México sostiene también que las Normas y Regulaciones Técnicas que se emitan, se fundamenten en principios y criterios científicos generalmente aceptados a nivel internacional.

A la vez, nuestro país busca elaborar los niveles de calidad de sus productos y servicios mediante el fortalecimiento de su sistema de normalización, así como mejorar sus sistemas de modificación sobre las normas existentes a través de la creación de un centro de información y consulta que ofrezca a los productores, consumidores y exportadores información sobre las normas existentes en el mercado de América del norte.

Como resultado de las negociaciones México busca reducir las diferencias, principalmente en los sistemas de prueba y certificación aprovechando los ofrecimientos hechos por Canadá y los Estados Unidos.

EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA NEGOCIACIÓN

Hasta la primera quincena de octubre se habían celebrado 4 reuniones del Grifo General de Normas. La primera de ellas se efectuó el 27 de junio en la ciudad de Ottawa, la segunda los días 24 y 25 de junio en la ciudad de México, la tercera el 27 de agosto en la ciudad de Washington y la última el 8 de octubre en la ciudad de Ottawa.

A lo largo de estas cuatro reuniones se han sentado las bases para discutir los principios rectores que orienten las discusiones y que permitan la elaboración de normas en el futuro, el uso de textos internacionales y la identificación de áreas de interés común, así como de la inclusión de temas de interés particular para cada delegación.

El grupo general se subdividió en tres grupos de trabajo con el fin de facilitar la discusión y análisis de los distintos temas. La negociación técnica quedó asignada a estos subgrupos, mientras que el grupo general tiene el mandato de establecer los principios y lineamientos generales que rijan las negociaciones; tomar las decisiones pertinentes cuando el análisis en los subgrupos hayan madurado y analizar y discutir algunos temas que por su carácter atañen a los tres grupos.

SUBGRUPO A: NORMAS SANITARIAS Y FITOSANITARIAS.

Este subgrupo analiza las normas y regularizaciones técnicas sanitarias y fitosanitarias relacionadas con la agricultura, pesquerías y recursos forestales. Entre

los asuntos se incluyen: sanidad animal, sanidad vegetal, residuos de pesticidas y etiquetado de los alimentos, en referencia a su sanidad.

SUBGRUPO B: SALUD Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.

En éste se estudian las normas y regulaciones técnicas sanitarias y fitosanitarias de los productos no cubiertos por el subgrupo A. Se discuten normas ambientales siempre y cuando estas tengan un efecto directo sobre los productos comerciables, pero no se analizarán normas relacionadas con los procesos productivos. Entre los temas que se han elaborado están: productos farmacéuticos y pesticidas, emisiones de fuentes móviles y cosméticos y el etiquetado de los productos ya citados.

SUBGRUPO C: NORMAS INDUSTRIALES.

Corresponde a este subgrupo la discusión de normas y regularizaciones técnicas industriales para la protección del consumidor y de las no incluidas en los otros subgrupos. Destacan las relacionadas con la protección del consumidor, la acreditación de laboratorios, las Normas industriales y disposiciones sobre etiquetado, excepto las relacionadas con textiles, que se discuten en el grupo de textiles.

El desarrollo de las negociaciones prosiguen con la concentración de diversas secretarías de estado y los representantes de organismos privados. Además se trabaja en forma coordinada con otros grupos de negociación dada la diversidad, interrelación y amplitud de los temas incluidos en esta mesa de negociación.

Tanto la quinta reunión del Grupo General de Normas, así como la tercera ronda de negociaciones de los tres subgrupos, se llevó a cabo en la ciudad de México en la primera semana de noviembre de 1994.

Dentro de las Normas Industriales, se encuentran las Normas de Motores Eléctricos de Inducción, las cuales se describen a continuación.

MOTORES DE INDUCCIÓN DE CORRIENTE ALTERNA

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma tiene por objetivo establecer las características y los métodos de prueba aplicables a motores de inducción, del tipo de rotor en corto o de jaula, en potencias desde 0.062 KW (1/12 Caballo de Potencia).

DEFINICIONES DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

I.1 Términos generales.

I.1.1 Motor Eléctrico

Máquina para convertir energía eléctrica en mecánica.

I.1.2 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 trabaja por inducción electromagnética.

I.1.3 Motores Monofásicos y Trifásicos

Son motores que utilizan para su operación, energía eléctrica de corriente alterna, monofásica y trifásica, respectivamente.

I.1.4 Motor con Rotor en Circuito Corto o de Jaula

Es un motor de inducción en el cual el circuito secundario está formado por barras permanente cerradas en circuito corto, por medio de anillos en sus extremos, dando la apariencia de una jaula.

I.1.5 Motor de Uso General

Es aquel cuyas características completas cumplen con esta Norma.

I.1.6 Motor para Aplicación Especial

Es un motor que en general cumple con esta Norma, pero tiene una o mas características especiales, no consideradas en esta Norma.

I.1.7 Motor Integral

Motor cuya potencia es igual o mayor a 0.746 KW (1 CP) a carga plena.

I.1.8 Motor Fraccionario

Motor cuya potencia es menor de 0.746 KW (1CP) a carga plena, pero mayor de 0.0373 KW (1/20 CP).

I.1.9 Motor Polifásico

Los motores polifásicos de corriente alterna son de inducción jaula de ardilla, de inducción con rotor devanado y síncronos

I.2 Motores trifásicos integrales

I.2.1 Motor Diseño "A"

Motor trifásico que soporta la tensión nominal durante el arranque y desarrolla el par de arranque especificado en la tabla 4, y un par máximo , con una corriente de arranque que excede los valores de la tabla 7, y teniendo un deslizamiento a carga plena, igual o menor al 5%.

I.2.2 Motor Diseño "B"

Motor trifásico que soporta la tensión nominal durante el arranque y desarrolla el par de arranque especificada en la tabla 5, y un par máximo según la tabla 11, con una corriente de arranque que no exceda los valores de la tabla 8, teniendo un deslizamiento a carga plena, igual o menor al 5%.

I.2.3 Motor Diseño "C"

Motor trifásico que soporta la tensión nominal durante el arranque y desarrolla el par de arranque especial para aplicaciones de alto par de arranque, según los valores de la tabla 6; su corriente de arranque no debe exceder los valores mostrados en la tabla 8, así como su par máximo debe ser según los valores de la tabla 12, con un deslizamiento a carga plena, igual o menor al 5%.

I.2.4 Motor Diseño "D"

Motor trifásico que soporta la tensión nominal durante el arranque y desarrolla un par de arranque no menor de 275% del par a carga plena, con una corriente de arranque que no exceda los valores de la tabla 8 y con un deslizamiento a carga plena, como sigue:

- Diseño 1D del 5 al 8%
- Diseño 2D del 8 al 13%
- Diseño 3D mayor del 13%

I.2.5. Motor Diseño "F"

Motor trifásico que soporta y desarrolla un par de arranque no menor de 125% del par a carga plena con un par máximo según la tabla 11, y con una corriente de arranque que exceda los valores de la tabla 8, con un deslizamiento a carga plena, igual o menor al 5%.

I.4 Motores Abiertos

I.4.1 Motor Abierto

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

I.4.2 Motor abierto a Prueba de Goteo

Motor que tiene las aberturas de ventilación en tal forma que, gotas de un líquido o partículas sólidas que cargan sobre el motor a un ángulo no mayor de 150 grados, con respecto a vertical, no puedan penetrar al interior del motor, ya sea directamente o pegado en él y resbalando hacia adentro.

I.4.3 Motores abiertos a Pruebas de Salpicaduras

Motor que tiene aberturas para ventilación en tal forma que gotas de un líquido o partículas sólidas que caigan sobre él, a cualquier ángulo no mayor de 100 grados con respecto a la vertical, no puedan penetrar al interior del motor, ya sea directamente o pegando en él y resbalando hacia adentro.

I.4.4 Motor abierto con Guarnición.

Motor en el que todas las aberturas que dan acceso directo a partes vivas o rotatorias (excepto ejes lisos), están limitadas en tamaño por el diseño estructural de las partes o cubiertas de malla o telas metálicas, o materiales equivalentes, con el objeto de prevenir un contacto accidental con dichas partes. Estas aberturas no deben permitir el paso de una barra cilíndrica de 13 mm, de diámetro, excepto cuando la distancia de protección a las partes vivas o rotativas es mayor de 100 mm, en cuyo caso no deben permitir el paso de una barra cilíndrica de 19 mm de diámetro.

I.4.5 Motor abierto Semiguarnecido

Motor en el cual parte de las aberturas de ventilación, generalmente la mitad superior, están protegidas como se indica para el motor con guarnición.

I.4.6 Motor abierto a Prueba de Goteo, con Guarnición

Es aquel motor a prueba de goteo en el cual las aberturas de ventilación están protegidas, como se indica para el motor con guarnición.

I.4.7 Motor abierto Protegido para Intemperie tipo I

Motor con pasajes de ventilación que reduce a un mínimo la entrada de lluvia, nieve o partículas suspendidas en el aire, a las partes eléctricas del mismo. Su construcción es tal, que una barra cilíndrica de 19 mm de diámetro como máximo, no puede penetrar por los pasajes de ventilación.

1.4.8 Motor abierto protegido para intemperie tipo II

Motor que además de tener lo indicado para el tipo I, sus ductos de ventilación tanto de entrada como de salida, están diseñados para que cuando el viento sopla a alta velocidad, estas corrientes, junto con las partículas de impureza, pueden ser conducidas al exterior a través de los pasajes de ventilación sin entrar a los conductos internos de ventilación que van directamente al sistema eléctrico del motor. La corriente de ventilación debe hacer, cuando menos, tres cambios bruscos en su dirección, ninguno de los cuales debe ser menor de 90 grados. Además, la velocidad de entrada del aire debe reducirse a un valor igual o menor a 183 m/min.

1.5 Motores cerrados

1.5.1 Motor Totalmente Cerrado

Es aquel cuya armazón impide el cambio libre de aire entre el interior del motor, sin llegar a ser hermético.

1.5.2 Motor Totalmente Cerrado sin Ventilador

Es aquel que no está equipado con medios mecánicos de enfriamiento externo.

1.5.3 Motor Totalmente Cerrado, enfriado por Ventilador.

Motor con uno o más ventiladores, formando parte integral de él pero externos al armazón, provistos con cubiertas.

1.5.4 Motor a Prueba de Explosión clase I (Gases o Vapores Inflamables o Explosivos)

Motor totalmente cerrado, cuya armazón está diseñada y construida para soportar una explosión de gas o vapor especificados, que puedan ocurrir dentro de ella por diversas causas y para prevenir la ignición de gas o vapor que rodea al motor.

1.5.5. Motor a Prueba de Explosión Clase II (Polvos Inflamables o Explosivos)

Motor totalmente cerrado, cuya armazón está diseñada y construida para que los polvos o mezclas de polvo aire inflamables presentes en la atmósfera ambiente, no penetren en su interior ni se inflamen o se quemen debido a su funcionamiento.

1.5.6 Motor totalmente cerrado enfriado con intercambiador aire-aire.

Es un motor totalmente cerrado, enfriado por aire, que a su vez es enfriado en un intercambiador de calor con aire exterior.

1.5.7 Motor totalmente cerrado, enfriado con intercambiador agua-aire.

Es un motor totalmente cerrado, enfriado por aire, que a su vez es enfriado por agua a través de un intercambiador de calor.

I.5.8 Motor a prueba de Agua

Motor totalmente cerrado, construido en tal forma que un chorro de agua no haga contacto con su lubricante, chumaceras o embobinados.

I.6 Características mecánicas y eléctricas

I.6.1 Potencia nominal de un Motor

Es la potencia que puede entregar el motor en su flecha, bajo características de tensión, frecuencia, velocidad, corriente y temperatura nominales, de acuerdo con los datos especificados en la placa.

I.6.2 Eficiencia

La eficiencia es la relación entre la potencia útil en la flecha del motor y la potencia recibida de la línea. Generalmente se expresa en por ciento y se puede formular por una 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) $[\text{Potencia de salida} / (\text{potencia de salida} + \text{pérdidas})] \times 100$.

I.6.2.1 Eficiencia nominal de motores estándar del mismo diseño y que cumple con los valores de eficiencia nominal de las tablas 14 y 15.

I.6.2.2 Eficiencia nominal de motores alta eficiencia.

Es el promedio de eficiencia de un lote de motores alta eficiencia del mismo diseño y que cumplen con los valores de eficiencia nominal de las tablas 16 y 17.

I.6.2.3 Eficiencia mínima (motores estándar y alta eficiencia).

Las variaciones de fabricación, procesado de material y precisión del método de prueba traen como resultado alteraciones en la eficiencia, para una gran población de motores del mismo diseño, por tanto, para cada valor nominal de eficiencia cualquier motor de ese diseño debe cumplir con su valor mínimo asociado.

I.6.3 Factor de Potencia

El factor de potencia de un motor de corriente alterna se define como la relación entre la potencia activa en watts y la potencia aparente en volts- amperes.

I.6.4 Factor de Servicio

Es un factor que aplicado a la potencia nominal indica la sobrecarga máxima permisible, que puede soportar el motor sin que exceda las elevaciones de temperatura del aislamiento (correspondiente al factor de servicio) especificado en la placa.

1.6.5 Par a Carga Plena

El par a carga plena de un motor, es el necesario para producir la potencia nominal a su velocidad especificada en la placa. Véase figura 1

1.6.6 Par de Arranque (Rotor Bloqueado)

Es el par que desarrolla un motor al arrancar y corresponde al menor par medido con el rotor frenado a velocidad cero, para varias posiciones angulares del mismo, aplicando tensión y frecuencia nominal a no menos de 293,15K (20 grados Centígrados) y no más de 308.15K (35 grados Centígrados) en sus embobinados. Véase figura 1.

1.6.7 Par Mínimo

Es el menor par desarrollado durante el período de aceleración comprendido desde el arranque hasta la velocidad en que el par máximo ocurre. Véase fig. 1

1.6.8 Par Máximo

Es aquel que desarrollado bajo frecuencia y tensión nominales, sin que suceda un descenso marcado en la velocidad del motor debiendo estar los devanados del motor a una temperatura entre 293.115 k (20 grados centígrados) y 308.15 K (35 grados centígrados). Véase figura 1.

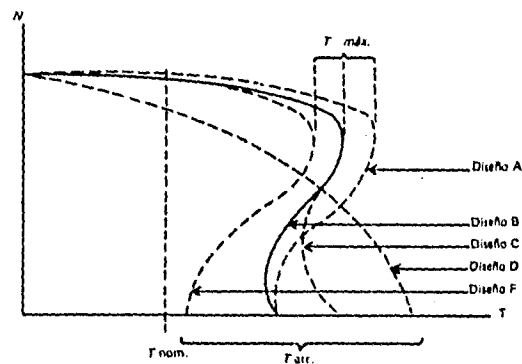


Figura 1 Curvas típicas par-velocidad.

1.6.9 Corriente de Arranque (Rotor Bloqueado)

Es la corriente que toma el motor al arrancar, que corresponde a la del motor cuando el rotor está frenado a velocidad cero, bajo tensión y frecuencia nominales.

1.6.10 Temperaturas Específicas de un Motor.

Son las distintas temperaturas que alcanzan las partes componentes de un motor, durante su funcionamiento bajo carga especificada.

I.6.11 Temperatura Ambiente

Es la temperatura del medio que rodea al motor y que está en contacto con sus partes exteriores.

I.6.12 Prueba de Potencial Aplicado

Consiste en la aplicación al motor de una tensión mayor a su tensión nominal, por un tiempo normalizado.

I.6.13 Protector Térmico y de Sobre corriente

Es un dispositivo que protege al motor contra el calentamiento excesivo y que responde, tanto a la corriente del motor como a su temperatura, interrumpiendo automáticamente el circuito de alimentación. -

I.6.14 Régimen Nominal

El régimen nominal de un motor es el conjunto de características indicadas en su placa, con las cuales debe cumplir durante su funcionamiento, tales como potencia útil, velocidad, eficiencia, tensión, frecuencia y corriente.

I.6.15 Régimen Continuo

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

I.6.16 Régimen Temporal

Es el régimen nominal con el cual debe cumplir un motor en funcionamiento durante un tiempo especificado.

I.6.17 Servicio

Estipulación y definición de las cargas de un motor, tomando en cuenta su duración y secuencia.

I.6.18 Servicio Periódico

Operación en serie de ciclos idénticos, compuesto cada uno de ellos de un período de operación a carga nominal, seguido de un período de reposo durante el cual el motor permanece totalmente estático, con su alimentación suprimida. Estos períodos deben ser suficientes para alcanzar el equilibrio térmico, ya sea durante el funcionamiento, o reposo del motor.

I.6.19 Servicio Continuo con Carga intermitente

Es una serie de ciclos idénticos, compuestos cada uno de un período a carga normal, seguido de un período sin carga, significando la operación sin carga, la liberación de la carga únicamente. Estos períodos deben ser suficientes para alcanzar el equilibrio térmico, ya sea durante el funcionamiento con carga o sin ella.

1.6.20 Equilibrio Térmico

Es el que se obtiene cuando la variación del incremento de temperatura de las diferentes partes del motor, trabaja a carga plena, no excede de 1 grado centígrado en un periodo de 30 minutos.

1.6.21 Motor con Armazón Tipo NEMA

Es aquel cuyas dimensiones están de acuerdo con las tablas 20 y 21. (Véase equivalencia en tabla 19).

1.6.22 Motor con Armazón Tipo IEC

Es aquel cuyas dimensiones están de acuerdo con la tabla 23. (Véase equivalencia en tabla 19)

1.6.23 Sonido

Un cambio alternativo de presión, esfuerzo, velocidad de partícula, etc., que ocurre en un medio elástico (aire) dentro de una gama de frecuencias que causa sensación auditiva en una persona con sentido del oído normal.

1.6.24 Ruido

Sonido indeseable.

1.6.25 Nivel de Ruido

Es el sonido generado por una máquina y registrado en un medidor de nivel de ruido en dB en escala A

1.6.26 Ruido del Medio Ambiente

Es el ruido del ambiente en el lugar donde se va a probar la máquina y que no es producido por ella.

1.6.27 Reflexión del Sonido

Es el sonido que entra al micrófono después que ha sido reflejado por uno o varios objetos, por ejemplo: paredes, pisos, etc.

1.6.28 Pérdidas de un motor.

Las pérdidas en un motor son la diferencia de la potencia recibida de la línea y la potencia útil en la flecha del motor.

1.6.28.1 Pérdidas del núcleo

Son debido a las alteraciones del campo magnético en el material activo del estator y el rotor por efectos de histéresis y corriente de Eddy.

I.6.28.2 Pérdidas por fricción y ventilación.

Son debidas a la resistencia que oponen los dispositivos tales como ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.

I.6.28.3 Pérdidas por efecto Joule. ($I^2 R$).

Son debidas a la circulación de corriente eléctrica por el conductor, que se manifiesta en forma de calor y se produce en los devanados de estator y del rotor.

I.6.28.4 Pérdidas indeterminadas o parásitas.

Son aquellas pérdidas difíciles de medir separadamente y son debidas a fenómenos diversos tales como los flujos de dispersión, número de ranuras tanto en el estator como en el rotor, la geometría de los dientes, efectos de saturación e imperfecciones en los procesos de fabricación.

Sección II: MOTORES TIPO JAULA EN POTENCIAS DE 0.062(1/12 CP) A 373 kW (500 CP)

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección tiene por objeto establecer las especificaciones y pruebas aplicables a motores de inducción, del tipo de rotor en circuito corto o de jaula de ardilla desde 0.062 kW (1/12 CP) hasta 373 kW (500 CP).

VELOCIDAD SINCRONA	LIMITE SUPERIOR DE LA POTENCIA NOMINAL MOTORES DE INDUCCION	MOTORES SINCRONOS (CP)	
		FACTOR DE POTENCIA UNITARIO	O.B
3600	500	500	400
1800	500	500	400
1200	350	350	300
900	250	250	200
720	200	200	150
600	150	150	125
514	125	125	100

Note: Se excluyen los motores de polos sombreados y de capacitor permanentemente conectado.

2 CLASIFICACIÓN

II.2.1 De acuerdo con su potencia:

Motor fraccionario

Motor integral.

- II.2.2 De acuerdo con su aplicación:
 - Motor de uso general.
 - Motor para aplicación especial.
- II.2.3 De acuerdo con su diseño eléctrico
 - II.2.3.1 Trifásicos
 - Diseño A
 - Diseño B
 - Diseño C
 - Diseño D
 - II.2.3.2 Monofásicos
 - Diseño L
 - Diseño M
 - Diseño N
 - Diseño O
- II.2.4 Para Monofásicos, de acuerdo con su Tipo de Arranque:
 - Motor de fase dividida
 - Motor de arranque por resistencia
 - Motor con capacitor en sus tres tipos:
 - a) Motor de arranque por capacitor
 - b) Motor de capacitor permanentemente conectado (no se incluye)
 - c) Motor con dos capacitores (no se incluye en esta Norma)
 - Motor de polos sombreados (no se incluye en esta Norma)
- II.2.5 De acuerdo con su Protección Mecánica y Sistema de Enfriamiento:
 - Motor abierto
 - Motor abierto a prueba de goteo
 - Motor abierto a prueba de salpicadura
 - Motor abierto de guarnición
 - Motor abierto semiguarnecido
 - Motor abierto a prueba de goteo, con guarnición
 - Motor abierto protegido para intemperie en sus dos tipos:
 - a) Tipo I
 - b) Tipo II
 - Motor totalmente cerrado, no ventilado
 - Motor totalmente cerrado, enfriado por ventilador
 - Motor a prueba de explosión en sus dos clases:
 - a) Clase I (gases o vapores inflamables o explosivos)
 - b) Clase II (polvos inflamables o explosivos)
 - Motor a prueba de agua

II.2.6 De acuerdo con su velocidad:
Motor de velocidad constante
Motor de varias velocidades
Motor de velocidad variable

II.2.7 De acuerdo con su Armazón:
Motor con armazón tipo I
Motor con armazón tipo II

II.2.8 De acuerdo con su eficiencia:
Motor estándar
Motor alta eficiencia

3 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS

Las características para un motor eléctrico de acuerdo con esta Norma son las siguientes:

- II.3.1 Características Físicas.
- II.3.2 Características Térmicas.
- II.3.3 Dimensiones Generales.

II.3.1 Características Físicas

Las características físicas en general para un motor son:

- II.3.1.1 Velocidad y Deslizamiento.
- II.3.1.2 Potencias Nominales.
- II.3.1.3 Variación de la Velocidad Nominal, Motores Monofásicos y Trifásicos
- II.3.1.4 Par de Arranque, motores Monofásicos.
- II.3.1.5 Par de Arranque, Motores Trifásicos, Diseño A, B y C
- II.3.1.6 Par de Arranque, Motores s Trifásicos, Diseño D.
- II.3.1.7 Corriente de Arranque, Motores Monofásicos.
- II.3.1.8 Corriente de Arranque, Motores Trifásicos.
- II.3.1.9 Par Máximo, Motores Monofásicos.
- II.3.1.10 Par Máximo, Motores Trifásicos Régimen Continuo, Diseños A, B y C
- II.3.1.11 Par Mínimo, Motores Trifásicos, Régimen Continuo.
- II.3.1.12 Tensión Nominal.
- II.3.1.13 Frecuencia Nominal.
- II.3.1.14 Variación de la Tensión Nominal.
- II.3.1.15 Variación de la frecuencia Nominal.
- II.3.1.16 Variación Combinada de Tensión y Frecuencia.
- II.3.1.17 Determinación de la Eficiencia.
- II.3.1.18 Eficiencia de Motores Trifásicos Estándar.
- II.3.1.19 Eficiencia de Motores Trifásicos Alta Eficiencia.

- II.3.1.20 Letra clave, Potencia Reactiva (kVA) a rotor bloqueado por kW.
- II.3.1.21 Letra clave, Motores de Varias Velocidades.
- II.3.1.22 Letra clave, Motores de una Velocidad, con conexión Estrella-Delta.
- II.3.1.23 Letra clave, Motores de Doble Frecuencia.
- II.3.1.24 Letra clave, Motores de Arranque con Devanado Bipartido.
- II.3.1.25 Aislamiento.
- II.3.1.26 Relación entre la Vida de Aislamiento y Aplicación del Factor de Servicio.
- II.3.1.27 Vibración.
- II.3.1.28 Ruido.

II.3.1.1 Velocidad y deslizamiento

La velocidad sincrónica de cualquier motor de inducción se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$RPM = (f \times 120) / p$$

- Donde:
- RPM - Velocidad sincrónica en revoluciones por minuto.
 - f - Frecuencia en Hertz.
 - p - Número de polos
 - 120 - Factor constante

Para motores monofásicos y trifásicos, las velocidades sincrónicas, de acuerdo al número de polos y a la frecuencia son las que se indican en la Tabla I.

TABLA I. Velocidades sincrónicas en RPM.

Frecuencia	60 Hz						
Número de polos	2	4	6	8	10	12	14
Velocidad sincrónica (RPM)	3600	1800	1200	900	720	600	514

Sin embargo el motor gira a una velocidad menor a la sincrónica por la relación de deslizamiento, la cual se calcula como sigue:

$$S = ((V_{sincrona} - V_{plena\ carga}) / V_{sincrona}) \cdot 100$$

- Donde : S - Deslizamiento en porcentaje

II.3.1.2 Potencias Nominales, Motores Monofásicos y Trifásicos

Las potencias nominales en kW (CP), para las que se construyen los motores monofásicos son:

0.062 (1/12)	0.249 (1/3)	1.119 (1.5)
0.093 (1/8)	0.373 (1/2)	1.492 (2)
0.124 (1/6)	0.560 (3/4)	2.238 (3)
0.187 (1/4)	0.746 (1)	3.730 (5)
0.600 (7.5)		

Las potencias nominales en kW (CP), para las que se construyen los motores trifásicos son:

0.187 (1/4)	2.24 (3)	22.38 (30)	111.9 (150)
0.249 (1/3)	3.73 (5)	29.84 (40)	149.2 (200)
0.373 (1/2)	5.60 (7.5)	37.30 (50)	184.5 (250)
0.560 (3/4)	7.46 (10)	44.76 (60)	223.8 (300)
0.746 (1)	11.19 (15)	55.95 (75)	261.1 (350)
1.119 (1.5)	14.92 (20)	74.60 (100)	298.4 (400)
1.492 (2)	18.65 (25)	93.25 (125)	335.7 (450)
			373.0 (500)

II.3.1.3 Variación de la Velocidad Nominal, Motores Monofásico y Trifásicos

Es la variación de la velocidad de un motor de corriente alterna con respecto al valor de placa que debe ser menor del 20% de la diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad de placa, cuando esta velocidad sea medida a tensión, frecuencia y carga nominales y a una temperatura ambiente de 298.15 K (25°C).

II.3.1.4 Par de Arranque. Motores Monofásicos.

El par de arranque para motores monofásicos con tensión y frecuencia nominales, no debe ser menor de los valores dados en las tablas 2 y 3, debiéndose efectuar la prueba para determinar el par de arranque en 127 V para motores entre 0.062 a 0.746 kW (1/12 a 1 CP). Para motores de 1.119 kW (1(1/2) CP) o mayores la prueba se debe efectuar a 220 V.

TABLA 2. Valores mínimos de par de arranque $[N \cdot m] \times 10^3$, para motores monofásicos de arranque por capacitor.

Potencia (kW)	Potencia (C.P.)	[RPM]		
		3600	1800	1200
0.062	1/12	....	....	....
0.093	1/8	....	2030	2720
0.124	1/6	1270	2790	3650
0.187	1/4	1780	3890	5000
0.249	1/3	2200	4820	6180
0.373	1/2	3140	7210	8480
0.560	2/3	4220	10100	10980
0.746	1	5170	12210	13040
1.119	1 1/2	6180	17170	17850
1.492	2	7550	22060	22060
2.230	3	10300	30400	31380
3.73	5	15100	45110	....
5.60	7 1/2	22060	61700	....

TABLA 3. Valores mínimos de Par de arranque [lb · pie], para motores monofásicos de arranque por capacitor.

Potencia (kW)	Potencia (C.P.)	[RPM]		
		3600	1800	1200
0.062	1/12	....	....	....
0.093	1/8	....	1.5	2.0
0.124	1/6	1	2.1	2.7
0.187	1/4	1.3	2.9	3.7
0.249	1/3	1.6	3.6	4.6
0.373	1/2	2.3	5.3	6.3
0.500	2/3	3.1	7.4	8.0
0.746	1	3.8	9.0	9.5
1.119	1 1/2	4.5	12.5	13.0
1.492	2	5.5	16	16.0
2.238	3	7.5	22	23.0
3.73	5	11	33	....
5.60	7 1/2	16	45	....

II.3.1.5 Par de Arranque, Motores Trifásicos, Diseños A, B y C, 60 Hz

Estos pares no deben ser menores de los valores expresados en porciento del par a carga plena, representados en las tablas 4 y 5 con tensión y frecuencia nominales.

TABLA 4. Valores mínimos de par de arranque para motores trifásicos diseños "A" y "B", 60 Hz, en porciento del par a plena carga.

Potencia (kW)	Potencia (C.P.)	[RPM]						
		3600	1800	1200	900	720	600	514
	1/6	190	275	190	170	170	...	...
0.187	1/6	190	275	190	170	170	...	...
0.249	1/4	190	275	190	140	140	115	110
0.373	1/3	180	275	175	135	135	115	110
0.560	1	180	275	170	135	135	115	110
0.746	1 1/2	175	250	165	130	130	115	110
1.119	2	170	235	160	130	125	115	110
1.492	3	160	215	155	130	125	115	110
2.238	6	150	185	150	130	125	115	110
3.73	7 1/2	140	175	150	125	120	115	110
5.60	10	135	165	150	125	120	115	110
7.46	15	130	160	140	125	120	115	110
11.19	20	130	150	135	125	120	115	110
14.92	25	130	150	135	125	120	115	110
18.65	30	130	150	135	125	120	115	110
22.38	40	125	140	135	125	120	115	110
29.84	50	120	140	135	125	120	115	110
37.30	60	120	140	135	125	120	115	110
44.76	75	105	140	135	125	120	115	110
55.95	100	105	125	125	125	120	115	110
74.60	125	100	110	125	120	115	115	110
93.25	150	100	110	120	120	115	115	...
111.90	200	100	100	120	120	115	...	...
149.20	250	70	80	100	100	...	...	...
186.50	300	70	80	100	...	...	...	...
223.80	350	70	80	100	...	...	...	...
261.10	400	70	80	...	...	...	...	...
298.40	450	70	80	...	...	...	...	...
335.70	500	70	80	...	...	...	...	...
373.00								

TABLA 5. Valores mínimos de par de arranque, para motores trifásicos, diseño "C", 60 Hz, en porciento del par a plena carga.

Potencia (kW)	Potencia (CP)	[RPM]		
		1800	1200	900
2.238	3	---	250	225
3.73	6	250	260	225
5.60	7 1/2	250	225	200
7.46	10	250	225	200
11.19	15	225	200	200
14.92	20	200	200	200
18.65 - 149.2	25 - 200	200	200	200

11.3.1.6 Par de Arranque Motores Trifásicos, Diseño D, 60 Hz, 4, 6 y 8 polos.

Estos pares no deben ser menores del 275% de su par a carga plena a tensión y frecuencia nominales, para motores hasta 111.9 kW (150 CP).

11.3.1.7 Corriente de Arranque, Motores Monofásicos.

La corriente de arranque para este tipo de motores, no debe exceder de los valores indicados en la tabla 6.

TABLA 6. Valores máximos de la corriente de arranque, en amperos para motores monofásicos, 60 Hz

Potencia (kW)	Potencia (CP)	127 V		220 V			
		Diseño		Diseño			
		O	N	O	N	L	M
0.124 ó menos	1/8 ó menos	55	22	24	12	-	-
0.187	1/4	55	29	24	15	-	-
0.249	1/2	55	34	24	17	-	-
0.373	3/4	55	50	24	24	-	-
0.560	1	-	67	-	34	-	-
0.746	1 1/4	-	88	-	44	-	-
1.119	1 1/2	-	-	-	-	48	38
1.492	2	-	-	-	-	62	48
2.238	3	-	-	-	-	86	67
3.73	6	-	-	-	-	129	86
5.60	7 1/2	-	-	-	-	191	143

11.3.1.8 Corriente de Arranque, Motores trifásicos.

La corriente de arranque para motores trifásicos, de velocidad constante, a tensión y frecuencia nominales, no debe exceder de los valores indicados en la tabla 7.

TABLA 7. Valores máximos de la corriente de arranque (A), a 220 volts, y 60 Hz.

Capacidad (kW)	Capacidad (CP)	Corriente (A)	Diseño		
0.187	1/4	15	B	D	
0.249	1/2	17	B	D	
0.373	1/2	21	B	D	
0.560	1/2	26	B	D	
0.746	1	31	B	D	
1.119	1 1/2	42	B	D	
1.492	2	52	B	D	
2.238	3	67	B	C	D
3.73	5	96	B	C	D
5.60	7 1/2	133	B	C	D
7.46	10	169	B	C	D
11.19	15	243	B	C	D
14.92	20	303	B	C	D
18.65	25	382	B	C	D
22.38	30	455	B	C	D
29.84	40	606	B	C	D
37.30	50	758	B	C	D
44.76	60	909	B	C	D
55.95	75	1134	B	C	D
74.60	100	1516	B	C	D
93.25	125	1897	B	C	D
111.90	150	2269	B	C	D
149.20	200	3032	B	C	D
186.50	250	3816	B		
223.80	300	4600	B		
261.1	350	5332	B		
298.4	400	6064	B		
335.7	450	6795	B		
373.0	500	7579	B		

II.3.1.9 Par Máximo, Motores Monofásicos.

Los valores de par máximo para motores monofásicos de inducción, fraccionarios e integrales, de acuerdo con su velocidad y potencia se indican en las tablas 8 y 9.

TABLA 8. Par máximo en [N·m] x 10³ para motores monofásicos, frecuencia a 60 Hz, velocidad síncrona (RPM)

Potencia (CP)	Potencia (kW)	[RPM]			
		3600	1800	1200	900
1/12	0.062	315 - 500	600 - 971	884 - 1393	1138 - 1824
1/6	0.093	501 - 735	972 - 1393	1394 - 2040	1825 - 2667
1/4	0.124	736 - 971	1394 - 1814	2041 - 2667	2668 - 3432
1/3	0.187	972 - 1393	1815 - 2667	2668 - 3726	3433 - 4913
1/2	0.249	1394 - 1824	2668 - 3432	3727 - 4913	4914 - 6531
2/3	0.373	1825 - 2667	3433 - 4913	4914 - 6992	
1	0.560	2668 - 3726	4914 - 6992	6993 - 8820	
1 1/2	0.746	3727 - 4903	6993 - 8826	8827 - 11768	
2	1.119	4904 - 6884	8827 - 13729	11769 - 18632	
3	1.492	6885 - 7845	13730 - 17652	18633 - 24518	
5	2.238	7846 - 11768	17653 - 25497	24519 - 34323	
7 1/2	3.73	11769 - 17652	25498 - 40207	34324 - 54917	
	5.60	17653 - 26478	40208 - 60800	54918 - 81395	

TABLA 9. Par máximo en [lb·pie] para motores monofásicos, frecuencia 60 Hz, velocidad síncrona (RPM)

Potencia (kW)	Potencia (CP)	[RPM]			
		3600	1800	1200	900
0.062	1/12	232.2 - 368.9	61.1 - 99.0	90.1 - 142.0	118.1 - 186.0
0.093	1/6	369.0 - 542.4	99.1 - 142.0	142.1 - 208.0	186.1 - 272.0
0.124	1/4	542.5 - 716.0	142.1 - 185.0	208.1 - 272.0	272.1 - 350.0
0.187	1/3	716.1 - 1027.0	185.1 - 272.0	272.1 - 380.0	350.1 - 501.0
0.249	1/2	1027.1 - 1345.3	272.1 - 350.0	380.1 - 501.0	501.1 - 666.0
0.373	2/3	1345.4 - 1967.4	350.1 - 501.0	501.1 - 713.0	
0.560	1	1967.5 - 2748.5	501.1 - 713.0	713.1 - 900.0	
0.746	1 1/2	2748.6 - 3616.5	713.1 - 900.0	900.1 - 1200.0	
1.119	2	3616.6 - 4339.9	900.1 - 1400.0	1200.1 - 1900.0	
1.492	3	4339.9 - 5786.4	1400.1 - 1800.0	1900.1 - 2500.0	
2.238	5	5786.5 - 8679.9	1800.1 - 2600.0	2500.1 - 3500.0	
3.73	7 1/2	8679.9 - 13019.4	2600.1 - 4100.0	3500.1 - 5600.0	
5.60		13019.5 - 19529	4100.1 - 6200.0	5600.1 - 8300.0	

II.3.1.10 Par Máximo, Motores Trifásicos a Régimen Continuo, Diseños A, B y C
60 Hz.

El par máximo para motores diseños A , B y C a tensión y frecuencia nominales deben estar de acuerdo con los valores expresados en porcentaje del par a carga plena, en las tablas 10 y 11.

TABLA 10. Valores mínimos de par máximo para motores trifásicos, Diseño "A" y "B", 60 Hz, en porcentaje del par a plena carga.

Potencia [kW]	Potencia [CP]	[RPM]						
		3600	1800	1200	900	720	600	514
0.187	1/4	265-300	250-370	240-335	230-330	...	...	...
0.249	1/4	285-370	275-350	251-330	250-330	...	...	...
0.373	1/2	250-360	235-335	220-315	225	200	200	200
0.560	3/4	245-335	225-315	275	220	200	200	200
0.748	1	225-330	300	285	215	200	200	200
1.119	1 1/2	250	280	250	210	200	200	200
1.492	2	240	270	240	205	200	200	200
2.238	3	230	250	230	205	200	200	200
3.73	5	215	225	215	200	200	200	200
5.60	7 1/2	200	215	205	200	200	200	200
7.46	10	200	200	200	200	200	200	200
11.19	15	200	200	200	200	200	200	200
14.92	20	200	200	200	200	200	200	200
18.66	25	200	200	200	200	200	200	200
22.38	30	200	200	200	200	200	200	200
29.64	40	200	200	200	200	200	200	200
37.30	50	200	200	200	200	200	200	200
44.76	60	200	200	200	200	200	200	200
65.95	75	200	200	200	200	200	200	200
74.60	100	200	200	200	200	200	200	200
93.25	125	200	200	200	200	200	200	200
111.80	150	200	200	200	200	200	200	...
149.20	200	200	200	200	200	200	...	...
186.60	250	175	175	175	175	...	...	...
223.80	300	175	175	175	...	...	...	...
261.10	350	175	175	175	...	...	...	...
298.40	400	175	175	...	...	...	...	...
335.70	450	175	175	...	...	...	...	...
373.00	500	175	175	...	...	...	...	...

TABLA 11. Valores mínimos de par máximo, para motores trifásicos, Diseño "C", 60 Hz, en porcentaje del par a plena carga.

Potencia [kW]	Potencia [CP]	[RPM]		
		1800	1200	900
2.238	3	...	225	200
3.73	5	200	200	200
5.60 - 149.2	7 1/2 - 200	190	190	190

II.3.1.11 Par Mínimo, Motores Trifásicos, Régimen Continuo, 60 Hz.

El par mínimo en motores trifásicos de diseño A y B a tensión y frecuencia nominales, no debe ser menor que lo indicado en la tabla 13.

El par mínimo de los motores de diseño C, con tensión y frecuencia nominales no debe ser menor del 70% del par a rotor bloqueado del correspondiente al diseño C de la tabla 6.

TABLA 13. Par mínimo para motores trifásicos a régimen continuo, 60 Hz.

Par a rotor bloqueado tabla 5 Columna 1	Par mínimo en porcentaje Columna 2
110% o menor	90% de la columna 1
Máyor de 110% y menor de 145%	100% del par a plena carga
Máyor o igual a 145%	70% de la columna 1

3.1.12 Tensión Nominal.

Las tensiones nominales deben ser:

- Para motores monofásicos: 127, 220 y 127/220 V
- Para motores trifásicos: 220, 230, 440, 220/440, 460, 2300, 4000, 4160 y 6600 V.

II.3.1.13 Frecuencia Nominal.

La frecuencia nominal debe ser: 60 Hz. (Frecuencia de la Rep. Mexicana).

II.3.1.14 Variaciones de la Tensión Nominal.

Los motores deben operar correctamente a carga y frecuencias nominales, aceptando una variación de $\pm 10\%$ en la tensión nominal.

II.3.1.15 Variaciones de la Frecuencia Nominal.

Los motores de corriente alterna deben operar correctamente a su carga y tensión nominal bajo una variación de frecuencia de $\pm 5\%$ de su valor nominal.

II.3.1.16 Variación Combinada de Tensión y Frecuencia.

Los motores de corriente alterna deben operar correctamente con su carga nominal, bajo una variación combinada de tensión y frecuencia de tal manera que la suma de ambos porcentajes no exceda de $\pm 10\%$ de sus valores nominales, (suma de sus valores absolutos) con tal que la variación de frecuencia no exceda de $\pm 5\%$.

NOTA: El funcionamiento dentro de esta variación no necesariamente estará de acuerdo con las normas establecidas para su operación a tensión y frecuencia nominales. Pudiendo ser diferentes su corriente, velocidad, par, temperatura, eficiencia, factor de potencia, etc.

II.3.1.17 Determinación de la Eficiencia.

Para la determinación de la eficiencia de motores de inducción en potencias menores de 149.2 kW (200 CP) se precisa como prueba única el método 3.4 "Método para la determinación de eficiencia", para motores de más de 149.2 kW (200 CP) se usará indistintamente cualquiera de los métodos descritos en la sección IV.

II.3.1.18 Eficiencia de Motores Trifásicos Estándar.

Cualquier motor de uso general estándar, fabricado o importado (solo o como parte de un equipo) tendrá que cumplir con los valores de eficiencia a plena carga de las tablas 13 y 14.

TABLA 13. Valores de eficiencia a plena carga para motores estándar cerrados

CAPACIDAD (CV)	2 POLOS		4 POLOS		6 POLOS		8 POLOS	
	Ef. Nom.	Ef. Mìn.	Ef. Nom.	Ef. Mìn.	Ef. Nom.	Ef. Mìn.	Ef. Nom.	Ef. Mìn.
1.0	74.0	70.0	75.0	71.5	75.0	71.5	72.0	68.0
1.5	77.0	74.0	79.0	76.0	78.0	75.0	75.0	71.5
2.0	80.0	77.0	81.0	78.0	78.0	75.0	75.0	71.5
3.0	81.0	78.0	81.5	78.5	80.0	77.0	75.5	72.0
5.0	83.0	80.5	84.0	81.5	81.0	78.0	83.0	80.5
7.5	84.0	81.5	86.0	83.5	83.0	80.5	84.0	81.5
10.0	85.0	82.0	86.5	84.0	84.0	81.5	85.0	82.0
15.0	85.5	82.5	87.0	85.0	85.0	82.0	85.0	82.0
20.0	86.0	83.5	87.0	85.0	86.0	83.5	86.0	83.5
25.0	86.5	84.0	87.0	85.0	86.5	84.0	86.5	84.0
30.0	87.5	85.5	90.0	88.0	87.5	85.5	87.5	85.5
40.0	88.0	86.0	90.0	88.0	88.0	86.0	88.0	86.0
50.0	88.0	86.0	91.0	89.5	88.5	86.5	89.0	87.0
60.0	88.0	87.0	91.5	90.0	89.0	87.0	89.0	87.0
75.0	88.5	87.5	91.5	90.0	90.0	88.0	89.0	87.0
100.0	90.0	88.0	92.0	90.5	90.0	88.0	90.0	88.0
125.0	90.5	89.0	92.0	90.5	90.5	89.0	91.0	89.5
150.0	90.5	89.0	92.5	91.0	91.0	89.5	91.5	90.0
200.0	91.5	90.0	93.0	91.5	92.0	90.5	92.0	90.5

Tabla 14. Valores de eficiencia a plena carga para motores estándar abiertos

CAPACIDAD (CV)	2 POLOS		4 POLOS		6 POLOS		8 POLOS	
	Ef. Nom.	Ef. Mìn.	Ef. Nom.	Ef. Mìn.	Ef. Nom.	Ef. Mìn.	Ef. Nom.	Ef. Mìn.
1.0	72.0	68.0	72.0	68.0	72.0	68.0	72.0	68.0
1.5	73.0	68.0	74.0	70.0	74.0	70.0	74.0	70.0
2.0	74.0	70.0	75.0	71.5	75.0	71.5	75.0	71.5
3.0	80.0	77.0	81.0	78.0	80.0	77.0	78.0	75.0
5.0	80.5	77.5	81.5	78.5	80.5	77.5	80.0	77.0
7.5	81.0	78.0	82.0	79.5	81.5	78.5	81.5	78.5
10.0	82.0	79.5	83.0	80.5	82.0	79.5	83.0	80.5
15.0	83.5	81.0	83.5	81.0	83.5	81.0	83.5	81.0
20.0	84.0	81.5	84.0	81.5	84.0	81.5	84.0	81.5
25.0	86.0	83.5	86.0	83.5	86.0	83.5	86.0	83.5
30.0	87.0	85.0	88.0	86.0	87.0	85.0	87.0	85.0
40.0	88.0	86.0	89.0	87.0	88.0	86.0	88.0	86.0
50.0	89.0	87.0	89.5	87.5	89.0	87.0	89.0	87.0
60.0	89.0	88.0	90.0	88.0	90.0	88.0	90.0	88.0
75.0	90.0	88.0	90.5	89.0	90.0	88.0	90.0	88.0
100.0	90.0	88.0	91.0	89.5	90.0	88.0	90.0	88.0
125.0	91.0	89.5	92.0	90.5	91.0	89.5	91.0	89.5
150.0	91.0	89.5	92.5	91.0	91.0	89.5	91.0	89.5
200.0	91.5	90.0	93.0	91.5	92.0	90.5	92.0	90.5

II.3.1.19 Eficiencia de Motores Trifásicos Alta Eficiencia.

Cualquier motor de uso general alta eficiencia, fabricado o importado (solo o como parte de otro equipo) Tendrá que cumplir con los valores de eficiencia a plena carga de las tablas 15 y 16.

TABLA 15. Valores de eficiencia a plena carga para motores alta eficiencia cerrados

CAPACIDAD (CV)	2 POLOS		4 POLOS		6 POLOS		8 POLOS	
	Ef. Nom.	Ef. Min.	Ef. Nom.	Ef. Min.	Ef. Nom.	Ef. Min.	Ef. Nom.	Ef. Min.
1.0	---	---	80.5	77.0	75.5	72.0	72.0	68.0
1.5	78.5	75.5	81.5	78.5	82.5	80.0	75.5	72.0
2.0	81.5	78.5	82.5	80.0	82.5	80.0	82.5	80.0
3.0	82.5	80.0	84.0	81.5	84.0	81.5	81.5	78.5
5.0	85.5	82.5	85.5	82.5	85.5	82.5	84.0	81.5
7.5	85.5	82.5	87.5	85.5	87.5	85.5	85.5	82.5
10.0	87.5	85.5	87.5	85.5	87.5	85.5	87.5	85.5
15.0	87.5	85.5	88.5	86.5	89.5	87.5	88.5	86.5
20.0	88.5	86.5	90.2	88.5	89.5	87.5	89.5	87.5
25.0	89.5	87.5	91.0	89.5	90.2	88.5	89.5	87.5
30.0	89.5	87.5	91.0	89.5	91.0	89.5	90.2	88.5
40.0	90.2	88.5	91.7	90.2	91.7	90.2	90.2	88.5
50.0	90.2	88.5	92.4	91.0	91.7	90.2	91.0	88.5
60.0	91.7	90.2	93.0	91.7	91.7	90.2	91.7	90.2
75.0	92.4	91.0	93.0	91.7	93.0	91.7	93.0	91.7
100.0	93.0	91.7	93.6	92.4	93.0	91.7	93.0	91.7
125.0	93.0	91.7	93.6	92.4	93.0	91.7	93.6	92.4
150.0	93.0	91.7	94.1	93.0	94.1	93.0	93.6	92.4
200.0	94.1	93.0	94.5	93.6	94.1	93.0	94.1	93.0

TABLA 16. Valores de eficiencia a plena carga para motores alta eficiencia abiertos

CAPACIDAD (CV)	2 POLOS		4 POLOS		6 POLOS		8 POLOS	
	Ef. Nom.	Ef. Min.	Ef. Nom.	Ef. Min.	Ef. Nom.	Ef. Min.	Ef. Nom.	Ef. Min.
1.0	---	---	82.5	80.0	77.0	74.0	72.0	68.8
1.5	80.0	77.0	82.5	80.0	82.5	80.0	75.5	72.0
2.0	82.5	80.0	82.5	80.0	84.0	81.5	85.5	82.5
3.0	82.5	80.0	86.5	84.0	85.5	82.5	86.5	84.0
5.0	85.5	82.5	86.5	84.0	86.5	84.0	87.5	85.5
7.5	85.5	82.5	88.5	86.5	88.5	86.5	88.5	86.5
10.0	87.5	85.5	88.5	86.5	90.2	88.5	89.5	87.5
15.0	89.5	87.5	90.2	88.5	89.5	87.5	89.5	87.5
20.0	90.2	88.5	91.0	89.5	90.2	88.5	90.2	88.5
25.0	91.0	89.5	91.7	90.2	91.0	89.5	90.2	88.5
30.0	91.0	89.5	91.7	90.2	91.7	90.2	91.0	89.5
40.0	91.7	90.2	92.4	91.0	91.7	90.2	90.2	88.5
50.0	91.7	90.2	92.4	91.0	91.7	90.2	91.7	90.2
60.0	93.0	91.7	93.0	91.7	92.4	91.0	92.4	91.0
75.0	93.0	91.7	93.6	92.4	93.0	91.7	93.6	92.4
100.0	93.0	91.7	93.6	92.4	93.6	92.4	93.6	92.4
125.0	93.0	91.7	93.6	92.4	93.6	92.4	93.6	92.4
150.0	93.6	92.4	94.1	93.0	93.6	92.4	93.6	92.4
200.0	93.6	92.4	94.1	93.0	94.1	93.0	93.6	92.4

II.3.1.20 Letra Clave, kVA a Rotor Bloqueado por kW.

La placa de características de cualquier motor de corriente alterna, puede ser marcada con una letra clave, seleccionada de acuerdo con la tabla 17, para indicar los kVA a rotor bloqueado por kW o por CP.

La designación de letras de kVA a rotor bloqueado por kW o por CP, debe ser tensión y frecuencia nominales.

TABLA 17. Letra clave para kVA a rotor bloqueado, por kW.

Letra Clave	kVA/kW	kVA/CP	Letra Clave	kVA/kW	kVA/CP
A	0-4.21	0-3.14	L	12.00-13.39	9.00-9.99
B	4.22-4.75	3.15-3.54	M	13.40-15.00	10.00-11.19
C	4.76-5.35	3.55-3.99	N	15.01-16.74	11.20-12.49
D	5.36-6.02	4.00-4.49	P	16.75-18.76	12.50-13.99
E	6.03-6.69	4.50-4.99	R	18.77-21.43	14.00-15.99
F	6.70-7.49	5.00-5.59	S	21.44-24.12	16.00-17.99
G	7.50-8.44	5.60-6.29	T	24.13-26.80	18.00-19.99
H	8.45-9.50	6.30-7.09	U	26.81-30.01	20.00-22.39
J	9.51-10.71	7.10-7.99	V	30.02 mayores	22.40 mayores
K	10.72-12.05	8.00-8.09			

II.3.1.21 Letra Clave, Motores de Varias Velocidades.

La letra clave que designa los kVA a rotor bloqueado por kW, para motores de varias velocidades, debe referirse a la máxima velocidad.

II.3.1.22 Letra Clave, Motores de una Velocidad, Con Conexión Estrella-delta.

La letra clave que designa los kVA a rotor bloqueado por kW, para motores que arrancan en estrella y operan en Delta, debe referirse a la conexión estrella.

II.3.1.23 Letras Clave Motores de Doble Frecuencia.

Las letra que designan los kVA a rotor bloqueado por kW deben referirse a la frecuencia correspondiente.

II.3.1.24 Letra Clave, Motores de Arranque con Devanado Bipartido.

La letra clave que designa los kVA a rotor bloqueado por kW, para motores de arranque con devanado bipartido, debe referirse al embobinado completo del motor.

II.3.1.25 Sistemas de Aislamiento.

Durante la vida útil de los motores y en condiciones normales de operación sus aislamientos deben operar sin falla bajo las siguientes circunstancias: esfuerzos eléctricos y mecánico, esfuerzos electromecánicos y termomecánicos y condiciones ambientales.

II.3.1.26 Aislamientos de los Motores y Aplicación de Factor de Servicio.

En un motor de uso general, cuando la tensión y la frecuencia son mantenidas en el valor especificado en la placa de características, el motor puede ser sobrecargado arriba de los kW nominales, multiplicado éstos por el factor de servicio indicado sobre la placa. Cuando es operado con esa sobrecarga, el motor tendrá una elevación de temperatura mayor, de acuerdo al factor de servicio de placa y la clase de aislamiento usado y puede tener por tanto diferente eficiencia, factor de potencia y velocidad que las que posee a carga nominal. al mismo tiempo debe permanecer constante el par de arranque, la corriente de arranque y el par máximo.

II.3.1.27 Vibración.

La amplitud total de la onda vibratoria no debe exceder los valores indicados en la tabla 2 sección IV, cuando se prueba de acuerdo al método estipulado en 1.5 sección IV.

5.2 Característica Térmicas.

Las características térmicas son:

II.3.2.1 Temperatura.

II.3.2.2 Clases de Aislamiento.

II.3.2.1 Elevación de Temperatura.

La temperatura máxima a la cual puede trabajar un motor, usando la temperatura ambiente más la temperatura propia de funcionamiento, queda limitada por la temperatura correspondiente a la clase de aislamiento con que está construido. Véase tabla para motores (ver TABLAS 18.II.A.1, 18.II.A.2 y 18.II.A.3).

II.3.2.2 Clases de Aislamiento.

Las clases de aislamiento para motores son divididos en 4 clases; A, B, F, y H de acuerdo a la capacidad para soportar los defectos térmicos del sistema específico a capacidad nominal.

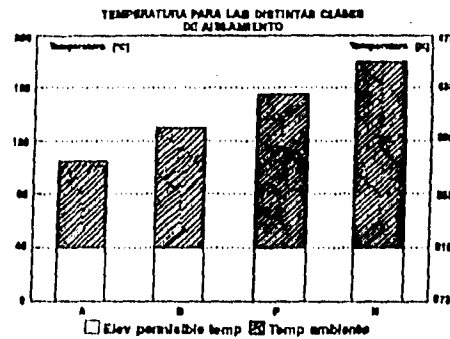


TABLA 18. Clases de aislamiento

Nomenclatura	Clase de Aislamiento	Temperatura K (°C)
A	105	478.15 K (105°C)
B	130	503.15 K (130°C)
F	155	528.15 K (155°C)
H	180	573.15 K (180°C)

Nota- La vida promedio para las diferentes clases de aislamiento esta indicada en la figura 3.

TABLA 18.II.A1

Clases de sistemas de aislamiento Clasificación del tiempo Elevación de temperatura (basada en una temperatura ambiente de 40°C), en grados centígrados.	A	B	F	H
1. Devanados				
a). Motores abiertos u otros excepto aquellos que se indican en 1.b y 1.d- resistencia o termopar.....	60	80	105	125
b). Motores abiertos con un factor de servicio superior a 1.15- resistencia o termopar.....	70	90	115	--
c). Totalmente cerrados no ventilados y motores con ventilador enfriador incluyendo variaciones de esos- resistencia o termopar..	65	85	110	135
d). Cualquier motor con armadura menor de 42- resistencia o termopar.....	65	85	110	135
2. La temperatura conseguida por el núcleo, el rotor jaula de ardilla y otras partes (como portaescobillas, escobillas, etc.) no deberán averiar el aislamiento o la máquina es cualquier parte.				

TABLA 18.II.A.2

Clases de sistemas de aislamiento Clasificación del tiempo Elevación de temperatura (método de determinación de la temperatura empleando esta indicación) en grados centígrados.	A	B	F	H
1. Devanados				
a). Motores abiertos: resistencia o termopar	60	80	105	125
b). Totalmente cerrados no ventilados y motores con ventilador enfriador incluyendo variaciones de estos - resistencia o termopar..	65	85	110	135
2. La temperatura conseguida por el núcleo, el rotor jaula de ardilla y otras partes (como portaescobillas, escobillas, etc.) no deberán averiar el aislamiento o la máquina en cualquier parte.				

TABLA 18.II.A.3

Clases de sistemas de aislamiento Clasificación del tiempo Elevación de temperatura (basada en una temperatura ambiente de 40°C), en grados centígrados.	A	B	F	H
1. Devanados, por el método de resistencia				
a). Motores con un factor de servicio de 1.0 excepto aquellos que se indican en 1.c y 1.d..	60	80	105	125
b). Todos los motores con un factor de servicio de 1.5 y mayor.....	70	90	115	---
c). Motores totalmente cerrados no ventilados con un factor de servicio de 1.0	65	85	110	135
d). Motores con devanado encapsulado y factor de servicio de 1.0, totalmente cerrados.....	65	85	110	---
2. La temperatura conseguida por el núcleo, el rotor jaula de ardilla, conmutador, anillo colector y otras partes (como portaescobillas, escobillas, bobina de arranque, etc.) no deberán averiar el aislamiento o la máquina en cualquier parte.				

5.3 Dimensiones Generales.

Las características sobre las dimensiones generales de los motores son:

5.3.1 Motores Horizontales, Brida C y D.

5.3.2 Dimensiones de las Cajas de Terminales para Motores de CA.

5.3.3 Conexiones a Tierra.

Existen dos tipos de armazones, la tabla 19 presenta las equivalencias de dicho tipo.

TABLA 19. Equivalencia entre armazones NEMA e IEC para motores horizontales.

Armazón Tipo NEMA	D Nominal (mm)	Armazón Tipo IEC	D Nominal (mm)
42 48	67 70	56 83 71 80	56 83 71 80
56 143 145	89 89 89	90 S 90 L	90 90
		100 S 100 L	100 100
182 184	114 114	112 S 112 M 112 L	112 112 112
213 216	133 133	132 S 132 M 132 L	132 132 132
254 256	159 159	160 S 160 M 160 L	160 160 160
284 288	178 178	180 S 180 M 180 L	180 180 180
324 326	203 203	200 S 200 M 200 L	200 200 200
384 385	228 228	225 S 225 M 225 L	225 225 225
404 405	254 254	250 S 250 M 250 L	250 250 250
444 445	280 280	280 S 280 M 280 L	280 280 280
505 507 580 880	318 318 388 432	315 S 315 M 315 L	315 315 315

5.3.1 Motores Horizontales, Bridas C y D.

Las dimensiones y nomenclaturas para motores horizontales y para las bridas C y D, se establecen en la figura 4 y en las tablas 20, 21, 22, 23, 24 y 25.

TABLA 20. Dimensiones generales para motores horizontales, con armazón tipo I.

Armazón tipo NEMA	2E (mm)	2F (mm)	DA (mm)	U (mm)	N-W (mm)	D (mm)	AA (mm)	H (mm)
42	90	43	62	9.53	28.45	66.7	---	---
48	100	70	64	12.70	38.10	76.2	---	---
56	124	76	70	15.88	47.80	88.0	---	---
143 T	140	102	67	22.23	67.15	88.9	19	8.7
145 T	140	127	67	22.23	67.15	88.9	19	8.7
182 T	190	114	70	28.58	69.85	114.3	19	10.4
184 T	190	140	70	28.58	69.85	114.3	19	10.4
243 T	216	140	89	34.93	85.85	133.4	25.4	10.4
216 T	216	178	89	34.93	85.85	133.4	25.4	10.4
254 I	254	210	108	41.28	101.60	166.8	31.7	13.5
256 T	254	254	108	41.28	101.60	166.8	31.7	13.5
284 T	279	241	121	47.03	117.35	177.8	38.1	13.5
284 TS	279	241	121	41.28	82.65	177.8	38.1	13.5
286 T	279	279	121	47.03	117.35	177.8	38.1	13.5
286 TS	279	279	121	41.28	82.65	177.8	38.1	13.5
324 T	317	267	133	53.98	133.35	203.2	50.8	16.7
324 TS	317	267	133	47.63	95.25	203.2	50.8	16.7
326 T	317	305	133	53.98	133.35	203.2	50.8	16.7
326 TS	317	305	133	47.63	95.25	203.2	50.8	16.7
364 T	356	286	149	60.33	149.35	228.6	76.2	18.7
364 TS	356	286	149	47.63	95.25	228.6	76.2	18.7
365 T	356	311	149	60.33	149.35	228.6	76.2	16.7
365 TS	356	311	149	47.33	95.25	228.6	76.2	16.7
404 T	406	311	168	73.03	184.15	254.0	76.2	20.6
404 TS	406	311	168	53.98	107.95	254.0	76.2	20.6
405 T	406	349	168	73.03	184.15	254.0	76.2	20.6
405 TS	406	349	168	53.98	107.95	254.0	76.2	20.6
444 T	457	368	190	95.25	216.00	279.4	76.2	20.6
444 TS	457	368	190	60.33	120.65	279.4	76.2	20.6
445 T	457	419	190	95.25	216.00	279.4	76.2	20.6
445 TS	457	419	190	60.33	120.65	279.4	76.2	20.6
447 T	457	508	190	85.73	216.00	279.4	76.2	20.6
447 TS	457	508	190	60.33	120.65	279.4	76.2	20.6
449 T	457	399	190	95.25	216.00	279.4	76.2	20.6
449 TS	457	399	190	60.33	120.65	279.4	76.2	20.6
505	508	457	216	73.03	213.00	317.5	76.2	23.8
507	508	559	216	73.03	213.00	317.5	76.2	23.8

Nota: Ver figuras 3 y 4.

TABLA 21. Dimensiones generales para motores horizontales, con armazón tipo NEMA.

Familia de Armazón	Armazón tipo NEMA	2E (mm)	2F (mm)	DA (mm)	D (mm)	H (mm)
5000	5006	508	508	216	317.5	23.9
	5008	508	635	216	317.5	23.9
	5009	508	711	216	317.5	23.9
	5010	508	813	216	317.5	23.9
5800	5808	584	711	254	368.3	23.9
	5809	584	812	254	368.3	23.9
	5810	584	814	264	368.3	23.9
6800	6808	686	914	292	431.8	20.9
	6809	686	1016	292	431.8	20.9
	6810	686	1143	292	431.8	20.9

TABLA 22. Dimensiones de la flecha armazón tipo NEMA.

Familia de armazón	Tipo de flecha	U (mm)		N-W (mm)		AA (mm)
		Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	
5000	H	60.3	60.3	114.3	114.3	en acero son: 177.8 mm, 254.0 mm, 504.0 mm. en hierro colado son: 279.4 mm, 355.6 mm.
	S	73.0	73.0	139.7	139.7	
	L	85.7	85.7	165.1	165.1	
	U	104.8	.....	307.9	.....
5800	H	73.0	73.0	139.7	139.7	en acero son: 177.8 mm, 254.0 mm, 504.0 mm. en hierro colado son: 279.4 mm, 355.6 mm.
	S	85.7	85.7	165.1	165.1	
	L	98.4	111.1	190.5	190.5	
	U	104.8	.....	307.9	.....
6800	H	85.7	85.7	139.7	165.1	en acero son: 203.2 mm, 330.2 mm, 660.4 mm. en hierro colado son: 279.4 mm, 355.6 mm.
	S	98.4	111.1	177.8	215.9	
	L	104.8	123.8	203.2	241.3	

TABLA 23. Dimensiones generales para motores horizontales, con armazón tipo II.

Armazón (tipo IEC)	2E (mm)	2F (mm)	BA (mm)	U (mm)	N-W (mm)	D (mm)	AA (mm)	H (mm)
60	90	71	30	14	30	50	12.7	6
63	100	80	40	14	30	63	12.7	7
71	112	90	45	14	30	71	19.0	7
80	125	100	50	19	40	80	19.0	9
90 S	140	100	56	24	50	90	19.0	9
90 L	140	125	56	24	50	90	19.0	9
100 S	160	112	63	28	60	100	19.0	12
100 L	160	140	63	28	60	100	19.0	12
112 S	180	114	70	28	60	112	19.0	12
112 M	190	140	70	28	60	112	19.0	12
112 L	190	159	70	28	60	112	19.0	12
132 S	216	140	89	38	80	132	25.4	12
132 M	216	178	89	38	80	132	25.4	12
132 L	216	203	89	38	80	132	25.4	12
160 S	254	178	108	42	110	160	31.7	14
160 M	254	210	108	42	110	160	31.7	14
160 L	254	254	108	42	110	160	31.7	14
180 S	279	203	121	48	110	180	31.7	14
180 M	279	241	121	48	110	180	31.7	14
180 L	279	279	121	48	110	180	31.7	14
200 S	318	228	133	55	110	200	50.8	18
200 M	318	267	133	55	110	200	50.8	18
200 L	318	305	133	55	110	200	50.8	18
225 S	356	280	149	60	140	225	76.2	18
225 M	356	311	149	60	140	225	76.2	18
225 L	356	356	149	60	140	225	76.2	18
250 S	406	311	168	65	140	250	76.2	22
250 M	406	349	168	65	140	250	76.2	22
250 L	406	406	168	65	140	250	76.2	22
280 S	457	368	190	75	140	280	76.2	22
280 M	457	419	190	75	140	280	76.2	22
280 L	457	457	190	75	140	280	76.2	22
315 S	508	406	216	85	170	315	76.2	27
315 M	508	457	216	85	170	315	76.2	27
315 L	508	508	216	85	170	315	76.2	27

Nota- Ver figuras 4 y 5.

ILA 24. Dimensiones generales para bridas tipo C.

Armazón tipo NEMA	Armazón tipo IEC	Brida	BD max. (mm)	AK (mm)	AJ (mm)	BB min. (mm)	Barreros (BF)				U (mm)	AH (mm)
							XH	φ (mm)	h/25 (mm)	Prof. (mm)		
42 C	56	C1	127	76	95	4.0	4	6.4	20	12.7	9.5	33
48 C	63	C1	143	76	95	4.0	4	6.4	20	12.7	12.7	43
56 C	71	C1	165	114	149	4.0	4	9.5	16	14.3	15.9	52
143 T5-145 STC	80-90	C1	165	114	149	4.0	4	9.5	16	14.3	22.2	54
182 TC-184 TC	100	C2	229	216	184	6.4	4	12.7	13	19.1	28.6	66
213 TC-215 TC	112	C2	229	216	184	6.4	4	12.7	13	19.1	34.9	79
254 TC-256 TC	132	C2	254	216	184	6.4	4	12.7	13	19.1	41.3	95
284 TC-286 TC	160	C2	286	267	229	6.4	4	12.7	13	19.1	47.6	111
324 TC-326 TC	180-200	C2	356	267	279	6.4	4	15.9	11	23.8	54.0	127
324 TSC-326 TSC		C2	356	318	279	6.4	4	15.9	11	23.8	47.6	89
364 TC-365 TC	225	C2	356	318	279	6.4	8	15.9	11	23.8	60.3	143
364 TSC-365 TSC		C2	356	313	279	6.4	8	15.9	11	23.8	47.6	89
404 TC-405 TC	250	C2	394	318	279	6.4	8	15.9	11	23.8	73.0	173
404 TSC-405 TSC		C2	394	318	279	6.4	8	15.9	11	23.8	74.0	102
444 TC-445 TC	280	C2	457	406	356	6.4	8	15.9	11	23.8	85.7	210
444 TSC-445 TSC		C2	457	406	356	6.4	8	15.9	11	23.8	60.3	114
447 TC-449 TC		C2	457	406	356	6.4	8	15.9	11	23.8	85.7	210
447 TSC-449 TSC		C2	457	406	356	6.4	8	15.3	11	23.8	60.3	114

15- La primera y segunda columnas no indican una equivalencia entre armazones. Para esta equivalencia vease la tabla 20. Las tolerancias en la dimensión de AK será de 0.00,-0.08 mm y la excentricidad permisible será de 0.10 mm.

25. Dimensiones generales para bridas tipo D.

Armazón tipo NEMA	Armazón tipo IEC	AK (mm)	BB (mm)	BC (mm)	BD max. (mm)	BE (mm)	Barreros (BF)		Flecha		AJ (mm)
							HG	φ (mm)	U (mm)	AH (mm)	
143 TD-145 TD	80-90	228.6	6.3	0	279	12.7	4	13.5	22.22	57	254
182 TD-184 TD	100	228.6	6.3	0	279	12.7	4	13.5	28.58	70	254
213 TD-215 TD	112	228.6	6.3	0	279	12.7	4	13.5	34.93	86	254
254 TD-256 TD	132	279.4	6.3	0	356	19.1	4	20.6	41.28	102	318
284 TD-286 TD	160	279.4	6.3	0	356	19.1	4	20.6	47.63	117	316
324 TD-326 TD	180	355.6	6.3	0	457	19.1	4	20.6	53.98	133	406
364 TD-365 TD	200	355.6	6.3	0	457	19.1	4	20.6	60.33	149	406
404 TD-405 TD		457.2	6.3	0	559	25.4	8	20.6	73.03	184	508
444 TD-445 TD	225	457.2	6.3	0	559	25.4	8	20.6	85.73	216	508
447 TD-449 TD		457.2	6.3	0	559	25.4	8	20.6	85.73	216	508

5.3.1.1 Literales Utilizadas

- H - Diámetro de los barrenos de la base.
- 2E - Distancia entre los centros de barrenos de las patas (viendo al motor de frente a la flecha)
- N-W - Longitud de flecha útil.
- 2F - Distancia entre los centros de barrenos de las patas (viendo al motor por un costado).
- U - Diámetro exterior de la flecha.
- BD - Diámetro externo de la brida.
- AK - Diámetro de la guía para montaje de la brida.
- JA - Diámetro de la circunferencia para localización de centros de barreno.
- BO - Distancia entre la superficie de montaje de la cara brida o base de la máquina al hombro de la flecha.
- AH - Longitud de la punta de la flecha a la superficie de apoyo de la brida.
- BA - Distancia del hombro de la flecha al centro del barreno de anclaje más próximo en la base.
- BB - Profundidad de la guía para montaje de la brida.
- BE - Espesor de la brida.
- AA - Diámetro de salida de caja de conexiones.
- D - Altura del centro de la flecha a la base del motor.
- XH - Número de barrenos.

5.3.2 Dimensiones de las Cajas de Terminales para Motores de CA.

a) Las cajas de conexiones deben ser de metal y de construcción sólida. Para motores arriba de 178 mm de diámetro, las cajas de terminales serán capaces de soportar sin falla una carga normal a las superficies horizontales de 13.7 N/cm^2 (1.4 kgf/cm^2) hasta un máximo de 1030 N (105 kgf). Esta carga se aplicará a través de una superficie metálica plana de 5 cm de diámetro.

El doblado o la deformación de la caja no se considera como una falla a menos que afecte el espaciamiento mínimo entre la caja a las terminales vivas montadas rígidamente, respecto a los valores dados en el inciso c).

b) cuando las cajas de terminales encierren conexiones entre alambres, éstas deberán tener las dimensiones máximas y volúmenes útiles de acuerdo con las tablas 26 y 27. Las terminales de equipo auxiliar como frenos, termostatos, calentadores de espacio, etc. pueden ser despreciadas si su sección no excede del 25% de la sección de las terminales principales de fuerza.

TABLA 26. Motores de 28 cm de diámetro y menores.

Capacidad kW (CP)	Apertura mínima (cm)	Volumen útil mínimo (cm ³)
0.746 (1) y menores ^a	4.1	122.8
1.119 (1 1/2), 1.492 (2) y 2.238 (3) ^a	4.5	198.6
3.73 (5) y 5.60 (7 1/2) ^a	5.0	262.1
7.46 (10) y 11.19 (15)	6.4	426.0

TABLA 27. Motores mayores de 28 cm de diámetro.

Corriente máxima a plena carga para motores trifásicos con un máximo de 12 terminales (A)	Apertura mínima (cm)	Volumen útil mínimo (cm ³)	Potencia máxima típica en [kW] (CP) trifásica.
45	6.4	426	11.19(15) - 22.38(30)
70	7.6	721	18.65(25) - 37.30(50)
110	9.2	1179	29.84(40) - 59.68(75)
160	11.5	2130	44.76(60) - 89.52(125)
250	14.2	4100	74.60(100) - 149.20(200)
400	17.8	8193	111.90(150) - 223.80(300)
600	20.8	14748	186.50(250) - 372.80(600)

c) Cuando las cajas de conexiones encierren terminales para motores rigidamente montadas, la caja de conexiones deberá ser de suficiente tamaño para proveer un mínimo espaciamiento entre terminales y tener volúmenes útiles de acuerdo con las tablas 28 y 29.

TABLA 28. Espaciamiento entre terminales.

Voltaje (V)	Espaciamiento mínimo (cm)	
	Entre líneas terminales.	Entre línea y otra parte metálica no aislada.
250 o menores	0.64	0.64
251 a 600 inclusiva	1.00	1.00

TABLA 29. Volúmenes útiles.

Calibre del conductor de alimentación (mm ²) (AWG)	Volumen útil mínimo por conductor de alimentación (cm ³)
0.825(10) a 2.100(14)	16.4
3.300(12) y 5.300(10)	20.5
8.400(8) y 13.300(6)	36.9

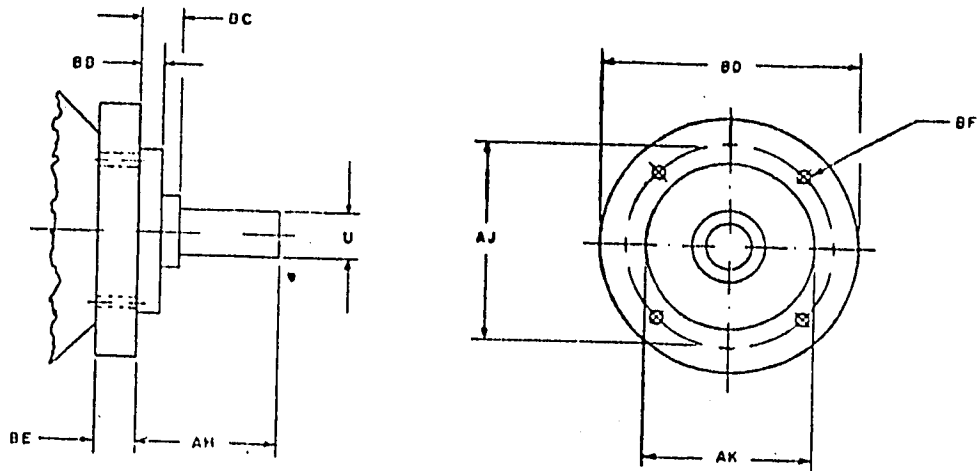
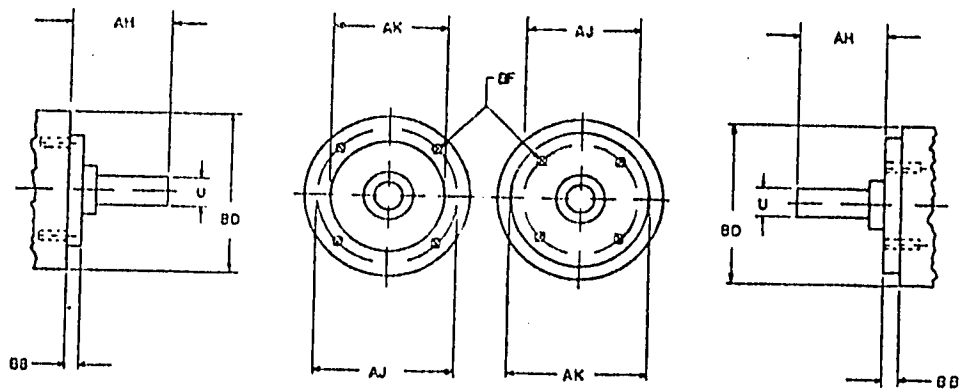
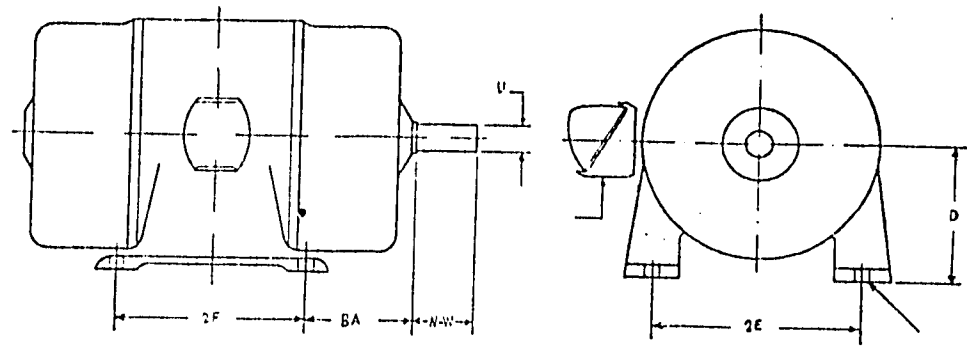


FIGURA 1.

5.3.3 Conexión a Tierra.

En motores de 37.3 kW (50 CP) y potencias mayores, estos llevarán un barreno con rosca M8, de 13mm (1/2 plg) de profundidad.

El barreno debe ser localizado en el lado izquierdo de la caja de conexiones, sobre la base o carcasa del motor. También puede localizarse el barreno machuelado sobre una de las paredes de la caja de conexiones.

II.4 MUESTREO.

Cuando se requiere el muestreo para inspección, este podrá ser establecido de común acuerdo entre producto y comprador, recomendándose el uso de la Norma Oficial Mexicana NOM-Z-012. Para efectos oficiales el muestreo estará sujeto a las disposiciones reglamentarias de la inspección que se efectúe.

II.5 PRUEBAS Y COMPORTAMIENTO.

Las pruebas que se realicen a cualquier motor de esta Norma serán bajo los protocolos de la sección IV y las pruebas no implementadas en ellas serán acordadas entre el cliente y el fabricante.

II.6 MARCADO.

II.6.1 Datos característicos para placa.

La siguiente información o datos son los mínimos que debe llevar la placa de características, de cualquier motor de corriente alterna monofásico o trifásico de jaula, indeleble y en lugar visible:

- Nombre o marca registrada del fabricante.
- Modelo (identificación del fabricante).
- Tipo de armazón
- Tipo de protección mecánica y sistema de enfriamiento.
- Potencia en CP y/o kW.
- Tensión nominal, en volts.
- Corriente a plena carga, en amperes.
- Frecuencia, en Hz
- Monofásico o Trifásico.
- Diagrama de conexiones terminales.
- Letras de clave para kVA a rotor bloqueado por kW o por CP.
- Letra de diseño

- La eficiencia nominal a plena carga en porciento (dos dígitos enteros y un decimal).
- Factor de servicio y corriente a factor de servicio (si existe)
- Tiempo de servicio
- Clase de aislamiento
- Velocidad a plena carga, en RPM.
- Temperatura ambiente máxima
- Tipo de rodamiento
- Características de lubricación
- Símbolo de autorización, venta y uso NOM.
- La leyenda "Hecho en México" o indicación del país de origen

CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Existe concordancia en lo que respecta a dimensiones generales para armazones y potencia nominales preferentes de conformidad con la norma IEC-72 1971 "Dimensions and Output Ratings for Rotating Electrical Machines -Frame Numbers 56 to FF1080 and FT55 to FT1080" cambiando solamente letras y símbolos.

En lo que respecta a pruebas de temperatura los métodos son iguales existiendo concordancia con la IEC 34-1 "Rating and Performance".

Con lo que respecta a la determinación de eficiencia el método de prueba es correspondiente al Canadiense CSA-C390-M 1985 (Revisión 1991) "Energy Efficiency Test Methods for Three-Phase Induction Motors" y al Norteamericano IEEE 112-1984 "Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators" (Revisión 1991).

Capítulo 2

Laboratorio de pruebas necesario

Se utilizaron las instalaciones del Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Facultad, el cual cuenta con un módulo de instrumentos y otro de herramientas y bancos de trabajo.

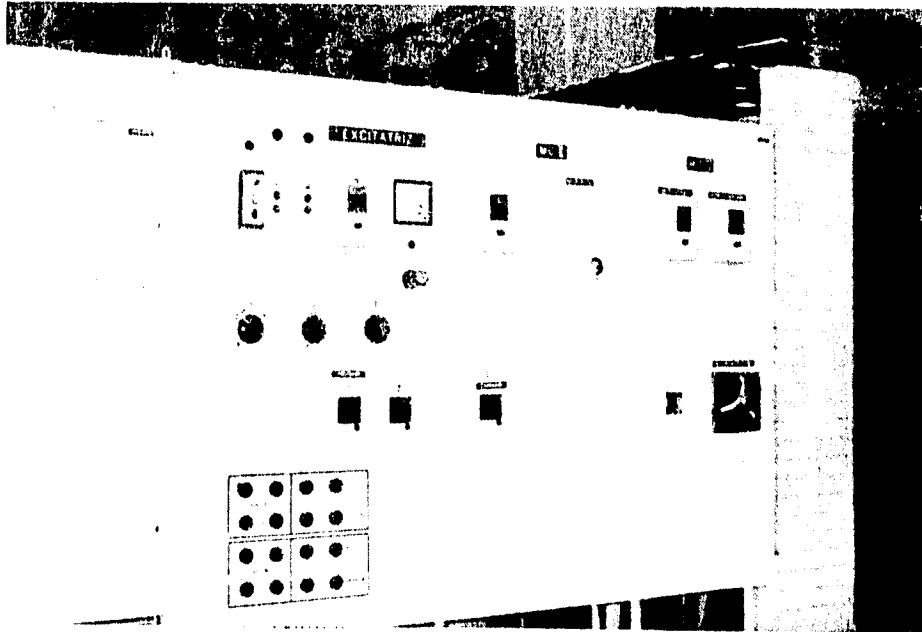


Figura 2.1 Tablero de alimentación

También cuenta con una Subestación Eléctrica, de la que se alimenta el tablero de conexiones para que a través de él se distribuya la energía eléctrica disponible, en la siguiente forma: en C.A., 110 volts en una fase y 220 volts en tres fases; en C.D., se cuenta con dos grupos Motor C.A. - Generador C.D., se pueden aplicar hasta 150 volts como excitatriz y además con la combinación de tiristores hasta 500 volts, con una corriente de 300 amperes, al 100% de carga.

Otra forma de suministrar energía eléctrica en el Laboratorio, la proporcionan los reguladores portátiles de C.A., con los cuales se puede aplicar en forma variable hasta 300 volts en tres fases, con una corriente hasta de 30 amperes.

El área de trabajo que necesitamos, está ubicada en la parte posterior izquierda de la zona de equipos de prácticas del Laboratorio y consta exclusivamente del Dinamómetro marca Westinghouse, ya instalado con su tablero de control, instrumentos de medición y su baneada de prueba.

En nuestro caso, la forma en que se podrán comprobar las características propias de diseño de cualquier primotor, será necesario acoplar éste de alguna forma a un Dinamómetro, que en este caso será de corriente directa y cuya construcción se describe a continuación.

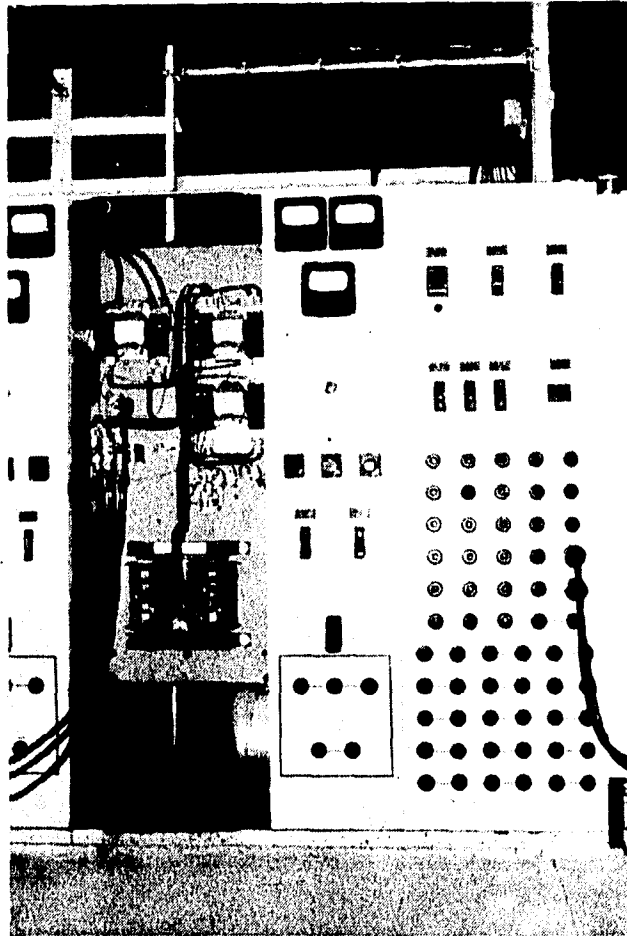


Figura 2.2 Vista frontal del tiristor.

DESCRIPCION DE LA MAQUINA:

ESTATOR:

Este tipo de Dinamómetro está diseñado con el estator de "cuna". El nombre de "cuna" se le asignó porque el tipo de estator no es fijo, sino que está basculando permitiendo un giro del mismo en ambos sentidos, suficiente como para que este desplazamiento pueda ser detectado con algún instrumento de medición de empuje, neumático o mecánico.

Está apoyado exclusivamente en los puntos en que se encuentran las chumaceras de la propia máquina y ésta es la razón por la cual con el empuje medido se podrá determinar la fuerza del arrastre magnético debido a la reacción de la armadura que en ese momento está siendo aplicado al Dinamómetro.

CORAZA O CARCAZA:

La carcaza está fabricada en acero rolada y soldada simultáneamente, con el objeto de poder lograr una trayectoria más uniforme del flujo magnético.

Se utilizan materiales extra gruesos en su fabricación para proporcionarle una gran rigidez y resistencia mecánica, con el fin de evitar al máximo las vibraciones ocasionadas por los esfuerzos severos a que son sometidos todos los elementos que integran la máquina.

FRENO DE SEGURIDAD:

La coraza o carcaza tiene un freno de protección mecánico, diseñado en tal forma que permite que la coraza quede asegurada cuando la máquina no se trabaje o cuando se haga algún movimiento ajeno a la prueba que se esté realizando. Permite que la coraza se mueva libremente en determinados límites y deberá usarse cuando se desee cambiar el giro, así como cuando se cambie el tipo de instrumento de medición para proteger a éste último.

Este dispositivo puede ser operado en cualquier momento, aún estando la máquina en operación, sin que se afecte la prueba que se esté realizando.

La coraza deberá asegurarse siempre con éste dispositivo, excepto cuando se va a tomar la lectura de la prueba.

BASE DE LA MAQUINA

Está fabricada de acero, en secciones de ángulo estructural y con topes del mismo material. Está realizada de tal forma que mantiene al Dinamómetro rigidamente ligado a la misma y conservándolo siempre su paralelismo entre piezas. También permite el manejo de todo el Dinamómetro conservándolo intacto.

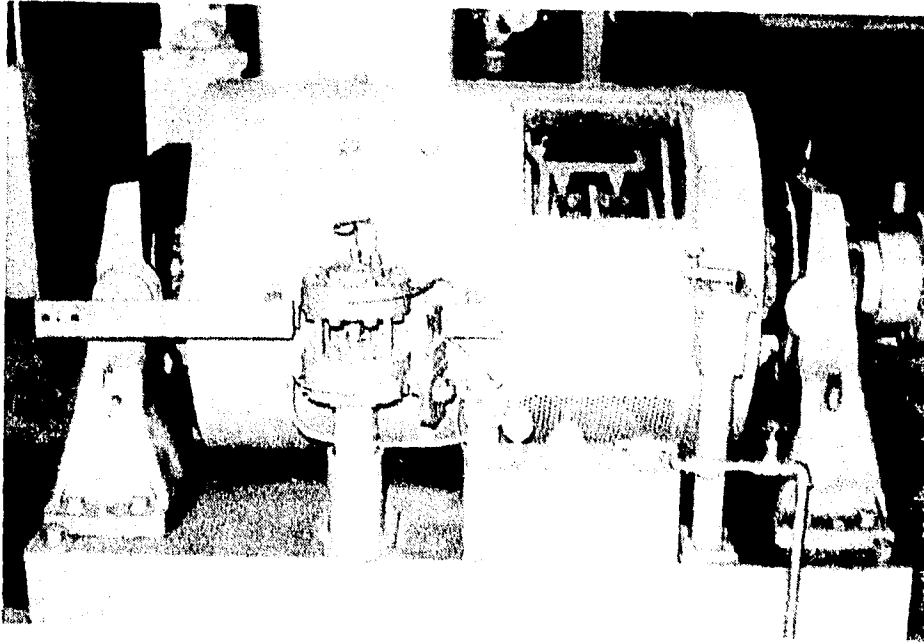


Figura 2.3 Componentes principales del electrodinamómetro.

PEDESTALES:

En ellos descansan la coraza y el rotor, están fabricados de hierro fundido y son de una sola pieza, tienen sección piramidal hueca. Están equipados con un balero de bolas acomodadas en tres hileras. La hilera intermedia está sujeta al muñón. La hilera interior soporta la coraza del estator, y la hilera externa está fija en la chumacera que a su vez se encuentra fija en el pedestal; o sea, la flecha nunca llega a estar en contacto con las chumaceras del pedestal. La hilera que soporta la chumacera de la flecha, y que se encuentra fija al pedestal, está ligada a unos anillos que a su vez están ligados a un tornillo sinfín, el cual al ponerse en contacto con éstos anillos, y al aplicarle al sinfín un giro, obliga a que los anillos a su vez también giren y éstos arrastren a toda la chumacera, permitiendo con esto que las chumaceras

del pedestal puedan girar aún cuando el Dinamómetro esté trabajando, con lo cual se logra una mayor precisión en las mediciones que se lleven a cabo en la máquina, éste giro tiene como objetivo reducir al mínimo las pérdidas por fricción, haciéndolas materialmente despreciables.

Los anillos pueden ser girados con una manivela operada en forma manual y la misma se encuentra localizada en el pedestal.

ARMADURA:

Está diseñada para operar bajo las condiciones especificadas en la placa de datos de la máquina, como son: 250 volts, 268 amperes, 950 a 4000 R.P.M., 100% de carga, 24 horas de servicio y 50 grados centígrados como temperatura de trabajo.

Está construída con acero de laminación magnética (acero al silicio) y aislada entre sí cada placa con óxido ferroso-férrico, para reducir al máximo las pérdidas por corrientes parásitas.

Los anillos están aislados de las barras por material de mica de 0.25 de pulgada de espesor aproximadamente en cada lado de los extremos de los anillos.

La armadura se debe balancear perfectamente en forma estática y dinámica, teniendo para ése propósito entre cada uno de los ensambles de la armadura, perforaciones que permiten alojar en un momento dado pequeños contrapesos con el objeto de hacer las correcciones necesarias en el instante en que se detecte algún desbalanceo.

Las bobinas, formadas por devanados contruídos de alambre magneto, estan protegidas con materiales aislantes a base de barnices y resinas epóxicas.

El devanado descansa en materiales aislantes para evitar el contacto directo del cobre con el acero al silicio que forma la estructura de la armadura.

Finalmente, las chumaceras sobre las que gira, están provistas de cajas para almacenar el lubricante necesario para proteger los cojinetes y baleros de rodamientos contra el desgaste debido al esfuerzo a que son sometidos.

BALANCEO:

La construcción completa del estator incluyendo piezas polares, brazos de palanca, anillos colectores, armadura y cojinetes principales, se balancean en forma riguroza estáticamente, en todas las posiciones posibles entre dos barras paralelas, y cualquier desbalance se compensa con un contrapeso igual, aplicado en la parte opuesta del eje de la flecha. Esto es de suma importancia ya que siendo la carcaza la

portadora del par magnético, cualquier desbalance, ocasionaría un error en las lecturas del "par" registrado.

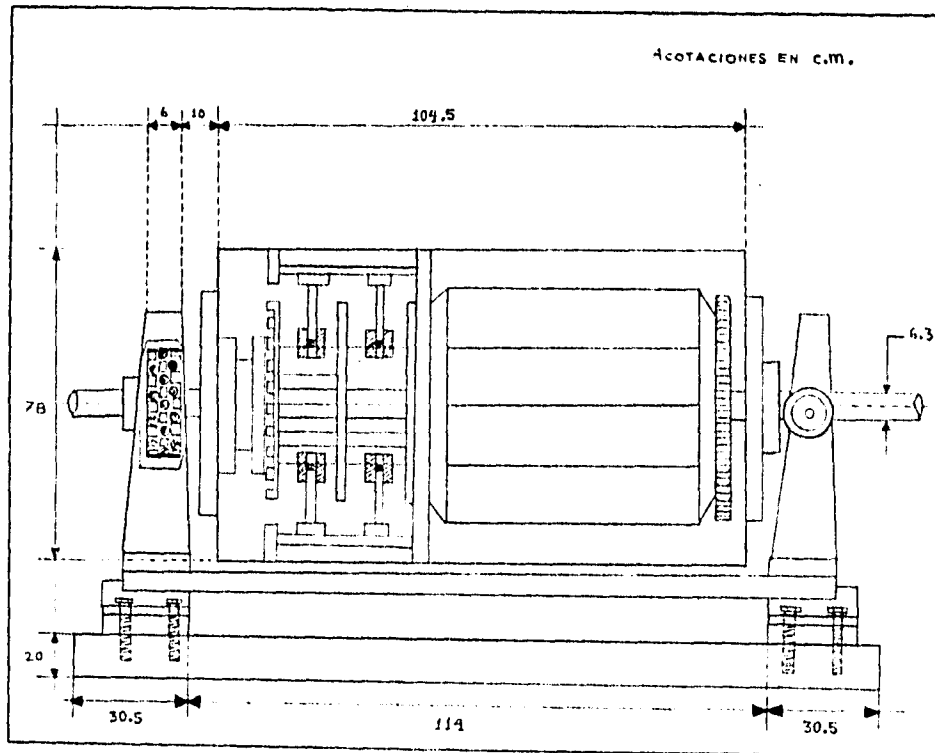


Figura 2-4 Armadura del electrodinamómetro

BOBINAS DE CAMPO:

Están construidas de acuerdo al diseño original especificado por el fabricante y el material utilizado es de una calidad muy elevada debido a que el tipo de trabajo al que son sometidas, es muy intenso y distinto al de cualquier otra máquina de corriente directa de uso común.

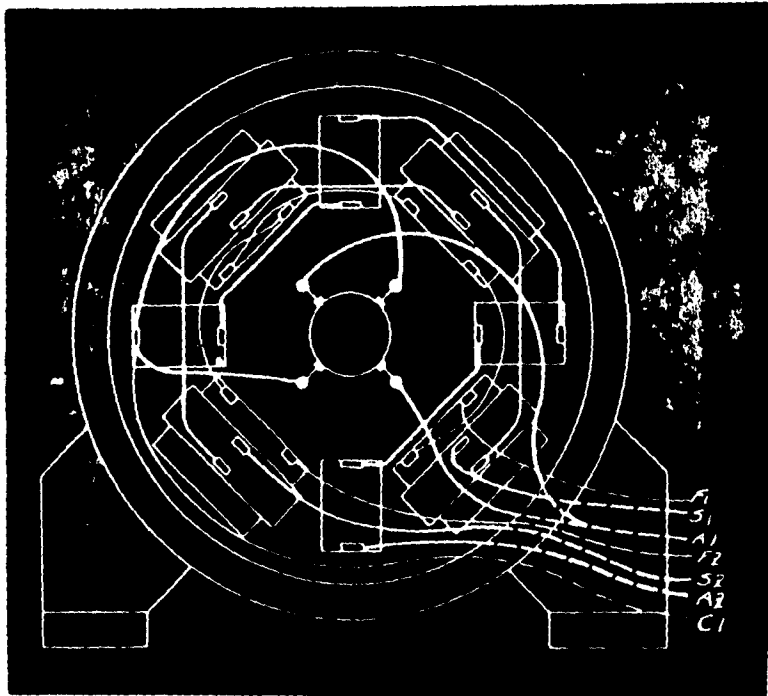


Figura 2.5 Bobinas de campo del electrodinamómetro.

La construcción también está realizada tomando en cuenta que el trabajo de éstos elementos será de un 150% de su capacidad, de acuerdo al rango de operación del Electrodinamómetro y también para resistir las altas temperaturas a que son sometidas debido a la rigurosidad de algunas pruebas.

ESCOBILLAS Y PORTAESCOBILLAS:

Las escobillas usadas en el Electrodinamómetro están fabricadas con materiales de muy alta calidad para brindar los mejores rendimientos bajo cualquier régimen de trabajo.

Los portaescobillas y los anillos que soportan a los portaescobillas, están colocados de tal forma que su posición cumpla con la determinada en los laboratorios del fabricante, con la finalidad de ubicar el punto neutro para la obtención de los mejores resultados.

Consecuentemente, para el logro de los mejores rendimientos en el funcionamiento de la máquina al efectuarse las pruebas, la presión de las escobillas está previamente determinada y calibrada.



Figura 2.6 Escobillas del electrodinamómetro

VENTILACION:

La ventilación en éste tipo de máquinas se realiza en dos formas: Ventilación externa y Ventilación por convección.

El primer método consiste en ventilar la máquina agregando al rotor, en ambos lados, un ventilador de trabajo continuo, que ventilará la máquina mientras está operando. Este tipo de ventilación la traen consigo sólo las máquinas de grandes dimensiones y que operan a altas temperaturas.

En la ventilación por convección, se obliga simplemente a circular el aire a través del sistema por medio de la rotación propia del rotor, siendo necesario en éste método que el aire que el propio rotor desplaza sea suficiente para mantener la temperatura nominal de la máquina en su trabajo. Este sistema se usa sólo en máquinas que operan a bajas temperaturas y de menores dimensiones.

PANEL DE CONTROL

Los instrumentos con los que cuenta el panel son los siguientes:

TACOMETRO ELECTRICO:

El Dinamómetro está dotado de un tacómetro "generador", el cual se encuentra ubicado en una de las chumaceras, que está dotada de un engrane helicoidal que se encuentra ubicado a 90 grados de la flecha y que gira a una velocidad proporcional a la del rotor del Dinamómetro. En esta forma, se genera un pequeño voltaje que a su vez energiza a otros pequeños generadores, que en este caso van a trabajar como motores trifásicos, actuando uno de ellos sobre una carátula con aguja indicadora que funciona a través de un barrido magnético que trabaja en contra de un resorte y así de ésta manera se logra conocer la velocidad angular del dinamómetro en forma instantánea.

INTEGRADOR DE RPM O CRONOTACOMETRO:

Además el pequeño generador también actúa sobre otro pequeño motor, de las mismas características que el anterior, el cual opera sobre un mecanismo de relojería (integrador de las R.P.M.), al cual se encuentra eléctricamente ligado, un reloj eléctrico de C.A., operado por un motor síncrono de 125 volts de C.A., que indica minuto a minuto las R.P.M. que el integrador lleva sumadas. Este equipo se puede operar en forma manual o automática.

El panel de control también está equipado con un dispositivo para poder cambiar la dirección de giro de los pequeños motores de C.A., trifásicos, que operan todo el sistema.



Figura 2.7 Panel de control

CONTROL DE VELOCIDAD:

Este se encuentra normalmente alojado en la parte baja del dinamómetro y conectado a la flecha principal por medio de una banda. Siendo éste un pequeño generador, se utiliza el voltaje que proporciona sobre un voltmetro automático, el

cual al detectar una variación de incremento o disminución de voltaje, actúa sobre un servomecanismo que a su vez actuará sobre el reóstato de campo, modificando así la velocidad y de este modo pueda mantenerla constante. Esta velocidad ha sido programada, fijando en el voltmetro controlador, un voltaje determinado y proporcional a la velocidad deseada.

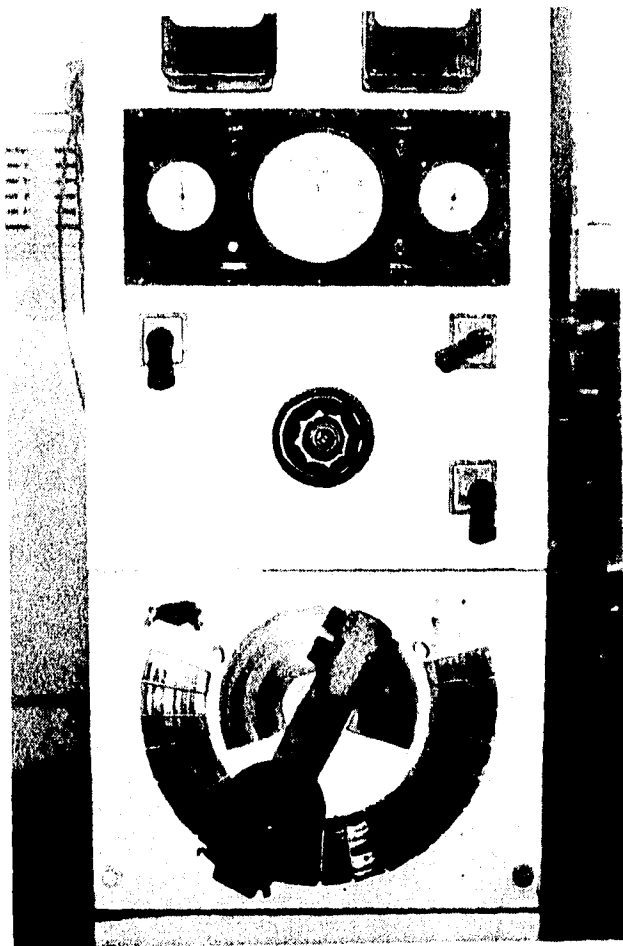


Figura 2.8 Control de velocidad

REOSTATO DE ARRANQUE (SERIE):

Está operado por una palanca del tipo de reloj y se encuentra localizado en la parte baja del panel.

Este reóstato va proporcionando o quitando carga, y ésta se suministra por medio de grupos de placas de fierro fundido, conectadas en serie.

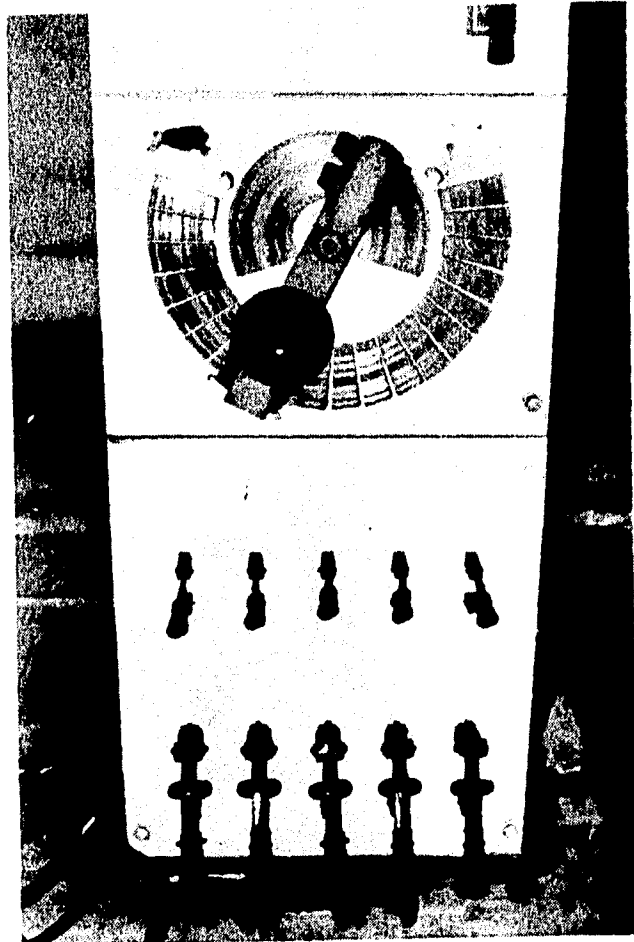


Figura 2.9 Reóstato de arranque.

REOSTATO DE CAMPO:

Es del tipo de reloj y se encuentra localizado arriba del control del reóstato de arranque. Se compone de dos reostatos conectados en serie, uno para ajustes grandes y se puede leer directamente en un amperímetro y en un voltímetro simultáneamente.

Tiene contactos múltiples para invertir el campo en caso de que, éste tenga polaridad contraria. Tiene otro contacto múltiple para conectar el reóstato de arranque, con la posibilidad de seleccionar bancos diferentes de carga.

Para cerrar circuitos y operar resistencias; en la parte posterior del panel hay una serie de contactores de corriente directa, así como relevadores de protección de sobrecorrientes y sobretensiones. Para evitar que los contactores de los relevadores se perjudiquen con la flama de disparo debido a las altas intensidades de corriente; cada interruptor magnético está dotado de sopladores magnéticos de flama.

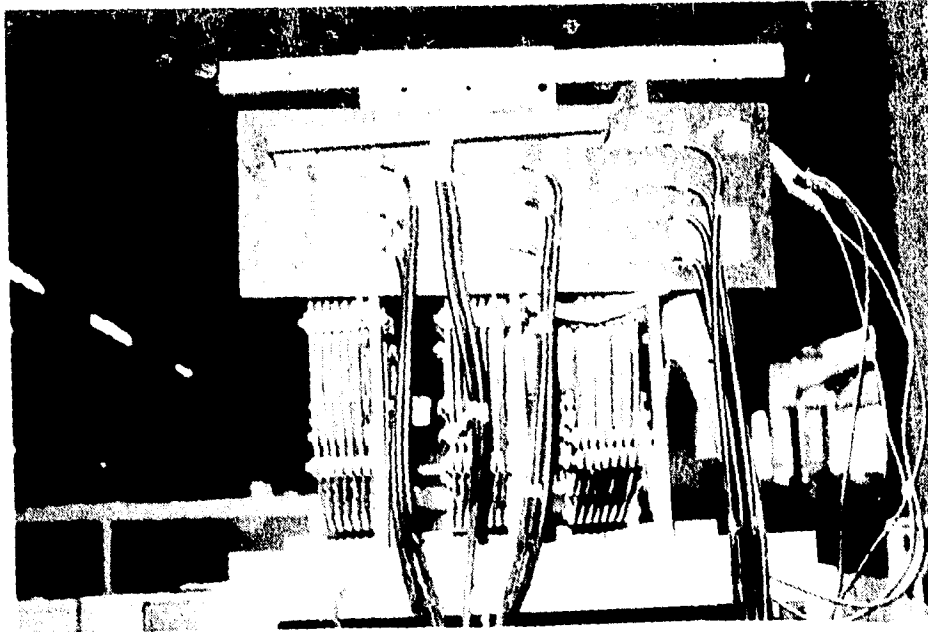


Figura 2.10 Banco de carga

BANCO DE CARGA:

Está construido con placas metálicas de muy baja resistencia y a su vez agrupadas en varios bancos de carga, conectados entre sí en paralelo. Debido al tamaño de la máquina y a la posibilidad de que siempre que el Dinamómetro esté probando alguna máquina y que éste sea sobrecargado en un 50% de su carga de trabajo, el número de placas deberá ser elevado para que la caída de voltaje sea grande.

Este banco de resistencias está operado desde el panel de control, por un contactor que puede en un momento dado seleccionar parte o toda la carga, y además por un control de contactores en círculo (reloj) que nos va incrementando en forma proporcional la carga o disminuyéndola según sea el caso.

Este banco de carga se utiliza también como reóstato serie o con la armadura del Dinamómetro, para operar la máquina como motor cuando el tipo de prueba así lo requiera, es decir, el banco de carga en éste caso opera como reóstato de arranque.

PANEL DE MEDICION:

Se compone principalmente por el brazo de palanca y la báscula de inclinación o de Registro Dinámico, descritos a continuación:

BRAZO DE PALANCA:

El brazo de palanca que el dinamómetro posee, tiene una longitud que va desde el centro de la flecha del rotor hasta el extremo de los costados de la carcasa. Los extremos exteriores del brazo de palanca, uno en cada extremo, están rematados en puntas con forma de "navajas", llamadas así ya que los extremos terminan en una sección de 0.005 m los cuales proporcionan un punto exacto en el cual se puede definir perfectamente una dimensión. En este extremo apoyamos cualquier instrumento que nos pueda proporcionar el valor del empuje ejercido en la coraza del dinamómetro.

MEDICION DEL PAR:

En la medición del empuje del arrastre magnético debido a la reacción de armadura y debido a que el brazo de palanca del dinamómetro es fijo, solamente nos resta medir el empuje que está ocasionando el giro de la carcasa.

El instrumento que se utiliza para conocer este tipo de fuerza, es una Balanza de Registro Dinámico, de contrapeso de alta precisión, que se apoya en cualquiera

de los costados de la cuma (estator). El brazo de palanca que parte del centro del eje del rotor hasta los extremos de los costados de la carcasa, indica como ya se mencionó antes, con sus extremos en forma de navajas, un punto definido, recibiendo el empuje directamente sobre su mecanismo interior el cual actuará sobre la carátula de la báscula y nos indicará la lectura de fuerza correspondiente, la cual registra la lectura independientemente cualquiera que sea el sentido de rotación del Dinamómetro, así como si el Dinamómetro está trabajando como motor o generador.

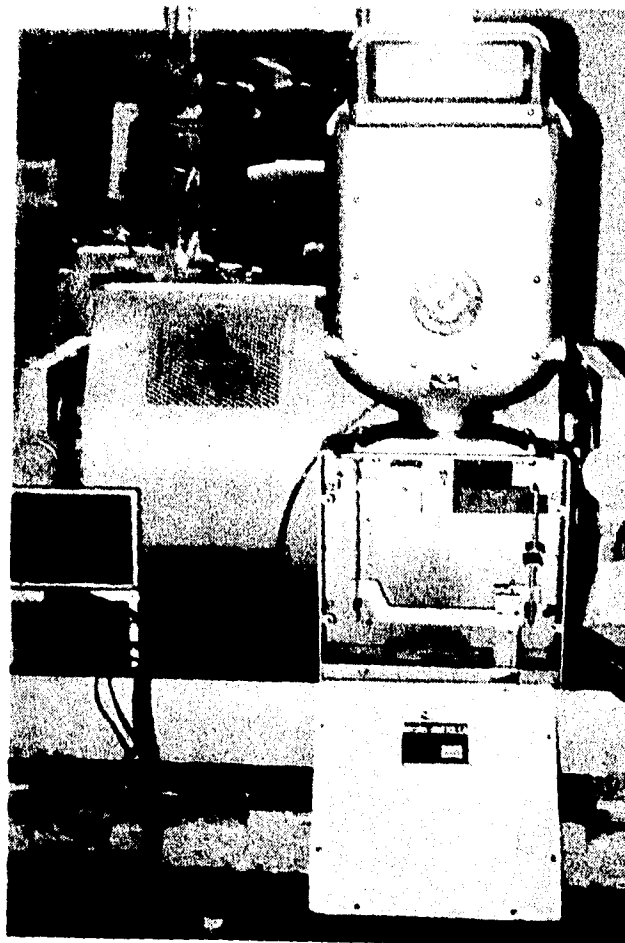


Figura 2.11 Sistema mecánico de la báscula.

INSTALACION DE LA BASCULA:

La báscula de medición estará alojada en uno de los costados del Dinamómetro y será el contrario al lado en que se encuentra el sistema neumático de medición, descrito posteriormente, en tal forma que la parte del mecanismo de medición de la báscula que recibe el empuje, quede alojado exactamente sobre la navaja en que remata el brazo de palanca de la coraza del Dinamómetro.

Para soportar la báscula se hará una pequeña estructura de acero estructural y ésta será recibida en una base de concreto armado en donde quedará ubicada en sí toda la estructura de la báscula de medición del empuje del arrastre magnético, debido a la reacción de la armadura.

El tipo de básculas que se utilizan en máquinas de medición de potencia y pérdidas, deberán trabajar lo mismo en un sentido que en otro, por lo tanto, es indiferente que se coloque en el extremo derecho o izquierdo de la coraza del Dinamómetro.

También se debe hacer incapié, al instalar este instrumento de medición, que es importante que esté perfectamente nivelado, debido a que cualquier falla que exista en la instalación, así como en la nivelación de la misma, repercutirá en las lecturas que posteriormente se registren en éste instrumento.

SISTEMA DE MEDICION NEUMATICO:

Construido con dos cámaras de aire, estan cerradas por un diafragma cada una, éste instrumento tiene alojadas las camaras de aire una arriba de la otra. En un extremo del diafragma de cada una de las cámaras de aire, éstas se encuentran cerradas herméticamente dejando sólo una pequeña entrada para el aire de control.

Cada uno de los diafragmas está apoyado en un vástago de acero, cada uno de los cuales va apoyado en las navajas del brazo de palanca, con el objeto de que en el momento que la máquina opere y que la carcasa produzca el empuje debido al giro de la misma, éste vaya a actuar directamente sobre el vástago que le corresponda de acuerdo al sentido en que se encuentre girando la máquina en ese momento.

El objeto de que tenga dos cámaras de aire y dos vástagos, es para poder detectar el empuje de la máquina cualquiera que sea el sentido de rotación de la misma.

Cada cámara de aire tiene en su parte superior una entrada de suministro del fluido a presión constante y controlada, así como la salida de aire controlada de medición.

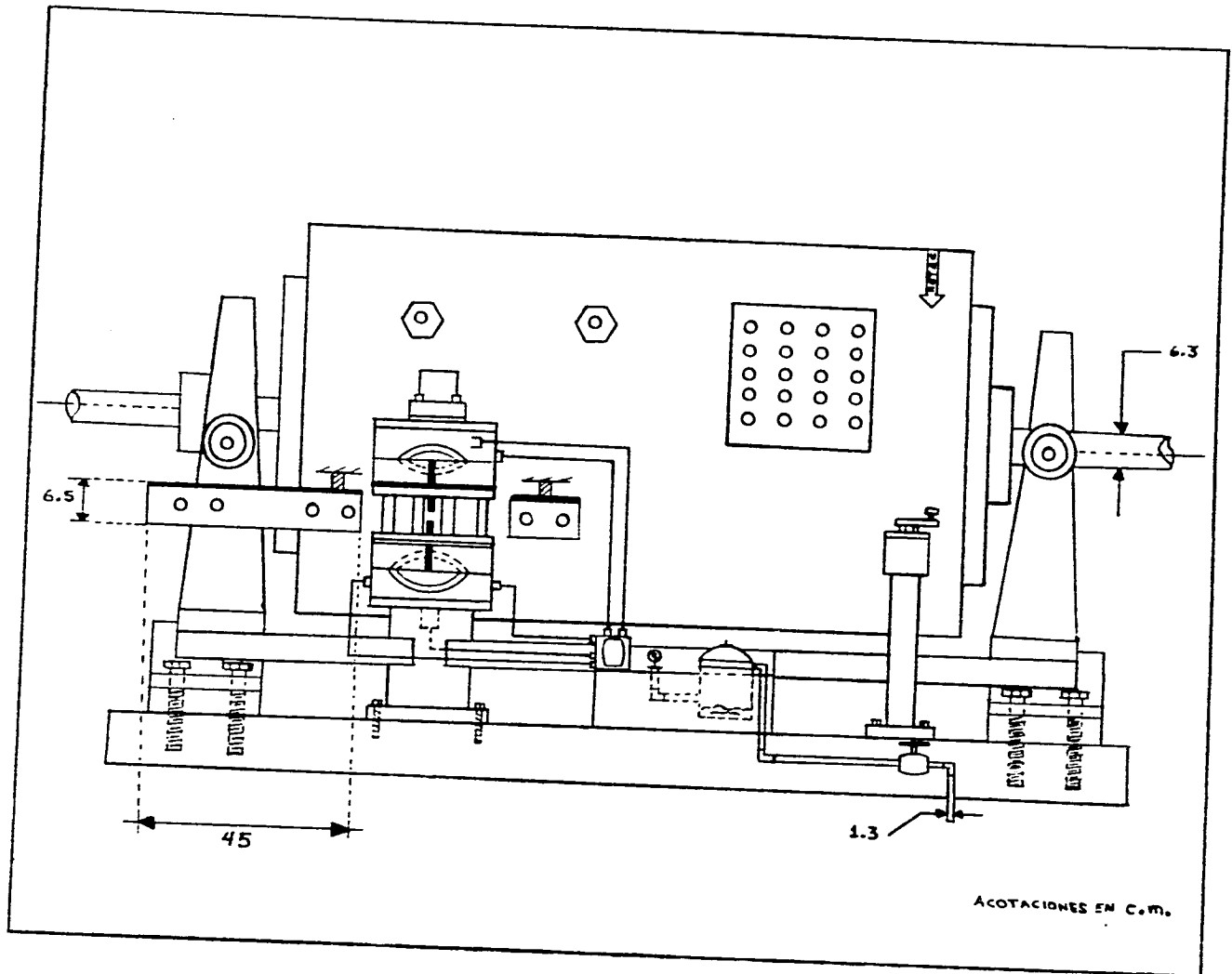


Figura 2.12 Sistema de medición neumático

Esta salida está limitada por una pequeña válvula de control, cuyos puertos de flujo son puertos de tipo "V", con el fin de tener una actuación lineal de la misma, es decir, que para cada movimiento lineal de la válvula, corresponda una presión determinada de control, por ejemplo, para un desplazamiento igual a "L", tendremos una presión igual a "P", y entonces, para $L + 1$ corresponderá un $P + 1$, y para $L = 2$: $P + 2$, etc.

De esta manera, podremos en un momento dado conocer en función a la presión de control, el valor del empuje que existe en el extremo del brazo de palanca de la carcasa, esto se consigue colocándo a la salida de la presión controlada de las cámaras de presión, un manómetro de alta precisión y de acuerdo a lo anterior simplemente leeremos la presión que marca el manómetro y en función de esta presión y en proporción aritmética conoceremos los distintos valores del empuje ocasionado por el arrastre magnético debido a la reacción de la armadura.

El aire de suministro para que el instrumento opere deberá estar limpio y seco y además, la presión deberá ser superior un veinte por ciento de la presión que se está suministrando al instrumento de medición.

Este sistema puede operar en cualquier rango y sólo estará limitado por el rango de la fuente de suministro del aire de trabajo.

El principio de funcionamiento en sí es muy sencillo ya que podemos decir, que a medida que el empuje de la máquina aumenta, la presión en la cámara de aire correspondiente aumenta también en forma proporcional.

INSTALACION DEL SISTEMA DE MEDICION NEUMATICO:

En la descripción de este tipo de instrumento se conocieron todas sus características y necesidades de trabajo dentro de las cuales sabemos que necesitamos hacer llegar al instrumento una línea de suministro de aire filtrado y seco, de una fuente capaz de proporcionarnos una presión de este fluido de 0 a 100 libras por pulgada cuadrada que es el rango de operación del instrumento en el cual puede operar, de acuerdo a la presión que con el regulador que tiene instalado se quiera utilizar.

Esta línea de aire deberá ser, aire sin aceite y sin sólidos en suspensión, no obstante que el aparato trae consigo un filtro, es necesario que el fluido sea filtrado por lo menos una vez más antes de llegar al aparato en cuestión.

Por lo que se refiere a la instalación propia del instrumento de medición, deberá estar alojado en el otro extremo de la coraza del Dinamómetro, de donde se

encuentra instalada la báscula de medición dinámica y exactamente sobre la navaja del extremo del brazo de palanca de la coraza del Dinamómetro.

Por la forma tan delicada de operar y lo sensible que son sus respuestas de control, este aparato deberá estar perfectamente nivelado y asegurado en una estructura sumamente rígida de acero, ya que cualquier desplazamiento que sufra todo el instrumento, se reflejará en un gran error en los resultados obtenidos de cualquier prueba que se realice con el Electro-dinamómetro.

El instrumento está ligado en sí al punto de medición del empuje (navaja) por medio de una pieza de acero que se encuentra instalada paralela a la pieza de acero correspondiente al extremo del brazo de palanca de la coraza del Dinamómetro, y ambos tienen la posibilidad de fijarse entre sí con pernos de liga, o desligarse para aislar el instrumento de la coraza del Dinamómetro cuando se use o no dicho instrumento para hacer alguna medición.

Es importante hacer notar que cuando el Electro-dinamómetro esté trabajando con la báscula dinámica, el instrumento neumático deberá desligarse de la coraza del aparato, pues de no hacerlo así, todas las lecturas que se hayan tomado de la prueba que se esté realizando serán totalmente falsas.

BANCADA DE PRUEBA:

Las bancadas que alojarán a las máquinas de prueba deberán ser del tipo universal.

En este tipo de bancadas de prueba, tanto la altura como las distancias, entre pernos de la base de la máquina que se va a someter a alguna prueba, se puedan variar de tal forma que se puedan realizar rápidamente las maniobras necesarias para cambiar la máquina de prueba por cualquier otra que se quiera probar.

En este tipo de bancadas se puede colocar casi cualquier motor, ya que los pernos verticales de la misma permiten tomar prácticamente cualquier altura que sea necesaria para acoplar el motor con el Electro-dinamómetro, con la única limitación de la capacidad del aparato de prueba que se encuentra instalado en el laboratorio.

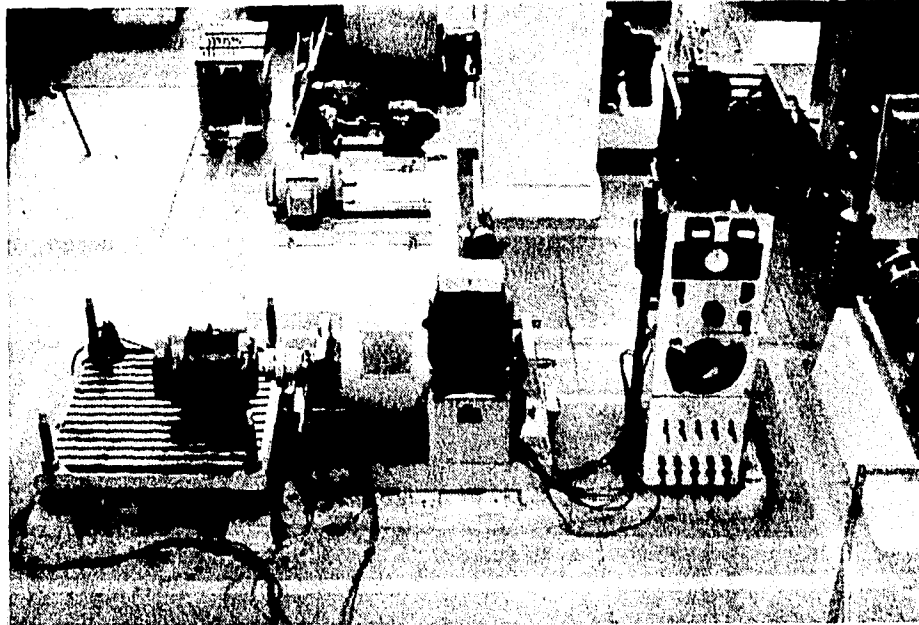


Figura 2.13 Bancada de prueba

ACOPLAMIENTO:

La forma de acoplar la máquina de prueba al Electro-dinamómetro, se realiza mediante la instalación de coples en ambos extremos de la flecha del Dinamómetro con la característica de que son del tipo flexible, dentro de los cuales se pueden utilizar algunos de los siguientes tipos: de engranes, de moliciones, de baleros, de bridas flexibles, etc., esto es con la finalidad de que al existir algún desnivel entre el motor de prueba y el Electro-dinamómetro, esto no sea motivo de error en las lecturas de la prueba que se esté realizando.

Posiblemente la preparación del equipo para efectuar las pruebas es la que requiere más tiempo, ya que acoplar el motor al Electro-dinamómetro implica maniobras y precauciones muy minuciosas, mismas que al probar el equipo una y otra vez hasta conseguir una alineación del acoplamiento entre las máquinas, que nos permitiera efectuar las pruebas del primotor sin vibraciones ni calentamientos excesivos, nos llevó varios días de aplicación.



Figura 2.14 Acoplamiento del sistema

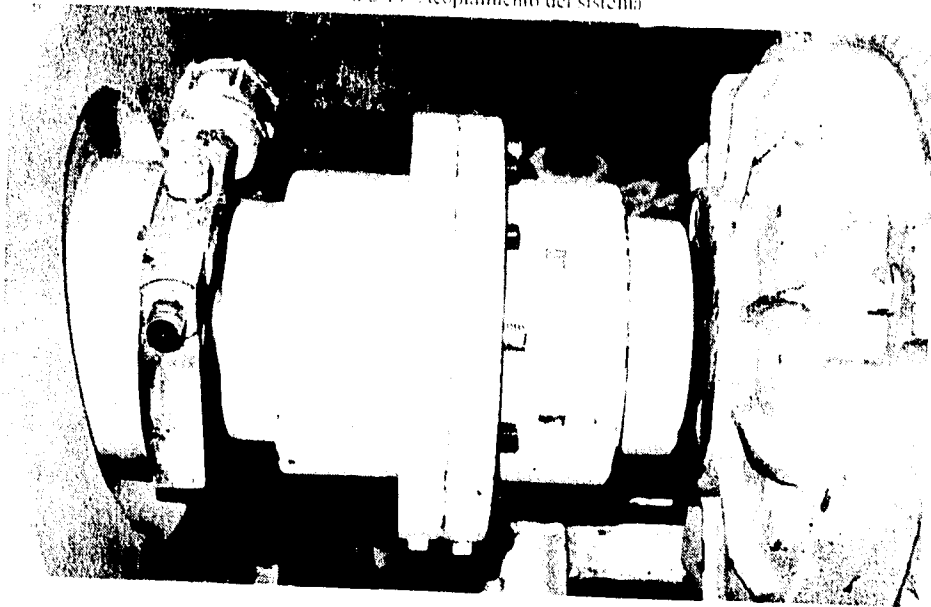


Figura 2.15 Brida

La forma definitiva para adoptar el tipo de sistema de acoplamiento está determinada por la velocidad del motor, ya que si la velocidad del motor en prueba es igual o menor que la velocidad permisible del Electro-dinamómetro, se puede proceder a un acoplamiento directo, que además sería el más recomendado, ya que es el tipo de transmisión que tiene menos pérdidas.

Sin embargo, el acoplamiento directo junto con la ventaja de su alta eficiencia presenta el inconveniente de que necesita un trabajo de alineación de mucha precisión, aunque se disponga de un cople de alta tolerancia, ya que cualquier error de alineación de flechas afecta la eficiencia.

Si la velocidad del motor es superior a la velocidad permisible del Electro-dinamómetro, entonces debe hacerse un acoplamiento por banda.

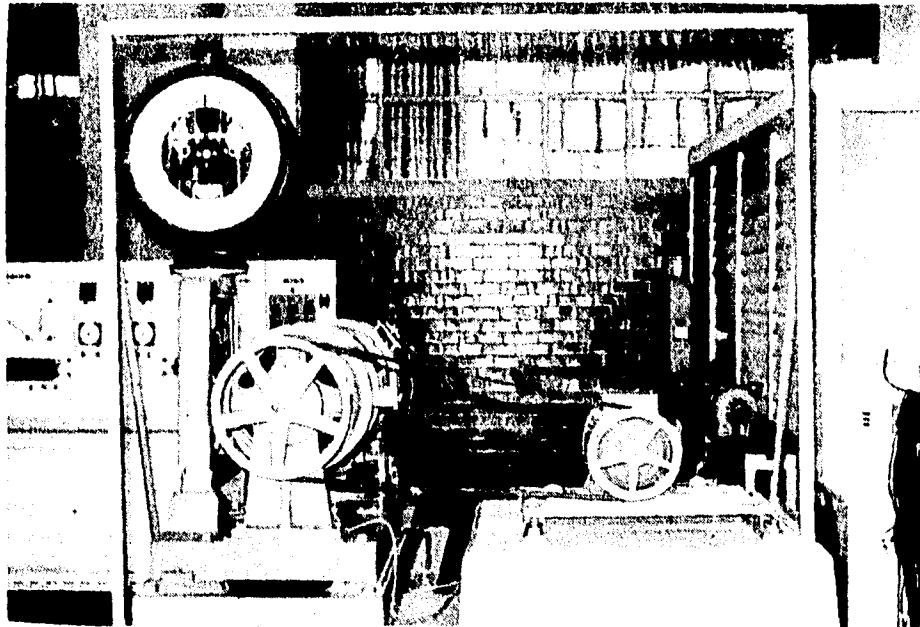


Figura 2.16. Acoplamiento por banda

Para seleccionar los elementos de transmisión, hay que tener en cuenta el valor supuesto de Par Máximo de prueba. En el caso de transmisión por banda es aconsejable elegir la opción con menor número de bandas, de preferencia con poleas

grandes y perfiles pequeños. No se requiere la robustez de una transmisión de uso continuo. Esto se hace con el fin de reducir al mínimo las pérdidas de potencia por transmisión; en ello también influye el paralelismo entre flechas.

En el caso de acoplamiento por bandas, es muy importante tener en cuenta que se transmite una potencia mecánica, de modo que el par aumenta en la proporción que disminuye la velocidad. Por tanto, el par leído en el Electro-dinamómetro no es el par en el motor. Si se requiere una prueba muy rigurosa habrá que tener en cuenta la eficiencia y el deslizamiento de las bandas.

FUENTES DE ENERGIA:

El Electro-dinamómetro de corriente directa, se caracteriza por ser una máquina diseñada para trabajar tanto como motor o como generador de corriente directa.

Así, cuando se trate de medir potencia consumida, se trabajará el Electro-dinamómetro como motor. Y cuando se trate de medir potencia de máquinas con energía propia, se trabajará como generador.

COMO MOTOR:

Cuando el Electro-dinamómetro opera como motor, podrá ser operado a alta o baja velocidad, de acuerdo a una apropiada selección de la fuente de energía, de la cual demandará para funcionar al 100% de carga: 230 volts de C.D. y una corriente hasta de 268 amperes, para entregar 75 H.P. en un rango de 950 a 4000 R.P.M., debiendo para ello ajustar en forma correcta el réostato de campo, y así mismo, realizar las diferentes conexiones que de acuerdo al tipo de cada máquina se deban efectuar.

Es de suma importancia evitar que la velocidad de la máquina exceda a la velocidad especificada por el fabricante para el Electro-dinamómetro, ya que debido a los esfuerzos internos en la armadura provocados por los efectos de la fuerza centrífuga, pueden lesionar en forma severa al devanado de la misma y a su vez, este pueda causarle también serios daños al devanado del estator y puede llegar a provocar una fractura en la carcasa del Dinamómetro.

Los efectos de una sobrevelocidad afectan de inmediato al conmutador y al núcleo, ya que la alta velocidad provoca que los anillos de la armadura se acorten, sometiendo al conmutador a presiones sumamente elevadas.

Por lo anterior, nunca se debe trabajar el Electro-dinamómetro por arriba de su velocidad de diseño, porque como ya se mencionó, las fuerzas centrífugas (que

aumentan en función del cuadrado de la velocidad) podrían destruir el rotor, y posiblemente toda la máquina, con el peligro de que este accidente resulte de graves consecuencias para las personas que se encuentren cerca.

COMO GENERADOR:

Cuando el Dinamómetro se opera como generador, éste demandará de la fuente de energía para trabajar al 100% de carga: 250 volts de C.D. y también hasta 268 amperes, para producir 67 Kilowatts en un rango de 1050 a 4000 R.P.M., operando la máquina sometida a prueba como motor. El cambio de funcionamiento del Electro-dinamómetro de generador a motor o viceversa, se puede llevar a cabo simplemente a través de algún interruptor selectivo, que controle la alimentación de la máquina.

La manera de realizar este cambio es la siguiente:

Se incrementa la velocidad del primotor incrementando a su vez la velocidad que hasta ese momento ha guardado el Dinamómetro, elevándose obviamente el voltaje generado por el Dinamómetro.

Si la velocidad del primotor se disminuye, disminuirá tanto la velocidad del dinamómetro como el voltaje generado por el mismo.

Esta operación nos permite variar el voltaje arriba y abajo del voltaje de línea de suministro de la máquina y cuando la tensión haya llegado a la que en ese momento y de acuerdo a la velocidad angular del Dinamómetro le corresponda, puede trabajar simplemente como motor y entonces se hace el cambio de alimentaciones de energía, ya que la que anteriormente era alimentación para el primotor se convierte en línea generadora de corriente eléctrica y la que era línea generadora se convierte en alimentación.

En particular, los Electro-dinamómetros producen el par de frenado mediante la acción y reacción entre dos campos magnéticos, sin necesidad de recurrir a los elementos de fricción.

El efecto de frenar mediante campos magnéticos se presenta normalmente en la operación de los generadores eléctricos. Estos tienen un embobinado de excitación en el que se origina un campo magnético llamado campo inductor, y otro embobinado en el que se inducen las fuerzas electromotrices, conocido como embobinado de inducido o armadura. Al circular corriente por éste último, se origina otro campo magnético llamado reacción de armadura.

En los generadores de corriente directa, el inductor se localiza en el estator, y la armadura en el rotor, mientras que en los de corriente alterna el inductor está en el rotor, y la armadura en el estator.

Cuando aparecen dos campos en distinta posición, se origina un par mecánico tendiente a alinearlos en una misma dirección. El campo de rotor es atraído por el campo de estator, en oposición a la velocidad, produciéndose así el par de frenado.

El par de frenado se modifica mediante la carga conectada al generador, la cual determina la intensidad de la reacción de armadura, y por tanto, su atracción con el campo inductor.

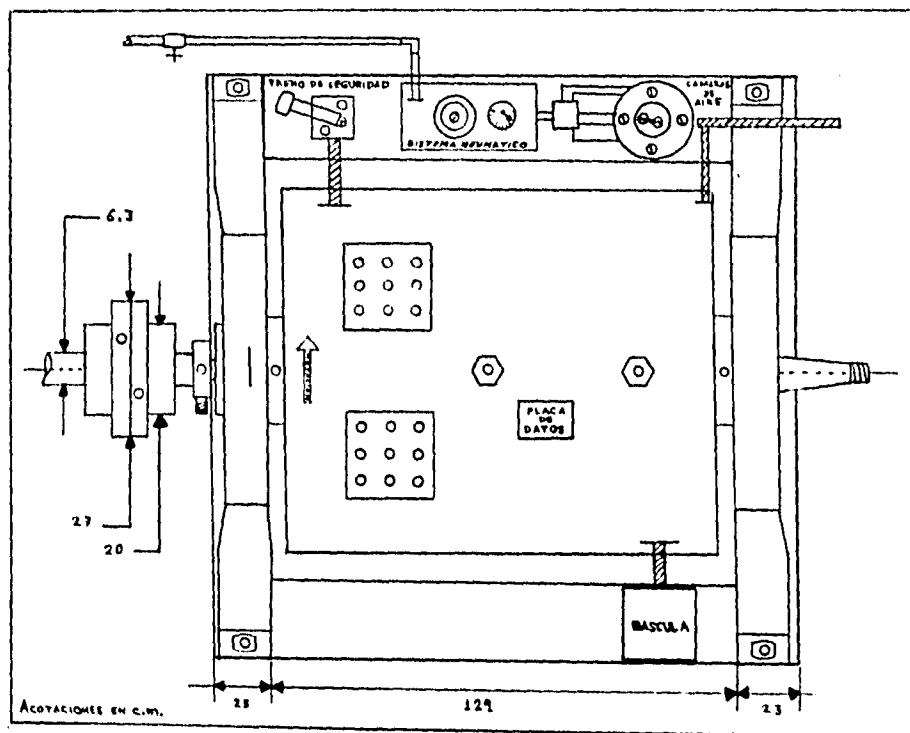


Figura 2.17 Vista de planta del conjunto.

Capítulo 3

**Pruebas Posibles a
Realizar en el
Laboratorio de la
Facultad de
Ingeniería**

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Este capítulo es quizá el más importante de todos ya que en él, se presentan los reportes de las pruebas que se pudieron hacer en el Laboratorio de Equipo Eléctrico de la Facultad de Ingeniería. Todas estas pruebas se realizaron conforme a la última propuesta de modificación a la norma NOM-J-075 para motores de inducción de corriente alterna, publicada en el Diario Oficial de la Federación a mediados de 1994.

En dicha Norma, en su sección IV, se detallan los métodos de prueba para motores de inducción de C.A. tipo jaula de ardilla, en potencias mayores a 1/12 CP (0.062 kW) cuyas características se describen en las secciones II y III de la misma Norma. En nuestro caso nos remitimos a estudiar las características de los motores descritos en la sección II (para motores desde 1/12 CP hasta 500 CP) dada la capacidad del Laboratorio con el que contamos.

Los métodos de prueba descritos en esta norma se dividen en tres grupos:

a) PRUEBAS DE RUTINA.

Son las mínimas que deben hacerse a todos y cada uno de los motores y tienen por objetivo verificar la calidad de fabricación de éstos. Son las siguientes:

- 1) Inspección Visual
- 2) Prueba en vacío
- 3) Resistencia de aislamiento
- 4) Prueba de potencial aplicado
- 5) Prueba de vibración

Las pruebas de vibración y de potencial aplicado se consideran pruebas de prototipo para motores de menos de 500 CP (373 kW) de capacidad.

b) PRUEBAS COMPLEMENTARIAS DE ACEPTACION.

Cuando el cliente requiera pruebas adicionales a las de rutina para la aceptación de los motores, estas se efectuarán a una muestra cuyo tamaño se determina de común acuerdo entre fabricante y usuario y son las siguientes:

- 1) Par y Corriente de arranque
- 2) Características de funcionamiento por el método del circuito equivalente
- 3) Prueba de nivel de ruido
- 4) Prueba de par máximo

La prueba de par máximo se realiza para motores cuya capacidad sea menor o igual a 500 CP (373 kW).

c) PRUEBAS DE PROTOTIPO.

Son aquellas que se efectúan a un motor de un diseño que no ha sido probado y que tienen por finalidad verificar que éste cumpla con los valores establecidos por la Norma.

Los resultados de estas pruebas son válidos para todos los motores que se construyen con el mismo diseño y no se harán a ningún otro motor del mismo diseño. Estas pruebas son las siguientes:

- 1) Potencia nominal y Corriente a plena carga
- 2) Determinación del incremento de temperatura
- 3) Prueba de sobrevelocidad
- 4) Prueba para la determinación de eficiencia

La prueba para la determinación de la eficiencia de los motores se realiza a una muestra de un lote de acuerdo al inciso 6 "Muestreo sencillo", de la sección 1, de la norma NOM-Z-12/1-1987.

La prueba de sobrevelocidad se efectúa únicamente para motores cuya capacidad sea superior a 500 CP (373 kW).

Haciendo un estudio previo de los métodos de prueba, pudimos ver que con el equipo disponible en el laboratorio, no es posible realizar algunas pruebas como son:

La prueba de potencial aplicado, ya que se requiere de un probador de alta tensión (con capacidad de 0.5 KVA como mínimo).

La prueba de vibración, debido a que, en esta prueba se utiliza un vibrómetro de carátula con una resolución mínima de 2.5 centésimas de milímetro y un rango de 0 a 250 centésimas de milímetro. Para realizar la prueba el motor debe estar sobre una base elástica con ciertas características especificadas en el método de prueba.

La prueba de nivel de ruido ya que para realizarla necesitamos micrófonos y equipo de medición de ruido.

La prueba de sobrevelocidad solo es aplicable a motores mayores de 500 CP (373 kW).

Cabe mencionar que en el caso de la prueba de características de funcionamiento por el método del circuito equivalente se siguió un procedimiento alterno para determinar algunos parámetros necesarios para obtener el circuito equivalente del motor, debido a que se requería de una fuente de C.A. con una frecuencia del 25% de la frecuencia nominal.

A continuación se presentan los reportes de las pruebas que aplicaron en su mayoría a un motor de 50 CP y 3600 RPM ya que también realizamos algunas pruebas como ensayos, en un motor de 5 CP y 1800 RPM, disponible también en el Laboratorio.

Los reportes se presentan en un formato previamente definido, como si fueran documentos aislados o reportes técnicos de pruebas aisladas que se realizan en un laboratorio. Esta solamente es una propuesta de formato para futuros reportes de pruebas, en el caso de que en este Laboratorio se realicen pruebas de Norma para la Industria.

PRUEBAS DE RUTINA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCION
DE C.A. SEGUN NOM-J-075

INSPECCION VISUAL

OBJETIVO: Verificar las dimensiones de montaje y acoplamiento, recubrimiento, acabados y datos de placa.

EQUIPO: -Flexómetro
-Vernier

INTRODUCCION

Esta es quizá la más sencilla, pero una de las más importantes pruebas que se realizan a los motores, ya que para realizarla solo se requiere de un flexómetro y un vernier, pero esta es de suma importancia, ya que el motor debe cumplir con ciertas dimensiones en sus partes por la seguridad que requiere el personal que lo maneja y para protección del mismo equipo, ya que durante su operación, el motor tiene vibraciones y tiende a moverse por el par que ejerce sobre la carga y más aún en condiciones adversas como una sobrecarga o incluso una falla interna, puede dañarse y hasta destruirse poniendo en peligro también al personal que lo maneja. También es importante verificar el recubrimiento y los acabados del motor para determinar si el motor puede ser utilizado bajo ciertas condiciones del medio que lo rodea como salpicaduras, lluvia, humedad o un lugar peligroso como en una atmósfera explosiva. Por último es indispensable que el motor cuente con una placa de datos para que se puedan conocer de antemano sus principales características de operación como son voltaje nominal, potencia de salida, velocidad, corriente a plena carga, frecuencia, etc.

Todos estos requerimientos se especifican en las normas para motores eléctricos y son los mínimos con los que debe contar un motor, para su fabricación, venta y distribución.

DIAGRAMAS

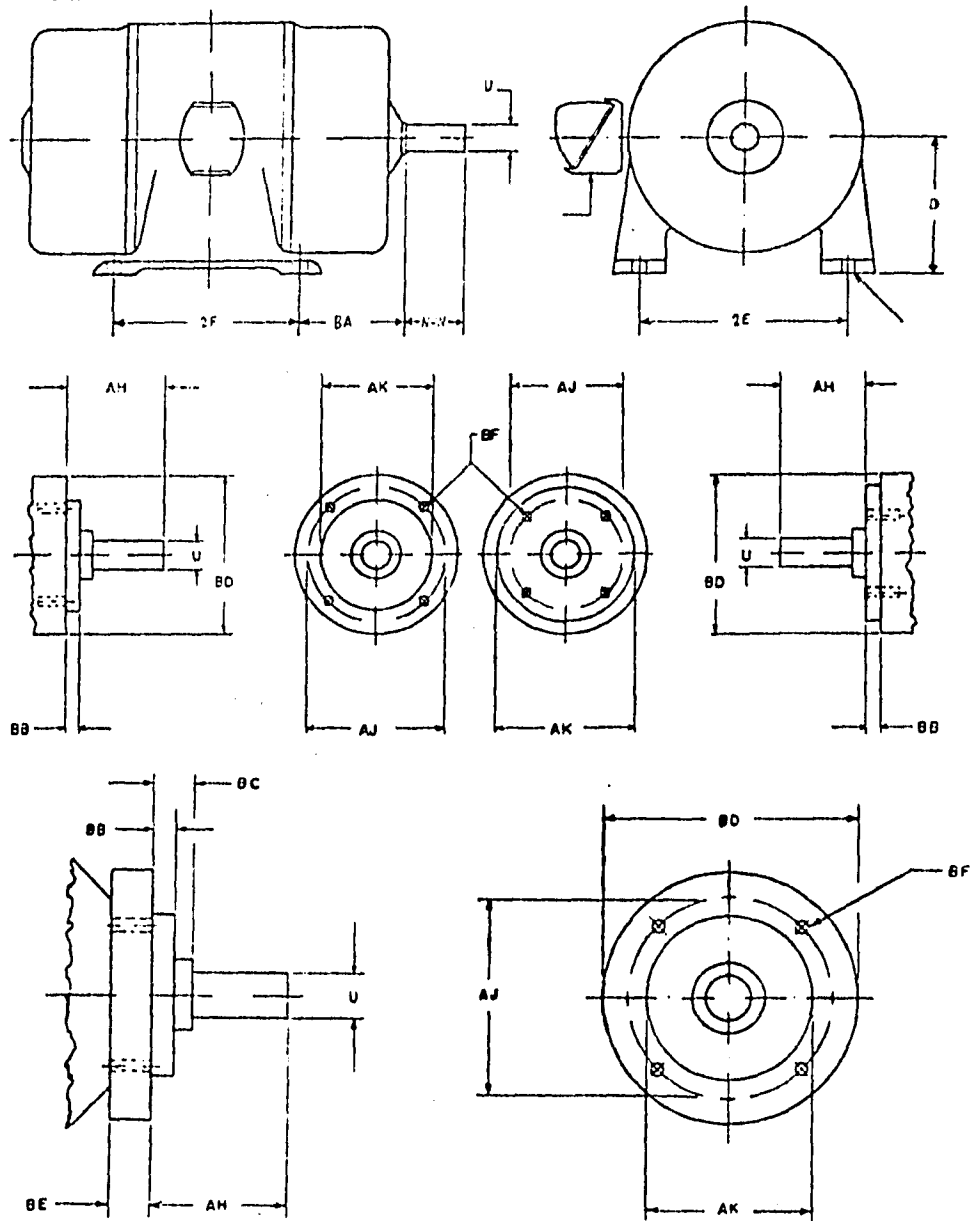


Figura 3.1 Dimensiones de montaje y acoplamiento.

DESARROLLO

VERIFICACION DE LAS DIMENSIONES DE MONTAJE Y ACOPLAMIENTO

Las dimensiones adelante mencionadas tendrán que ser medidas de la forma mas exacta posible con el equipo señalado, para posteriormente poder especificar el tipo de armazón (NEMA) del motor a prueba, checando estos datos con los marcados en el artículo 5.3 de las NOM-J-075.

PARAMETROS UTILIZADOS

H	Diámetro de los barrenos de la base
2E	Distancia entre los centros de barrenos de la base (viendo al motor de frente a la flecha)
N-W	Longitud de flecha útil
2F	Distancia entre los centros de barrenos de la base (viendo al motor por un costado)
U	Diámetro exterior de la flecha
BO	Diámetro exterior de la brida
AK	Diámetro de la guía para montaje de la brida
AJ	Diámetro de la circunferencia para la localización de centros de barrenos
BC	Distancia entre la superficie de montaje de la cara brida o base de la máquina al hombro de la flecha
AH	Longitud de la punta de la flecha a la superficie de apoyo de la brida
BA	Distancia del hombro de la flecha al centro del barreno de anclaje más próximo en la base
BB	Profundidad de la guía para montaje de la brida
BE	Espesor de la brida
AA	Diámetro de salida de caja de conexiones
D	Altura del centro de la flecha a la base del motor
XH	Número de barrenos

RECUBRIMIENTOS ACABADOS Y DATOS DE PLACA

DATOS CARACTERISTICOS DE PLACA

La siguiente información o datos son los mismos que debe llevar la placa de características de cualquier motor de corriente alterna tipo jaula de ardilla, monofásico o trifásico, en forma indeleble y en lugar visible como lo especifica la sección II.6.1. de la NOM-J-075. Para conocer las características del motor a probar y determinar a que clasificación pertenece de acuerdo con su protección mecánica y sistema de enfriamiento (sección II.2.5) y el tipo de armazón con el que cuenta (sección II.2.7.).

REPORTE

DIMENSIONES OBTENIDAS

H	16.5 mm
2E	355.0 mm
N-W	126.0 mm
2F	25.0 mm
U	45.0 mm
BD	285.8 mm
AK	163.9 mm
AJ	242.8 mm
BC	140.0 mm
AH	*
BA	233.4 mm
BB	*
BE	229.0 mm
AA	139.0 mm
D	220.0 mm
XH	4 barrenos

DATOS DE PLACA

- Nombre o marca registrada del fabricante	<u>Reliance (Electric & Eng. Co)</u>
- Modelo (Identificación del fabricante)	<u>X311552A1-AQ</u>
- Tipo de armazón	<u>X364US</u>
- Tipo de protección mecánica y sistema de enfriamiento	<u>Enfriado por ventilación</u>
- Potencia en CP y/o KW	<u>40 CP</u>
- Tensión nominal en volts	<u>208 220/440</u>
- Corriente a plena carga en amperes	<u>108</u>
- Frecuencia en Hertz	<u>60</u>
- Monofásico o trifásico	<u>Trifásico</u>

- Diagrama de conexiones terminales

- Letra clave de KVA a rotor bloqueado por KW o por CP	<u>P</u>
- Letra de diseño	<u>A</u>
- La eficiencia nominal a plena carga en por ciento (2 dígitos enteros y 1 decimal)	
- Factor de servicio y corriente a factor de servicio	<u>Continuo</u>
- Tipo de servicio **	<u>Continuo</u>
- Clase de aislamiento **	<u>H</u>
- Velocidad a plena carga en RPM	<u>3560</u>
- Temperatura de ambiente máxima **	<u>55 ° C</u>
- Tipo de rodamientos	
- Características de lubricación **	
- Símbolo de autorización para la fabricación, venta y uso NOM	
- La leyenda "Hecho en México" o indicación del país de origen	<u>U.S.A.</u>

Notas: * Estaba acoplada la brida por lo que no se pudieron medir.

** Para motores fraccionarios estos datos pueden omitirse, opcional en placa adicional.

CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos, podemos clasificar al motor bajo prueba de acuerdo con la terminología utilizada en el Cap. I, Normas Internacionales.

De acuerdo con su potencia:

Motor integral.

De acuerdo con su aplicación:

Motor de uso general.

De acuerdo con su diseño eléctrico:

Motor diseño A.

De acuerdo con su protección mecánica y sistema de enfriamiento:

Motor totalmente cerrado, enfriado por ventilación.

De acuerdo con su velocidad:

Motor de velocidad constante.

De acuerdo con su armazón:

Motor con armazón tipo I.

Para poder determinar el tipo de armazón del motor, tuvimos que comparar las características obtenidas o parámetros utilizados con los datos de la tabla correspondiente a la sección 5.3.1. de las Normas mencionadas, llegando a la conclusión que es un armazón tipo NEMA 364TS tal como lo dice la placa de datos. De acuerdo con esta tabla podemos ver que el armazón es de Tipo I.

Con respecto al recubrimiento y acabado, podemos ver que el motor es del tipo "motor totalmente cerrado, enfriado por ventilación" con armazón tipo I.

En cuanto a los datos de placa, el motor probado cuenta con la mayoría de los datos mínimos especificados en la sección II.6.1. de las normas utilizadas; en forma indeleble y en lugar visible.

Por lo tanto podemos decir que el motor probado, en general, cumple con los requerimientos necesarios con respecto a las dimensiones de montaje y acoplamiento, recubrimiento, acabado y datos de placa, para motores tipo jaula de ardilla especificados en la sección II de la norma NOM-J-075.

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCION
DE C.A. SEGUN NOM-J-075

PRUEBA EN VACIO

OBJETIVO: Verificar las características eléctricas y mecánicas sin carga del motor a probar.

EQUIPO:

- Transformador de corriente de relación 800/5 tipo ventana
- Amperímetro analógico de C.A.
- Wátmetro
- Voltímetro de C.A.
- Tacómetro

INTRODUCCION

Esta prueba tiene como finalidad medir y registrar los principales parámetros de funcionamiento del motor en vacío (con rotor libre) lo cual nos servirá para posteriores pruebas y de la cual podemos obtener resultados interesantes como son la determinación de pérdidas mecánicas, eléctricas y magnéticas. Midiendo la potencia mínima consumida por el motor para su voltaje nominal, se pueden segregar las pérdidas analíticamente.

Para la medición de las potencias se conectaron tres wattímetros iguales en estrella y se dejó el neutro flotante ya que no disponíamos del neutro de la máquina.

DIAGRAMA

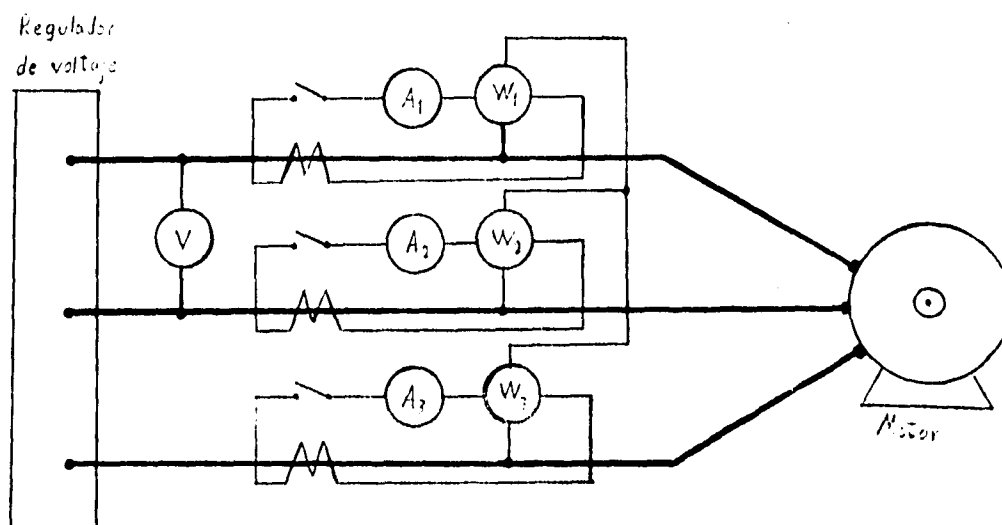


Figura 3.2 Conexiones con neutro flotante.

DESARROLLO

I) Para motores de más de 500 CP medir la resistencia entre las terminales del motor por medio de un óhmetro, y se anotan los tres valores.

Estas mediciones deben realizarse antes de energizar el motor.
Los valores deben estar balanceado en $\pm 5\%$ del valor promedio de los tres.

II) Se procedió a desacoplar la brida entre el electrodinamómetro y el motor a prueba.

Debido a que la corriente de arranque del motor a prueba supera los 600 amperes, se tuvieron que utilizar transformadores de corriente (TC) para poder realizar las mediciones correspondientes de corriente y potencia por fase.

Nota: La relación de transformación de corriente (RTC) que se utilizó fué de 200/5, que equivale a 4 vueltas del conductor a través de la ventana del TC.

III) Se arrancó el motor sin carga a frecuencia y tensión nominales, se midieron y se registraron los siguientes parámetros:

- a) Promedio de corriente de línea [A]
- b) Promedio de voltaje aplicado [V]
- c) Potencia de entrada sin carga [KW]
- d) Velocidad en [RPM]

CALCULOS

$$I_1 = 0.8 \text{ [A]}$$

$$I_2 = 0.82 \text{ [A]}$$

$$I_3 = 0.78 \text{ [A]}$$

$$I_{\text{prom}} = 0.8 \text{ [A]}$$

$$P_1 = 52 \text{ [W]}$$

$$P_2 = 51 \text{ [W]}$$

$$P_3 = 53 \text{ [W]}$$

$$P_{\text{prom}} = 52 \text{ [W]}$$

$$RTC = 200/5 = 40$$

$$\text{Cte. Wáttmetro} = K_1 = 2$$

$$I_0 = I_{\text{prom}} (RTC)$$

$$I_0 = 0.8 (40) = 32 \text{ [A]}$$

$$P_0 = P_{\text{prom}} (K_1) (RTC)$$

$$P_0 = 52 (2) (40) = 4.16 \text{ [KW]}$$

REPORTE

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

Nombre de la prueba: Prueba en vacío

Responsables: Ing. Juan Vicente Leduc Rubio
Ing. Hugo Grajales Román

Cliente: Facultad de Ingeniería

Datos de placa del motor a prueba:

Reliance (Electric & Eng. Co)	Modelo: X311552A1-AQ
Armazón: X364US	Potencia: 40 CP
Tensión nom: 208 220/440 V	Corriente plena carga: 108 A
Frecuencia: 60 Hz	Fases: 3
Letra clave: p	Diseño: A
Factor de servicio: continuo	Tipo de servicio: Continuo
Clase: H	Velocidad: 3650 RPM
Temperatura ambiente: 55 ° C	Hecho en: U.S.A.

Lecturas a los 8 minutos

Corriente de arranque: 760 A

Temperatura ambiente: 21 ° C

Temperatura del motor: 27 ° C

$V_0 =$ 220 V

$I_0 =$ 32 A

$W_0 =$ 4.16 KW $N =$ 3500 RPM

CONCLUSIONES

La importancia de esta prueba radica en que los datos obtenidos nos ayudarán a la realización de pruebas posteriores como son: Características de funcionamiento por el método del circuito equivalente y determinación de la eficiencia en donde se utilizan los valores de potencia de entrada sin carga para determinar las pérdidas mecánicas y magnéticas.

La velocidad obtenida en esta prueba también será utilizada posteriormente para trazar la curva de par-velocidad, a esta velocidad en dicha curva le corresponde un par cuyo valor es prácticamente cero.

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCION
DE C.A. SEGUN NOM-J-075

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

OBJETIVO: Comprobar que el valor de resistencia de aislamiento del motor bajo prueba, cumpla con especificaciones de norma.

EQUIPO: - Megger de 500 V
- Cables de conexión

INTRODUCCION

Esta prueba sirve para verificar el valor de resistencia del aislamiento entre el embobinado y el conjunto núcleo-armazón. Consiste en aplicar una tensión elevada entre ambos lados del aislamiento, observando el valor de resistencia que indica el mismo aparato de medición (megger).

Es muy importante comprobar la resistencia de los aislamientos del motor, ya que éste puede estar defectuoso de fabricación o puede estar dañado por el uso, el sobre calentamiento excesivo del motor debido principalmente a sobrecargas continuas, provoca que el aislamiento de los devanados se vaya deteriorando y esto puede ser la causa de una falla interna del motor.

Esta prueba se realiza principalmente por los fabricantes de motores, es decir, la prueba se aplica generalmente a motores nuevos, pero en nuestro caso, en el Laboratorio de Equipo Eléctrico de la Facultad de Ingeniería aplicamos la prueba a un motor ya utilizado para realizar prácticas de laboratorio por los alumnos de la facultad.

DIAGRAMA

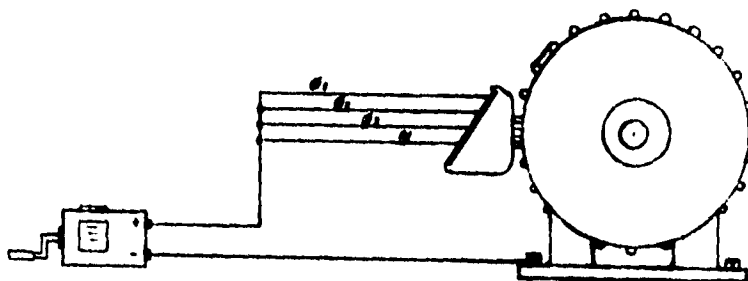


Figura 3.3 Conexión del megger.

DESARROLLO

El motor tiene que ser nuevo y completo en todas sus partes, el procedimiento de la prueba es el siguiente:

- a) Se unen entre sí todas las terminales del motor, y se unen al borne positivo de un óhmetro de magneto con alimentación de 500 V o más.
- b) Se conecta el borne negativo al cuerpo del motor, asegurándose que exista una buena conexión a tierra.
- c) Activar accesorios preventivos de seguridad.
- d) Se aplica el potencial del óhmetro de magneto al devanado y se toman las lecturas de resistencia.
- e) Como resultado se reportará el valor leído, que no debe ser menor al establecido en el inciso II.3.1.26. ó III.3.1.13.

Nota: Como medida de seguridad, terminada la prueba deben descargarse a tierra los devanados.

REPORTE

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

Nombre de la prueba: Resistencia de aislamiento

Responsables: Ing. Juan Vicente Leduc Rubio
Ing. Hugo Grajales Román

Cliente: Facultad de Ingeniería

Datos de placa del motor a prueba:

RELIACE (Electric & Eng. Co)	Modelo: X311552A1-AQ
Armazón: X364US	Potencia: 40 CP
Tensión nom: 208 220/440 V	Corriente plena carga: 108 A
Frecuencia: 60 Hz	Fases: 3
Letra clave: P	Diseño: A
Factor de servicio: Continuo	Tipo de servicio: Continuo
Clase: H	Velocidad: 3560 RPM
Temperatura ambiente: 55 ° C	Hecho en: U.S.A.

Para tomar las lecturas correspondientes, se aplicó el potencial del óhmetro de magneto durante 60 segundos aproximadamente, para estabilizar las mediciones.

LECTURAS:

$$R_1 = 500 \text{ MW}$$

$$R_2 = 300 \text{ MW}$$

$$R_3 = 1000 \text{ MW}$$

$$R_4 = 1000 \text{ MW}$$

$$R_{\text{prom}} = 700 \text{ MW}$$

CONCLUSIONES

Dadas las lecturas obtenidas en la prueba podemos ver que el motor cumple con el inciso III.3.1.12. de la norma utilizada, que dice que la resistencia de aislamiento no debe ser menor que $KV + 1$ en megohms, es decir, para el motor probado de 220 V AC, la resistencia de aislamiento no debe ser menor que $0,22 + 1 = 1,22$ megohms y cualquiera de las lecturas tomadas es mucho mayor que este valor.

El inciso II.3.1.26. de las normas especifica que, en un motor de uso general, cuando la tensión y la frecuencia son mantenidas en el valor especificado en la placa de características, el motor puede ser sobrecargado arriba de los KW nominales, multiplicando éstos por el factor de servicio indicado sobre la placa. Cuando es operado con esa sobrecarga, el motor tendrá una elevación de temperatura mayor, de acuerdo al factor de servicio de placa y la clase de aislamiento usado y puede tener por tanto diferente eficiencia, factor de potencia y velocidad, que las que posee a carga nominal. Al mismo tiempo debe permanecer constante el par de arranque, la corriente de arranque y el par máximo.

Observación: El motor empleado en la prueba no es nuevo.

**PRUEBAS
COMPLEMENTARIAS
DE ACEPTACION**

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCION
DE C.A. SEGUN NOM-J-075

DETERMINACION DEL PAR Y LA CORRIENTE DE ARRANQUE

OBJETIVO: Obtención de los parámetros de arranque del motor utilizando el método directo.

EQUIPO:

- 1 Báscula de inclinación
- 3 Amperímetros de C.A.
- 1 Voltímetro de C.A.
- 1 Flexómetro
- 3 Transformadores de corriente tipo ventana de 800/5
- 1 Regulador de voltaje
- 1 Frecuencímetro

INTRODUCCION

Uno de los parámetros más importantes que hay que tomar en cuenta para la instalación de un motor, es la corriente de arranque, ya que, como es sabido, ésta es de aproximadamente 6 ó 7 veces su valor nominal. Esto implica que se debe prever que los conductores que alimentan al motor sean de suficiente tamaño para que no se sobrecalienten y se pueda dañar su aislamiento. También es muy importante conocer éste parámetro para ajustar los dispositivos de protección del mismo motor y así evitar que se disparen innecesariamente durante el arranque pero que sí operen con una sobrecarga o un corto circuito.

También es muy importante el conocimiento del par de arranque, ya que éste es el que debe vencer la inercia y la fuerza de fricción, no solo del mismo motor sino también de la carga.

En la Norma utilizada se especifican valores mínimos de par de arranque y valores máximos de corriente de arranque para cada tipo de motor. El resultado de esta prueba también nos sirve para localizar un punto en la curva par-velocidad, que es muy útil para entender el comportamiento de el motor bajo prueba y de los motores en general.

DIAGRAMA

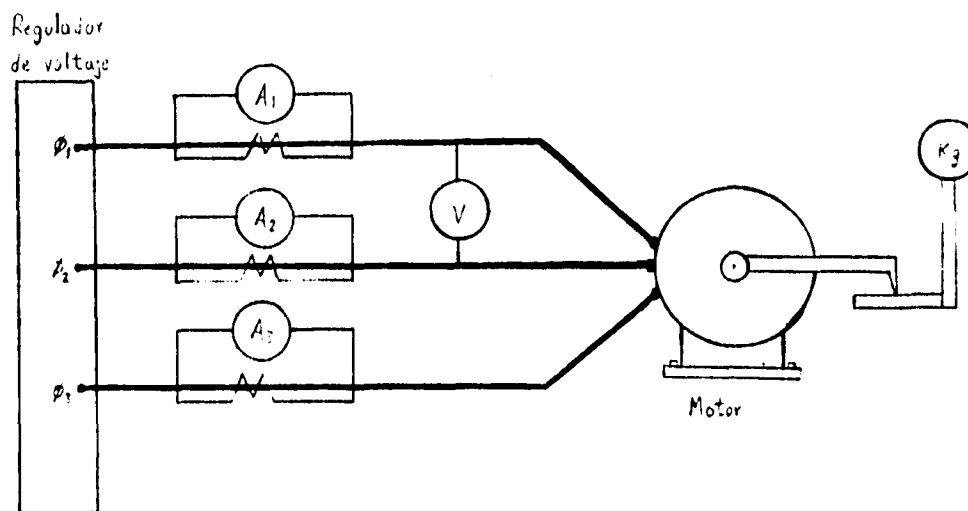


Figura 3.4 Medición del par de arranque.

DESARROLLO

El método directo consiste en la medición de los parámetros de arranque del motor, bajo el siguiente procedimiento:

- a) Se bloquea el motor por medio de un brazo de palanca en posición horizontal, con su extremo libre descansando en forma adecuada sobre la plataforma de una báscula.
- b) Se aplica la tensión y la frecuencia nominales, verificándose por medio de un voltmetro y frecuencímetro.
- c) Se toma la fuerza en la escala de la báscula.
- d) Simultáneamente se obtiene la lectura de corriente de fase y se registra como corriente de arranque.
- e) La prueba no deberá durar más de 5 seg.
- f) Se calcula el valor de Par de arranque de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T_a = L \times P$$

donde:

- T_a = Par de arranque [kgf×m]
- P = Lectura de fuerza en la báscula [kgf]
- L = Longitud del brazo [m].

REPORTE

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

Nombre de la prueba: Determinación del par y la corriente de arranque

Responsables: Ing. Juan Vicente Leduc Rubio
Ing. Hugo Grajales Román

Cliente: Facultad de Ingeniería

Datos de placa del motor:

RELIANCE (Electric & Eng. Co)	Modelo: X311552A1-AQ
Armazón: X364US	Potencia: 40 CP
Tensión nominal: 208 220/440V	Corriente plena carga: 108 A
Frecuencia: 60 Hz	Fases: 3
Letra clave: P	Diseño: A
Factor de servicio: Continuo	Tipo de servicio: Continuo
Clase: H	Velocidad: 3560 RPM
Temperatura ambiente: 55 ° C	Hecho en: U.S.A.

LECTURAS:

$$V = 220 \text{ [V]}$$

$$F = 60 \text{ [Hz]}$$

$$I_1 = 32.8 \text{ [A]}$$

$$I_2 = 31.5 \text{ [A]}$$

$$I_3 = 33.1 \text{ [A]}$$

$$L = 0.46 \text{ [m]}$$

$$P = 29.8 \text{ [kgf]}$$

CALCULOS:

$$I_{prom} = (I_1 + I_2 + I_3)/3$$

$$I_{prom} = (32.8 + 31.5 + 33.1)/3$$

$$I_{prom} = 32.47 \text{ [A]}$$

$$I_a = RTC (I_{prom})$$

$$I_a = 40 (32.47)$$

$$I_a = 1298.67 \text{ [A]}$$

$$T_a = L (P)$$

$$T_a = 0.46 (29.8)$$

$$T_a = 13.71 \text{ [kgf}\times\text{m]}$$

CONCLUSIONES

Según la tabla 4 sección II, de la NOM-J-075, el valor del par de arranque mínimo para un motor de 40 CP y 3600 RPM es de 125% del par a plena carga que se obtiene de la siguiente forma:

$$T_{nom} = (726 \text{ HP})/\text{RPM}$$

$$T_{nom} = 726 (40)/3560$$

$$T_{nom} = 8.16 \text{ [kgfm]}$$

$$T_a = 1.25 (T_{nom})$$

$$T_a = 1.25 (8.16)$$

$$T_a = 10.2 \text{ [kgfm]}$$

Y como:

$$10.2 < 13.71$$

Podemos concluir que el valor obtenido en la prueba es superior al límite mínimo que establece la Norma.

De acuerdo a la Tabla 7, Sección II, la corriente de arranque máxima para un motor diseño B, de 40 CP es de 606 A. En la nota 1 de la tabla, se especifica que para motores diseño A, los valores máximos de corriente de arranque exceden los valores estipulados en dicha tabla, tomando en cuenta esto, concluimos que la corriente de arranque obtenida en la prueba (1298.67 [A]) cumple con lo estipulado en la norma.

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCION
DE C.A. SEGUN NOM-J-075

**CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO
POR
EL METODO DEL CIRCUITO EQUIVALENTE**

OBJETIVO: Determinar las características importantes de funcionamiento del motor a probar, para valores diferentes de carga, utilizando los parámetros del circuito equivalente.

EQUIPO: 3 Amperímetros de C.A.
3 Wátmetros
3 Transformadores de corriente de 800/5 tipo ventana
1 Voltmetro de C.A.
1 Frecuencímetro
1 puente de Kelvin
1 Báscula de inclinación
1 termopar
1 Termómetro de medio ambiente de 0 a 100°C

INTRODUCCION

Aunque se especifica en las normas para motores eléctricos, se puede decir que, ésta no es una prueba sino un método para obtener de manera analítica, las características de funcionamiento de un motor bajo diferentes condiciones de carga. Para lograrlo, antes se debe obtener el circuito equivalente del motor utilizado, para lo cual se requiere de dos pruebas, una en vacío a voltaje nominal y otra a rotor bloqueado a corriente nominal. Cabe mencionar que en la norma utilizada se plantea un procedimiento para esta última prueba, en el cual se alimenta al motor con una frecuencia reducida al 25%, dado que en el Laboratorio de Equipo Eléctrico de la Facultad de Ingeniería no contamos con el equipo necesario para obtener dicha frecuencia, se siguió un procedimiento alterno especificado para el mismo fin en un texto conocido en el área. La importancia de este método radica en que una vez obtenido el circuito equivalente del motor, se pueden obtener las principales características de funcionamiento del motor para cualquier condición de carga sin la necesidad de operarlo.

Lo que es propiamente la prueba de laboratorio, se lleva a cabo en un tiempo muy breve, ya que se trata básicamente de las pruebas de rotor en vacío y con rotor bloqueado.

Lo que ocupará la mayor parte del tiempo es el análisis del circuito equivalente, después de que se tengan los valores numéricos de sus elementos. El circuito equivalente es un artificio de modelación que consiste en un circuito eléctrico pasivo, sin acoplamientos magnéticos. La carga mecánica del motor se transforma en un elemento resistivo del circuito, de modo que todo el comportamiento se analiza exclusivamente en términos eléctricos.

DESARROLLO

I MEDICION DE RESISTENCIA EN FRIO

Se realizó la medición de la resistencia de línea del estator en frío, con el puente de Kelvin como se muestra en el siguiente diagrama. La resistencia de una sola fase se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$R_{\text{prom}} = (R_1 + R_2 + R_3) / 6$$

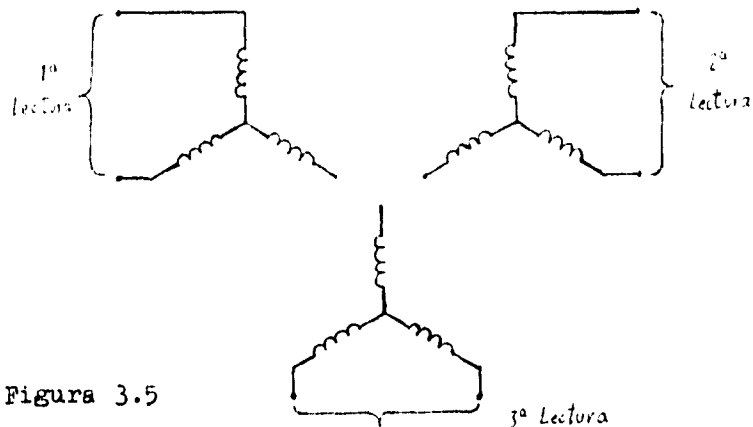


Figura 3.5

Posteriormente se corrigió esta resistencia a la temperatura de referencia de acuerdo a la clase de aislamiento aplicado al estator (ver la tabla 3 del inciso IV.3.2.2.1. de la norma utilizada), mediante la siguiente fórmula:

$$R_s = R_t (t_s + K) / (t_t + K)$$

donde:

- R_t = Valor promedio de resistencia del devanado [W]
- t_s = 130 = Temperatura de referencia del devanado [°C]
(tabla 3 inciso IV.3.2.2.4. de la norma)
- t_t = Temperatura del devanado en frío [°C]
- K = 234.5 para cobre puro

II PRUEBA EN VACIO

Se efectuó operando el motor a tensión y frecuencia nominales sin carga alguna acoplada a la flecha, como lo muestra el siguiente diagrama.

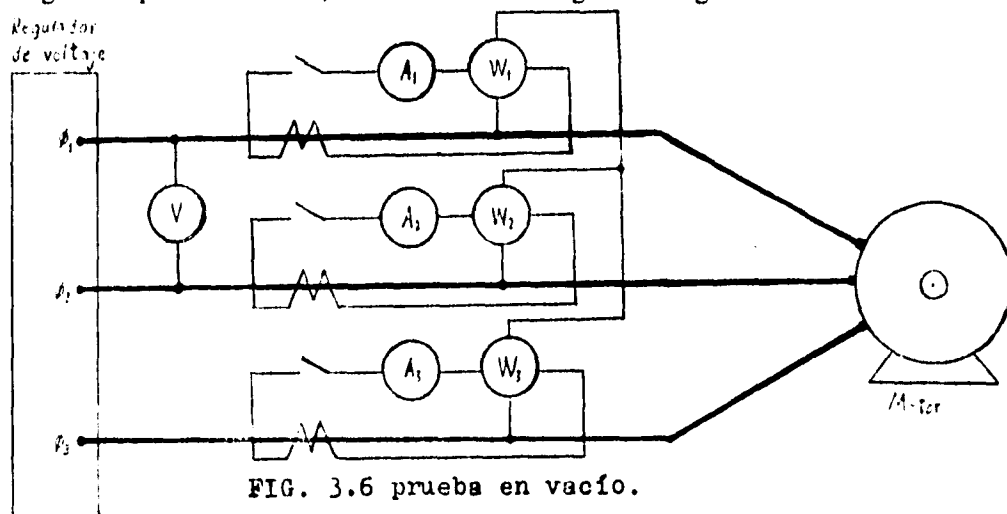


FIG. 3.6 prueba en vacío.

Se midieron y determinaron los siguientes parámetros:

- a) Corriente en vacío [A]
- b) Potencia de entrada en vacío [W]
- c) Pérdidas por fricción y ventilación [W]
- d) Pérdidas del núcleo [W]

A partir de la ecuación:

$$W_h = W_o - W_f - (I^2 R_s)$$

donde

- W_h Pérdidas del núcleo [W]
- W_o Potencia de entrada en vacío [W]
- W_f Pérdidas de fricción y ventilación [W]
- R_s Promedio de resistencia de línea en frío, corregida a la temperatura de los devanados [W]
- I Promedio de corriente de línea en vacío [A]
- $I^2 R_s$ Pérdidas por efecto Joule

III PRUEBA DE IMPEDANCIA (ROTOR BLOQUEADO)

Se utiliza el mismo procedimiento indicado en la prueba para determinar el par y la corriente de arranque, con la única diferencia de que esta prueba se efectúa al 25% de la frecuencia nominal. El valor exacto de la frecuencia debe ser anotado.

Es necesario que los datos de impedancia se obtengan haciendo la prueba a frecuencia reducida a fin de obtener lo más exacto posible los valores de resistencia del rotor y de reactancias requeridos para el cálculo.

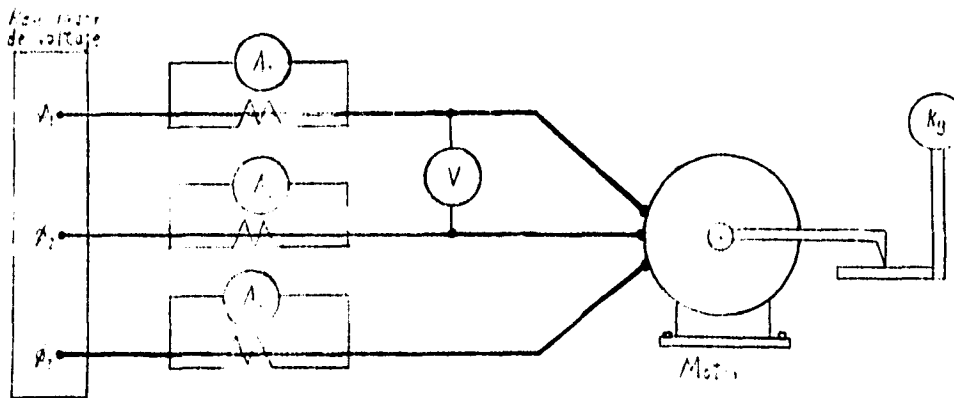
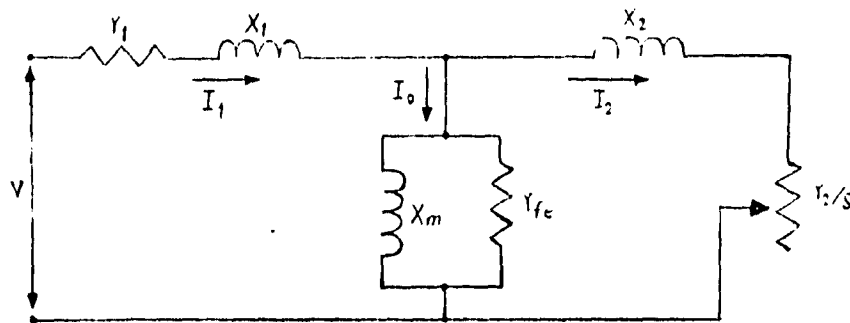


Figura 3.7 Conexiones con rotor bloqueado.

IV DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

Circuito equivalente de motor de inducción.



NOMENCLATURA

A menos que otra cosa se especifique, todas las impedancias, admitancias y tensiones son por fase y en conexión estrella. Los valores de potencia real y aparente son totales del motor.

- V - Tensión [V]
- f - Frecuencia [Hz]
- I_1 - Corriente de línea o del estator [A]
- I_2 - Corriente del rotor [A]
- S - Deslizamiento expresado por unidad
- m - Número de fases
- r_1 - Resistencia del estator [W] corregida a la temp. de referencia
- r_{10} - Resistencia del estator [W] a la temp. en la prueba de vacío
- r_{1L} - Resistencia del estator [W] en la prueba de impedancia
- r_2 - Resistencia del rotor [W] referida al estator y corregida a la temperatura de referencia
- r_{2L} - Resistencia del rotor [W] ref. al estator en la prueba de imp.
- X_1 - Reactancia de dispersión del estator [W]
- X_2 - Reactancia de dispersión del rotor [W] referida al estator
- X_m - Reactancia de magnetización [W]
- b_m - Susceptancia de magnetización [W⁻¹]
- r_{fe} - Resistencia del núcleo [W]

- g_{ic} - Conductancia del núcleo [W⁻¹]
- VAR - Potencia reactiva nominal [VAR]
- W_{nom} - Potencia real nominal [W]
- W_h - Pérdidas del núcleo [W]
- W_f - Pérdidas de fricción y ventilación [W]
- W_{ex} - Pérdidas extrañas o indeterminadas [W]
- I_{nom} - Corriente a plena carga de diseño o placa [A]

Subíndices

- l - Cantidades pertenecientes a la prueba de impedancia
- o - Cantidades pertenecientes a la prueba en vacío.

PROCEDIMIENTO

a) Estimación del valor X_1/X_2 . Cuando los detalles de diseño están disponibles, use la razón calculada X_1/X_2 , de lo contrario utilizar los valores de la tabla 4 correspondiente al inciso IV.3.2.2.4. de la norma utilizada.

b) Determinación del valor X_1/X_m .

$$VAR_o = [(mV_o I_{1o})^2 - W_o^2]^{1/2}$$

$$VAR_l = [(mV_l I_{1l})^2 - W_l^2]^{1/2}$$

Resuelva la siguiente ecuación para X_m , asumiendo un valor de X_1/X_m

$$X_m = \frac{mV_l^2}{VAR_o - mI_{1o}^2 X_1} \left(\frac{1}{1 + X_1/X_m} \right)$$

Resuelva la siguiente ecuación para X_{1l} , usando el valor de X_m obtenido anteriormente.

$$X_{1l} = \frac{VAR_l}{(1 + X_1/X_2 + X_1/X_m)(mI_{1l})^2} \left(\frac{X_1}{X_2} + \frac{X_1}{X_m} \right)$$

Resuelva la siguiente ecuación para X_1 .

$$X_1 = (f/f_i)X_{11}$$

Resuelva la ecuación para X_m usando el valor de X_1 obtenido en el paso anterior.

Calcule la relación entre (X_1/X_2) de cálculo de (X_1/X_m) asumida, la cual deberá estar dentro del rango de 1 ± 0.01 , si no es así, continúe iterando hasta obtenerlo.

c) Una vez obtenido lo anterior, solucione las siguientes ecuaciones:

$$b_m = 1/X_m$$

$$X_2 = X_1 / (X_1/X_2)$$

$$W_n = W_0 - W_f - ml_{10}^2 r_{10}$$

$$g_{fc} = [W_f / (mV_0^2)] (1 + X_1/X_m)^2$$

$$r_{fc} = 1/g_{fc}$$

$$r_{2L} = \frac{[W_L / (ml_{1L}^2)] - I_{1L}}{1 + (X_1/X_2)(X_1/X_m)^2 - (X_2/X_1)^2 (X_{1L}^2 g_{fc})}$$

$$r_2 = r_{2L} (t_s + K) / (t_f + K)$$

donde

$t_s = 130$ Temperatura de referencia [$^{\circ}\text{C}$]

(tabla 3, inciso IV.3.2.2.4. de la Norma)

$t_f =$ Temperatura ambiente [$^{\circ}\text{C}$] cuando se mide R_s en frío

$K = 234.5$ para cobre puro.

Para la determinación de las pérdidas indeterminadas o parásitas, una estimación adecuada es la expuesta en la tabla 5 perteneciente al inciso IV.3.2.2.4. de la Norma utilizada, bajo la siguiente ecuación:

$$W_{ex} = K_{ex} \times W_{nom}$$

Para otras capacidades no incluidas en la tabla mencionada se pueden obtener las pérdidas indeterminadas a partir de la ecuación:

$$W_{ex} = W_{ext} (I_2/I_{nom})^2$$

donde

$$W_{ext} = 0.005 \times W_{nom} \quad \text{Del inciso IV.3.2.2.4. de la Norma}$$

V DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

El cálculo se inicia asumiendo un valor de deslizamiento S , correspondiente al valor esperado de velocidad para plena carga o cualquier otro punto de carga. Para la operación como motor, S es positivo así como todos los valores numéricos anotados en las ecuaciones.

$$S = (N_s - N) / N_s \quad \text{Deslizamiento (por unidad)}$$

$$r_2 / S$$

$$X_2$$

$$Z_2^2 = (r_2 / S)^2 + X_2^2$$

$$g_2 = (r_2 / S) / Z_2^2$$

$$g_c$$

$$g = g_2 + g_c$$

$$-b_2 = X_2/Z_2^2$$

$$-b_m$$

$$-b = -b_2 - b_m$$

$$Y^2 = g^2 + (-b)^2$$

$$r_g = g/Y^2$$

r_1 = resistencia por fase

$$r = r_g + r_1$$

$$X_g = -b/Y^2$$

$$X_1$$

$$X = X_g + X_1$$

$$z = (r^2 + X^2)^{1/2}$$

$$I_1 = V/z$$

$$I_2 = I_1 / [Z_2^2(Y^2)]^{1/2}$$

$$P_{\text{entrada}} = m I_1^2 r$$

$$P_{\text{entrada rotor}} = m I_2^2 (r_2/S)$$

$$\text{Pérdidas}_{\text{estator}} = m I_1^2 r_1$$

$$\text{Pérdidas}_{\text{núcleo}} = m I_1^2 g_c/Y^2$$

$$\text{Pérdidas}_{\text{rotor}} = S P_{\text{entrada rotor}}$$

$$\text{Pérdidas}_{\text{fricción y vent.}} = W_f$$

$$\text{Pérdidas}_{\text{extrañas}} = W_{\text{ex}} = W_{\text{ex1}} (I_2/I_{\text{nom}})^2$$

$$\text{Pérdidas}_{\text{totales}} = S \text{Pérdidas}$$

$$P_{\text{salida}} [\text{W}] = P_{\text{entrada}} - \text{Pérdidas}_{\text{totales}}$$

$$\text{Eficiencia } \% = h = 100(P_{\text{salida}}/P_{\text{entrada}})$$

$$\text{Factor de potencia } \% = 100(r/z)$$

$$P_{\text{salida}} [\text{CP}] = P_{\text{salida}}/746$$

$$\text{Velocidad} = N = (1-S)N_s$$

$$\text{Par} = t = K_1 P_{\text{salida}}/\text{Velocidad}$$

$$K_1 = 9.549 \text{ (Si par en N}\times\text{m)}$$

Una vez obtenida la potencia de salida, se compara con el valor de potencia para el cual se quiere conocer las características de funcionamiento. En caso de existir diferencia, se ajusta el valor de deslizamiento hasta obtener la igualdad.

CALCULOS

RESISTENCIA EN FRIO

$$\text{Valor medido } r_{10} = 3(0.041)/6 = 0.0205 \text{ } \Omega/\text{fase}$$

Corrección a la temperatura de referencia para el aislamiento clase H
 $T_{\text{ref}} = 130 \text{ } ^\circ\text{C}$ de la tabla 3, del inciso IV.3.2.2.1. de la Norma.

$$\text{Valor corregido } r_1 = r_{10} (T_{\text{ref}}+K)/(T_{\text{amb}}+K)$$

$$r_1 = 0.0205(130+234.5)/(20+234.5) = 0.0294 \text{ } \Omega/\text{fase}$$

$$K = 234.5 \text{ para cobre puro.}$$

$$T_{\text{amb}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

Prueba en vacío

Mediciones: $I_{10} = 30.4 \text{ A}$

$$W_0 = K_w \times RTC \times W_l$$

$$K_w = \text{Cte. Wáttmetro} = 2$$

$$RTC = \text{Relación de transf. de corriente} = 40$$

$$W_l = \text{Lectura del Wáttmetro} = 34 \text{ W}$$

$$W_0 = 2(40)(34) = 2720 \text{ W/fase}$$

$$V_0 = 220/\sqrt{3} = 127 \text{ V}$$

$$VA_0 = S_0 = V_0 I_{10} = (127)(30.4) = 3861.3 \text{ VA/fase}$$

$$fp = W_0/S_0 = 2720/3861.3 = 0.7$$

$$VAR_0 = S_0 \sin(\cos^{-1}fp) = 3861.3(0.71) = 2757.52 \text{ VAR/fase}$$

$$r_{mhe} = V_0^2/W_0 = (127)^2/2720 = 5.9297 \text{ } \Omega$$

$$X_m = V_0^2/VAR_0 = (127)^2/2757.52 = 5.849 \text{ } \Omega$$

Prueba de impedancia

Dado que esta parte de la prueba no se pudo hacer, debido a que en el laboratorio no contamos con el equipo necesario para variar la frecuencia de la alimentación, recurrimos a otra alternativa para obtener la corriente a rotor bloqueado. Para la letra clave (P) de kVA a rotor bloqueado por kW, que viene en la placa de datos, corresponden según la Norma en la tabla 17 del inciso II.3.1.20., 12.5 kVA/CP.

La corriente por fase a rotor bloqueado será:

$$I_{11} = kVA_1 / (\sqrt{3} V_{L1}) = 12500(40) / [(\sqrt{3})(220)] = 1312.15 \text{ A}$$

$$W_1 = V_1 I_{11} \text{fp} = 127(1312.15)(0.7) = 166643.05(0.7) = 116650.14 \text{ W/fase}$$

$$\text{VAR}_1 = V_1 I_{11} \text{sen}(\cos^{-1} \text{fp}) = 166643.05(0.71) = 118316.57 \text{ VAR/fase}$$

$$R = W_1 / I_{11}^2 = 116650.14 / (1312.15)^2 = 0.067 \text{ } \Omega$$

$$X = \text{VAR}_1 / I_{11}^2 = 118316.57 / (1312.15)^2 = 0.069 \text{ } \Omega$$

$$b_m = 1/X_m = 1/5.849 = 0.1709 \text{ } \Omega^{-1}$$

$$X_2 = X_1 / (X_1/X_2) = X_1 / 1 = X_1 = 0.5X = 0.5(0.069) = 0.0345 \text{ } \Omega$$

$X_1/X_2 = 1$ Para un motor diseño A, (tabla 4 del inciso IV.3.2.2.4. de la Norma)

$$r_{21} = R - r_1 = 0.067 - 0.0294 = 0.0376 \text{ } \Omega$$

Corrigiendo a la temperatura de referencia:

$$r_2 = r_{21}(t_1 + K) / (t_2 + K) = 0.0376(130 + 234.5) / (20 + 234.5) = 0.0539 \text{ } \Omega$$

$$W_f = W_{\text{min}} - 3I_{10}^2 r_{10}$$

$$W_{\text{min}} = K_w(\text{RTC})W_1$$

$$W_{\text{min}} = 2(40)(6.27) = 501.6 \text{ W}$$

$$W_f = 501.6 - 3(30.4)^2(0.0205) = 444.64 \text{ W}$$

$$W_h = W_0 - W_f - mI_{10}^2 r_{10}$$

$$W_h = 2720 - 444.64 - 3(30.4)^2(0.0205) = 2219.44 \text{ W}$$

$$g_{ic} = \frac{W_h}{mV_0^2} \left(1 + \frac{X_1}{X_m}\right)^2$$

$$g_{fe} = \frac{2219.44}{3(127)^2} \left(1 + \frac{0.0345}{5.84}\right)^2 = 0.046 \quad \Omega^{-1}$$

$$r_{fe} = 1/g_{fe} = 1/0.046 = 21.74 \quad \Omega$$

$$W_{ext} = 0.005W_{nom} = 0.005(40)(746) = 149.2 \text{ W}$$

REPORTE

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

Nombre de la prueba: Características de funcionamiento por el método del circuito equivalente.

Responsables: Ing. Juan Vicente Leduc Rubio
Ing. Hugo Grajales Román

Cliente: Facultad de Ingeniería

Datos de placa del motor:

Reliance (Electric & Eng. Co)	Modelo: X311552A1-AQ
Armazón: X364US	Potencia: 40 CP
Tensión nominal: 208 220/440 V	Corriente plena carga: 108 A
Frecuencia: 60 Hz	Fases: 3
Letra clave: P	Diseño: A
Factor de servicio: Continuo	Tipo de servicio: Continuo
Clase: H	Velocidad: 3560 RPM
Temperatura ambiente máx: 55 °C	Hecho en: U.S.A.

Prueba en vacío $I_{10} = 30.4 \text{ A}$

$$W_0 = 2720 \text{ W/fase}$$

Prueba de impedancia $V_L = 127 \text{ V}$

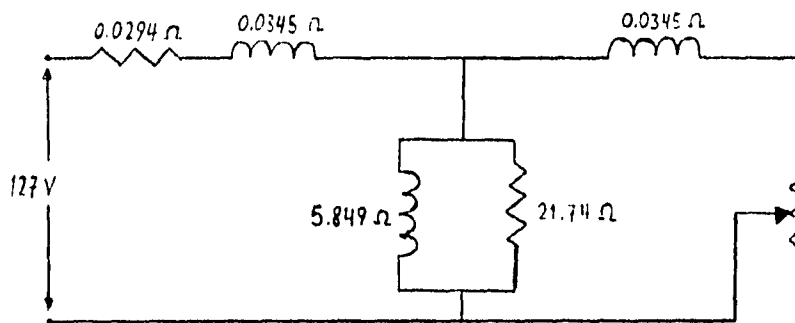
$$I_{1L} = 1312.15 \text{ A}$$

$$W_L = 116643 \text{ W}$$

Parámetros del circuito

$$\begin{aligned}
 V_f &= 127 \text{ V} & r_1 &= 0.0294 \ \Omega & r_2 &= 0.0539 \ \Omega \\
 W_f &= 444.64 \text{ W} & r_{fc} &= 21.74 \ \Omega & X_1 &= 0.0345 \ \Omega \\
 W_{fl} &= 2219.44 \text{ W} & X_2 &= 0.0345 \ \Omega & X_1/X_2 &= 1 \\
 W_{ex} &= 149.2 \text{ W} & g_{fc} &= 0.046 \ \Omega^{-1} & b_m &= 0.1709 \ \Omega^{-1}
 \end{aligned}$$

Circuito equivalente



Características de funcionamiento

Parámetros	Porcentaje de carga nominal				
	25%	50%	75%	100%	125%
Potencia [kW]	7.596	15.076	22.465	29.765	37.312
Velocidad [RPM]	3527	3495	3462	3428	3391
Corriente de línea [A]	34.83	52.75	72.63	93.51	116.25
Eficiencia [%]	73.2	82.7	85.7	86.7	86.6
Factor de potencia [%]	78.4	90.7	94.7	96.4	97.2

CONCLUSIONES

En la realización de esta prueba pudimos ver que, obtener el circuito equivalente del motor es una herramienta muy útil en la determinación de los parámetros de funcionamiento del motor, ya que por este método se pueden predecir las características de funcionamiento del motor para diferentes condiciones de carga en forma analítica y muy aproximada a la realidad, sin tener que medirlas directamente del motor funcionando. Entre las características más importantes que se pueden determinar por este método están: La potencia de entrada y de salida, velocidad, corriente de línea, eficiencia y factor de potencia.

En la obtención del circuito equivalente es necesario hacer varias pruebas, entre ellas la de impedancia a frecuencia reducida, y dado que en Laboratorio de Equipo Eléctrico de la Facultad de Ingeniería no contamos con el equipo necesario para obtener esa frecuencia reducida, seguimos un procedimiento alternativo propuesto en un texto¹ dedicado exclusivamente a pruebas de motores trifásicos de inducción.

¹ Texto: Pérez Amador, Víctor
Pruebas de Equipo Eléctrico 2

LABORATORIO DE EQUIPO ELÉCTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCIÓN
DE C.A. SEGÚN NOM-J-075

DETERMINACIÓN DEL PAR MÁXIMO

OBJETIVO: Determinar el par máximo del motor.

EQUIPO:

- 1 Amperímetro de C.A.
- 1 Banco de resistencias
- 1 Báscula de inclinación
- 1 Dinamómetro de C.D.
- 1 Regulador de voltaje
- 1 Tacómetro
- 1 Voltímetro de C.A.

INTRODUCCIÓN

Conocer el par máximo de un motor es importante ya que con este parámetro podemos saber que tanta carga le podemos dar a un motor sin sobrecargarlo demasiado o podemos saber si un motor es adecuado para determinada carga o si es necesario un motor más grande.

También las normas para motores eléctricos establecen un valor de par máximo para cada tipo de motor según su diseño, potencia y velocidad.

Para obtener este parámetro es necesario acoplar el motor a un electrodinamómetro y sobrecargar el motor por lo que la prueba debe ser lo más breve posible, tomando lecturas de velocidad, par y corriente para diferentes condiciones de carga en puntos cercanos a la carga máxima.

DIAGRAMA.

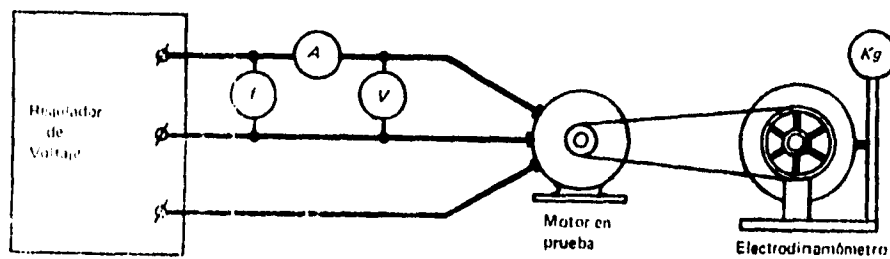


Figura 3.8 Conexiones y acoplamiento.

DESARROLLO.

Esta prueba se realiza a motores cuya capacidad sea menor o igual a 500 C.P. (373 kW). El procedimiento es el siguiente:

- a) Se arranca el motor sin carga acoplado el electrodinamómetro a tensión y frecuencia nominales.
- b) Se comienza a suministrar carga, aumentándola en incrementos no mayores del 25% de la carga nominal.
- c) Se mide la velocidad y el par de estas diferentes cargas, en el momento en que el par medido corresponde al 90% del par máximo supuesto, el número de lecturas debe incrementarse hasta donde sea posible.

Nota: El par máximo es el correspondiente a la lectura de la báscula en el instante en que la velocidad decrece súbitamente y la corriente aumenta sin control.

REPORTE.

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

Nombre de la prueba: Obtención del par máximo.

Responsables: Ing. Juan Vicente Leduc Rubio.
Ing. Hugo Grajales Román.

Cliente: Facultad de Ingeniería.

Datos de placa del motor a prueba:

Reliance (Electric & Eng. Co.)	Modelo: X311552A1-AQ
Armazón: X364US	Potencia: 40 C.P.
Tensión nom: 208 220/440 V	Corriente Plena carga: 108 A
Frecuencia: 60 Hz	Fases: 3
Letra Clave: P	Diseño: A
Factor de servicio: Continuo	Tipo de servicio: Continuo
Clase: H	Velocidad: 3560 R.P.M.
Temperatura ambiente máx: 55°C	Hecho en: U.S.A.

Par de arranque: 13.71 kgfm

Corriente de arranque: 1298.67 A

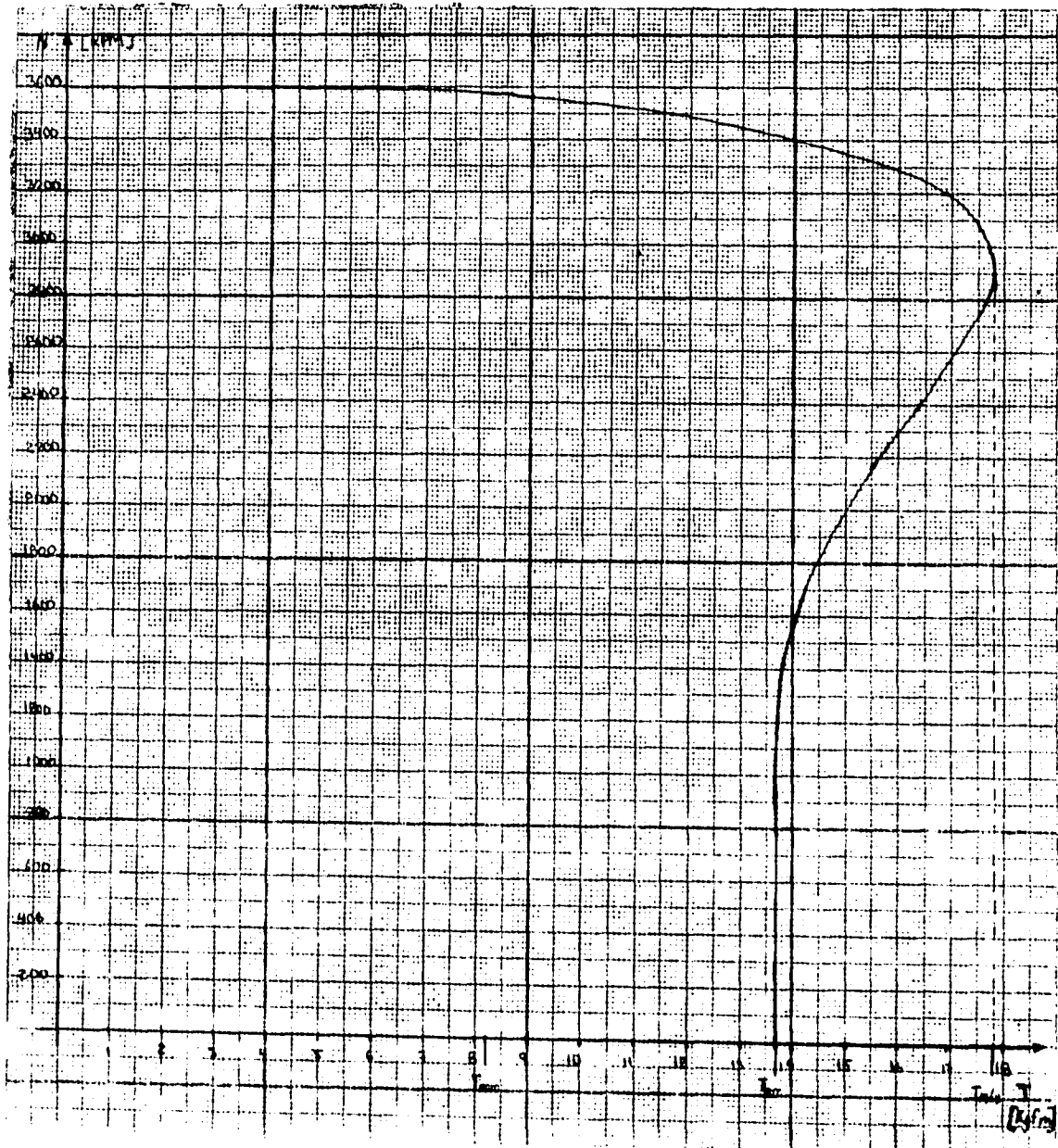
Brazo de palanca: L= 0.46 m

Temperatura en los devanados del motor: 34°C

LECTURAS

N (RPM)	F (kgf)	T (kgfm)
3560	19.6	9.02
3500	25.4	11.68
3400	30.4	13.98
3300	34.3	15.78
3200	36.7	16.88
3100	37.9	17.43
3000	38.5	17.71
2900	38.7	17.80

Para poder visualizar mejor estos resultados, se presentan a continuación en una gráfica de velocidad contra par.



CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba, podemos ver que el motor bajo prueba cumple con lo especificado en la NOM-J-075, inciso II.3.1.10, el cual hace referencia a la tabla 10 de la misma Norma, en donde se especifican los valores mínimos de par máximo, expresados en porciento del par a plena carga.

Después de la presentación de los resultados se agregó una gráfica en la que se presenta la curva par-velocidad del motor empleado hasta esta prueba. Para construir dicha curva se tomaron resultados obtenidos de las pruebas de: Prueba en vacío, Par y Corriente de Arranque y Par Máximo.

Esta curva nos ayuda a entender de manera más fácil el comportamiento del motor para diferentes condiciones de carga, desde la condición de rotor libre o en vacío hasta rotor bloqueado, pasando por el punto en el cual el motor entrega su par máximo.

PRUEBAS DE PROTOTIPO

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCION
DE C.A. SEGUN NOM-J-075

POTENCIA NOMINAL Y CORRIENTE A PLENA CARGA

OBJETIVO: Determinar la potencia nominal y la corriente a plena carga del motor bajo prueba.

EQUIPO: 3 Amperímetros de C.A.
1 báscula de inclinación
3 TC tipo ventana con relación 800:5
1 Tacómetro
3 Wattímetros

INTRODUCCION

Esta es otra de las pruebas que complementan el estudio del comportamiento de los motores. De ella también se pueden obtener resultados importantes para la construcción de la curva par-velocidad que nos ayuda a entender el funcionamiento del motor. Esta prueba también se aplica a prototipos de los fabricantes de motores, para conocer la potencia que está entregando en la flecha y la corriente que demanda el motor a plena carga.

Es conveniente recordar que la potencia nominal de un motor es la potencia que puede entregar el motor en su flecha, bajo características de tensión, frecuencia, velocidad, corriente y temperatura nominales, de acuerdo con los datos especificados en la placa. El par a carga plena de un motor, es el necesario para producir la potencia nominal a su velocidad especificada en la placa.

DIAGRAMA

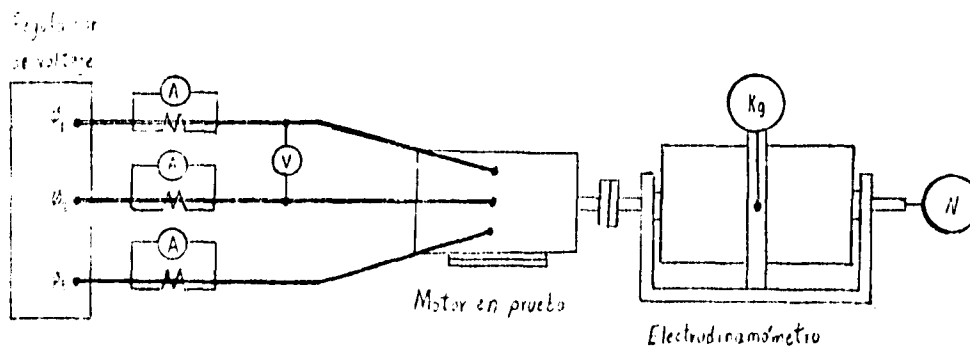


Figure 3.9 Motor acoplado y conexiones.

DESARROLLO

Se procedió a implementar el circuito mostrado. Aplicando el voltaje y la frecuencia nominal al motor a plena carga, se midieron y determinaron los siguientes parámetros:

- a) Promedio de corrientes de línea [A]
- b) Velocidad [RPM]
- c) Par [Kgf·m]
- d) Potencia de salida [kW]

Teniendo en cuenta que para obtener la potencia de salida se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_{\text{sal}} = \frac{T \cdot V}{K_p}$$

donde:

- T Par determinado en la prueba de par y corriente de arranque [kgf·m]
- V Velocidad obtenida en la prueba a plena carga [RPM]
- K_p 974 si el par está dado en kgf·m

REPORTE

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

Nombre de la prueba: Potencia nominal y corriente a plena carga

Responsables: Ing. Juan Vicente Leduc Rubio
Ing. Hugo Grajales Román

Cliente: Facultad de Ingeniería

Datos de placa del motor bajo prueba:

Reliance (Eléctric & Eng. Co)	Modelo: X311552A1-AQ
Armazón: X364US	Potencia: 40 CP
Tensión nom: 208 220/440 V	Corriente plena carga: 108 A
Frecuencia: 60 Hz	Fases: 3
Letra clave: P	Diseño: A
Factor de servicio: Continuo	Tipo de servicio: Continuo
Clase: H	Velocidad: 3650 RPM
Temperatura amb. máx: 55 °C	Hecho en: U.S.A.

LECTURAS

$$I_1 = 64.3 \text{ A}$$

$$I_2 = 63.9 \text{ A}$$

$$I_3 = 63.8 \text{ A}$$

$$L = 0.46 \text{ m (Brazo de palanca)}$$

$$V = 3500 \text{ RPM}$$

$$F = 17 \text{ Kgf}$$

CALCULOS

$$I_{\text{prom}} = (I_1 + I_2 + I_3) / 3 = (64.3 + 63.9 + 63.8) / 3 = 64 \text{ A}$$

$$P_{\text{sat}} = T(V) / K_p = (7.82)(3560) / 974 = 28.58 \text{ kW}$$

$$T = F \cdot L = 17(0.46) = 7.82 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

CONCLUSIONES

Comparando la potencia de salida obtenida en la prueba con su respectivo valor de placa, podemos ver que ambos son muy parecidos. La importancia de esta prueba radica en que podemos verificar los valores nominales de potencia y corriente del motor. Un motor ideal, entrega su potencia nominal a la velocidad especificada de placa.

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCION
DE C.A. SEGUN NOM-J-075

DETERMINACION DEL INCREMENTO DE TEMPERATURA

OBJETIVO: Obtención de la temperatura de los devanados del motor.

EQUIPO: 1 Puente de Kelvin
1 Termómetro

INTRODUCCION

La temperatura es un parámetro que nos puede indicar como está funcionando el motor. Aunque la temperatura ambiente varía de un lugar a otro e incluso en un mismo lugar en diferentes épocas del año, generalmente ésta temperatura es conocida, por lo tanto se puede determinar un rango de temperatura a la que trabaja un motor en condiciones normales de operación; cualquier variación de temperatura que salga fuera de este rango puede ser un indicio de que el motor no está operando como debe ser.

Esta posibilidad de determinar un rango de temperatura de operación para un motor, se debe a que previamente los motores se han probado y se determinó el incremento de temperatura que tienen en condiciones normales de operación, de ahí la importancia de esta prueba.

El incremento de temperatura de un motor está relacionado estrechamente con la temperatura ambiente a la cual esté trabajando el motor, por eso es que cada motor en su placa de datos debe indicar la temperatura ambiente máxima a la que puede operar. Esta medida se toma para evitar que se dañe el aislamiento de los devanados del motor y por consiguiente el propio motor.

DIAGRAMA

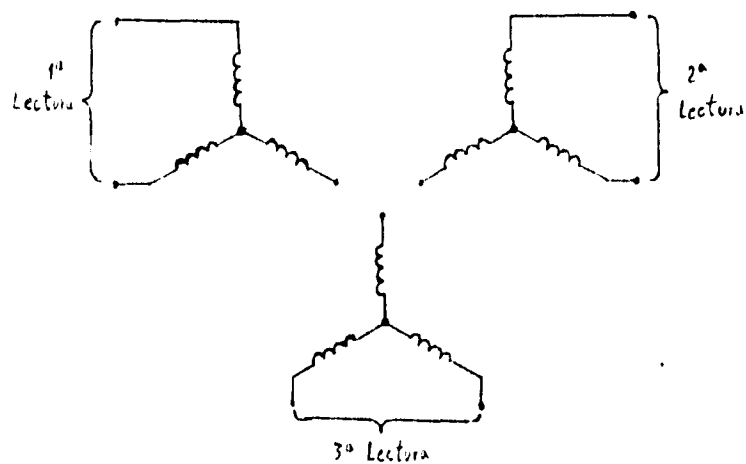


Figura 3.10 Medición de la resistencia.

DESARROLLO

I CONDICIONES DE PRUEBA

a) El valor de la temperatura ambiente durante la prueba de un motor deberá ser preferentemente mayor de 283.15 K (10°C) y menor de 313.15 K (40°C).

b) Tiempo de la prueba.

Para motores de servicio continuo la prueba debe prolongarse hasta que se alcance el equilibrio térmico, es decir, cuando la temperatura de los devanados es prácticamente constante.

c) Cualquier prueba de temperatura debe efectuarse bajo las condiciones nominales de placa del motor.

d) El método de carga debe ser alguno de los siguientes:

- Carga real, la máquina es cargada en condiciones nominales.
- Carga equivalente, la máquina no es cargada.

El método utilizado fué el método de carga real.

II METODO DE CARGA REAL

DETERMINACION DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

La temperatura ambiente debe mantenerse promediando la temperatura de varios termómetros colocados en diferentes puntos, alrededor y en la parte media superior del motor, a una distancia de 1 a 2 metros y protegidos de toda radiación de calor y corriente de aire.

El valor adoptado para la temperatura ambiente durante la prueba, debe ser el promedio de las lecturas de los termómetros, tomadas a intervalos iguales, durante el último cuarto del tiempo de duración de la prueba.

PROCEDIMIENTO

Para determinar la temperatura de los devanados y otras partes del motor, se usa uno de los siguientes métodos: de termómetros, de resistencia, o de detector de temperatura preinsertado (termopar o detector de temperatura tipo resistencia).

El método empleado fué el de resistencia.

METODO DE RESISTENCIA

Este método se usa para determinar el incremento de temperatura de los devanados que no emplean detectores de temperatura internos.

En este método la elevación de temperatura en los devanados, se determina por los incrementos de resistencia de los mismos.

Para la determinación del aumento de temperatura t_2-t_a , de los devanados de cobre o aluminio, por el incremento de resistencia, se aplica la siguiente fórmula:

$$R_2 = R_1 \frac{t_2 + K}{t_1 + K}$$

donde:

- R_1 Resistencia inicial del devanado en frío [W]
- R_2 Resistencia del devanado al final de la prueba [W]
- t_1 Temperatura del devanado en frío [°C], al iniciar la prueba
- t_2 Temperatura del devanado al final de la prueba [°C]
- t_a Temperatura del amb. o ventilación al final de la prueba [°C]
- K 234.5 para cobre puro
- Dt incremento de temperatura [°C]

Para propósitos prácticos puede usarse la siguiente forma de la fórmula anterior:

$$Dt = t_2 - t_a = (R_2/R_1)(t_1+K) - (t_a+K)$$

agrupando se tiene:

$$R_2 = R_1 \frac{(t_2-t_a) + (t_a+K)}{(t_1+K)}$$

Cuando la temperatura del devanado vaya a determinarse por el método de resistencia, antes de la prueba, debe comprobarse por termómetro que sea prácticamente la misma que la del ambiente.

Alcanzando el equilibrio térmico, desenergizar el motor y en un intervalo de tiempo menor a 30 segundos (para motores menores de 50 CP), medir y registrar los siguientes parámetros:

- a) Resistencia de línea del estator [W]
- b) Temperatura de los devanados [°C]

REPORTE

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

Nombre de la prueba: Determinación del incremento de temperatura.

Responsables: Ing. Juan Vicente Leduc Rubio
Ing. Hugo Grajales Román

Cliente: Facultad de Ingeniería

Datos de placa del motor a prueba:

Reliance (Eléctric & Eng. Co.)	Modelo: X311552A1-AQ
Armazón: X364US	Potencia: 40 CP
Tensión nom: 208 220/440 V	Corriente plena carga: 108 A
Frecuencia: 60 Hz	Fases: 3
Letra clave: P	Diseño: A
Factor de servicio: Continuo	Tipo de servicio: Continuo
Clase: H	Velocidad: 3650 RPM
Temperatura ambiente: 55 °C	Hecho en: U.S.A.

LECTURAS:

$$t_a = 20 \text{ °C}$$

$$t_1 = 20 \text{ °C}$$

$$t_2 = 29 \text{ °C}$$

$t_s = 20 \text{ °C}$ esta temperatura es la que se tomó para checar el equilibrio térmico del devanado y la temperatura amb. antes de la prueba.

$$R_1 = 0.0205 \ \Omega$$

CALCULOS:

$$R_2 = R_1 \frac{(t_2 - t_a) + (t_a + K)}{(t_1 + K)} = 0.0205 \frac{(29 - 20) + (20 + 234.5)}{(20 + 234.5)}$$

$$R_2 = 0.02122 \ \Omega$$

$$\Delta t = (R_2/R_1)(t_1+K) - (t_0+K) = (0.02122/0.0205)(20+234.5)-(20+234.5)$$

$$\Delta t = 8.93 \text{ }^\circ\text{C}$$

CONCLUSIONES

Haciendo referencia al inciso II.3.2.1. de la norma utilizada, que especifica que la temperatura máxima a la cual puede trabajar un motor, sumando la temperatura ambiente más la temperatura propia de operación del motor, queda limitada por la temperatura correspondiente a la clase de aislamiento con que está construido. Véase tablas para motores (Tablas 18.II.A.1, 18.II.A.2 y 18.II.A.3 de la Norma utilizada).

Comparando el resultado obtenido en la prueba con el valor correspondiente al tipo de motor especificado en la norma, comprobamos que el motor cumple con dicha norma.

La temperatura conseguida por el núcleo, el rotor jaula de ardilla y otras partes (como portaescobillas, escobillas, etc.) no deberán averiar el aislamiento o la máquina en cualquiera de sus partes.

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

PRUEBAS PARA MOTORES DE INDUCCION
DE C.A. SEGUN NOM-J-075

DETERMINACION DE EFICIENCIA

OBJETIVO: Determinar la eficiencia del motor a probar, mediante la medición de las pérdidas de energía en éste.

EQUIPO: 1 Voltímetro de C.A.
3 Amperímetros de C.A.
3 TC's tipo ventana de relación 800:5
3 Wattímetros
1 Termopar
1 Puente de Kelvin
1 Tacómetro

INTRODUCCION

Esta prueba se aplica generalmente a prototipos de los fabricantes de motores en la etapa de diseño de éstos. Una vez aprobado el prototipo la prueba no se vuelve a aplicar a motores con el mismo diseño.

Conforme avanza la ciencia y se van mejorando las tecnologías, una prioridad en el diseño de máquinas eléctricas, es el consumo de energía, por lo que la tendencia es reducir al máximo posible las pérdidas tanto eléctricas como magnéticas y mecánicas, sin elevar demasiado el costo de los equipos.

El método descrito en la norma para la determinación de la eficiencia de un motor, se basa en la medición indirecta de las pérdidas indeterminadas y la medición directa de las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator y rotor (I^2R) y las pérdidas por fricción y ventilación.

Esta prueba se aplicó a un motor de 5 CP, debido a que en una parte de la prueba se requiere alimentar al motor con diferentes voltajes.

DESARROLLO

I TEMPERATURA INICIAL

La medición de las temperaturas iniciales de los devanados se hizo de acuerdo al método empleado en la prueba de determinación del incremento de temperatura, registrándose los siguientes parámetros:

- a) Resistencia de línea del estator
- b) Temperatura de los devanados

II PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO

Alcanzando el equilibrio térmico a tensión y frecuencia nominales y a plena carga, se midieron y registraron los siguientes parámetros:

- a) Resistencia de línea del estator
- b) Temperatura de los devanados
- c) Temperatura ambiente

III PRUEBA CON CARGA

Aplicando el voltaje y la frecuencia nominal al motor y variando la carga desde 25% hasta 100% inclusive se determinaron 4 puntos espaciados aproximadamente igual y dos puntos que se escogieron entre 100% y 150% de la carga.

Se determinaron los siguientes parámetros por cada uno de los puntos:

- a) Par del motor
- b) Potencia de entrada
- c) Promedio de las corrientes de línea
- d) Velocidad
- e) promedio de temperaturas de los devanados
- f) Temperatura ambiente
- g) Promedio de voltaje en terminales
- h) Potencia de salida

$$P_{\text{salida}} = \frac{T \times V}{K_p} \quad [\text{kW}]$$

donde:

- T Par del motor [kgf·m]
- V Velocidad [RPM]
- K_p 974 si el par es dado en kgf·m

Las mediciones se iniciaron a partir del mayor valor de carga y se fué disminuyendo hasta el menor.

IV PERDIDAS EN VACIO

Se desconectó la carga y aplicó el voltaje y frecuencia nominales hasta que las pérdidas en vacío se estabilizaron. Las pérdidas en vacío se estabilizan cuando la potencia de entrada varía 3% ó menos después de dos lecturas consecutivas con un lapso de 30 minutos entre mediciones.

V PRUEBA EN VACIO

Con el motor operando en vacío a frecuencia nominal se varió el voltaje entre el 125% y 60% del voltaje nominal para tres puntos separados aproximadamente igual y para otros tres puntos menores al 50% y hasta aproximadamente 20% del voltaje nominal, para cada punto de voltaje se midieron y registraron los siguientes parámetros:

- a) Promedio del voltaje aplicado
- b) Promedio de la corriente de línea
- c) Potencia de entrada sin carga
- d) Promedio de temperatura de los devanados

CALCULOS

I PERDIDAS POR EFECTO JOULE I^2R_{estator}

Para calcular las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator en cada uno de los puntos de la prueba con carga, se usará la siguiente ecuación:

$$I^2R_{\text{est}} = 0.0015 I^2R_s \quad [\text{kW}]$$

donde:

- I Promedio de la corriente de línea de la prueba con carga
- R_s Promedio de la resistencia de línea al inicio de la prueba y corregida a la temperatura de los devanados en la prueba con carga

$$R_s = R_1 \frac{t_s + K}{t_1 + K}$$

donde:

- R_1 Resistencia del devanado al inicio de la prueba
- t_s Temperatura del devanado en frío
- K 234.5 para cobre puro

II SEGREGACIÓN DE PÉRDIDAS EN VACÍO

Para determinar las pérdidas del núcleo y las pérdidas por fricción y ventilación a partir de las pérdidas sin carga calculadas en la prueba en vacío siguiendo el siguiente procedimiento:

a) Para cada uno de los valores de voltaje de la prueba en vacío restar de la potencia de entrada sin carga las pérdidas en los devanados del estator que se calculan con la siguiente ecuación:

$$I^2 R_{est} = 0.0015 \cdot I^2 R_s \quad [\text{kW}]$$

Donde:

- I Corriente de línea sin carga
- R_s Promedio de resistencia de línea antes de la prueba corregida a la temperatura de los devanados en la prueba sin carga como sigue:

$$R_s = R_1 (t_s + K)/(t_1 + K)$$

Donde:

- R_1 valor medido de la resistencia del devanado antes de la prueba
- t_s temperatura del devanado en la prueba con carga
- t_1 temperatura del devanado en frío
- K 234.5 para cobre puro

b) Para cada valor de voltaje entre 125% y 60% del valor nominal graficar una curva de la potencia de entrada sin carga menos las pérdidas en los devanados del estator contra el voltaje.

c) Para cada valor de voltaje entre el 50% y 20% del valor nominal, graficar los valores de potencia de entrada sin carga menos las pérdidas de los devanados del estator, contra el cuadrado del voltaje, para determinar las pérdidas por fricción y ventilación se extrapolará esta línea a voltaje igual a cero.

d) De la curva obtenida en inciso b) al 100% del voltaje nominal, el valor de las pérdidas del núcleo se encontrará restando de la potencia de entrada sin carga los valores de las pérdidas de los devanados del estator y las pérdidas de fricción y ventilación del inciso c).

III PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE I^2R_{rotor}

Para calcular las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor, en cada uno de los puntos medidos en la prueba con carga se usará la siguiente ecuación:

$$I^2R_{rotor} = (P_{ent \text{ con carga}} - I^2R_{est} - \text{Pérdidas del núcleo}) \cdot S$$

Donde:

S deslizamiento en por unidad de una velocidad síncrona

$$S = (V_{síncrona} - V_{medida}) / V_{síncrona}$$

IV POTENCIA DE SALIDA

Para calcular la potencia de salida para cada uno de los puntos para la prueba con carga utilice la siguiente ecuación:

$$P_{sal} = P_{ent} - \text{Pérdidas}$$

Donde:

P_{ent} Es la medida en la prueba con carga
Pérdidas Pérdidas del núcleo + pérdidas por fricción y ventilación + $I^2R_{est} + I^2R_{rotor}$

V EFICIENCIA

Para calcular la eficiencia en cada uno de los puntos de la prueba con carga se usará la siguiente ecuación:

$$\eta = P_{sal} / P_{ent}$$

Donde:

P_{sal} Es la calculada en el inciso IV
 P_{ent} Es la medida en la prueba con carga

REPORTE

LABORATORIO DE EQUIPO ELECTRICO

Nombre de la prueba: Determinación de la eficiencia

Responsables: Ing. Juan Vicente Leduc Rubio
Ing. Hugo Grajales Román

Cliente: Facultad de Ingeniería

Datos de placa del motor:

Potencia: 5 CP

Corriente plena carga: 14.2/7.1 A

Fases: 3

Factor de servicio: 1.15

Tensión nominal: 220/440 V

Frecuencia: 60 Hz

Diseño: B

Velocidad: 1740 RPM

RESULTADOS OBTENIDOS

N	S	I_L	T	% η
1782	0.01	5.1	0.55	86.2
1764	0.02	6.2	1.08	85.1
1746	0.03	8.8	1.50	86.9
1728	0.04	11.9	2.07	86.3
1710	0.05	15.2	2.55	85.7

CONCLUSIONES

Comparando el valor de eficiencia obtenido en la prueba con el valor que especifica la Norma en la Tabla 13 de la Sección II, para un motor cerrado de 5 CP y 4 polos, podemos ver que el motor cumple con el requerimiento mínimo que marca la Norma en cuanto a su eficiencia.

Capítulo 4

**Trabajos a Realizar en el
Laboratorio de La Facultad de
Ingeniería, Para su
Funcionamiento**

La información que se presenta en éste Capítulo, proviene de las notas que se asentaron en la Bitácora de Trabajo y abarcan desde el inicio de los trabajos de limpieza, hasta el momento en que se consideró que la máquina (el Electro-dinamómetro) reunía las características necesarias para llevar a cabo las Pruebas de Norma que son objeto de nuestro estudio.

La secuencia de la narración de los trabajos no sucedió necesariamente en la forma continua que se adopta en algunos momentos, sino que se agruparon de tal manera, que cuando se iniciara la narración de cada trabajo realizado, ésta terminara cuando el trabajo así mismo concluyera y a partir de ahí y en forma secuencial asentar los siguientes trabajos.

Es necesario aclarar, que durante el desarrollo del Capítulo, se habla de un "primotor" y el cual no resulta ser otro que el motor que se está sometiendo a prueba, ya instalado en la bancada que para tal efecto tiene el Dinamómetro.

También resulta conveniente especificar, que las pruebas de las que se habla en éste Capítulo no son las que se realizaron bajo Norma en el Capítulo anterior, sino que se trata exclusivamente de los "intentos" realizados para lograr poner en operación el Dinamómetro, como parte del objeto de nuestro estudio, en conjunto con sus accesorios y el panel de control.

Como primer paso, se efectuó una revisión completa del Dinamómetro y su tablero de conexiones antes de energizarlo, procediendo luego a inducir una corriente en el Dinamómetro para trabajarlo como generador, verificándose el funcionamiento del Voltmetro y el Cronotacómetro, integrados en el tablero de control. Y se detectó que el amperímetro del panel no funcionó.

Buscando la causa por la cual el amperímetro no funcionó, se realizó una inspección del banco de resistencias de carga localizadas en la parte superior del tablero, desmontándose el banco completo para efectuar una limpieza general; se detectó una resistencia de cinta rota y una más se rompió durante la limpieza, procediendo a repararlas uniéndolas sus extremos rotos con una pequeña placa metálica, sujetándola con alambre de cobre entorchado y aplicándole finalmente una cubierta de soldadura de 95% de estaño y 5% de plomo, propia para altas temperaturas. También se fijó el tablero de conexiones del banco de carga ya que éste no tenía apoyo fijo.

Al terminar de soldar las resistencias y fijar el tablero, se verificó con un óhmetro la continuidad y aislamiento a tierra de las resistencias y el banco en general.

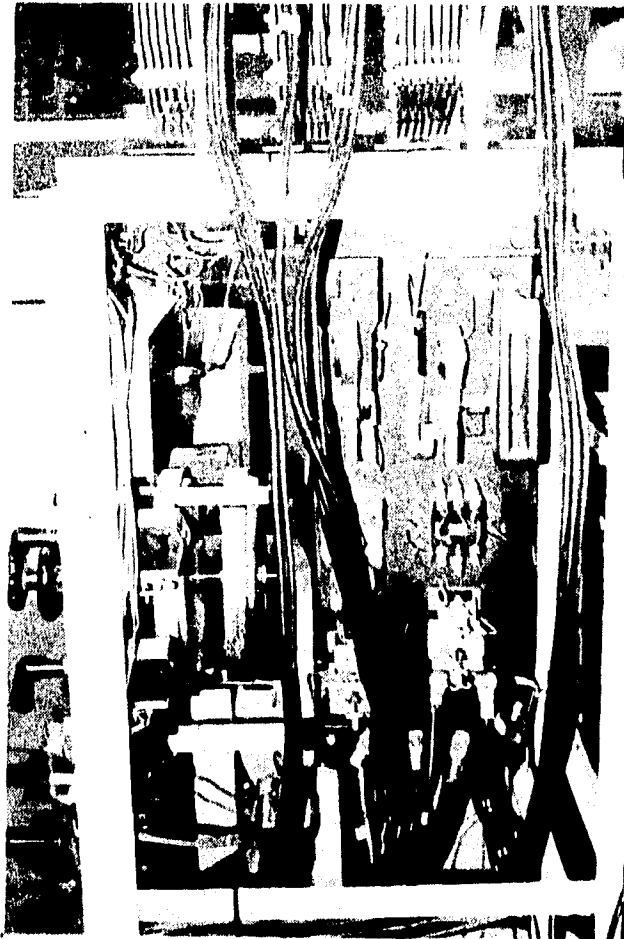


Figura 4.1 Tablero de conexiones.

Se revisó la forma en que están conectadas las resistencias, haciéndose un pequeño diagrama de sus conexiones, después de lo cual montamos el banco de carga en su lugar, sin conectar los cables a las terminales, para que se pruebe el banco de carga antes de conectarse las cuchillas que controlan la carga.



Figura 4.2 Banco de carga

También se detectó mal funcionamiento mecánico en el Reóstato de Campo, por lo que se desmontó para repararlo y limpiarlo.

Continuando con la limpieza, tocó el turno a los relevadores y todas las conexiones ubicadas en la parte posterior del tablero, aplicándoles solvente a todas y cada una de ellas para limpiarlas perfectamente y asegurar un buen contacto.

Aquí, después de realizar la limpieza en forma completa, se volvió a inducir corriente cerrando manualmente un relevador y variándose la carga, se verificó la existencia de voltaje en todas las resistencias y detectándose ya corriente en el amperímetro que no funcionaba.

Como con la prueba anterior ya se detectó funcionamiento parcial del equipo, ahora nos trasladamos a la bancada de prueba para cambiarle las bases al motor instalado, ya que se consideraron inapropiadas las que tenía instaladas para soportar el los esfuerzos mecánicos de algunas de las pruebas que desarrollamos.

Las bases que deseamos utilizar para soportar el motor, no coinciden en cuanto a la ubicación de los barrenos para colocar los pernos de sujeción de éstas con la bancada de prueba, por lo que debimos acondicionarlas para tal efecto.

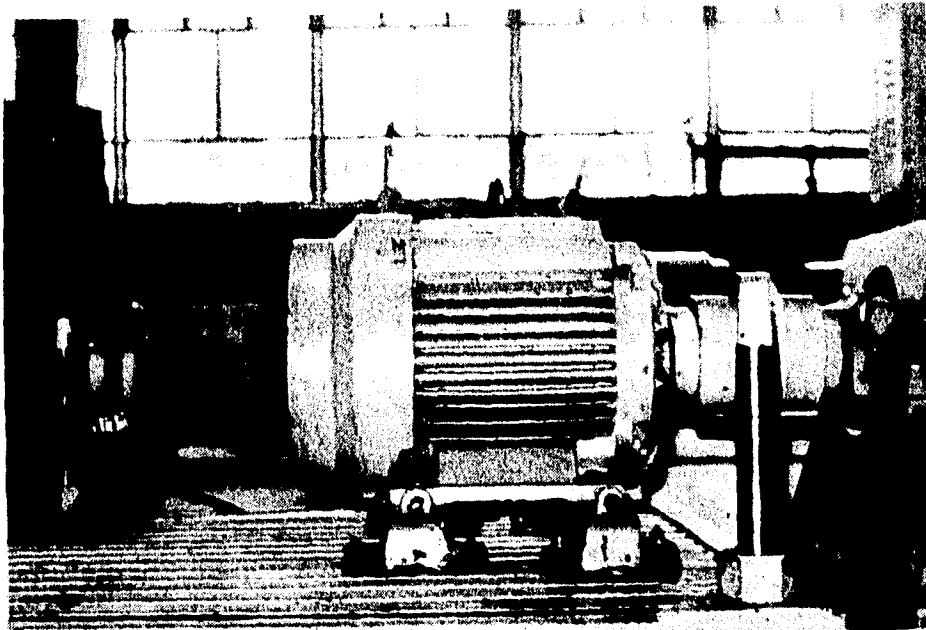


Figura 4.3 Motor montado sobre las bases acondicionadas.

La forma en que se efectuó el acondicionamiento de las nuevas bases del motor, se llevó a cabo soldando en los extremos de las bases, placas de acero cortadas adecuadamente en proporción a las guías de la bancada de prueba y rematadas con barrenos de 0.5 pulgadas de diámetro, las que una vez terminadas se

procedió a instalarlas al motor de prueba, siendo necesario para ello mantener levantado el motor con la grúa y variar la altura de la bancada de prueba, terminando con la instalación de los pernos de sujeción entre la bancada, las bases y el motor.

Paralelamente a las maniobras de cambio de bases y en forma alternada se efectuaron simulaciones energizando la máquina como anteriormente se mencionó, con la finalidad de ver el progreso en cuanto a funcionamiento y a los trabajos de puesta en operación y en este caso se efectuó otra simulación intercambiando conexiones entre (F1 y L1) y (F2 y L2), así como con (F1 y L2) y (F2 y L1), no detectándose operación alguna ni en la máquina ni en el panel de control. Nota: con las conexiones (F1 y L1) y (F2 y L2) el voltmetro no detectó ningún valor.

Con las conexiones (F1 y L2) y (F2 y L1) se efectuó otra simulación aumentando gradualmente el voltaje hasta 200 volts de C.D., quemándose el aislamiento de las bobinas de un relevador.

Posteriormente se desconectaron cada uno a la vez los contactores y se probaron, aplicando voltaje en forma gradual, notando que estos operaron perfectamente con más de 200 volts de C.D., y además se detectó una etiqueta en el costado de uno de ellos en la que se especifica su voltaje de operación en 230 volts de C.D.

Los relevadores se probaron en la misma forma, operando todos con excepción de uno, al que como se indicó anteriormente, se le quemaron las bobinas, el cual se desmontó para repararse y rebobinarlo, instalándose y probándolo satisfactoriamente posteriormente.

A continuación y gracias a la aportación del Diagrama de conexiones del Panel de Control, proporcionado por nuestro Asesor el Ingeniero Hugo Grajales Roman, Coordinador y Jefe del Laboratorio de Ingeniería Eléctrica, empezamos a analizar el circuito, checándose algunos puntos de conexión físicamente en el tablero y anotando su identificación en el diagrama.

Al efectuarse pruebas de continuidad en el tablero de control se detectaron dos posibles fallas en el circuito: 1).-La conexión lateral en uno de los reóstatos de control; que según el diagrama debe ir conectada al centro del mismo, dejándose así para su posterior rectificación y fué marcada con el número 3 en el diagrama. Y 2).- No se detectó continuidad en las terminales de los controles: (STR - STOP), (LOADING - #1 - #2) y (REV - FRW - OFF). Observándose enmohecimiento en los contactos de todos estos controles, por lo que se limpiaron y se volvió a checar su funcionamiento y continuidad al realizar los cambios, resultando esta ya positiva.

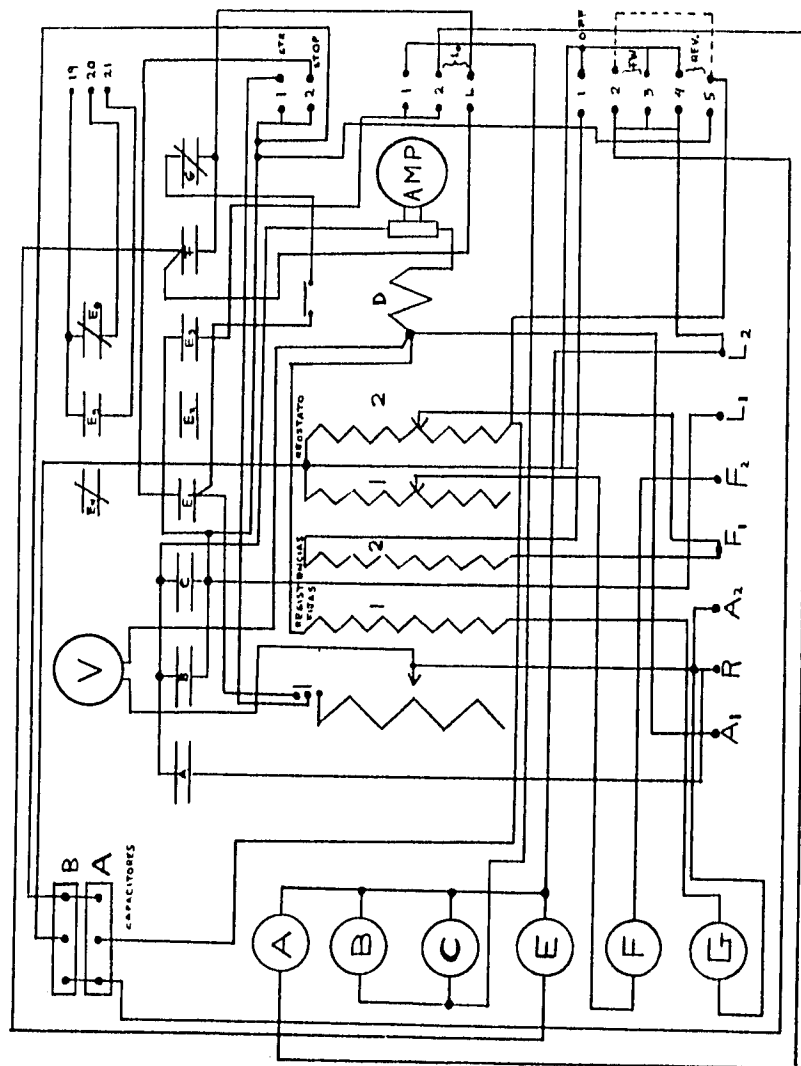


Figura 4.4 Diagrama de conexiones del tablero de control.

Se revisó la conexión del reóstato de control que se había marcado con el número 3 anteriormente, encontrando que estaba bien conectada en esa forma.

Continuando con la inspección física del circuito, se detectó abierta una de las resistencias fijas de 4000 ohms, procediendo a cambiarla por una de 4100 ohms disponible en el Laboratorio, adaptándola al panel de control.

También se conectaron las terminales F1 y F2 en su lugar de acuerdo al diagrama de conexiones y en la misma forma las terminales del Dinamómetro al panel de control.

En forma paralela a lo anteriormente explicado, cuando se cambiaron las bases del motor, éste sufrió desajustes en su alineación con el Dinamómetro, por lo que se procedió a nivelarlo y alinearlos adecuadamente para que no se provoquen vibraciones y calentamiento al energizarlo.

La forma de alineación que adoptamos fué utilizando niveles de burbuja colocados sobre la bancada de prueba, a la que le variamos la altura aflojando y apretando las tuercas de ajuste que para tal efecto tiene en sus cuatro apoyos, hasta que a nuestro juicio se veía alineada. Esta variación de la altura de la bancada de prueba se efectuó luego de alinear horizontalmente el motor de prueba, también aflojando y apretando los pernos de sujeción de las bases que le adaptamos.

Posteriormente a estos ajustes, se energizó el motor a prueba para probar la alineación, notando vibración considerable por lo que se paró el motor y se efectuaron nuevos ajustes de alineación y prueba.

Después de ajustar nuevamente la alineación, se volvió a energizar el motor para probarlo nuevamente, notando una disminución muy considerable de la vibración, habiéndose revolucionado hasta 3000 R.P.M.

Nuevamente se rectificó la alineación del motor con el Dinamómetro, buscando la óptima, y se probó a una velocidad de 3250 R.P.M., detectándose ya sólo un poco de calentamiento en el extremo del acoplamiento, pero que continuó vibrando.

Una vez más, continuamos alineando las máquinas; elevando y bajando la bancada de prueba, así como ajustando las bases del motor moviéndolo horizontalmente, sin lograr alinearlos perfectamente ya que continuó vibrando y calentándose del lado del acoplamiento. Se revolucionó a 3500 R.P.M.

Después de dos ajustes más, logramos reducir a un nivel satisfactorio la vibración en el motor, pero continúa calentándose del lado del acoplamiento. También se revolucionó a 3500 R.P.M.

En cuanto al calentamiento, el Ing. Hugo Grajales R. consultó con el Departamento de Talleres Mecánicos, presentándose a reajustar la alineación parcial que habíamos logrado, cambiando la posición del acoplamiento para mejorar la alineación.

Posteriormente, se conectó el cable del Cronotacómetro que se encontraba desprendido, soldándolo en sus contactos correspondientes en la parte posterior del tablero y se efectuó una prueba energizando el equipo, obteniéndose las siguientes lecturas: $V_a = 125$ volts, $V_c = 25$ volts y $I_c = 0.5$ amperes.

Se efectuó una prueba más al primotor pero ahora en conjunto con el panel de control, habiéndose conectado ya todos los cables de la máquina. También se conectaron dos voltímetros extra y un amperímetro de C.D., para checar primero la tensión entre F1 y F2, y también para comprobar la I_c de excitación de la máquina. Se anotaron las siguientes lecturas: $V_c = 40$ volts, $I_c \text{ exc.} = 0.5$ amperes y $V_a = 190$ volts. La prueba se detuvo aproximadamente a los 10 minutos de operación, porque continúa calentándose el primotor en el extremo del acoplamiento con el Dinamómetro.

Previendo que con la vibración se hubieran aflojado las tuercas de los pernos de sujeción, para mayor seguridad se rectificó el apriete de todas las tuercas de las bases del motor y de la bancada de prueba, antes de realizar otra prueba.

Para realizar una prueba más, se procedió a conectar un voltmetro y un amperímetro de C.D., excitando la máquina con las siguientes lecturas: $V_c = 56$ volts C.D., $V_a = 200$ volts C.D., y $I_c \text{ exc.} = 1$ amper. La prueba se detuvo porque el voltmetro del tablero excedió la escala y además, porque una parte del acoplamiento se deslizó hacia el primotor ocasionándole más calentamiento.

Después de apretar dos pernos internos que sujetan el acoplamiento que se había deslizado, continuamos las pruebas, trabajando al primotor durante 35 minutos, sin que éste se calentara. En éste lapso también se realizaron pruebas con el banco de carga, tomándose las siguientes lecturas:

$V_c = 42$ volts

$I_c = 0.6$ amperes

$V_a = 200$ volts

$I_a = 30$ amperes

y se revolucionó la máquina a: 3500 R.P.M.

Otras lecturas fueron las siguientes:

$V_c = 42$ volts
 $I_c = 0.6$ amperes
 $V_a = 200$ volts
 $I_a = 45$ amperes
y también se revolucionó la máquina a 3500 R.P.M.

Notas de ésta última prueba:

- 1.-Únicamente se conectaron dos cuchillas del banco de carga.
- 2.-El V_c se midió conectando entre F1 y F2.
- 3.-La I_c se midió conectada entre F1 y Switch de la fuente de corriente directa.
- 4.-El V_a se tomó directamente del medidor del tablero.
- 5.-La I_a se tomó también directamente del tablero.
- 6.-El tacómetro del tablero no indica con exactitud las R.P.M., de la máquina.

Finalmente, se efectuaron pruebas directamente sobre el tablero de control, para arrancar la máquina. El primotor ya no se energizó. Se observó lo siguiente:

Cuando en (L1 y L2) hay registrados 160 volts de C.D., en (F1 y F2) hay 60 volts de C.D., y se encontró que opera el relevador F (marcado así en el diagrama).

Cuando en (L1 y L2) se registran 200 volts de C.D., en (F1 y F2) se registran 114 volts de C.D., y entonces:

- Con (LOAD #1) y (ARRANCAR): cierran relevadores B, C y E.
- Girando a (STOP): abren los relevadores B, C y E.
- Con (LOAD #2) y (ARRANCAR): cierran relevadores A y E.

Cuando en (L1 y L2) se encuentran registrados 210 volts de C.D., en (F1 y F2) hay 150 volts de C.D., y entonces con los controles (LOAD #1) y (ARRANCAR): se cierran los relevadores B, C y E.

Con lo cual se puede ver el control que se ejerce sobre la forma en que opera el equipo, y que ya está en disposición para efectuar las pruebas que establecen las Normas sobre motores de inducción de C.A.

Capítulo 5

Conclusiones

Es importante señalar que con el Tratado de Libre Comercio, tenemos que seguir paso a paso su seguimiento en cuanto a Normalización se refiere, ya que se pueden hacer ajustes o modificaciones a las Normas vigentes y debemos estar actualizados en este aspecto.

La esencia primordial para la realización de las pruebas que presentamos, fue la motivación por la acreditación oficial del Laboratorio de Equipo Eléctrico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y dichas pruebas se realizaron con el equipo con el que cuenta este Laboratorio.

Esta fue una limitante para realizar todas las pruebas a motores según las Normas Internacionales ya que al no contar con el equipo suficiente, se llevaron a cabo la mayoría de los métodos de prueba pruebas indicadas en la Norma. De 13 pruebas posibles a realizar, logramos completar 9 que pueden considerarse para una acreditación de carácter oficial.

Esto es muy importante, ya que si posteriormente se puede apoyar económicamente al Laboratorio de Pruebas, se podría adquirir el equipo necesario para la realización de las pruebas restantes y de esta manera complementar la acreditación de todas las pruebas que establece la Norma.

Cabe señalar también, la creación de un departamento de tipo administrativo que se encargue del control, mantenimiento, uso y puesta en operación del servicio de "Pruebas a Motores" dentro del área de Ingeniería Eléctrica, así como de su difusión para que el cliente sepa a quien dirigirse.

De igual importancia es necesario realizar un estudio de carácter económico a fin de establecer el precio de la venta de este servicio y si es posible compararlo con la tarifa de algún Laboratorio Externo dedicado a pruebas de motores, y establecer la tarifa propia del Laboratorio de Equipo Eléctrico de nuestra Facultad de Ingeniería.

Por otra parte, durante la realización de ciertas pruebas se utilizó un electrodinómetro el cual está controlado por un tablero en el que se registran algunos parámetros como son: voltaje, corriente y velocidad del electrodinómetro ya sea funcionando como motor o como generador, y en donde también se encuentra un banco de resistencias para aplicar carga a este.

Para su funcionamiento, se le dio mantenimiento preventivo y correctivo ya que tenía muchos años de no operar; ya puesto en operación, al realizar la última prueba, la de eficiencia, el banco de resistencias se sobrecalentó por la excesiva corriente que pasó por el y se fundieron algunas resistencias.

Es así como sugerimos, la implementación de un nuevo tablero, que a continuación se presenta; de mayor capacidad en cuanto a carga, con un sistema de protección eficiente y que a su vez sea más fácil de operar, ya que el actual resulta ser obsoleto.

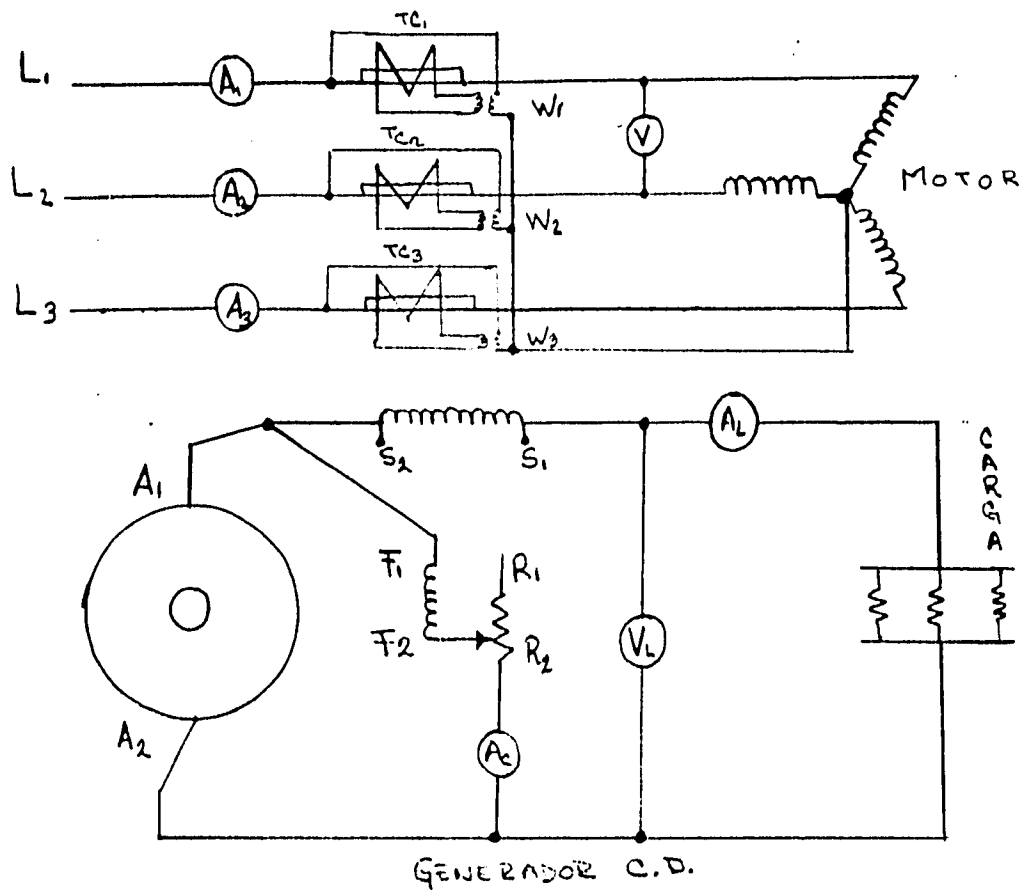


Diagrama eléctrico del tablero propuesto.

Otro punto muy importante para la realización de este proyecto y consideramos que para cualquier Laboratorio es tener muy en cuenta la protección del equipo que utilizemos, refiriéndose a que todo se haga siguiendo las consideraciones que establece la Norma, bajo las condiciones que el método de prueba requiere, así como checar las conexiones que se hagan a fin de no cometer errores que puedan causar daño alguno y realizar siempre los trabajos bajo la supervisión de un ingeniero que será el responsable de la prueba.

Es por esto que se hace necesaria la capacitación del personal que trabaja en el Laboratorio de Equipo Eléctrico de la Facultad de Ingeniería y esta debe ser permanente para evitar riesgos y darle fluidez a proyectos de esta índole.

Por último queremos agradecer la colaboración de los laboratoristas y al responsable del Laboratorio de Equipo Eléctrico ya que gracias a ellos fue posible realizar este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS CONSULTADOS:

A. Shall Holl, A. R. Holowenco y H. G. Laughlin
Diseño de Máquinas
Edit. Mc. Graw Hill.

B. A., Gregory
Instrumentación Eléctrica y Sistemas de Medida
1984, Edit. Gustavo Gili

Canales Cabrera, Raymundo
Electrodinamómetro, Estudio e Instalación
Tesis, 1971.

Del Rio Joan. Francisco
Electrometría, Tratado Práctico de Medidas y Verificaciones Eléctricas
1972, Edit. Adrián Romo

Ernest, Frank
Análisis de Medidas Eléctricas
1969, Edit. Mc. Graw Hill

Pérez Amador, Victor
Pruebas de Equipo Eléctrico II, Motores Trifásicos de Inducción
1983, Edit. Limusa

FOLLETOS CONSULTADOS:

Tratado de Libre Comercio en América de Norte
Monografía Tomo I
SECOFI

Tratado de Libre Comercio entre México, Canadá y Estados Unidos
SECOFI

NORMA CONSULTADA:

NOM-J-075 1977 Motores de Inducción, de Corriente Alterna, del Tipo de Rotor en Circuito Corto o de Jaula.

NORMAS DE REFERENCIA:

- a) ANSI-S-1.1 1960 Acoustical Terminology.
- b) ANSI-S-1.4 1961 General-Purpose Sound Level Meters.
- c) CSA-C390-M 1985 Energy Efficiency Test Methods for Three-Phase Induction motors (Revisión 1991).
- d) DIN 5045 Messgerät für DIN-Lautstärken.
- e) DIN 45632 Geräuschemessung und Elektrischen en Maschinen.
- f) IEC 72 Dimension and Output Ratings of Electrical Machines
- g) IEC 34 Rotating Electrical Machines
- h) NEMA MG-1 1987 Motors and Generators (Revisión 1991).
- i) IEC 72A Dimension and Output Ratings for Foot-Mounted Electrical Machines with Frame Number 355 to 1000.
- j) IEC 85 Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in Relation to their Thermal Stability in Service.
- k) IEEE 112 1984 Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators (Revisión 1991).
- l) IEEE 114 1969 Test Procedure for Single-Phase Induction Motors
- m) NEMA MG-3 1974 Sound and Level Prediction for Installed Rotating Electrical Machines
- n) JEC-37 1961 Standard of the Japanese Electrotechnical Commission