

24
104



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

LA NORMALIZACION Y SUS EFECTOS EN LA INDUSTRIA ELECTRICA MEXICANA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N
JESUS C. RODRIGUEZ SANCHEZ
HECTOR M. CASTILLO CHAGOYA
VICTOR M. ADAN AGONIZANTE
MIGUEL E. MARTINEZ RAMIREZ
ARMANDO VALDEZ PARRA

MEXICO, D. F.

AGOSTO DE 1962



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

INDICE

	Pág.
Prólogo	4
Introducción	6
CAP. I.- CONCEPTOS GENERALES	
1.1 Norma	9
1.2 Normalización	10
1.3 Síntesis	11
1.4 Fundamentos teóricos de la normalización	12
1.5 Principios generales	14
1.6 Procesos de normalización	16
CAP. II.- ESPACIO DE LA NORMALIZACION	
2.1 Descripción	18
2.2 Dominios de la normalización	18
2.3 Niveles de normalización	20
2.4 Aspectos de la normalización	22

CAP. III.- ORGANISMOS DE NORMALIZACION MUNDIAL Pág.

3.1 Organismo de normalización	23
3.2 Clases de organismos de normalización	23
3.3 Ejemplos de organismos de normalización	24
3.4 Organización Internacional para la normalización (ISO)	25
3.5 Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)	31
3.6 Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos (NEMA)	33
3.7 Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos (IEEE)	34
3.8 Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)	35
3.9 Instituto Norteamericano de Normas Nacionales (ANSI)	37
3.10 Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT)	39

CAP. IV.- NORMALIZACION NACIONAL

4.1 Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica (CONNIE)	45
4.2 Normalización en las empresas públicas	52
4.3 Normalización en las empresas privadas	54

CAP. V.- ELABORACION E IMPLEMENTACION DE NORMAS, EJEMPLO DE UNA NORMA Y DETERMINACION DE SU EFECTO EN LA INDUSTRIA ELECTRICA NACIONAL	Pág.
5.1 Pasos de que consta el proceso de elaboración e implementación de normas efectuado dentro de la sección técnica del CCONNIE	58
5.2 Ejemplo de norma	62
5.3 Efecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-J-169- 1978; "Métodos de Prueba, Transformadores de Distribución y Potencia.	65
CAP. VI.- CONCLUSIONES GENERALES	
6.1 CCONNIE	68
6.2 Empresas productoras	71
6.3 Conclusiones finales	75
6.4 Recomendaciones finales	77
APENDICE A.- Pruebas de rutina que se incluyen en la Norma Oficial Mexicana NOM-J-169-1978 "Métodos de prueba para transformadores de distribu- ción y potencia"	
APENDICE B.- Especificaciones y características Eléctricas de los transformadores de potencia que contempla la Norma Oficial Mexicana NOM-J-284-1980	164
BIBLIOGRAFIA	200

PROLOGO

El desarrollo de la Industria Eléctrica en nuestro país, aún no alcanza los niveles que todos deseáramos, ha sido limitado por varias razones y circunstancias que ponen freno al progreso.

Dar luz a tales cuestiones no es fácil, sin embargo, ¿Cómo - pensar en dar el paso adelante, sin analizarlas?, Imposible. Uno de tales aspectos es la falta de orden en la producción e intercambio de productos, aspecto tal que existe como problema sin haber razón alguna para ello, ya que se tiene al alcance la solución: Las normas, instrumentos creados precisamente - para sembrar orden donde no lo hay, sin embargo difundirlas, - conocerlas y aplicarlas es una labor difícil para la cual influyen muchos factores.

En este trabajo pretendemos analizar, primero el panorama general que presenta la normalización a nivel mundial, estudiando - los organismos internacionales más importantes y representativos que tienen a su cargo estas funciones.

En los capítulos siguientes se va cerrando un círculo alrededor de la Industria Eléctrica en nuestro país, estudiando, con detalle, al Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica, organismo encargado de estos -- trabajos en México.

En los últimos capítulos, se mencionan las conclusiones a las que hemos llegado después de adentrarnos en la problemática, así como algunas recomendaciones que, consideramos serían de beneficio para una buena integración de todos los sectores que componen en su conjunto a la Industria Eléctrica Mexicana.

Finalmente; deseamos hacer patente nuestro agradecimiento al Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica, y en forma muy especial a su Director el Ing. -- Gabriel A. Carrillo Ramos por el apoyo recibido en la realización de este trabajo.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestro maestro el Ing. José Méndez Téllez Girón por haber dispuesto parte

de su valioso tiempo en la dirección de este trabajo.

Agradecemos a él la propuesta del tema, y las valiosas indicaciones recibidas para el desarrollo del mismo.

Finalmente, agradecemos a la Sra. Irma Landarte de Castillo, su paciente trabajo mecanográfico.

INTRODUCCION

Debido a las condiciones ambientales, el hombre se vió motivado a satisfacer sus necesidades de vestido en una forma individual. Posteriormente, con la comercialización, observó la importancia de ajustarse a ciertas formas o moldes, con la finalidad de que los productos que fabricaba realmente cubrieran las necesidades de las personas interesadas en ellos, en una forma general.

Esta idea fue cobrando cada vez mayor importancia, a medida que el desarrollo de la comunidad en la que se desenvolvía el hombre, fue aumentando, hasta ampliarse y trasponer los límites de ella, esto acarreó también una problemática mayor para organizar los productos. pues la dificultad para unificar los criterios aumentó considerablemente.

El proceso descrito puede visualizarse, tomando como ejemplo la forma en que la fabricación de calzado fue realizada: fabricar estos productos, para cada persona en forma individual resultaba poco económico y poco práctico, recurriéndose a establecer patrones con las características más comunes de las personas.

Esta necesidad se acrecentó a raíz del surgimiento de la Revolución Industrial, en donde los productos comenzaron a fabricarse en serie, trayendo como consecuencia la similitud de los productos fabricados, e iniciándose así el establecimiento de estándares para los procesos de fabricación en el ámbito interno de las empresas, ya que en ellas surge la necesidad de que todos los elementos fabricados se adapten adecuada e íntegramente al conjuntarlos para constituir el producto terminado.

Debido a la interrelación industrial de las empresas, dichos estándares dejan de ser propios de una sola, para formar parte del conjunto de estándares, que regirán los procesos de fabricación o de producción de todas las industrias afectadas.

En base a lo anterior se vislumbra que la estandarización debe ser una característica intrínseca en el surgimiento de cualquier tipo de industria, ya que con ello se facilita el intercambio tecnológico y científico entre todas ellas.

Este desarrollo tecnológico se dá a un ritmo cada vez más acelerado, las formas y métodos tienden a superarse, lo cual ha hecho que el mercado industrial se desarrolle aportando en todos los sentidos, nuevos y más variados tipos de elementos de trabajo, haciéndose cada vez más importante y necesario el es

establecimiento de estándares de normalización apegándose lo más posible a ellas.

CAPITULO I

Conceptos Generales

Definiciones

1.1. Norma. - El Organismo Internacional de Normalización (ISO) la define como: El resultado de un esfuerzo particular de normalización aprobado por una autoridad reconocida que puede tomar la forma de:

- (i) Un documento conteniendo un conjunto de condiciones que deben ser satisfechas.
- (ii) Una unidad fundamental o constante física, por ejemplo: ampere, metro, cero absoluto, etc.

También según la Dirección General de Normas Industriales (DGNI) Norma Industrial es: "El conjunto de especificaciones en que se define y se califica un material, producto o procedimiento para que satisfaga las necesidades y usos, a que esta destinado".

Y finalmente el Comité Consultivo Nacional de Normalización en la Industria Eléctrica (CCONNIE) define una norma como: "El conjunto de especificaciones definidas y aplicadas para el beneficio y con la colaboración de todos

los interesados".

En la normalización industrial estos intereses los constituyen básicamente los sectores productor y consumidor, los que son complementados con el sector de interés general, representado por instituciones de ciencia, investigación, cultura y organismos colegiados.

- 1.2. Normalización. - Según ISO, es una actividad que da soluciones de aplicación repetitiva a problemas, particularmente en caso de la ciencia, tecnología y economía, con el propósito de obtener un grado óptimo de orden en un campo determinado. Generalmente esta actividad coincide con el proceso de formulación, publicación y aplicación de las normas. Un beneficio importante de la normalización es que los productos satisfagan los fines para los cuales fueron destinados.

El CCONNIE nos dice que normalización es el proceso de definición y aplicación de normas. La normalización parte del hecho de que para el desarrollo de una actividad - existen diferentes criterios que es necesario conciliar. Para lograr esta conciliación se debe propiciar una participación integral y equilibrada de todos los interesados.

En términos generales la normalización implica:

- (i) Elaboración de normas. Mediante investigación, estudios, análisis, etc.
- (ii) Difusión de las normas. Mediante la publicación y el conocimiento de las mismas.
- (iii) Aplicación de las normas. Mediante la estipulación sistemática de las normas por parte del consumidor y mediante el cumplimiento de las mismas por parte del productor.

1.3. Síntesis de las definiciones

Las definiciones antes expuestas, nos dan la pauta para recalcar algunos conceptos importantes, que deben observarse y tenerse presentes siempre que se hable de normas y del proceso desarrollado para realizarlas.

En síntesis, una norma es un conjunto de especificaciones que deben ser adoptadas en todo proceso de fabricación y uso de algún material u objeto, con la finalidad de que este sea capaz de adaptarse a todas las circunstancias y medios donde se torne necesario, esto, con la intención de que cumpla cabalmente con su objetivo de satisfacer las necesidades y usos para los que fue creado.

El proceso de normalización es aquel seguido para el estableci

miento de las normas, proceso en el cual deben tomar parte activa todos los sectores (industrial, investigación, etc.) que de alguna manera son afectados por el resultado de estos estudios. Es importante considerar que el proceso de normalización no se limita al establecimiento de las normas sino también a su amplia difusión y a velar por el exacto cumplimiento de las mismas.

Con este proceso se busca sembrar orden en los campos de producción de bienes y servicios, para alcanzar un nivel cada vez más alto en el intercambio científico, tecnológico y económico de los países interesados.

1.4. - Fundamentos teóricos de la normalización

Esta parte nos indica que funciones tiene que llevar a cabo la normalización para cumplir con sus objetivos y son los siguientes:

1. Función de orden. - La normalización tiene una función de orden, la aplicación de un conjunto de normas en cualquier campo o actividad induce a un comportamiento ordenado según esas mismas normas. La normalización es el esfuerzo conciente del hombre por crear orden en donde hay caos, sus resultados no son únicamente la reducción de la complejidad presente sino la prevención con--

tra la complejidad futura.

2. Función de comprensión. - Esta función permite el conocimiento general de los conceptos, los símbolos, las marcas, los términos y garantías; permite el intercambio y la comprensión de ideas. (ejemplo: simbología eléctrica).
3. Función de intercambiabilidad. - Esta función permite el reemplazo de determinadas piezas por otras similares, es obvio resaltar la importancia que esto tiene, ejemplo de ello son las pilas, lo cual permite una producción en masa.
4. Función de calidad. - Entendiendo por calidad el grado de aptitud o capacidad que tiene el producto para satisfacer el uso a que está destinado, es decir, la calidad está referida a los métodos de prueba que sirven para verificar o evaluar sus características significativas, esta función desde el punto de vista comercial es la más importante.
5. Función de variedad óptima. - Permite la simplificación de tipos, clases o grados, es la reducción de variedades superfluas, esta íntimamente relacionada con la intercambiabilidad. (ejemplo: la normalización de conductores --

eléctricos).

6. Función de seguridad. - Esta función está referida a los métodos de seguridad de un determinado procedimiento, proceso o producción que necesariamente deben referirse a normas o códigos. (ejemplo: el transporte de líquidos o sustancias de manejo peligroso).
7. Función de información. - El conjunto de todas las normas técnicas es un sumario del conocimiento técnico que actualmente existe. En ellos se resumen definiciones, requisitos de calidad, de funcionamiento, de seguridad, - de métodos de prueba, de medición y muchos aspectos - que constituyen la técnica moderna.

Es la información básica para introducir mejoras y representa la investigación sobre la cual se basaron para fijar los parámetros. Esta función hace posible la transferencia de tecnología.

1.5. - Principios Generales

La normalización es dinámica por naturaleza y es además una gestión paralela al proceso de producción, es imposible basarla en principios demasiado rígidos establecidos a priori que le pue

den quitar la flexibilidad de cambios a las condiciones actuales técnicas, de idiosincracia o del propio desarrollo industrial. - La experiencia ha permitido establecer algunos principios generales que no significan obstáculos sino que garantizan el éxito - de la normalización, estos principios son:

1. Unidad. - Las normas deben ser sancionadas por una so la institución y deben tener la misma solución para un - problema que se repite, de ahí los problemas que surgen cuando existen dos diferentes normas elaboradas por dos organismos diferentes, para un mismo producto.
2. Planificación. - Debe establecerse en el plan general la asignación de los organismos productores de las normas, para lograr los objetivos que el mismo plan establece.
3. Coordinación. - Tiene por objeto reunir esfuerzos, evitar duplicidad, debe haber intercoordinación entre las nor mas de ramas afines, por eso una norma se integra al total de normas existentes. Se debe lograr un estado de equilibrio entre las necesidades del progreso y las posibilidades técnico-económicas.
4. Cooperación. - La normalización es un esfuerzo colectivo, ya que para lograr un estado de equilibrio auténtico

hace falta la cooperación de todos los sectores afectados en una discusión franca y libre, que garantice un concenso nacional, no puede ser unilateral.

5. Continuidad. - Siendo la normalización un proceso paralelo al desarrollo tecnológico que es continuo, esta también tiene que serlo.

1.6. - Procesos de normalización

1. Normalización básica. - Tiene por objeto establecer referencias utilizadas en todos los campos técnicos; sistemas de unidades, constantes físicas y esto es independiente de los intereses que pueden tener los sectores afectados.
2. Normalización industrial. - Tiene por objeto establecer la aplicación de las referencias que se utilizan en todos los campos industriales y económicos; su campo de acción es la calidad, métodos de prueba, dimensiones, clasificación, terminología, envase, designación, etc. Y de esto depende el grado de avance industrial.
3. Normalización de prueba de materiales. - Los métodos de prueba deben estar unificados para permitir que los

resultados sean homogéneos en cualquier laboratorio que se hagan.

4. Normalización obligatoria. - Es aquella que va correlacionada con la función de seguridad y protección de la vida e integridad física de las personas.

CAPITULO II

Espacio de la normalización

2.1. - Descripción

El espacio de la normalización fue descrito por el Dr. Verman de la India en 1958. El concepto de espacio de la normalización es un sistema ortogonal de tres ejes que relaciona los puntos más importantes de los problemas de normalización. No se considera como un espacio matemático de variables contínuas.

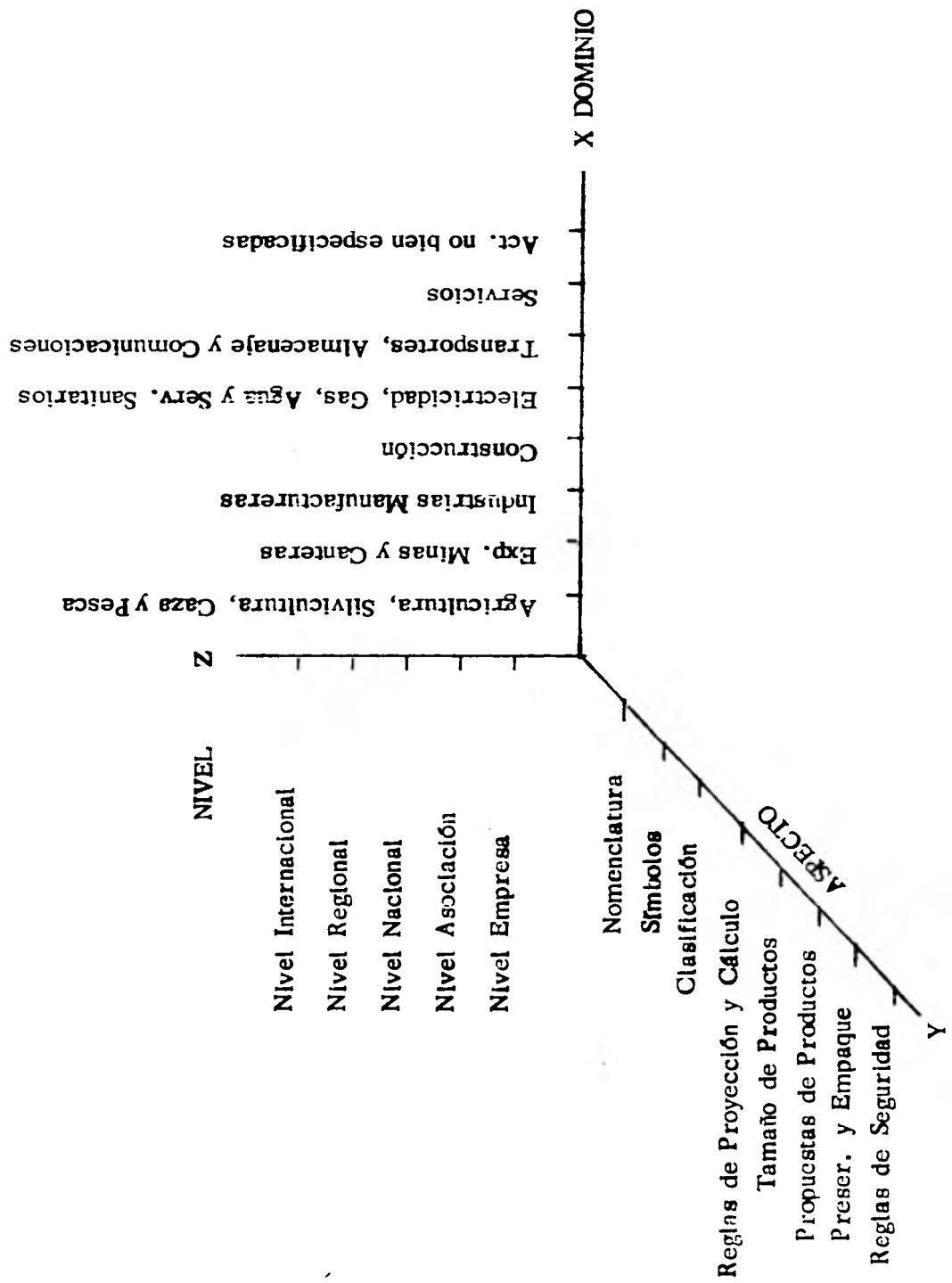
En el eje de las X se indican los diferentes dominios de la normalización en el eje de las Y se incluyen los diferentes aspectos de la normalización y por último en el eje de las Z se encuentran los niveles de normalización. (figura 1).

Examinando el espacio de la normalización se consideran materias o temas de normalización a las cosas materiales, símbolos, gráficas o literales factibles de ser normalizados, por ejemplo: tornillos, tuercas, ácido sulfúrico, zapatos de piel, eficiencia de funcionamiento de algún artículo, etc.

2.2. - Dominios de la normalización

Debido a lo numeroso de los temas de normalización, estos se

FIGURA 1



agrupan en dominios, conjuntos o agrupamientos de temas o materias de normalización similares, por ejemplo: la industria - minera, de agricultura, etc. y refiriéndonos más particularmente a una determinada industria, puede ser la siderúrgica, la eléctrica, la alimentaria, etc.

El dominio en el cual se aplica por excelencia la normalización es la industria, esto no quiere decir que la normalización solo se aplica a la producción industrial, sino que es el campo en que tiene mayor aplicación.

2.3. - Niveles de normalización

Estos niveles se refieren al tipo de organización que prepara, discute, aprueba y aplica la norma. Aquí, debemos notar que cada nivel de normalización es la fuente de alimentación del siguiente nivel, por ejemplo: una norma de Empresa influye en la preparación de una norma de asociación y así sucesivamente en los siguientes niveles. Es por esta razón que la normalización no solamente facilita el intercambio de bienes y servicios, sino también la transferencia de tecnologías y la cooperación científica o intelectual de los científicos.

En relación con el concepto de nivel de normalización se refiere al tamaño relativo del grupo de personas que van a usar la

norma y así pueden clasificarse en:

a) Normas empresariales:

Estas son preparadas de común acuerdo entre varios departamentos de una compañía y reconocidos por el cuerpo directivo con la intención de guiar sus compras, sus manufacturas y otras operaciones.

b) Normas de asociación:

Estas normas son preparadas y reconocidas por un grupo de interés relacionadas en un campo o en una industria dada.

c) Normas nacionales:

Es el documento elaborado, discutido y aprobado con la intervención de los sectores interesados afectados por el tema de normalización, en un país, a través de un organismo -- nacional de normas, el cual puede ser privado, gubernamental o semigubernamental. En nuestro país el organismo encargado de la normalización nacional e internacional es la Dirección General de Normas Industriales de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial quien promulga las normas que se elaboran dentro de los Comités Consultivos de Normalización integrados por esa misma Dirección.

d) Normas internacionales regionales:

Son el resultado de un acuerdo entre países vecinos, que

tienen intereses industriales y económicos comunes: ejemplo de organizaciones regionales son: COPANT y la Comunidad Europea.

e) Normas internacionales mundiales:

Representan el resultado de un acuerdo internacional entre naciones independientes y soberanas, por ejemplo: las recomendaciones de ISO y las de IEC.

2.4. -Aspectos de la normalización

Una norma puede cubrir uno o varios aspectos, cuando una norma cubre un sólo aspecto, facilita su revisión. Existen varios aspectos que puede cubrir una norma como por ejemplo: clasificación, reglas de seguridad, tamaños, nomenclaturas, métodos de prueba, etc.

CAPITULO III

Organismos de Normalización Mundial

3.1. - Organismo de normalización

Es toda aquella institución dedicada a la investigación, experimentación, discusión, conciliación, implementación y difusión de todos aquellos aspectos, en una determinada área de producción que presentan la necesidad de estandarizarse.

3.2. - Diferentes clases de organismos de normalización

Las normas son desarrolladas por organizaciones enteramente dedicadas a ello. Existen varios tipos de organismos encargados de estos trabajos, ellos son los siguientes:

- a) Asociaciones Comerciales. - Compuestas por compañías en una rama industrial dada, que producen normas como un servicio para su industria. Ejemplo: en USA: NEMA
- b) Sociedades profesionales. - Formadas por Ingenieros de la misma rama como son IEEE y el ASME. Estas organizaciones desarrollan normas debido a que son sus miembros los que desean tenerlas pa-

ra desarrollar su profesión más fácilmente.

- c) Organizaciones de normas. - Integradas por compañías y particulares, con el propósito de escribir normas para uso gubernamental e industrial. Estas organizaciones aprueban las que serán normas nacionales de su propio país, como es el caso del ANSI en USA. En algunos países estos organismos son totalmente financiados por su gobierno; en México la DGNI.
- d) Existe un organismo Internacional de Normas que es el ISO, cualquier norma nacional puede someterse al ISO para convertirse en una de sus normas.
- e) Organizaciones regionales de normalización. - Son integradas por países vecinos interesados en crear normas que facilitan el intercambio tecnológico. Un ejemplo de estas es COPANT.

3.3. Ejemplos de organismos de normalización

A manera de ejemplo, y para situarlos como algunos de los diferentes tipos de organismos de normalización que existen se mencionan a continuación algunos de los considerados de mayor

importancia:

3.4. - ISO

a) Objetivos

La organización Internacional para la Normalización (ISO), es una agencia internacional especializada para la normalización, en la actualidad, comprende las normas nacionales de un conjunto de 87 países.

El objeto de ISO es promover el desarrollo de normas en el mundo para facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios, y para desarrollar una mutua cooperación en la esfera intelectual, científica, tecnológica y económica. Los resultados técnicos del trabajo de ISO son publicados como normas internacionales.

El campo de acción de ISO no está limitado a alguna rama en particular, sino que cubre todos los campos de normalización, excepto las normas para la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, el cual es la responsabilidad de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

ISO conduce conjuntamente los intereses de productores, consumidores, gobernantes y las comunidades científicas en la preparación de normas Internacionales.

El trabajo realizado por ISO es llevado a cabo por 2 000 agrupaciones técnicas. Más de 100,000 expertos de todas las partes del mundo están contratados para este trabajo, el cual a la fecha tiene como resultado la publicación de aproximadamente 4 000 normas ISO, representadas en 30,000 páginas de datos de referencia en cada uno de los lenguajes oficiales de ISO (Inglés, Francés y Ruso). (Ver figura 2)

b) Origen

La Normalización Internacional empezó en el campo electrotécnico hace más de 70 años. Durante la década de los 30's se hicieron intentos de desarrollar Normas Internacionales en otros campos técnicos, pero esto no fue posible sino hasta que ISO fue creado como una organización internacional de normas, dedicada a la normalización como un todo.

Durante una asamblea, en Londres en el año de 1946, delegados de 25 países decidieron crear una nueva organización internacional con el objeto de facilitar la coordinación internacional y la unificación de normas industriales. La nueva organización, ISO, inició sus labores oficialmente el 23 de febrero de 1947.

c) Asociación

Una agrupación miembro de ISO es la organización nacional más representativa de normalización en su país (por ejemplo

en México esta es la DGNI). Por consiguiente tal agrupación por cada país es aceptada por la asociación de ISO. Las agrupaciones miembro tienen el derecho a participar y ejercitar, pleno derecho al voto en algún comité técnico de ISO, son también elegibles para el consejo de asociación y para tener un lugar en la asamblea general. Por enero de 1980, el número de agrupaciones miembros fue de 71.

Más del 70 por ciento de las agrupaciones miembros de ISO son instituciones gubernamentales, u organizaciones incorporadas por ley pública, el resto tiene relaciones con la administración pública con sus respectivos países.

Un miembro corresponsal es normalmente una organización de un país en desarrollo, el cual no tiene aún su agrupación Nacional de Normas. Los miembros corresponsales no toman parte activa en el desarrollo del trabajo, pero son totalmente informados acerca de este trabajo.

Normalmente un miembro corresponsal llega a ser una agrupación miembro después de pocos años. Casi todos los presentes miembros corresponsales son instituciones gubernamentales. Por enero de 1980 el número de miembros corresponsales de ISO fue de 16.

d) Trabajo Técnico

El trabajo técnico de ISO es realizado a través de los comités técnicos (TC). La decisión para instituir un comité técnico es tomada por el consejo de ISO, el cual también, determina el campo de acción del comité. Dentro de este campo de acción, el comité determina aún su programa de trabajo. Los comités técnicos pueden, a su vez, crear sub-comités (SC) de trabajo y grupos de trabajo (WG) para cubrir los diferentes aspectos del mismo.

Cada comité o sub-comité técnico tiene una secretaría, asignada a una agrupación miembro en ISO; en el caso de comités técnicos por el consejo de ISO y en el caso de sub-comités por el comité que lo creó. Y para cada grupo de trabajo una reunión es convenida por el comité técnico que lo creó.

A fines de 1979 había en existencia 160 comités técnicos, 589 sub-comités y 1,303 grupos de trabajo. Para abrir el campo de estudio y las necesidades para normas internacionales en ellos, ISO creó las divisiones técnicas (T.D.)

Una propuesta proporciona un nuevo campo de la actividad técnica dentro del programa normal de trabajo de ISO, esta propuesta viene dada por una agrupación miembro, sin embargo, puede también originarse de alguna otra organización internacio-

nal.

Ya que los recursos son limitados, tienen que establecerse prioridades, por lo tanto toda nueva propuesta es sometida para consideración de las agrupaciones miembros del ISO. Si es aceptada, el nuevo trabajo puede ser referido al comité técnico existente apropiado o a un nuevo comité que necesite ser creado para ello.

Cada agrupación miembro interesada en algún asunto, para el cual un comité técnico ha sido autorizado, tiene derecho a ser representada dentro de ese comité; la agrupación miembro que decide tomar parte activa en el trabajo de un comité técnico o sub-comité técnico es designado como P-miembro -- (miembro participante) del comité o sub-comité, ellos tienen la obligación de votar y atender, reuniéndose siempre que sea necesario; uno de los "P-miembros" es designado para actuar como la Secretaria del Comité o sub-comité. La agrupación -- miembro que desee sólo estar permanentemente informado del trabajo de un comité o sub-comité técnico estará registrado como O-miembro (miembro observador).

(i) Cómo se desarrolla una norma internacional

Una norma Internacional es el resultado de un acuerdo entre las organizaciones miembros de ISO. Y puede a su vez

ser empleada como tal o puede ser implementada a través de la incorporación en las normas nacionales de los diferentes países.

Un primer paso importante para que una norma internacional tome la forma de un giro propuesto (DP-draft-proposal), es que el documento circulará para estudio con el comité técnico, este documento deberá pasar por un número de etapas antes de ser aceptado como una Norma Internacional; este procedimiento es seguido para asegurar que el resultado final es aceptable para tantos países como sea posible.

Cuando el acuerdo es finalmente extendido dentro del comité técnico, el giro propuesto es enviado a la Secretaría Central para registro como una Norma-giro-Internacional (draft International Standard-DIS); el DIS es entonces circulado para todas las agrupaciones miembros para someterlos a votación.

Si el 75 por ciento de los votos está a favor del DIS, este es mandado al consejo de ISO, para aceptarse como una norma internacional. Normalmente, la técnica fundamental publicada está resuelta en comités técnicos abiertamente; sin embargo, las agrupaciones miembros y el consejo, votando, estipulan una seguridad importante, quedando totalmente revisado.

La mayor parte del trabajo es ejecutada por correspondencia y las reuniones son convenidas sólo cuando son completamente justificadas. Cada año, unos 10,000 documentos de trabajo son puestos a circular.

La mayoría de las normas requieren de revisión periódica. Varios factores intervienen para hacer que una norma caduque o entre en etapa de franca obsolescencia: la evolución tecnológica, nuevos métodos y materiales, nueva calidad y requerimientos de seguridad.

Para tomar en cuenta estos factores, ISO ha establecido la regla general de que todas las normas ISO deben ser revisadas cada 5 años, siendo en ocasiones necesario revisarlas antes.

3.5. - Comisión Electrotécnica Internacional

La Comisión Electrotécnica Internacional surgió en el año de 1906. ISO e IEC tienen establecido un acuerdo formal, existiendo una relación entre las dos organizaciones. En conformidad, con este acuerdo, ISO e IEC complementa cada uno al otro; y ambos forman un sistema para la normalización internacional como un todo.

Está acordado que en cuestiones relativas a la normaliza

CANTIDAD DE NORMAS PUBLICADAS POR ISO.

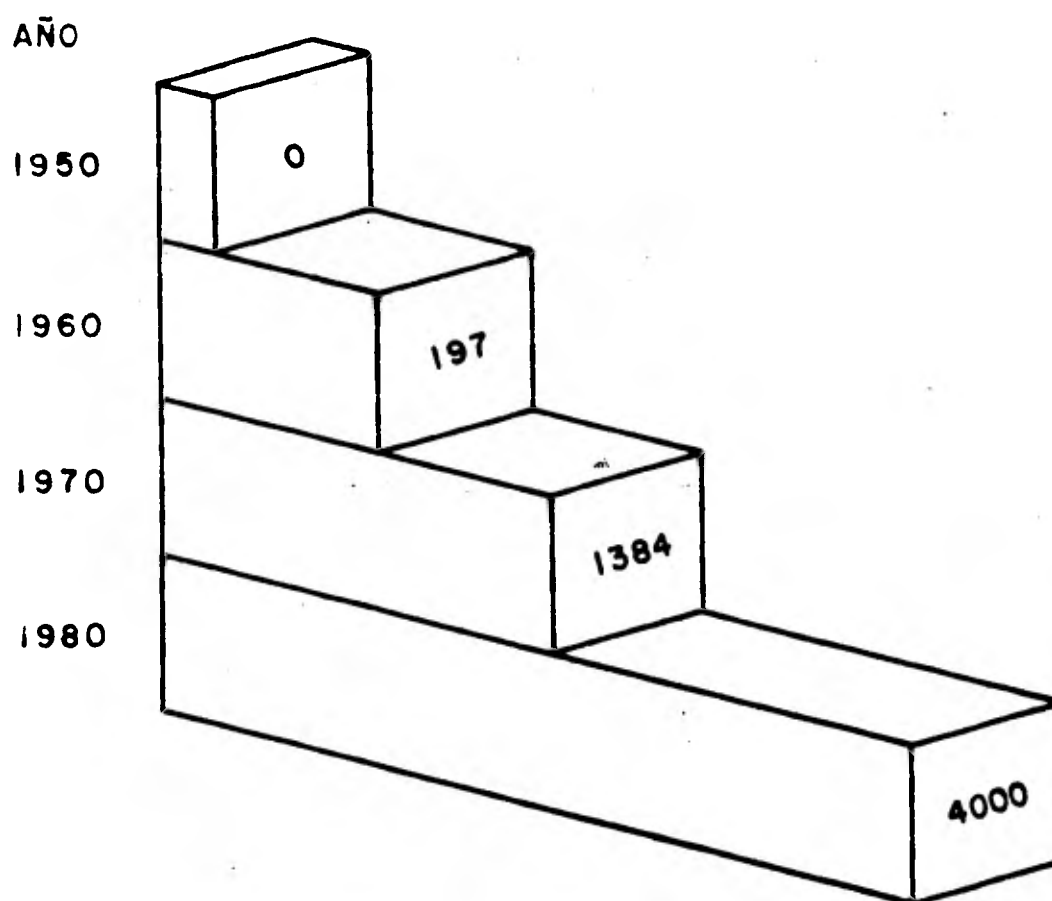


FIGURA 2

ción internacional en el campo de la ingeniería eléctrica y electrónica sólo interviene la IEC. Otras áreas son la responsabilidad de ISO.

En materia de normalización internacional no relacionada a alguna tecnología particular ISO se compromete, en consulta con IEC, a salvaguardar cualquier interés electrotécnico que puede ser involucrado.

Los miembros de la IEC, son los comités nacionales, uno por cada país, que son requeridos como representativos de todos los intereses eléctricos en el país concerniente a: fabricantes, usuarios, autoridades gubernamentales, asociaciones profesionales de enseñanza. Ellos están compuestos por representantes de las varias organizaciones, las cuáles parten con cuestiones de normalización eléctrica a nivel nacional. La mayor parte de ellos son reconocidos y sostenidos por sus respectivos gobiernos. En el trabajo técnico, numerosos vínculos han sido establecidos entre ISO y los Comités de IEC.

3.6. - Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos (NEMA)

a) Objetivo

Como su nombre lo indica se trata de una asociación que agrupa a los fabricantes de productos eléctricos de USA. Esta

asociación produce normas como un servicio para su industria, la mayoría de las veces no toma en cuenta el ingreso que pueda obtener de estas operaciones como la fuente principal de sus ingresos.

b) **Contenido**

Escobillas para máquinas eléctricas, fusibles, rectificadores, semiconductores, indicadores de humo, etc.

c) **Mercado**

A los usuarios del IEEE, al eléctrico, ANSI, BPF, PES y reglamentos de la construcción federal, Ingeniería de diseño, agencias, inspectores del equipo eléctrico dentro de las plantas de fabricación, empresas en el diseño de la construcción y construcciones militares y navales y agencias de servicios públicos.

3.7. - Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos (IEEE)

a) **Objetivo**

Como se mencionó antes esta organización realiza sus normas para que sus miembros puedan desarrollar su profesión más fácilmente.

b) **Contenido**

Normas eléctricas y electrónicas de los amplificadores

hasta los gufas de onda. Representa uno de los organismos más grandes en el mundo para tales normas, muy respetada.

c) Mercado

Maquinaria eléctrica, fabricantes de componentes electrónicos, usuarios de la electrónica, de la aviación militar y sus abastecedores.

3.8. - Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)

a) Contenido (ASME tiene cuatro secciones)

(i) Código para los recipientes de presión y calderas: el código básico se imprime cada tres años con complementos de invierno y verano de cada año. Se incluyen interpretaciones, que son de mucha importancia ya que evalúan las secciones para el usuario en la vida real. El código es casi obligatorio ya que incluye los códigos para la construcción y las leyes de seguridad. El código abarca: calderas, componentes para las plantas de energía nuclear, inspección de los sistemas de los reactores nucleares de enfriamiento, materiales para soldadura, etc.

(ii) Los códigos de las pruebas de funcionamiento abarca: las unidades de turbina generadoras de vapor, bombas, evaporadores, separadores de polvo, adaptabilidad de las cubier

tas, operación, eficiencia. etc.

(iii) ASME/ANSI. Estas son normas realizadas por el ASME y aprobadas por el ANSI. Se incluye el código para elevadores (que tienen la fuerza de la ley), roscas de los tornillos rebordeos y ajustes de los ductos, gatos, códigos de seguridad nuclear, etc.

(iv) Las normas del ASME abarcan principalmente los sistemas de vapor para las aplicaciones en el mar.

b) Mercado

Sección 1.- Se debe usar junto con las normas del AWS (sociedad americana para soldadura), los usuarios del NRC (posiblemente con los usuarios del ANSI que usan la sección nuclear.)

Sección 2.- Por lo general se puede usar con la sección 1.

Sección 3.- Los mejores usuarios son los de las instalaciones de plantas petroquímicas y nucleares.

Sección 4.- Los mejores usuarios son los fabricantes de artículos o productos marinos.

3.9. - Instituto Norteamericano de Normas Nacionales
(ANSI)

Cada grupo que redacte una norma (asociaciones comerciales como NEMA, Sociedades profesionales como IEEE o ASME o particulares) puede, si lo desea, tenerla aprobada como una norma Nacional Norteamericana, para hacer esto, se somete la norma al ANSI, la cual a través de un procedimiento puede o no aprobarla como una norma Nacional Norteamericana. Muchas normas nunca se someten a este procedimiento y muchas otras nunca satisfacen los requisitos de una Norma Nacional.

El servicio que brinda el ANSI consiste en nueve archivos:

(i) Construcción. - Básicamente normas de seguridad usadas en la industria de la Construcción, no da normas de diseño o materiales.

(ii) Mecánica. - Normas de rodadura, macho y hembra de tarraja, cintas para máquinas, molidoras, válvulas, etc.

(iii) Eléctrico y Electrónico. - Baterías, circuitos de control, aislantes, etc.

(iv) Química. - Agentes para el control de plagas.

(v) Nuclear. - Empacado de combustibles nucleares, operaciones de seguridad para los combustibles nucleares, resguardos nucleares.

(vi) Sistemas de información. - Programación del Len guaje, máquinas contadoras, dictadoras, cinta magnética y disco de Computadora.

(vii) Fotografía. - Cámaras, películas y procesamiento de productos químicos.

(viii) Misceláneo. - Inventario de seguridad, ventilación, documentación de biblioteca.

(ix) General. - Seguridad en las vías rápidas, seguridad en minas, seguridad de las maderas aserradas, dibujos y símbolos.

a) Mercado

El ANSI tiene un mercado variado. La mejor apuesta es tratar de vender el archivo completo -enfoque más acertado- recordando que el archivo no consiste de todas las normas aprobadas por ANSI, sólo aquellas que las inicia y las transcribe el ANSI. Las normas aprobadas por el ANSI del ASTM (Sociedad Americana para la prueba de Materiales), IEEE, API (Instituto Americano del Petróleo) etc., se encuentran en sus respectivos archivos.

3.10. - Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT)

En el año de 1956, al terminar la Organización de Estados Americanos (OEA) los estudios sobre la posibilidad de considerar un mercado común latinoamericano, la normalización se consideró como un factor de importancia en el desarrollo del intercambio comercial regional, tanto en lo referente a materias primas como en productos manufacturados o de equipos.

Con tal motivo la OEA convocó a los representantes de los países del Continente Americano, a una reunión, para tratar específicamente el tema de normalización. En ésta se llegó a la conclusión de integrar una organización de normalización que, a nivel continental, intentará establecer la unificación de las normas nacionales de los países Americanos en forma de documentos.

De esta forma quedó constituido el Comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT). En el año de 1963, la asamblea general, para evitar confusiones creadas dentro del seno de esta organización, modificó el nombre de la misma, designándola como Comisión Panamericana de Normas Técnicas, nombre que actualmente tiene.

Los propósitos de este organismo son:

- (i) Fomentar la normalización por medio de la cooperación entre sus miembros.
- (ii) Promover el uso de las normas aprobadas por la Comisión.
- (iii) Promover la comprensión de los gobiernos, productores, comerciantes, consumidores y público en general, de la importancia de la normalización para un mayor progreso científico, técnico, industrial y comercial de los pueblos americanos.
- (iv) Estimular la creación de un organismo de Normalización en los países del Continente Americano que no lo posean y conseguir su participación activa en la Comisión.
- (v) Estudiar, formular y promulgar Normas Panamericanas, adecuadas para su aplicación en las actividades científicas, técnicas, industriales, comerciales y agropecuarias del Continente Americano y para la orientación de sus miembros, en la elaboración de las normas nacionales correspondientes.
- (vi) Procurar obtener la mayor uniformidad en las prescripciones de las normas que emitan sus miembros activos.

(vii) Procurar que la terminología, metrología y simbología coincida con la usada en la Organización Internacional de Normalización (ISO) y en la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

(viii) Procurar recomendar que tanto las Normas Nacionales como las normas COPANT estén en concordancia con las emitidas por la ISO y la IEC, tanto como sea posible de los intereses y objetivos panamericanos, procurando también, que la Comisión sea reconocida por dichas entidades regionales.

(ix) Estimular la participación y colaboración de los miembros en la Comisión en los Comités Técnicos ISO e IEC.

(x) Establecer relaciones y colaborar con organismos internacionales a fin de coadyuvar el cumplimiento de los objetivos de la Comisión.

(xi) Asesorar en materia de Normalización Técnica a los gobiernos y organismos Internacionales que promuevan la integración económica de los países americanos.

En los estatutos vigentes de COPANT se establece que estará integrado por los organismos nacionales de normalización de los países del continente que expresen su deseo de per

tenecer a esta organización y que actualmente son: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Guatemala, Nicaragua, Honduras, Costa Rica, El Salvador, México, Panamá, Paraguay, Perú, Venezuela y Uruguay

En cuanto a su estructura la Comisión está formada por los siguientes organos: La Asamblea General, la Secretaría General y los Comités y Sub-Comités Técnicos. Actualmente existen 37 Comités Técnicos y 189 Sub-Comités Técnicos. La responsabilidad de los trabajos de cada uno de los Comités -- Coordinadores y Comités Técnicos está encomendado a un país que ejerce las funciones de Secretaría Técnica y cuyo encargo consiste en llevar a buen término los trabajos del respectivo Comité y Sub-Comité.

Por la naturaleza de su trabajo COPANT debe establecer estrechas relaciones con otros organismos, de esta manera, sostiene relaciones con la OEA, con la Asociación Latinoamericana de Desarrollo Industrial (ALADI), con la Asociación Latinoamericana de la Industria Eléctrica y Electrónica -- (ALAINEE), con la ISO, el IEC, etc.

COPANT realiza sus trabajos con la aportación que cada uno de los miembros entrega a la Secretaría General, en función del trabajo desarrollado por la propia Comisión. COPANT

también recibe ayuda financiera de Organismos tales como: OEA, CIDEDEC (Consejo Internacional para el Desarrollo del Cobre) y ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial), para cumplir sus tareas. Otra fuente de ingresos constituye la venta de Normas emitidas por el Organismo a los diversos países del Continente y aún del Mundo.

La formulación y aprobación de Normas Panamericanas es un mecanismo muy similar a la de ISO, aunque se ha intentado agilizar el proceso normalizador, de tal forma que los documentos que después de haber sido estudiados en alguna reunión panamericana de normalización son aprobados, son elevados de inmediato a la categoría de proyectos y sometidos a votación final para su conversión en Normas Panamericanas, la cual requiere la sanción de la Asamblea General, la que se está reuniendo cada año en diversas ciudades del Continente.

Es de hacerse notar que actualmente los Estados Unidos de Norteamérica no forman parte de COPANT, pese a que fue uno de los fundadores de la misma, este país anunció hace aproximadamente dos años que dejaba de pertenecer a COPANT debido a que sus posibilidades económicas no se lo permitían, este argumento lógicamente resulta sin fundamento. La verdadera razón del abandono de USA al Comité es que en él no

se ha intentado que las normas panamericanas sean conoordantes o coincidentes con las normas de ISO y de IEC, para que la producción de Continente Americano se encuentre al mismo nivel que en el resto del mundo, la tendencia de COPANT había elaborado normas 100% regionales, cuyos niveles de calidad - discrepaban en algunos casos notablemente con las Normas Internacionales.

En la última asamblea general realizada en la Ciudad de Caracas en el año de 1974, se hizo un estudio a fondo de las políticas y directrices de COPANT y se llegó a la conclusión que era absolutamente necesario que las normas panamericanas fueran lo más concordantes con las correspondientes de ISO e IEC de otra forma muchos de los países miembros, entre ellos Brasil y México podrían abandonar COPANT.

Se consideró que era necesario realizar una reestructuración de COPANT desde sus raíces para lograr que efectivamente el organismo cumpla con los objetivos para los cuáles fue creado y realice dentro del ámbito panamericano una labor positiva que beneficie no sólo el Comercio Zonal sino que repercuta con fuerza hasta el mercado mundial.

CAPITULO IV

Normalización Nacional

4.1. Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica (CCONNIE)

Considerando como demanda urgente la normalización dentro de todos y cada uno de los sectores industriales nacionales, la Dirección General de Normas, a partir del mes de mayo de 1965, entabló conversaciones con diversas agrupaciones industriales, comerciales y científicas, encaminando sus esfuerzos a conseguir el convencimiento, la aprobación y disposición para integrar los primeros comités consultivos de normalización.

De esta forma el día 4 de octubre de 1965 quedó formalmente instituido el CCONNIE, mediante la participación de organismos relacionados con el ramo de la industria eléctrica, tales como la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME) la CFE, La Cía. de Luz y Fuerza del Centro, La Facultad de Ingeniería de la UNAM, etc.

El CCONNIE se autodefine como: "Un Organismo no lucrativo, técnico, científico y educativo", cuya duración es por tiempo indefinido. Su domicilio está en la Ciudad de México, -

siendo una de sus facultades establecer Oficinas o Dependencias en otros lugares.

Finalidades

- a) Especificar, unificar y normalizar materiales y productos para la Industria Eléctrica, siempre de acuerdo con la economía y el adelanto tecnológico del país.
- b) Preparar las normas nacionales relacionadas con terminología, definiciones, símbolos, especificaciones, métodos de muestreo, métodos de prueba, marcado y demás requisitos normales para los productos y sus aplicaciones, así como fomentar su estudio y conocimiento.
- c) Colaborar con las actividades gubernamentales para la publicación de normas.
- d) Actualizar las normas, especificaciones y métodos de prueba, en relación con el adelanto de la tecnología moderna.
- e) Orientar a los fabricantes nacionales para la elaboración de productos de la calidad requerida por el mercado nacional e internacional.

- f) Fomentar y unificar a todos los organismos privados de Normalización de productos eléctricos existentes en el país.
- g) Apoyar el mejoramiento y coordinación de laboratorios Gubernamentales y privados, y la creación de nuevos laboratorios de estudio e investigación.

Organización

Para desempeñar sus labores, el Comité cuenta con los siguientes elementos:

a) Consejo Directivo

La dirección del CCONNIE está a cargo de dicho consejo, formado por ocho representantes del Sector Fabricante, -- ocho representantes del Sector Consumidor y ocho representantes del Sector de Interés General. Por parte del Sector Público toman parte un representante de la Dirección General de -- Normas y un representante de la Dirección General de Electricidad.

Los miembros del consejo permanecerán en sus cargos por el término de dos años. El consejo sesionará, por lo menos, una vez cada mes. (figuras 3 y 4)

COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION
DE LA INDUSTRIA ELECTRICA. CCONNIE

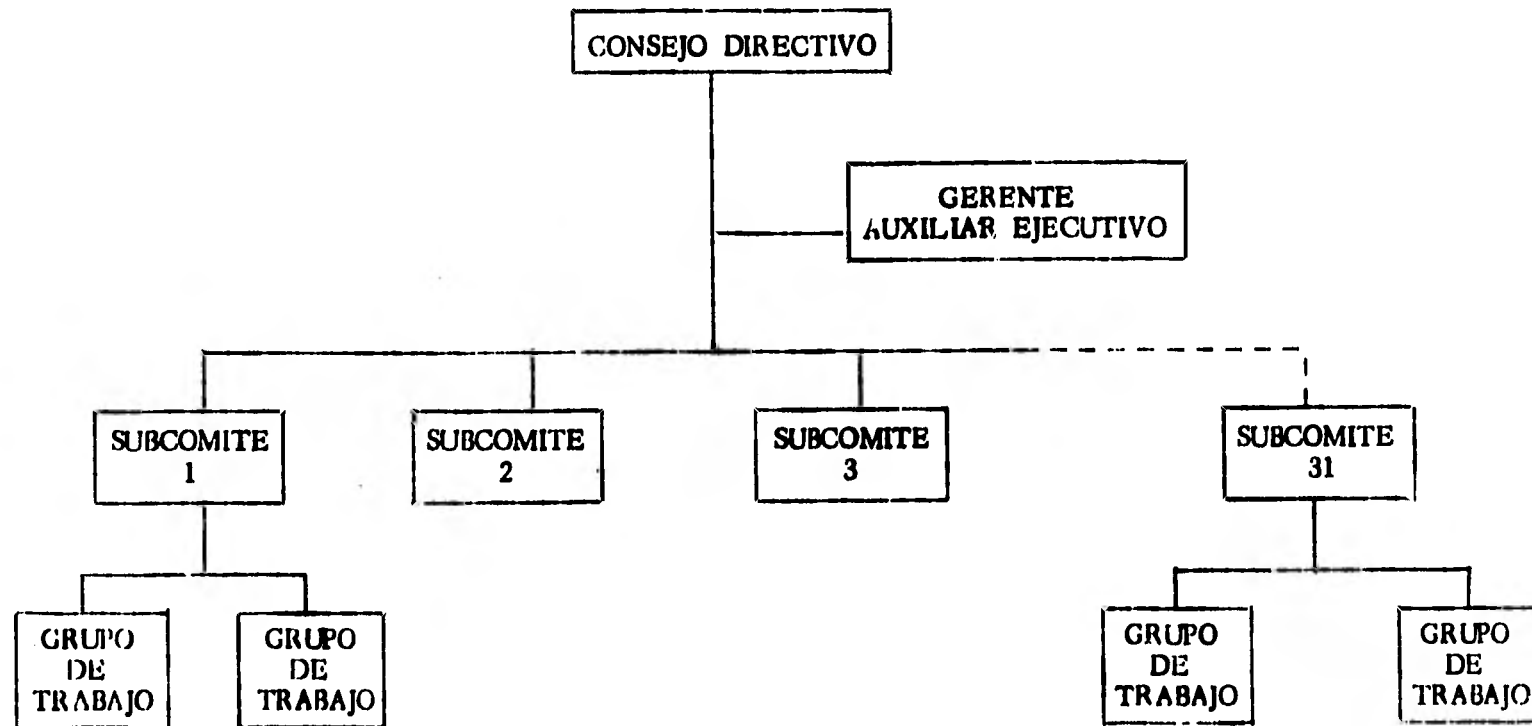


FIG. 3

COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION
DE LA INDUSTRIA ELECTRICA, CCONNIE

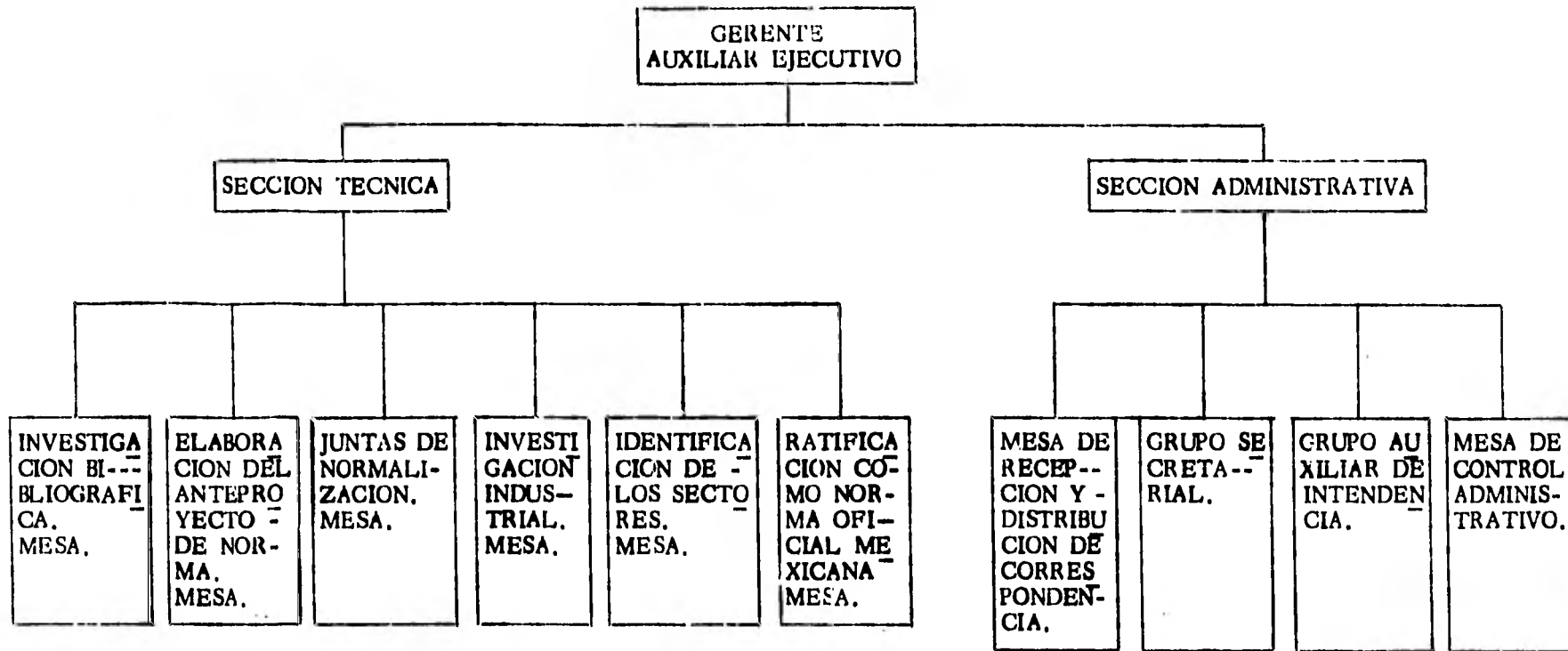


FIGURA 4

b) Oficina Auxiliar Ejecutiva

Esta oficina está encabezada por un Gerente Auxiliar -- Ejecutivo, el cual, al igual que su personal, nombrado por el Consejo Directivo.

El gerente es el encargado de coordinar el trabajo desarrollado en el comité a través de los grupos de trabajo, es el responsable de la integración y funcionamiento de la Oficina Auxiliar Ejecutiva.

c) Subcomités de Normalización

Los subcomités pueden ser definidos como: "organismos técnicos de carácter permanente, integrados por participantes de los sectores fabricante, consumidor y de interés general - que se constituye para elaborar y para actualizar las normas necesarias de un tema específico".

Un subcomité se forma por acuerdo del Consejo Directivo, siempre que surja un nuevo tema o producto a normalizar, que no quede incluido en los subcomités existentes.

Asimismo, queda finalmente integrado cuando los asistentes a la junta de constitución debidamente acreditados, declaran estar interesados en elaborar la norma o normas correspondientes, ejerciendo sus derechos y cumpliendo con las obli

gaciones que demanda el funcionamiento de dicho Subcomité.

Una vez integrado el subcomité, los miembros de éste deberán elegir de entre ellos mismos a un Coordinador y un Coordinador Suplente, dicho coordinador deberá establecer los métodos y sistemas para la elaboración de la norma programada, con el objeto de hacer más rápido el proceso.

El coordinador deberá conocer el reglamento de Normalización del Comité y vigilar su cumplimiento, ya que él será el responsable del funcionamiento del Subcomité, contando para ello con el apoyo de la Oficina Técnica del Comité. Actualmente el CCONNIE tiene instituidos un total de 31 Subcomités.

d) **Comisiones Especiales**

Estas comisiones son establecidas por acuerdo del Consejo Directivo, para el estudio y resolución de los problemas concretos planteados al Comité.

Estas comisiones turnan periódicamente a la Oficina -- Auxiliar Ejecutiva los artículos relativos a sus trabajos, para su publicación y difusión.

e) **Consejo Asesor**

Este consejo está formado por ex-miembros del Consejo Directivo, y cumple con la función de Asesorar al Consejo

Directivo vigente, cuando sea requerido por éste.

4.2. Normalización en las empresas públicas (descripción)

En las empresas públicas relacionadas con la Industria Eléctrica, la normalización ha sido, generalmente, tema de interés; debido a la firme intención de desarrollar con un alto grado de orden y eficacia las labores necesarias para alcanzar los objetivos trazados para su gestión.

Un ejemplo de las empresas descritas lo es la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. (Área división centro de la C.F.E.), en la cual, el desarrollo de la normalización ha sido siempre tema importante y primordial, debido a la necesidad de ordenar la enorme cantidad de equipo y materiales de que se dispone, como medio para cumplir las tareas encomendadas.

También se ha intentado siempre establecer normas de calidad que debería cumplir todo el equipo adquirido, con el fin de esperar de él un óptimo rendimiento en su funcionamiento. Para tales fines cuenta con un departamento de normas perfectamente establecido, cuya misión es: editar, revisar y comprobar que se cumplan las mismas. Esto ocurre debido a la adquisición de nuevos materiales, por modificaciones en

el uso de los mismos, por inquietud (ya sea por actualización o por mejoramiento de los diseños) o por revisión rutinaria.

Cuando se pretende establecer una nueva norma, se revisa primero si existe entre las nacionales, alguna que se adapte a las necesidades requeridas; de no ser así, se busca entre las internacionales (ISO, IEC, ANSI, IEEE, etc.) la que más se apege a las condiciones deseadas, quedando de esta manera establecida como norma de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A.

- a) **Funciones específicas de los diferentes niveles de la sección de normas y materiales de la C.L. y F.C.S.A. (figura 5).**

Jefe de sección. - Es el encargado de controlar, coordinar y aprobar el trabajo desarrollado en la sección de normas y en la sección de materiales y transformadores.

- **Departamento de normas**

Jefe del Departamento. - Es el encargado de la normalización interna y externa del mismo

Sub-jefes de departamento. - Realizan la revisión y control de las nuevas normas, así como las modificaciones a las mismas.

Auxiliares. - Existen cuatro en este departamento, de ellos, dos se encargan de efectuar los trabajos referentes a las nuevas normas y los restantes se dedican a llevar a cabo las revisiones y modificaciones de las mismas.

- Departamento de Materiales y transformadores

Jefe del Departamento. - Está encargado del control de inventarios y de las existencias de materiales y transformadores.

Sub-jefes de departamento. - Están encargados de revisar el equipo de nueva adquisición, refacciones, estadísticas y material con problemas de fabricación.

Auxiliares. - De los cuatro existentes, dos de ellos tienen a su cargo la realización de concursos para la compra de materiales, realizan estadísticas, pronósticos anuales encargándose también de las dictaminaciones técnicas. Los restantes realizan las mismas funciones pero en lo referente a transformadores.

4.3. Normalización en las Empresas Privadas

Después de recorrer algunas de éstas, fue posible ob-

SECCION DE NORMAS Y MATERIALES
C.L. Y F.C., S.A.

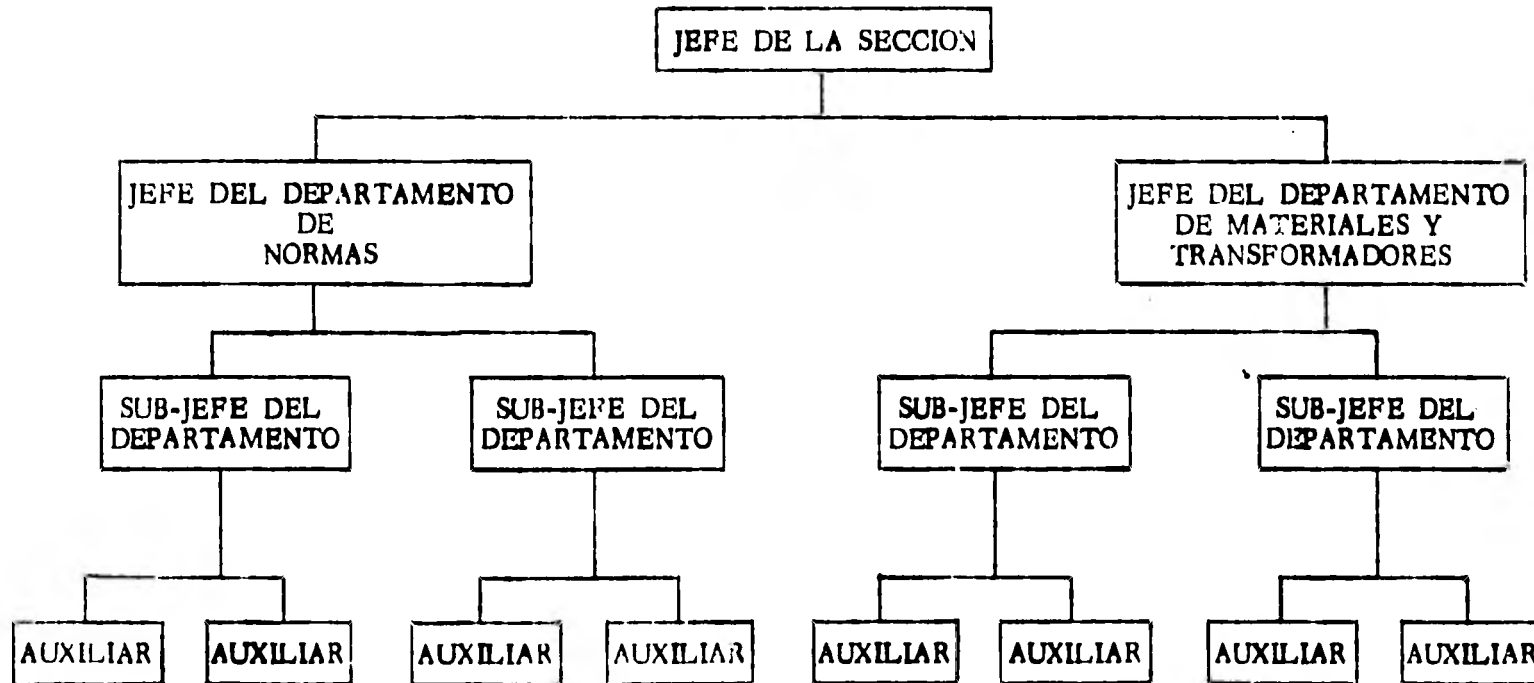


FIGURA 5

servar varios detalles interesantes sobre la normalización seguida en estas empresas: las empresas de mayor capacidad económica y productiva generalmente tienen un departamento especializado en éstos trabajos y dicho departamento se encarga de crear normas para uso interno de la empresas, estas normas internas o propias generalmente son normas adoptadas de otros países, esta circunstancia se dá, debido a que algunas empresas establecidas en México dependen directamente de empresas extranjeras, de esta manera, las normas internas establecidas son las seguidas por la Casa Matriz Extranjera, sólo con algunas modificaciones para conseguir que se adapten completamente a las necesidades locales.

Estas empresas también manejan las normas nacionales ya que algunas veces los compradores solicitan en los productos un total apego a ellas. Y cuando se entablan relaciones comerciales con compradores importantes se adaptan a las necesidades establecidas en las normas que estos últimos les presentan.

Desafortunadamente en empresas más pequeñas el proceso de normalización no alcanza estos niveles sino que algunas se basan en las normas nacionales y en las normas de compradores importantes, sin contar con absolutamente ninguna norma

propia. Lógicamente, no cuentan con un departamento completamente dedicado a normas, sino que tienen personal que desempeña esta función como una más de sus obligaciones.

Pero existen empresas en condiciones aún más lamentables en éste aspecto, son aquéllas que ignoran por completo la existencia de normas, encontrándose esta situación en las empresas más pequeñas.

Sin embargo, en general, debido a que los compradores cada vez exigen mayor calidad y un apego más estricto a las normas los fabricantes se verán obligados a mantenerse más informados sobre la creación y las modificaciones de las mismas, de la misma forma, esto propiciará mayor intervención en los trabajos desarrollados en el CCONNIE.

CAPITULO V

Elaboración e Implementación de normas, ejemplo de una norma y determinación de su efecto en la Industria Eléctrica Nacional.

5.1. Pasos de que consta el proceso de elaboración e implementación de normas efectuado dentro de la sección técnica del CCONNIE.

a) Investigación Bibliográfica. - Una vez detectada la necesidad de normalizar, se procede a consultar las diferentes fuentes bibliográficas, para contar con información base relativa al asunto en cuestión; tales fuentes son: normas internacionales, normas nacionales extranjeras, así como otros documentos relacionados con el producto, incluyendo normas oficiales mexicanas.

b) Identificación de los Sectores. - Se localizan los fabricantes y consumidores del producto a normalizar, así como aquellos institutos de investigación científica y de enseñanza superior relacionados con el tema.

c) Investigación Industrial. - Se efectúan visitas a fábricas y consumidores del producto, con el objeto de conocer los problemas de los primeros y las necesidades de los segundos, entre los puntos más importantes abordados en esta investigación

se mencionan los siguientes:

- Investigación de los parámetros más importantes en la elaboración del producto.
- Métodos de control de calidad que son empleados.
- El producto, ¿se fabrica o no en el país?

d) Juntas de normalización. - El subcomité de trabajo se reúne cuantas veces sea necesario, para que todas las partes afectadas expongan sus puntos de vista, y en conjunto se elabore un anteproyecto de la norma.

e) Elaboración del anteproyecto de norma. - Con la información previamente recabada, se procede a elaborar el anteproyecto de la norma, siguiendo la siguiente secuencia:

- Estructuración del anteproyecto de acuerdo a la norma NOM-R-50 vigente: esta estructuración incluye los siguientes aspectos:

- (i) Revisión de los puntos que establece la norma NOM-R-50.
- (ii) Título.
- (iii) Objetivo.
- (iv) Campo de aplicación
- (v) Definiciones.
- (vi) Especificaciones.
- (vii) Muestreo.
- (viii) Métodos de prueba.
- (ix) Mercado.
- (x) Bibliografía.
- (xi) Concordancia con otras normas.

- Elaboración de los dibujos de acuerdo con el formato establecido.

En cada Anteproyecto se deben elaborar los dibujos que se requieran, los cuales deben ir de acuerdo con el formato establecido.

- Elaboración del Anteproyecto el cual deben mecanografiarse en papel normalizado tamaño A4.
- Revisión de la mecanografía por parte del técnico encargado. El técnico encargado de la elaboración del Anteproyecto debe revisar la mecanografía y ortografía del mismo.

f) Envío del Anteproyecto por parte del Subcomité, al Gerente Auxiliar Ejecutivo del CCONNIE para que se haga circular a la DGN, a fabricantes, consumidores e instituciones de investigación, científicas y de enseñanza superior, relacionadas con el producto o método a normalizar, por espacio de 30 días.

g) Cita para revisión final, con la participación del representante de la DGN.

h) Firma del Acta de terminación del proyecto.

i) Juntas de Normalización. - Los comentarios del Anteproyecto de Norma, que ha sido puesto a circular entre los sectores interesados, se estudian en juntas de normalización, en ellas se deben presentar las observaciones que cualquiera de los interesados quiera someter a consideración del subcomité en pleno, para que se discuta y se decida sobre las mismas.

De haber aprobación de por lo menos dos terceras partes de los sectores participantes, se dá la aprobación norma CCONNIE y se procede a su tramitación ante la DGN para ser autorizada como norma oficial mexicana.

En caso de haber alguna inconformidad de alguno de los sectores o de las entidades pertenecientes al mismo se debe proceder de la siguiente manera:

- Si no se logró la aprobación como mínimo de las dos terceras partes de los sectores, la norma no podrá ser aprobada y se debe programar nuevamente la discusión de los puntos en conflicto hasta lograr la mayoría aprobatoria.
- Si se obtuvo la aprobación de por lo menos las dos terceras partes de los sectores participantes, debe aprobarse la norma, haciendo referencia en

su prefacio la inconformidad del sector o entidad correspondiente, si así lo solicita ésta, se procede según se indica en el reglamento para la elaboración de los proyectos de normas eléctricas.

j) **Ratificación como Norma Oficial Mexicana.** - Los proyectos son enviados a la Dirección General de Normas dependiente de la SEPAFIN con el objeto de ser revisadas y estudiadas.

Estos proyectos son declarados como Normas Oficiales Mexicanas, mediante la publicación de las mismas en el Diario Oficial de la Federación.

5.2. Ejemplo de Norma

Dentro del total de normas oficiales mexicanas realizadas en el CCONNIE, se puede destacar la norma NOM-j-169-1978 "Métodos de prueba, Transformadores de Distribución y Potencia", debido a la enorme importancia que estos elementos tienen dentro del proceso de distribución de energía eléctrica.

Debido a que, en la actualidad, la dependencia de la energía eléctrica es casi total, se ha tornado necesario aumentar el grado de

confiabilidad de todo el equipo que hace posible el aprovechamiento de la misma. Un camino para alcanzar esta meta es el adecuado control de calidad, tanto en la fabricación como en la reparación del equipo eléctrico por medio de la realización de pruebas que hagan saber si este equipo funcionará adecuadamente en condiciones normales. Estas pruebas, para el caso de los transformadores de distribución y potencia, son enumeradas y detalladas en la norma antes mencionada.

En la elaboración de la norma NOM-j-169-1978, intervinieron miembros de los tres sectores aludidos: Sector fabricante, Sector consumidor y Sector de interés general, representando al primero: Electrotécnica, S.A., General Electric de México, S.A., Industrias IEM, S.A. de C.V., Productos Industriales CM, S.A., Industrial Eléctrica, S.A., Delta Mex, S.A. e INDAEL, S.A.; el segundo sector fue representado por la CFE y la Cía. de Luz y Fuerza del Centro, S.A., y el Sector de Interés General fue representado por el Instituto Mexicano del Petróleo.

En esta norma se mencionan las pruebas a las cuales debe someterse, a los transformadores tanto de distribución como de potencia. Dichas pruebas se han clasificado en tres tipos:

- **Pruebas de Prototipo.**- Son aquéllas aplicables a un transformador considerado representativo de todo un conjunto, cuyas características son, supuestamente, iguales. Es importante hacer notar que el prototipo debe también someterse a las pruebas de rutina.

- **Pruebas de Rutina.**- Son aquéllas que se deben aplicar a todas y cada una de las unidades que componen un lote de producción.

- **Pruebas Opcionales.**- Son pruebas aplicables únicamente a solicitud del comprador.

Además, el comprador puede acordar con el fabricante cuáles son las pruebas que desea que se efectúen, con lo que pueden tenerse otros dos grupos dentro de la clasificación:

- **Pruebas de Aceptación.**- Son aquéllas que, a consideración del comprador demuestran que el transformador cumple con las especificaciones señaladas.

- **Pruebas Especiales.**- Son las pruebas acordadas entre fabricante y comprador y que no están incluidas entre las de rutina y prototipo.

Estas situaciones se presentan con frecuencia en los

productos de exportación, cuando el comprador exige se cumplan pruebas según normas nacionales de su país.

En la tabla siguiente, se resumen el total de pruebas establecidas por esta norma, mencionándose si se consideran pruebas de prototipo, opcionales o de rutina, para el caso de transformadores de potencia y transformadores de distribución.

5. 3. Efecto de la norma oficial mexicana NOM-J-169-1978 "Métodos de prueba, transformadores de distribución y potencia".

Después de un recorrido por algunas empresas fabricantes de transformadores, pudimos observar que, en efecto, se somete a estos a las pruebas de rutina especificadas, en la norma, siguiendo los métodos señalados, pero con el importante detalle de que cuando el lote de producción es numeroso, el comprador accede a no probar todos y cada uno de los transformadores, sino únicamente, se procede a muestrear, el lote para someter a las pruebas, solamente a un número significativo de transformadores del mismo, para que con base a los resultados así obtenidos, aceptar o rechazar la totalidad del lote de transformadores que se pretende adquirir.

P r u e b a s	Distribución			Potencia		
	Prototipo	De rutina	Opcional	Prototipo	De rutina	Opcional
Características de los componentes	X			X		
Características físicas del conjunto		X			X	
Resistencia óhmica	X				X	
Resistencia de los aislamientos		X			X	
Relación de transformación		X			X	
Polaridad o secuencia de fases		X			X	
Pérdidas de excitación		X			X	
Corriente de excitación		X			X	
Pérdidas de carga		X			X	
Impedancia		X			X	
Elevación de temperatura	X			X		
Rigidez dieléctrica del aceite		X			X	
Potencial aplicado		X			X	
Potencial inducido		X			X	
Impulso	X		X	X		X
Hermeticidad		X			X	
Vacío				X		
Operación y calibración de accesorios		X			X	
Factor de potencia del aceite		X			X	
Factor de potencia de los aislamientos			X		X	
Nivel de ruido			X			X
Pérdidas, corriente de excitación e impedancia a tensiones, cargas o frecuencias no nominales			X			X
Elevación de temperatura a capacidades distintas de las nominales			X			X

La gran mayoría de las empresas fabricantes carecen del equipo necesario para realizar algunas de las pruebas consideradas de prototipo, específicamente la prueba de impulso, debido a que resulta económicamente incosteable invertir en el mismo cuando sólo se trabajará en contadas ocasiones con él, de esta forma, al solicitarlas el cliente es necesario recurrir a alguno de los laboratorios (CFE, IPN, IEM) que disponen del equipo necesario para llevarlas a cabo, lógicamente el gasto económico que esta acción arroja es solventado por el cliente.

Es importante mencionar también, que las normas presentadas por algunos compradores, en términos generales se apoyan en las normas oficiales nacionales, los mismos métodos de prueba, pero las variaciones estriban en detalles técnicos (valores, tolerancias, etc.) que deben cumplirse para lograr cubrir las necesidades particulares de cada caso. Tales normas "propias" de cada empresa son creadas en sus respectivos departamentos de normalización.

CAPITULO VI

Conciusiones Generales

6. 1. Después de observar el trabajo desarrollado en el Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica surgen comentarios importantes en torno a su estructuración, así como al papel que desempeña dentro del desarrollo de la Industria Eléctrica en nuestro país.

El CCONNIE trabaja con la firme intención de cumplir con los programas y objetivos que él mismo se ha trazado, sin embargo, éstos no son del todo alcanzados por varios factores, que ameritan el análisis y el comentario, a saber:

- a) Falta de apoyo económico

El CCONNIE subsiste gracias a la colaboración económica de todos sus miembros, mediante el pago de una cuota mensual; pero encontramos que esta aportación resulta insuficiente, ya que los propósitos del Comité requieren de inversiones, para fines de investigación e incluso para contar con personal de mayor capacidad, para dirigir y coordinar los trabajos desarrollados por los subcomités. No obstante lo an-

terior se realizan grandes esfuerzos para lograr sus objetivos trazados.

Resulta común que en nuestro país las dependencias gubernamentales dispongan de gran apoyo económico, en ocasiones no aprovechado; sin embargo, este comité que persigue adelantar el nivel de desarrollo tecnológico y sembrar orden en ese campo, vé frenada su marcha al toparse con la barrera que representa la falta de recursos económicos.

b) Falta de difusión.

Hemos encontrado que las normas CCONNIE son, para muchos, desconocidas, existen fabricantes y compradores de equipo eléctrico que no tienen noticias de lo que es el CCONNIE, de los trabajos que realiza, ni de la gran importancia de estos.

En las escuelas de Ingeniería observamos que existe una total ignorancia sobre lo que es la normalización, sobre lo que es el CCONNIE y sus trabajos; esto resulta completamente ilógico si tomamos en cuenta que los alumnos de Ingeniería son los futuros coordinadores y conductores de los sectores productivos. Esta situación es una consecuencia de lo ya antes mencionada falta de apoyo económico, ya que la difusión debería llegar a las industrias y a las escuelas superiores.

res de Ingeniería en forma de conferencias, boletines, etc., sin embargo en este momento, los integrantes del consejo directivo podrían dar el primer paso si se propusieran difundir los trabajos realizados en el Comité y la esencia misma de éste en las escuelas de Ingeniería, ya que muchos de ellos están estrechamente ligadas con estas instituciones.

c) Subcomités Desorganizados

Al asistir a los trabajos desarrollados por varios subcomités de trabajo, encontramos que, algunos miembros de los mismos muestran desinterés en los trabajos a desarrollar.

Este hecho provoca grandes problemas, tales como el retraso en la realización de los trabajos y una considerable baja en la calidad de los mismos.

La causa de esta falta de interés es, principalmente, la ignorancia de los miembros sobre el tema de normalización a tratar, situación debida a que muchas empresas fabricantes y compradoras designan sus representantes, sin analizar si su experiencia y su capacidad son las adecuadas para esperar de ellos una participación activa dentro de los grupos de trabajo.

Esta situación, completamente desfavorable para

los fines del CCONNIE podría eliminarse, si los fabricantes y Compradores de equipo eléctrico contaran con personas completamente dedicadas a atender y realizar los trabajos del CCONNIE, y de todo lo relacionado a normas dentro de su empresa, esto, visto a la ligera podría considerarse como un gasto que no se justifica, pero basta analizar los beneficios, en todos los ordenes que proporciona la normalización bien llevada a cabo para concluir que ese gasto en realidad no es tal, sino, más bien, debe considerarse como una inversión.

6. 2. Empresas Productoras (fabricantes) .- Los fabricantes de equipo eléctrico pueden clasificarse en tres grupos, tomando como base su respaldo económico y su importancia dentro del mercado nacional, estos son:

a) Grandes fabricantes

Después de realizar un recorrido por varias empresas fabricantes, observamos que los grandes fabricantes cuentan con normas desarrolladas por ellos mismos, además de las normas nacionales CCONNIE y otras normas extranjeras que deben cumplir cuando el cliente así lo requiere, sin embargo, algunas ocasiones sus productos no cumplen con estas normas, no siendo esto obstáculo para que esos productos salgan al mercado. Esto es posible ya que las empresas

fabricantes y compradoras pueden llegar a establecer acuerdos, y si el comprador considera que los puntos de la norma que no se cumplen no son tan determinantes como para rechazar el producto, lo acepta mediante el pago de una multa (reducción del precio de compra establecido), situación previamente establecida en el contrato de compra-venta.

Generalmente estos fabricantes venden sus productos a los consumidores más importantes del país (CFE, PEMEX, etc) y pudiera pensarse que éstos, exigirán a los fabricantes que dichos productos cumplan al pie de la letra con las normas establecidas, lo cual es cierto, sin embargo, cuando esto no sucede se aplica el sistema de multas antes mencionadas, y cuando los inspectores de los compradores consideran que no se cumplen incisos importantes de las normas, rechazan los productos. Sin embargo en algunos casos estos productos de calidad dudosa parece ser que son introducidos al mercado por diversos medios sin tomar en cuenta finalmente los requisitos especificados por las normas.

b) Medianos fabricantes

Son empresas que no cuentan con ninguna norma propia. La fabricación de sus productos se basa en las normas nacionales, y en las normas particulares de compradores

importantes cuando estos lo requieren, eventualmente algunas normas Internacionales.

Estos fabricantes son, en realidad, los que se ven más obligados para cumplir con las normas, debido a que su importancia no es la máxima; lógicamente su influencia en los grandes niveles no resulta definitiva para conseguir introducir en el mercado productos de calidad dudosa. Sin embargo, también en estos casos se aplica el sistema de multas cuando los productos no se alejan demasiado de las especificaciones convenidas.

Muchas de las veces, resulta realmente imposible cumplir con las normas establecidas a un 100%, debido a que los productos han sido fabricados con materiales que a su vez no cumplen con sus respectivas normas de calidad; así el fabricante queda dentro de una gran problemática: sabe que está fabricando artículos de una calidad dudosa, debido a la baja calidad de los materiales y lo sigue haciendo, buscando después los medios para que le sean aceptados, pues de otra forma, se vería obligado a parar su producción, y tal vez, nunca reanudarla si exige a sus proveedores materiales de primera calidad, aquélla que cumplan con sus normas respectivas.

c) Pequeños fabricantes

Generalmente operan en pequeños talleres, que, las más de las veces, pasan inadvertidos, y sus clientes son particulares sin mayor importancia.

Este tipo de fabricantes en realidad no aplica ninguna norma para la fabricación de sus productos, y no la aplica porque le son desconocidos y algunas veces aunque las conozca no las aplica por la simple y sencilla razón de que sus compradores no lo exigen, así, resulta claro, que si no se le exige calidad al fabricante, difícilmente éste la proporcionará por sí sólo. Y aún y cuando sepa que fabrica productos de baja calidad, seguirá haciéndolo si habrá de seguir vendiendo, ésta es una situación que se presenta en nuestro medio debido a que en él hay mercado para todos y esto hace que muchos fabricantes no perfeccionen métodos para la fabricación de sus productos, introduciéndolos en el mercado sin que cumplan las normas de calidad establecidas.

Sin embargo, existe una situación que nos hace pensar que estas condiciones se terminarán; tal hecho es que la compañía encargada del suministro de energía eléctrica en México (CFE), se ha propuesto probar, conforme a sus propias normas todos los materiales eléctricos que le sean pre-

sentados por los particulares al solicitar el servicio, de tal forma que cuando los elementos eléctricos no las cumplen, simple y sencillamente se rechazan. Así, el comprador particular lógicamente rechazará también el producto donde lo compró y exigirá otro de mejor calidad, que sea capaz de pasar las pruebas a la que es sometido.

Y ahora si, aquellos que no conocían las normas, o las ignoraban se verán obligados a aplicarlas y a buscar el contacto permanente con ellas.

6.3. Conclusiones Finales

Después de analizar lo que son y lo que representan las normas, así como la forma en que se crean y los tipos de organizaciones especializadas en este proceso podemos enumerar algunas conclusiones importantes:

a) Podemos concluir que las normas se emplean por Economía pura, ya que resulta más barato diseñar o construir a partir de normas plenamente aceptadas, que empezar desde el principio. Además, es posible mejorar los diseños usando componentes reales y ya probados, esto es, con todas sus fallas al descubierto.

Con el empleo de normas se reducen los desperdicios en la fabricación; y, si el producto se vende en otro país, la mayor parte de las veces tendrá que conformarse a las normas nacionales de ese país, para cubrir, en realidad, la necesidad para la cual fue creado, necesidad que debe ser planteada en función de los requerimientos locales.

Cuando se emplean normas para la selección de componentes, materiales y métodos de fabricación resultan más baratos y generalmente los resultados obtenidos son mejores que cuando se pasan por alto.

b) No obstante las ventajas que el uso de normas proporciona, encontramos que en muchas ocasiones no se emplean y esto se debe entre otras razones a que desafortunadamente no se difunden las normas, a nadie se le dice que existen, sino que todos se las encuentran por casualidad.

Otros argumentos que el uso de normas propicia el "congelamiento" de sus productos. Pero no es así, ya que las normas son flexibles, y el proceso de normalización es totalmente dinámico ya que se revisan periódicamente para incorporar a ellas todos los adelantos tecnológicos.

c) En realidad no encontramos con una cadena, en

el medio industrial todos necesitan de todos y cuando alguno se desentiende de la baja calidad de sus productos, lógicamente afecta a los que dependen de él. Un ejemplo claro de esta situación la encontramos con los fabricantes de transformadores, los cuáles muchas veces reciben materiales de baja calidad tales como: lámina defectuosa, aceite aislante malo, sin cumplir normas de rigidez dieléctrica, papel de grueso y cortes no uniformes, etc. Así el fabricante difícilmente puede conseguir que sus productos terminados cumplan con las normas que se le exigen, entonces, la problemática tiene fondo, no es sencilla, no son unos cuantos los involucrados en ella, sino, por el contrario son todos los que de alguna forma tienen contacto con el medio industrial y se encuentran relacionados con el.

6.4. - Recomendaciones Finales

Una vez realizado este trabajo. después de haber tocado el fondo del problema, podemos decir que la normalización en nuestra Industria Eléctrica no ha alcanzado aún los niveles más altos, esto lógicamente perjudica, incluso, nuestra economía ya que se gasta dinero y tiempo en la fabricación de artículos que no van a reeditar con su rendimiento lo que se puede considerar lógico tomando en cuenta la inversión realizada.

Nosotros creemos, que debe implantarse el proceso de normalización pero de manera exhaustiva, a fondo, que no quede ningún eslabón de la cadena fuera de esta acción. Lógicamente tendríamos que comenzar este proceso esperando que el gobierno no proporcionara el respaldo necesario al Comité encargado o relacionado con esta cuestión para que él, a su vez, iniciara la difícil labor.

Que se hiciera una amplia difusión de las normas y de todo lo relacionado con ellas, a nivel escuela, que todos los futuros Ingenieros conocieran los que representan, y así, al integrarse a la industria, tendrían un conocimiento que los empujaría a buscar métodos más eficientes de fabricación para, al menos, cumplir con las normas de calidad establecidas, para que en el momento en que funjan como consumidores de equipo eléctrico, sepan que pueden y deben exigir calidad.

Importante resulta también llevar esta labor al campo industrial, imbuir la idea de que las normas funcionan como instrumento positivo para el desarrollo particular y nacional, que no es tanto la obligación de cumplirlas sino las ventajas que arroja hacerlo. Conseguir que los que conocen las normas y sus efectos, reafirmen sus ideas, y los que las ignoran, dejen de hacerlo, en síntesis convencerlos de que la normalización no

arroja más que beneficios.

Esta tarea nacional es ambiciosa, no puede hacerse de la noche a la mañana, sino que representa todo un proceso, sin embargo, llevarla a cabo es adelantar un gran paso, es intentar llegar al nivel de los más desarrollados. Lógicamente esto no es fácil, implica grandes esfuerzos, pero sentimos que ya es hora de empezar.

APENDICE A

Pruebas de rutina que se incluyen en la Norma Oficial Mexicana NOM-J-169-1978 "Métodos de prueba, para transformadores de Distribución y Potencia".

Notas Preliminares

Las pruebas de rutina que se especifican en esta norma son 13, a continuación se describen todas ellas, así como sus respectivos métodos de prueba. A menos que se especifique otra cosa, todas las pruebas incluidas en esta norma deben efectuarse siempre en la fábrica.

Se define como pruebas de rutina a aquéllas que deben efectuarse en todos los transformadores, de acuerdo con los métodos indicados en esta norma, para verificar si la calidad del producto se mantiene dentro de las tolerancias permitidas.

Descripción y métodos para efectuar las pruebas eléctricas

A-1 Medición de la resistencia óhmica de los devanados.

La medición de resistencia de los devanados tiene fundamental importancia para dos propósitos:

- a) para el cálculo de las pérdidas I^2R de los devanados.
- b) para cálculos de la temperatura de los devanados en la prueba de temperatura.

A.1.1. Determinación de la temperatura en frío.

Se debe determinar, con la mayor precisión posible, la temperatura de los devanados al hacer la medición de la resistencia en frío. Con tal objeto se deben tomar las siguientes precauciones:

- a) Condiciones generales.

La medición de resistencia en frío no debe hacerse cuando el transformador esté localizado en corrientes de aire o en un local donde la temperatura fluctúe rápidamente.

- b) Devanados fuera del líquido aislante y tipo seco.

La temperatura de los devanados debe registrarse como la lectura promedio de varios termómetros, colocados entre las bobinas, teniendo cuidado de que los elementos sensibles de los termómetros estén tan cerca como sea posible del conductor de los devanados. No debe suponerse que los devanados están a la misma temperatura que el aire alrededor de ellos.

c) Devanados sumergidos en líquido aislante.

La temperatura de los devanados debe suponerse igual a la temperatura promedio del líquido aislante, siempre y cuando el transformador haya estado en reposo de 3 a 8 horas, dependiendo de su tamaño, sin excitación y sin corriente en sus devanados antes de hacer la medición de resistencia en frío.

d) Tiempo de estabilización.

Cuando se mida la resistencia en frío, previamente a una prueba de temperatura, debe registrarse el tiempo de estabilización. El tiempo determinado de esta forma, debe dejarse transcurrir antes de tomar la primera lectura de resistencia después del corte.

A.1.2. Método de la caída de potencial.

El método de caída de potencial, debe emplearse únicamente si la corriente nominal del devanado del transformador es de por lo menos un ampere.

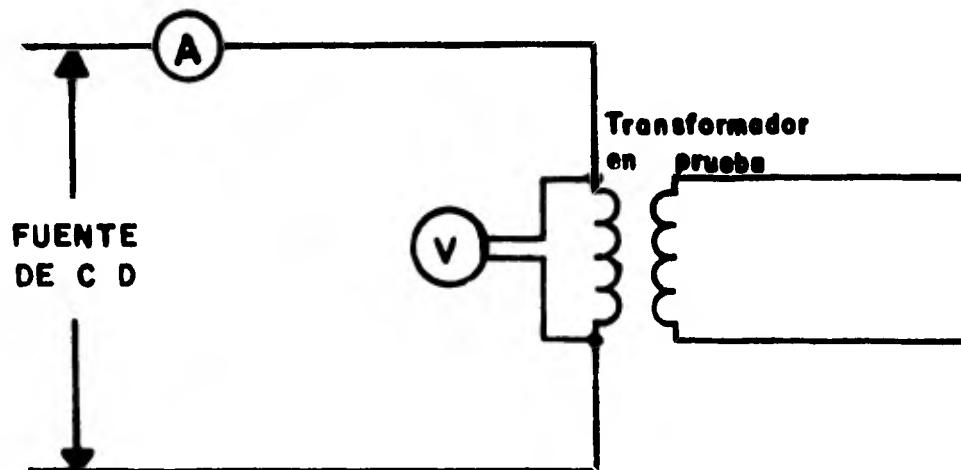
Este método consiste en hacer circular por el devanado una corriente directa, tomándose lecturas simultáneas de corriente y tensión empleando las conexiones mostradas en la Fig. 1. La resistencia se calcula con las lecturas obtenidas empleando

la ley de ohm, según sea el caso, se usará alguna de las siguientes fórmulas:

$$R = \frac{\text{Volts}}{\text{Amperes}}$$

$$R = \frac{\text{Milivolts}}{1000 \times \text{Amperes}}$$

Figura 1.- Conexiones para la medición de resistencia por el método de caída de potencial.



Es importante considerar, que para condiciones estables en corriente directa no existe ningún efecto reactivo en el devanado del transformador; siendo la resistencia óhmica de éste la única limitante al flujo de corriente, generalmente este valor no es grande, resultando necesario aplicar un valor pequeño de voltaje, de tal forma que la corriente circulante no exceda del 15% del valor nominal, ya que valores mayores pueden causar inexactitud debido al calentamiento del devanado.

Con el objeto de no incurrir en errores de apreciación, los instrumentos empleados en las mediciones deben ser de una escala tal que las lecturas se obtengan en el segundo tercio.

Para proteger el vóltmetro de sobretensiones, éste se debe desconectar del circuito antes de conectar o desconectar la corriente. Para mayores exactitud en los resultados obtenidos las lecturas deben tomarse hasta que la corriente y la tensión alcancen valores estables. Si el embobinado bajo prueba tiene derivaciones, es necesario medir la resistencia para cada una de ellas.

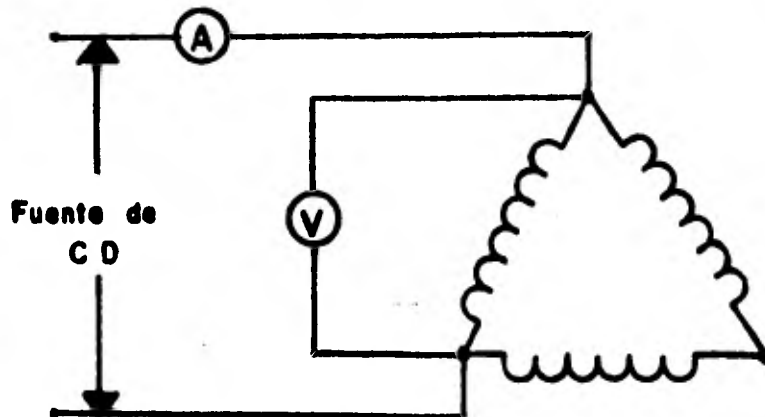
Para el caso de transformadores trifásicos en los cuales los embobinados están conectados en el interior del tanque, ya sea en circuito delta o en estrella, se calcula la resistencia de una fase, según el caso, efectuando la medición entre dos terminales del circuito, como se muestra en la Fig. 2. Si consideramos

R_1 la resistencia calculada mediante las lecturas y R la resistencia de una fase, tendremos las siguientes relaciones:

$$R_1 = \frac{\text{Volts}}{\text{Amperes}} ; \quad R_1 = \frac{\text{Milivolts}}{1000 \times \text{Amperes}}$$

$$R = \frac{3}{2} R_1$$

Figura 2



Para el caso ilustrado en la Fig. 3, la resistencia obtenida con el cálculo de las lecturas de volts y amperes es el valor de la resistencia de una fase.

En el caso de la Fig. 4 $R = \frac{R_1}{2}$, donde R_1 es la ya antes indicada.

Figura 3

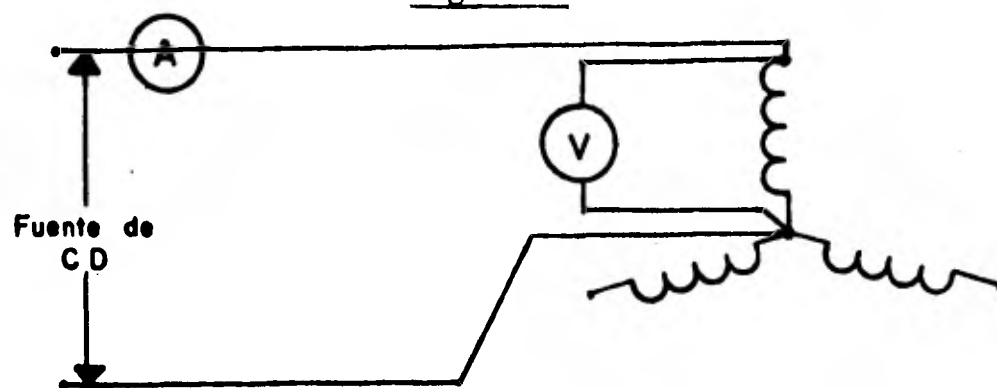
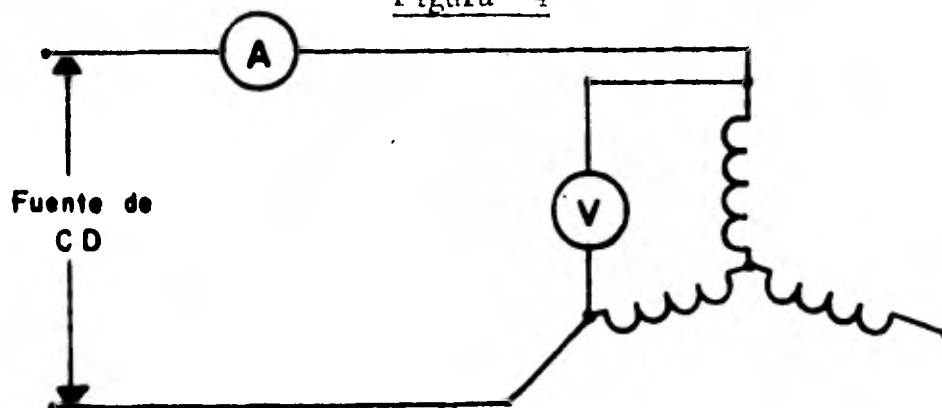


Figura 4



A.1.3. Método del puente.

El método del puente es aplicable en todos los casos de medición de resistencias. Presenta además grandes ventajas respecto al método de caída de potencial:

- Mayor precisión
- Conexión sencilla
- Circulación de corriente de muy pequeña intensidad.
- Mayor rapidez en la prueba

Los dos tipos de puentes más usuales son: el de Kelvin y el de Wheatstone; generalmente el primero es empleado en la medición de resistencias más pequeñas que el segundo, debido a que el puente de Kelvin tiene una línea por la cual circula la corriente y otra línea distinta para detectar la caída de potencial. Esta última terminal se conecta a las terminales del devanado bajo prueba, lo cual hace que la medición no incluya la caída en los cables de conexión, resultando, por consiguiente, mucho más exacta.

Debido a que la intensidad de corriente es pequeña no provoca calentamiento del devanado, por lo tanto este método se puede aplicar, incluso, para transformadores cuya corriente nominal sea menor que un ampere. Debido a que la medición se ob

tiene con bastante rapidez, se considera este método como el más adecuado para medir las resistencias al término de una prueba de temperatura.

Los diagramas de conexión usados para medir la resistencia ohmica de un transformador se muestran en las Figs. 5, 6 y 7. En ellas todos los cálculos para la resistencia de una fase en el caso de transformadores trifásicos son exactamente los mismos que en el caso de método de caída de potencial. Nótese que en este método se ha sustituido la línea del amperímetro por la línea de corriente del puente, y la línea del voltímetro por la línea de potencial.

Figura 5

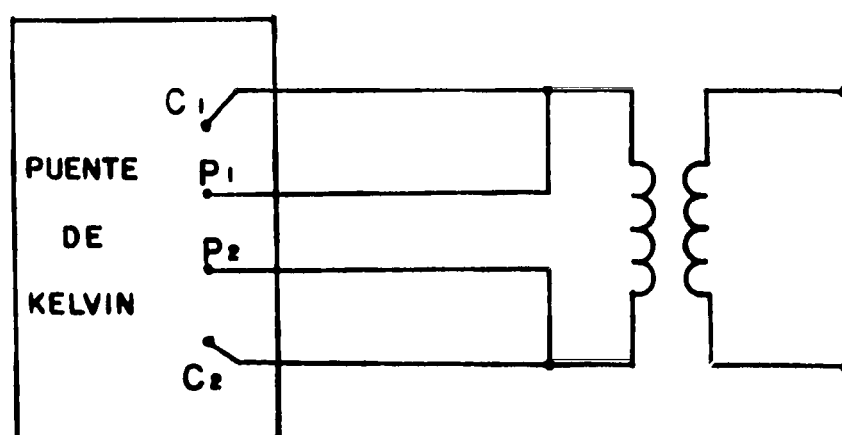
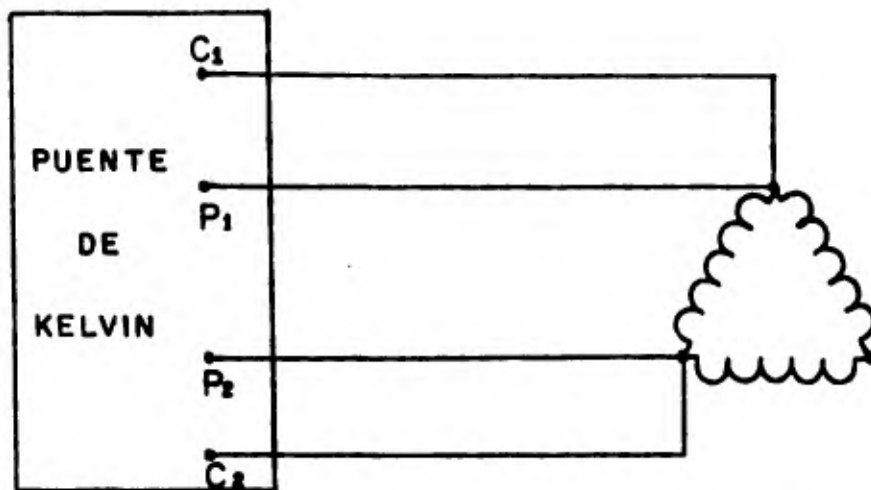
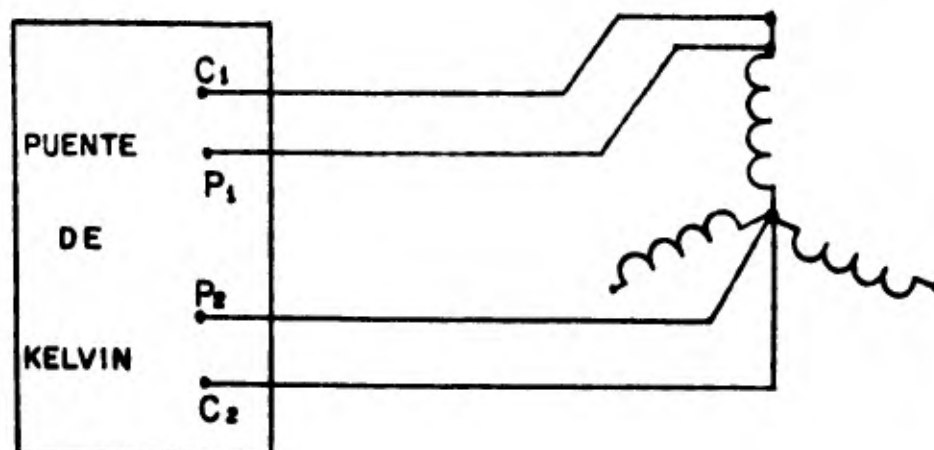


Figura 6Figura 7

A-2 Características físicas del conjunto.

Se debe comprobar que estén de acuerdo con lo especificado por el comprador y para el fin propuesto. Las dimensiones externas del conjunto, distancias dieléctricas, existencias y localización de accesorios cubiertos por la norma, así como los acordados adicionalmente.

A-3 Resistencia de los aislamientos del conjunto.

A.3.1. Objeto

Esta prueba nos indica el estado en que se encuentra el aislamiento de los devanados, ya que de éste depende grandemente el funcionamiento correcto y una larga vida útil del transformador.

Generalmente un buen nivel de aislamiento será indicado por un valor alto de resistencia (del orden de megohms); cuando no sucede así se podrá pensar en un exceso de humedad y contaminación en los devanados del transformador.

Esta prueba consta de tres incisos:

- Medición del aislamiento entre los devanados de alta y baja tensión.

- Medición del aislamiento entre los devanados de baja tensión y tierra.
- Medición del aislamiento entre los devanados de alta tensión y tierra.

A.3.2. Procedimiento.

En el desarrollo de la prueba, se emplea un pequeño generador de altas tensiones (500 a 2000 volts) conocido como megger, el cual indicará el valor de resistencia, de acuerdo a la corriente que proporcione al devanado.

Para efectuar esta prueba, deben cortocircuitarse las terminales de los devanados de una misma tensión nominal, y se conectan las puntas del megger de acuerdo al inciso de la prueba de que se trate. Las conexiones para cada inciso de la prueba se muestran en las Figs. 8, 9 y 10.

Figura 8.- Medición de la resistencia de aislamiento entre los devanados de alta y baja tensión.

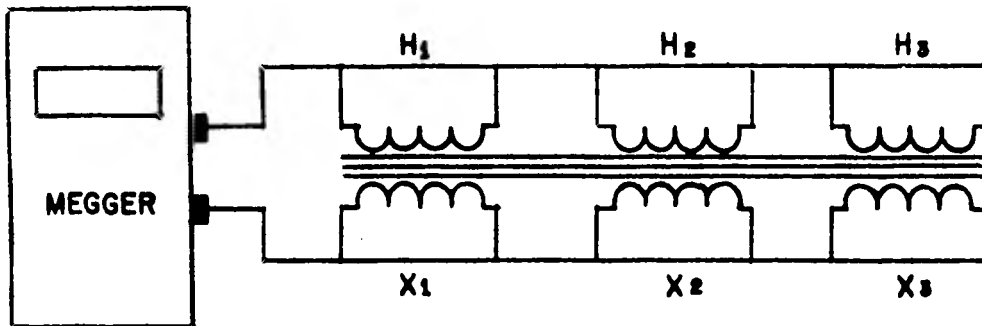


Figura 9.- Medición de la resistencia de aislamiento entre el devanado de alta tensión y tierra.

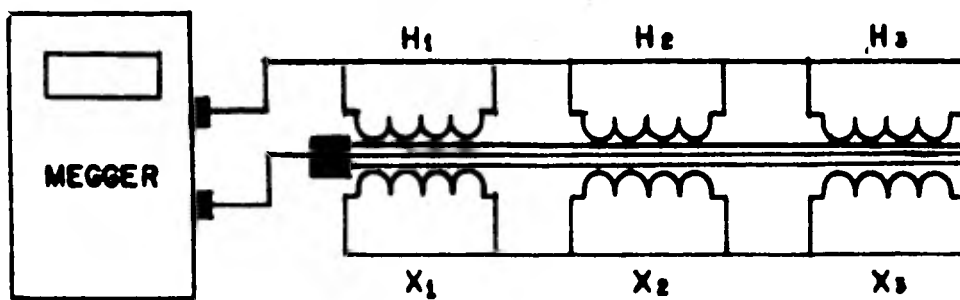
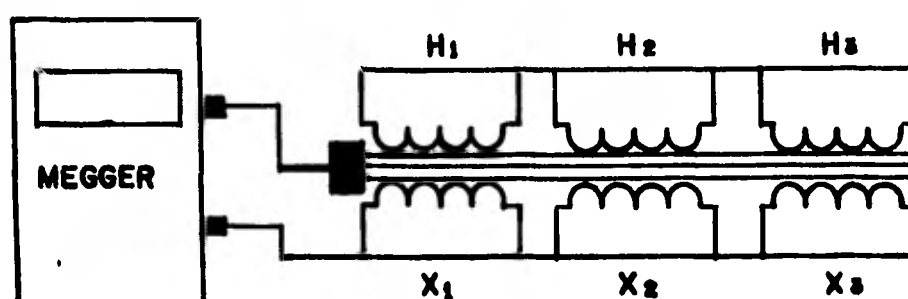


Figura 10.- Medición de la resistencia de aislamiento entre el devanado de baja tensión y tierra.



A-4 Tensión de ruptura dieléctrica del aceite.

Para que el aceite empleado en los transformadores cumpla adecuadamente con las funciones a él destinadas (refrigerante y aislante), es necesario que contenga un bajo nivel de contaminación, siendo, por lo tanto, necesario efectuar pruebas de mantenimiento preventivo que nos indiquen el grado de pureza que éste guarda.

Un aceite puro presenta una elevada rigidez dieléctrica,

reduciéndose paulatinamente ésta a medida que el nivel de contaminación aumenta, siendo necesario someterlo a procesos de filtrado con el objeto de eliminar humedad e impurezas, y dejarlo nuevamente en condiciones de ser utilizado.

A. 4. 1. - Realización. - Para efectuar la prueba, debe disponerse de un recipiente llamado "Copa de pruebas", la cual contiene un par de electrodos rígidamente montados; después de que el aceite a probarse se ha vertido en ella, se procede a aplicar una diferencia de potencial en los electrodos, ésta se aumentará gradualmente a razón de 3kv/segundo hasta que ocurra la ruptura.

Una vez determinada la ruptura se llenará nuevamente la copa con otra porción de la muestra y se repetirá el proceso para determinar nuevamente la ruptura.

Si se dá el caso de que ambos valores sean mayores que el de aceptación, se considerará que el aceite guarda un estado aceptable. Si esto no ocurre será necesario efectuar otras tres pruebas más de la muestra, entonces se toman el mayor y el menor de los cinco valores y su diferencia se multiplica por 3. Si el resultado de esta operación es menor que el valor inmediato superior a la lectura menor, debe obtenerse el promedio de los cinco valores obtenidos en las pruebas y considerarse este valor como la tensión promedio de ruptura.

Si no es así, deben obtenerse otras 5 lecturas más y considerarse el promedio de las 10 como la tensión promedio de ruptura.

A-5 Relación de Transformación

La relación de vueltas debe determinarse para todas las derivaciones, así como para todas las posibles conexiones de los devanados del transformador. La prueba de relación debe hacerse a tensión nominal o menor y a frecuencia nominal o mayor, sin carga.

En el caso de transformadores trifásicos, en los cuáles cada fase sea independiente y accesible, se recomienda usar de preferencia alimentación monofásica, sin embargo, cuando así convenga, se puede usar alimentación trifásica.

Si se da el caso en el cual los devanados de alta tensión están conectados en estrella y el neutro es inaccesible, se recomienda usar de preferencia alimentación trifásica, sin embargo, cuando así convenga, se puede usar alimentación monofásica.

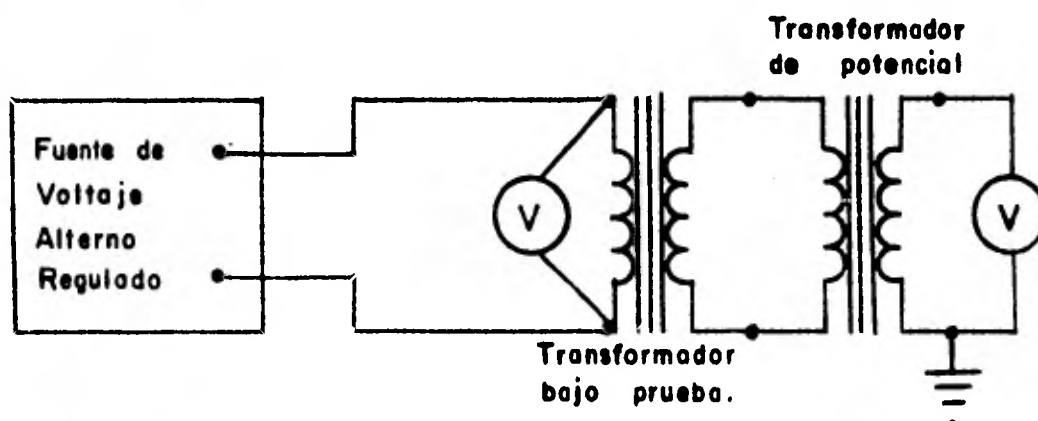
A.5.1. Métodos de prueba de Relación

a) Relación de transformación por el método de los vóltmetros. Se debe usar dos vóltmetros, con transformadores de potencial si es necesario, uno para medir la tensión del devanado de alta tensión y el otro para el devanado de baja tensión (Fig. 11) siendo la relación de transformación, la razón existen-

te entre éstas.

$$a = \frac{V_H}{V_X}$$

Figura 11.- Diagrama de conexiones para el método de los voltmetros empleando un transformador de potencial.



Se deben leer los dos vóltmetros simultáneamente. Para compensar los errores de los instrumentos, se debe tomar un segundo grupo de lecturas con los vóltmetros intercambiados. La relación de transformación se determina con el promedio de las lecturas.

Cuando se usen transformadores de potencial, sus relaciones deben ser tales que den lecturas en los vóltmetros aproximadamente iguales. De no ser así, se deben aplicar correcciones apropiadas a las lecturas de los vóltmetros.

Se deben hacer cuando menos 4 series de pruebas con tensiones distintas que difieran aproximadamente 10%. Si las relaciones calculadas con los valores anteriores, no difieren en más de 1%, el promedio de ellas es la relación de transformación. En caso contrario, las pruebas deben repetirse con otros instrumentos.

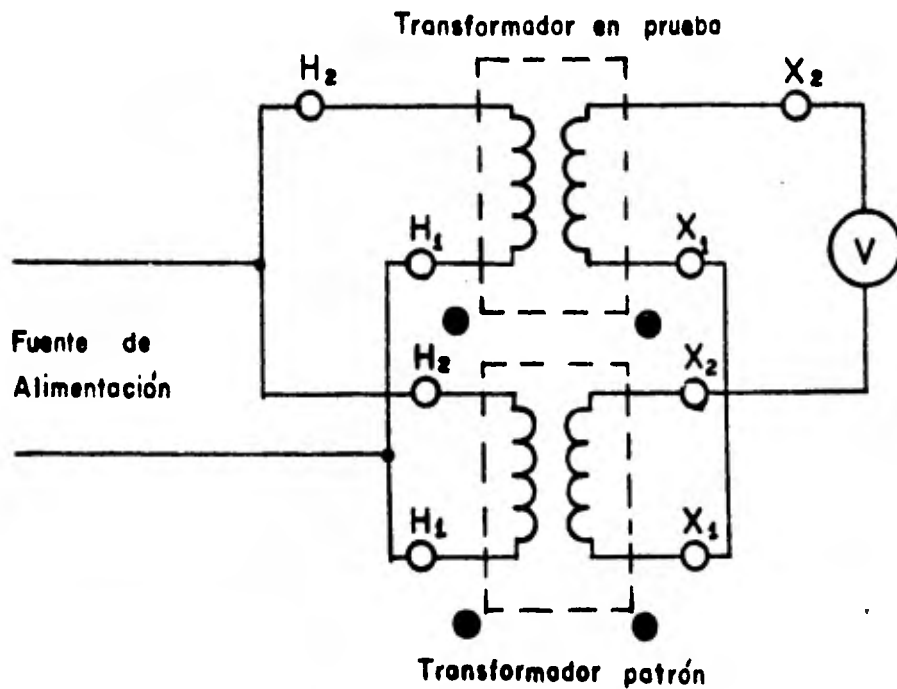
Cuando se prueban varios transformadores de relaciones iguales, se pueden aplicar las pruebas anteriores a una sola unidad y comparar ésta con las otras unidades usando el método del transformador patrón.

- b) Relación de transformación por el método del transformador patrón.

Este método es el más conveniente para medir con precisión la relación de un transformador. Cuando se va a probar se excita en paralelo con un transformador patrón de la misma relación nominal, y los otros dos devanados se conectan en paralelo, intercalándose un voltmetro o un detector entre dos terminales de igual polaridad (Ver Fig. 12), en caso de que éste marque cero se puede asegurar que el transformador probado tiene la misma relación que el transformador patrón.

En algunos casos el transformador patrón puede ser de relación variable (T.T.R), en éstos la relación de transformación se obtiene directamente.

Figura 12.- Conexiones para la medición de la relación de transformación por el método del transformador patrón.



Una variante del método del transformador patrón es la indicada en la Fig. 13, en la cual se emplean 2 vóltmetros para medir las tensiones secundarias.

Es necesario efectuar esta prueba con 4 lecturas a diferentes tensiones, y después otras 4 con los instrumentos de medición intercambiados. El promedio de los resultados obtenidos es la relación de transformación. Ya que ambos transformadores tienen el mismo voltaje de excitación:

$$V_1 a_p = V_2 a_x ; \text{ despejando } a_x :$$

$$a_x = \frac{V_1}{V_2} a_p$$

donde:

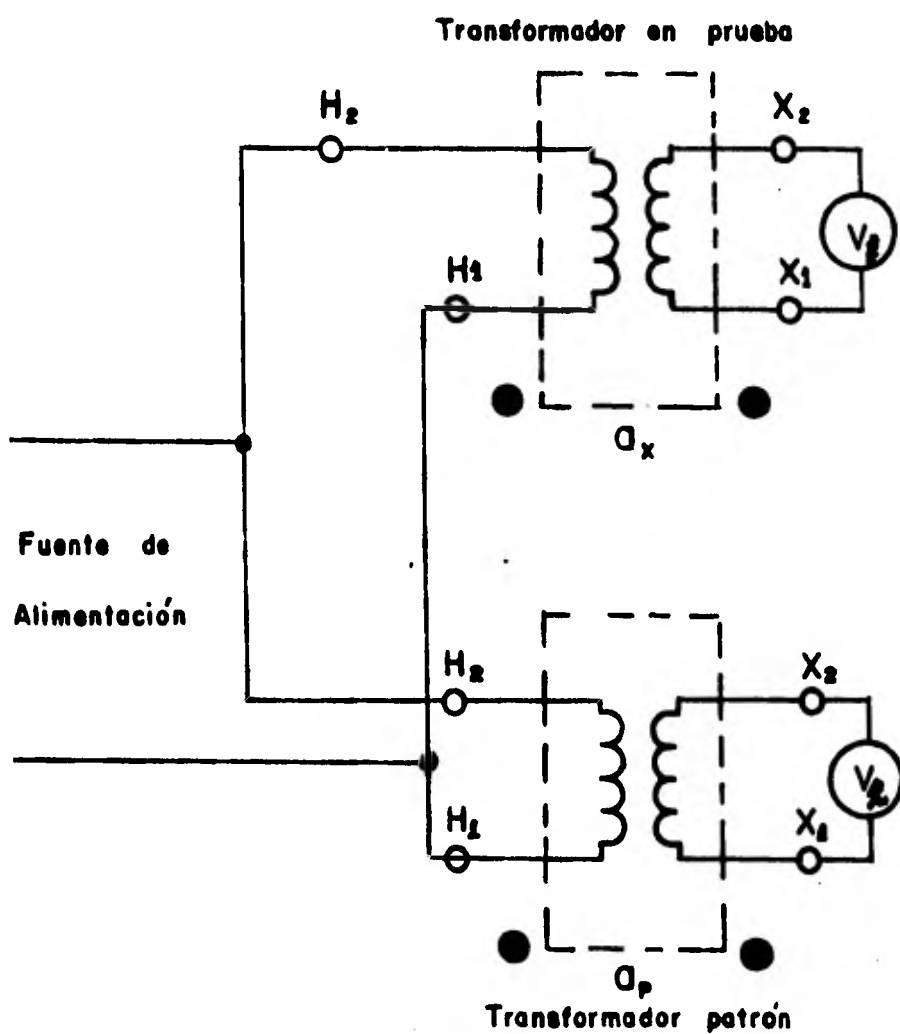
a_p = relación del transformador patrón.

a_x = relación del transformador a medir.

V_1 = Lectura del voltmetro en el transformador patrón.

V_2 = Lectura del voltmetro en el transformador a medir.

Figura 13.- Conexiones para la medición de la relación de transformación, variante del método del transformador patrón.

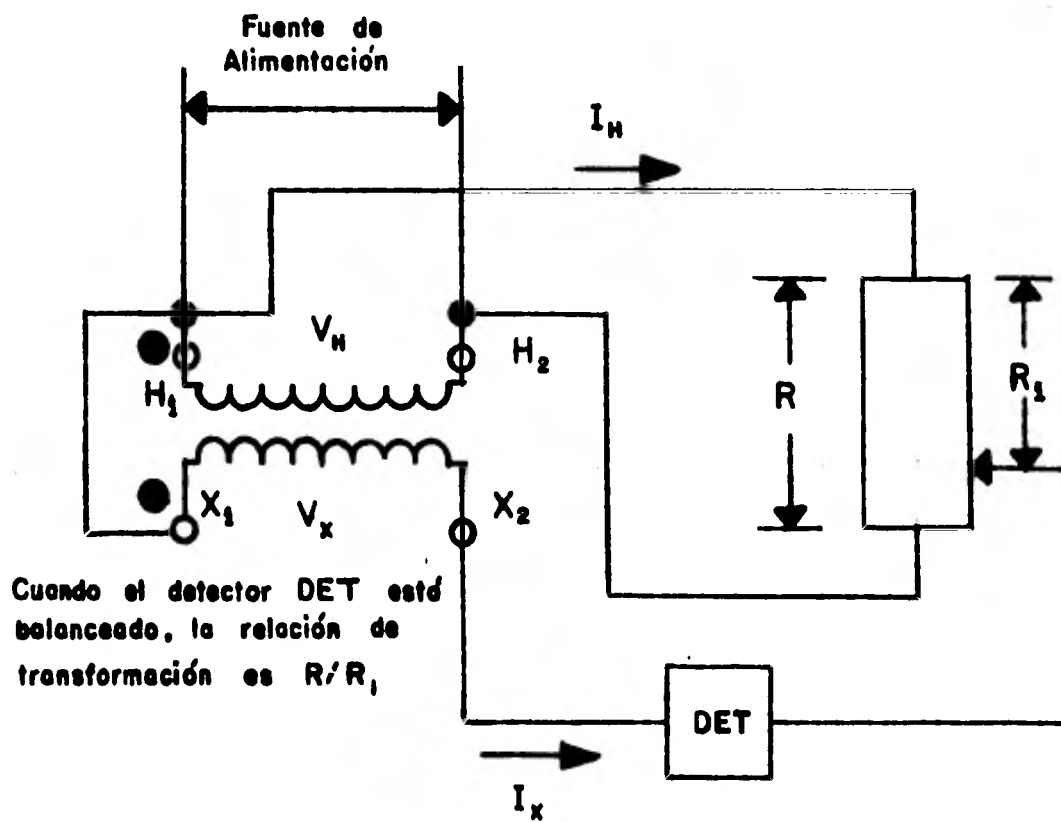


- c) Relación de transformación por el método de potenciómetro de resistencia.

Para determinar la relación del transformador, se puede utilizar un potenciómetro apropiado, preferentemente graduado para obtener la lectura de la relación de transformación, como se observa en la Fig. 14.

Al efectuar la prueba, el contacto móvil se desliza a lo largo de la resistencia del potenciómetro hasta el punto en el cual el detector indique cero. Entonces la relación de las resistencias del potenciómetro R/R_1 es igual a la relación del transformador.

Figura 14. - Circuito con potenciómetro de resistencia para la prueba de relación de transformación.



Analizando la Fig. 14 tenemos las siguientes relaciones:

$$I_H = \frac{V_H}{R} \quad \text{--- (1)}$$

$$I_X = \frac{V_X}{R_1} \quad \text{--- (2)}$$

Cuando el detector marque cero, se tendrá que:

$$I_H = I_X \quad \text{así:}$$

$$\frac{V_H}{R} = \frac{V_X}{R_1}$$

Por lo tanto, tendremos que:

$$\frac{V_H}{V_X} = \frac{R}{R_1} = \text{relación de transformación}$$

A-6 Polaridad o Secuencia de fases.

Esta prueba se realiza, principalmente, para poder efectuar la conexión adecuada de bancos de transformadores.

Generalmente, la prueba de polaridad se efectúa en transformadores monofásicos, en los cuáles no es difícil identificar entre sus cuatro terminales, las dos pares de ellas que tienen la misma polaridad.

Por el contrario, en el caso de transformadores trifásicos, donde se tienen seis, siete u ocho terminales, dependiendo del tipo de conexiones que tenga, no es sencillo identificar los pares de terminales de igual polaridad instantánea, por lo que en estos casos se recurre al concepto de Secuencia de fases.

A.6.1. Prueba de Polaridad.

Existen dos tipos de polaridad en transformadores, aditiva y substractiva; en las Figuras 15 y 16 se muestran los arreglos de los devanados correspondientes a las mismas.

En las figuras 17 y 18 se muestran los arreglos de las terminales correspondientes a polaridades aditiva y substractiva, respectivamente.

Figura 15. - Devanados en polaridad substractiva.

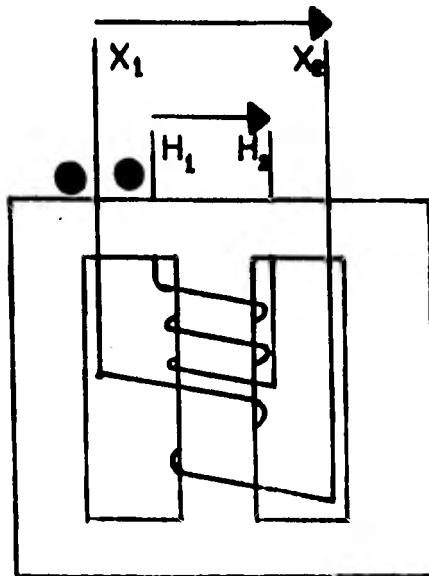


Figura 16. - Devanados en polaridad aditiva.

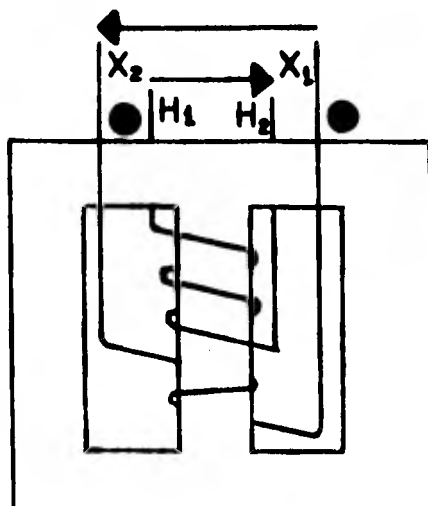


Figura 17. - Terminales en polaridad substractiva.

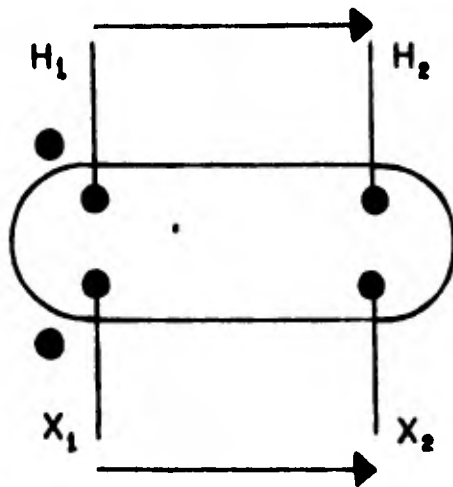
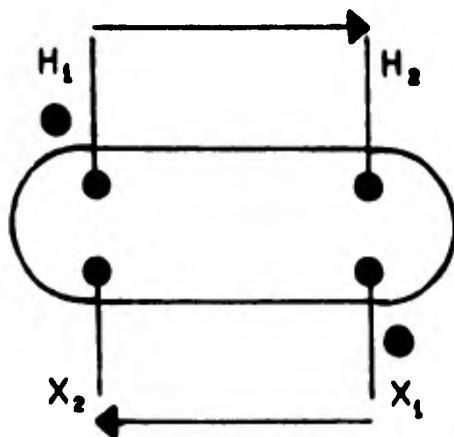


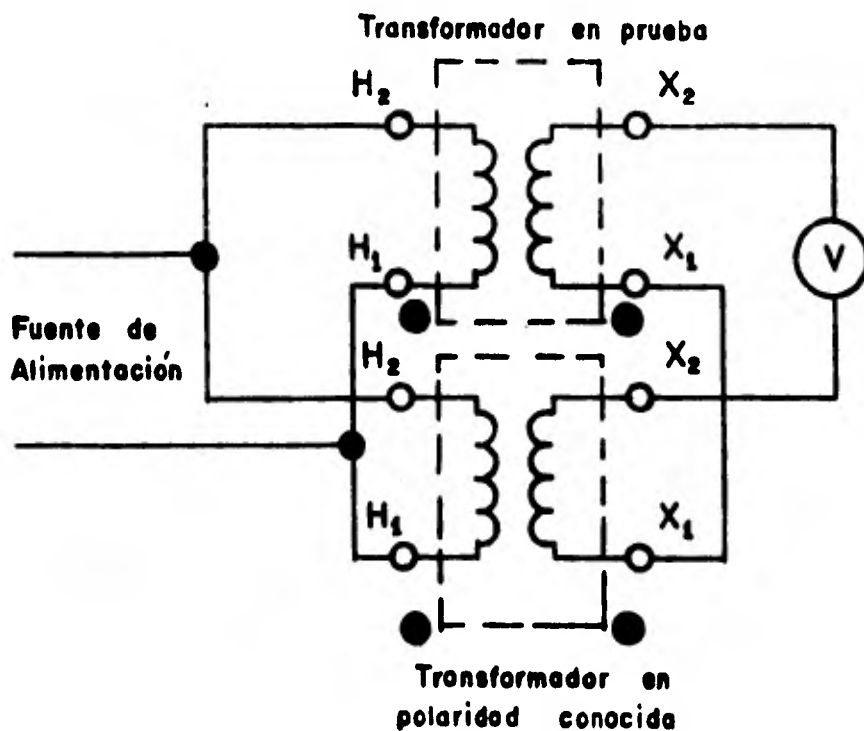
Figura 18. - Terminales en polaridad aditiva.



a) Comparación con un transformador patrón.

La polaridad de un transformador se puede verificar por comparación con un transformador patrón de polaridad conocida, de forma similar a la prueba de relación de transformación por el método del transformador patrón, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19. - Conexión del voltmetro para leer la diferencia entre las dos tensiones secundarias



En el vóltmetro conectado entre una terminal del transformador patrón, y una de la misma polaridad del transformador a probar se indicará un valor resultante de la diferencia de los voltajes secundarios, si ambas polaridades son iguales, en el caso en que sean diferentes marcará la suma de los dos voltajes secundarios.

Un método opcional para comprobar las polaridades, en caso de que se carezca de los instrumentos apropiados, consiste en substituir el vóltmetro por un fusible de baja capacidad o una lámpara adecuada.

- b) Método de impulso inductivo con corriente directa. La polaridad de los transformadores se puede determinar como sigue:

Se conecta una fuente de C.D. de potencial adecuada para no exceder la corriente nominal del embobinado y al mismo tiempo se intercala un vóltmetro, de manera que se observe claramente la deflexión de la aguja.

Las terminales del vóltmetro se transfieren a las terminales de baja tensión sin desconectar la fuente de C.D., teniendo cuidado de conservar a la izquierda la terminal que estaba en esta misma posición en alta tensión, y a la derecha igualmente.

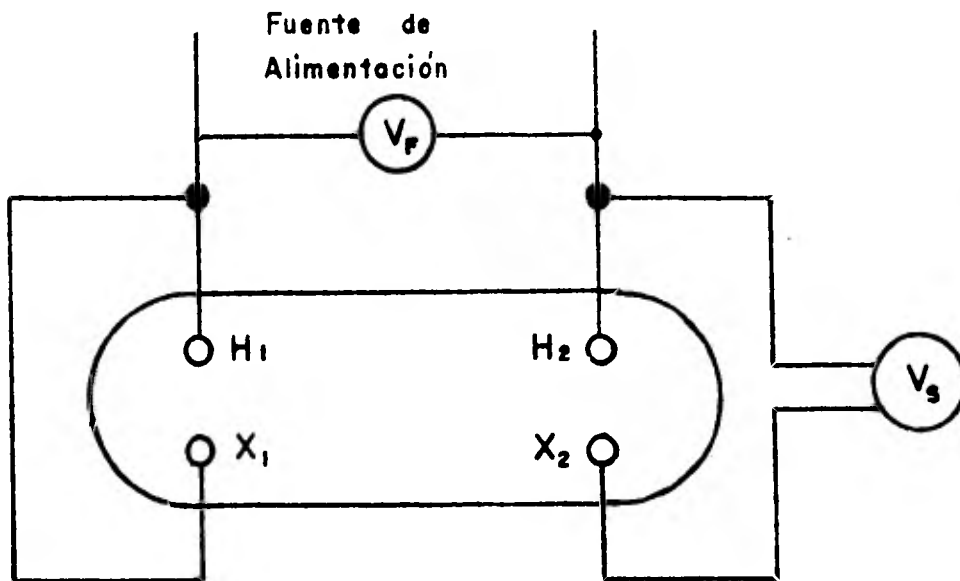
Se desconecta rápidamente la fuente de C.D., del devanado de alta tensión y se observa la deflexión de la aguja del voltmetro causada por la descarga inductiva.

Si la aguja se deflexiona en la misma dirección que en el devanado de alta tensión la polaridad, es aditiva y si se deflexiona en sentido contrario, la polaridad es substractiva.

c) Método con tensión alterna.

En este método se conectan en corto circuito dos terminales adyacentes de alta y baja tensión. y en las otras dos terminales adyacentes se conecta un voltmetro. que leerá un voltaje V_S como se indica en la Fig. 20.

Figura 20. - Diagrama para la prueba de polaridad por el método de tensión alterna.



Se aplica una tensión alterna conveniente, de valor conocido, en el devanado de alta tensión y se lee la indicación del voltímetro (V_F) colocado entre las terminales del mismo.

Si la lectura del voltímetro (V_S) es mayor que la tensión aplicada (V_F), la polaridad es aditiva, y si es menor, la polaridad es substractiva.

Este método se limita únicamente a transformadores cuya relación de transformación permite apreciar la diferencia entre las dos lecturas.

A.6.2. Secuencia de Fases.

a) Prueba para verificar el diagrama vectorial.

El diagrama vectorial de transformadores polifásicos, que define el desplazamiento angular y la secuencia de fases, se verifica conectando entre sí, por ejemplo, las terminales H_1 y X_1 , excitando el transformador a una tensión trifásica apropiada, tomando lecturas de tensiones entre los pares de terminales indicados en las Figs. 21 y 22 y comparándolas con los diagramas correspondientes.

b) Prueba de Secuencia de fases.

Cuando conectamos los devanados de alta tensión de un transformador trifásico, a una alimentación del mismo tipo y cuya secuencia de fases sea H_1 , H_2 y H_3 ; si en el lado de baja tensión se inducen voltajes que siguen la misma secuencia, es decir, X_1 , X_2 y X_3 , se dice que el transformador tiene secuencia normal.

La prueba de secuencia de fases puede efectuarse empleando un indicador de secuencia de fases (frecuencímetro), el cual puede incluir un motor de inducción trifásico, o un circuito de fase dividida.

La prueba de secuencia de fases en un transforma-

dor trifásico, se debe efectuar como sigue:

- Los tres puntos de conexión del secuencímetro están identificados en orden; conectándose éstos a las terminales de alta tensión del transformador en prueba, el cual debe excitarse a una tensión trifásica que no sea inapropiada para el instrumento y anotándose la dirección de rotación en que gira el indicador.
- Se transfiere el indicador al lado de baja tensión del transformador, conectando en X_1 , X_2 y X_3 las terminales que estaban conectadas a H_1 , H_2 y H_3 respectivamente.
- El transformador se excita de nuevo con una tensión adecuada (sin cambiar las conexiones de excitación) anotando otra vez la dirección de rotación o la indicación del instrumento.
- Si la indicación del instrumento es la misma en ambos casos, la secuencia de fases es normal.

Para la prueba de secuencia de fases en transformadores con secundarios exafásicos que no tengan conexión al neutro, estos deben conectarse temporalmente en delta o estrella y

probarse como transformadores trifásicos.

Si el neutro de la conexión exafásica está accesible, se debe transferir el indicador de secuencia de fases de las terminales H_1 , H_2 y H_3 a las terminales X_1 , X_3 y X_5 respectivamente, anotando la dirección de rotación o la indicación del instrumento. Después se debe repetir la prueba transfiriendo el indicador de secuencia de fases, de las terminales X_1 , X_3 y X_5 a las terminales X_2 , X_4 y X_6 respectivamente, anotando nuevamente la dirección de rotación o la indicación del instrumento. Si la dirección de rotación o la indicación del instrumento es la misma, la secuencia de fases del transformador es la normal.

El método anterior no indica el desplazamiento angular del transformador

La polaridad por fase, el desplazamiento angular y la secuencia de fases de un transformador trifásico, pueden obtenerse simultáneamente al determinar la relación de transformación, por el método del transformador patrón.

Figura 21. - Marcado de terminales y diagramas de secuencia de fases para conexión trifásica de transformadores.

GRUPO	DESPLAZAMIENTO ANGULAR	DIAGRAMA PARA MEDICIONES DE PRUEBA	MEDICIONES DE PRUEBA
GRUPO 1			<p>CONECTAR</p> <p>$H_1 \circ X_1$</p> <p>MEDIR</p> <p>$H_2 - X_2, H_3 - X_3,$ $H_1 - H_2, H_2 - X_3$</p> <p>RELACIONES DE TENSION</p> <p>(1) $H_2 - X_3 = H_3 - X_2$ (2) $H_2 - X_2 < H_1 - H_2$ (3) $H_2 - X_2 < H_3 - X_3$</p>
	<p>DESPLAZAMIENTO ANGULAR 0 GRADOS</p>		
GRUPO 2			<p>CONECTAR</p> <p>$H_1 \circ X_1$</p> <p>MEDIR</p> <p>$H_3 - X_2, H_3 - X_3$</p> <p>$H_1 - X_3, H_2 - X_2, H_2 - X_3$</p> <p>RELACIONES DE TENSION</p> <p>(1) $H_3 - X_2 = H_3 - X_3$ (2) $H_3 - X_2 < H_1 - H_3$ (3) $H_3 - X_2 < H_2 - X_3$ (4) $H_3 - H_2 < H_1 - H_3$</p>
	<p>DESPLAZAMIENTO ANGULAR 120 GRADOS</p>		

Figura 22.- Marcado de terminales y diagramas de secuencia de fases para conexión exafásica de transformadores.

GRUPO	DESPLAZAMIENTO ANGULAR	DIAGRAMA PARA MEDICIONES Y PRUEBA	MEDICIONES DE PRUEBA
GRUPO 1 DESPLAZAMIENTO ANGULAR	<p>DELTA - DOBLE DELTA</p>		<p>CONECTAR : H_1, X_1, X_4 MEDIR : $H_2-X_3, H_1-H_2, H_2-H_3$ $H_2-X_6, H_1-X_5, H_2-X_5$ H_2-X_3 RELACIONES DE TENSION: (1) $H_2-X_6 = H_2-X_3$ (2) $H_2-X_3 < H_1-H_2$ (3) $H_2-X_3 < H_2-H_3$ (4) $H_2-X_6 = H_2-X_3$ (5) $H_2-X_6 > H_1-H_2$ (6) $H_2-X_3 < H_2-X_6$</p>
	<p>ESTRELLA - DIAMETRAL</p>		<p>CONECTAR : X_2, X_4, X_6, H_1, X_1 MEDIR : H_2-X_3, H_2-X_6 H_1-H_2, H_2-X_6 RELACIONES DE TENSION : (1) $H_2-X_6 = H_2-X_3$ (2) $H_2-X_3 < H_1-H_2$ (3) $H_2-X_3 < H_2-X_6$</p>
GRUPO 2 DESPLAZAMIENTO ANGULAR	<p>DELTA - DIAMETRAL</p>		<p>CONECTAR : X_2, X_4, X_6, H_1, X_1 MEDIR : $H_2-X_3, H_2-X_6, H_2-X_3$ $H_2-X_6, H_1-H_2, H_1-H_2$ RELACIONES DE TENSION: (1) $H_2-X_3 = H_2-X_6$ (2) $H_2-X_3 < H_1-H_2$ (3) $H_2-X_3 < H_2-X_6$</p>
	<p>ESTRELLA - DOBLE DELTA</p>		<p>CONECTAR : H_1, X_1, X_4 MEDIR : $H_2-X_3, H_2-X_6, H_1-H_2$ $H_2-X_6, H_2-X_3, H_2-X_6$ $H_2-X_6, H_2-H_2, H_2-X_3$ RELACIONES DE TENSION: (1) $H_2-X_6 = H_2-X_3$ (2) $H_2-X_3 < H_1-H_2$ (3) $H_2-X_3 < H_2-X_6$ (4) $H_2-X_6 = H_2-X_3$ (5) $H_2-X_6 > H_1-H_2$ (6) $H_2-X_3 < H_2-X_6$</p>
GRUPO 3 DESPLAZAMIENTO ANGULAR	<p>TRANSFORMADORES EXAFÁSICOS CON SERIACIONES.</p>		<p>RELACIONES DE TENSION: (1) $H_2-X_6 = H_2-X_3$ (2) $H_2-X_3 < H_1-H_2$ (3) $H_2-X_3 < H_2-X_6$ (4) $H_2-X_6 = H_2-X_3$ (5) $H_2-X_6 > H_1-H_2$ (6) $H_2-X_3 < H_2-X_6$</p>

A-7 Pérdidas de excitación.

Las pérdidas de excitación de un transformador las constituyen principalmente las pérdidas del núcleo, las cuáles son una función de la magnitud, frecuencia y forma de onda de la tensión aplicada.

Las pérdidas y la corriente de excitación son particularmente sensibles a las diferencias de forma de onda y por lo tanto, sus valores varían marcadamente con la forma de onda de la tensión de prueba.

La tensión con forma de onda picuda (factor de forma mayor de 1.11) que se produce generalmente por el carácter distorsionante de la corriente de excitación sobre la fuente de alimentación, dá por resultado pérdidas de excitación menores que las correspondientes a la onda senoidal.

La tensión con forma de onda achatada (factor de forma menor de 1.11) se encuentra rara vez en esta prueba y dá por resultado pérdidas de excitación mayores que las correspondientes a la onda senoidal.

Las variaciones de temperatura del transformador no afectan sensiblemente a las pérdidas de excitación y por lo tanto no se hacen correcciones por este concepto.

La determinación de las pérdidas de excitación, debe estar basada en una tensión de onda senoidal, a menos que se especifique una forma de onda diferente.

Puede usarse uno de los siguientes métodos para referir las pérdidas de excitación medidas a base de tensión de onda senoidal.

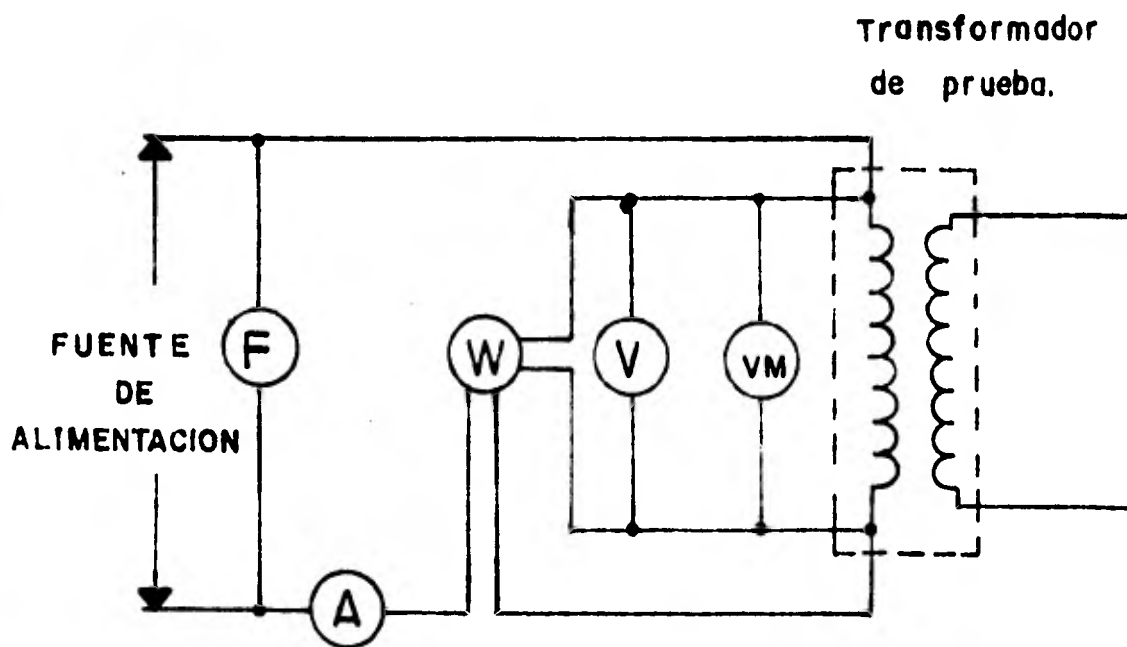
- A.7.1. Pérdidas de excitación por el método de tensión media. El método de voltmetro de tensión media es el más usado.

La Fig. 23 muestra el equipo y las conexiones necesarias, cuando no se usan transformadores de medición. La Fig. 24 muestra el equipo y las conexiones necesarias, cuando se usan transformadores de medición.

A fin de evitar que se introduzcan errores considerables en la medición de las pérdidas de excitación se deben usar precisamente transformadores de medición.

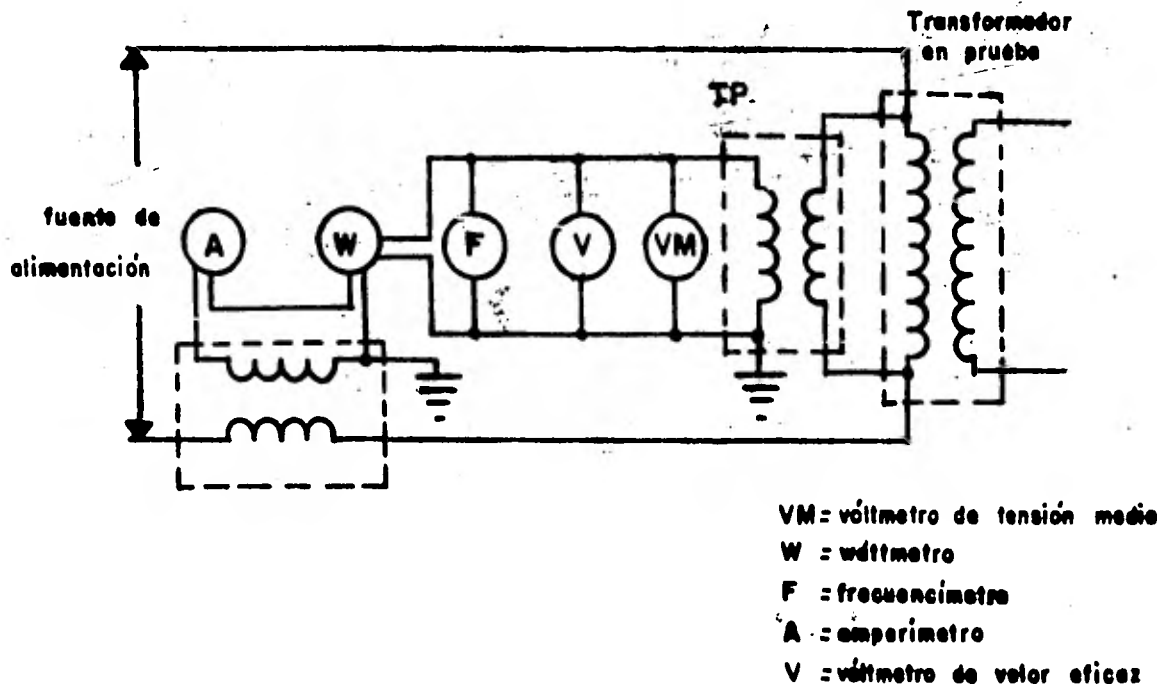
En este método se utiliza un voltmetro de tensión media, que consta de un voltmetro de corriente directa conectado en serie con un rectificador de onda completa. Estos instrumentos están generalmente graduados para dar la misma indicación numérica que un voltmetro de valor eficaz para una misma tensión de

Figura 23.- Diagrama para determina las pérdidas de excitación por el método de tensión media, sin emplear transformadores de instrumento.



- V = voltmetro de valor eficaz.
 VM = voltmetro de tensión media.
 W = wátmetro.
 F = frecuencímetro.
 A = ampémetro.

Figura 24.- Diagrama para determinar las pérdidas de excitación por el método de tensión media, empleando transformadores de instrumento.



onda senoidal, ésto es, que su escala esta marcada en valores medios multiplicados por 1.11. Para obtener resultados precisos se deben usar vóltmetros para bajo factor de potencia.

Para esta prueba se puede usar cualquier devanado del transformador, aunque en general es más conveniente usar el devanado de más baja tensión, considerando que siempre es más fácil alimentar un valor más bajo de tensión.

En cualquier caso se debe usar, si es posible, el devanado completo. Si por alguna razón se hace necesario excitar solo una porción del devanado, éste no debe ser menor del 25%.

La secuencia de la prueba debe ser como sigue:

- a) Ajustar y mantener la frecuencia al valor nominal.
- b) Por medio del vóltmetro de tensión media ajustar la tensión nominal al valor de la tensión eficaz, si la escala del vóltmetro de valor medio está corregida por el factor 1.11, o al valor eficaz dividido por 1.11, si la escala del vóltmetro medio no esta corregida para dicho valor.
- c) Registrar simultáneamente las lecturas del frecuencímetro, vóltmetro de tensión media, vóltmetro de

tensión eficaz, amperímetros y wáttmetros. En el caso de transformadores monofásicos, la lectura del wáttmetro serán las pérdidas magnéticas y la lectura del amperímetro nos dará el valor de la corriente de excitación.

Las pérdidas de excitación están constituidas por pérdidas de histéresis y pérdidas por corriente circulante.

Las pérdidas por histéresis son una función de la densidad máxima del flujo del núcleo e independiente de la forma de onda de dicho flujo y a su vez, la densidad máxima del flujo es una función del valor medio de la tensión (no del valor eficaz), por lo que al ajustar la tensión media, correspondiente a una onda senoidal en la prueba de pérdidas de excitación, se obtienen las pérdidas de histéresis reales correspondientes a una onda senoidal, aunque la forma real de la onda de tensión aplicada no lo sea.

Las pérdidas por corrientes circulantes en el núcleo varían con el cuadrado de la tensión eficaz y son independientes de la forma de onda de la tensión aplicada.

Como la prueba de pérdidas de excitación se ajusta por tensión media, en el caso de que la onda de tensión aplicada no

sea senoidal, las tensiones media y eficaz no mantienen la relación de 1.11 lo cual hace que las pérdidas por corrientes circulantes se alteren.

Por consiguiente, para obtener las pérdidas de excitación correspondientes a una onda senoidal, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$p = \frac{P_m}{P_1 + K P_2}$$

en donde:

P = Pérdidas de excitación a la tensión E_a , corregidas con base a una onda senoidal.

P_m = Pérdidas de excitación medidas durante la prueba.

P_1 = Pérdidas por histéresis por unidad, referidas a P_m

P_2 = Pérdidas de corriente circulantes por unidad, referidas a P_m .

$$K = \left(\frac{E_r}{E_a} \right)^2$$

en donde:

E_r = Tensión de prueba, medida con voltmetro de tensión eficaz.

E_a = Tensión de prueba, medida con voltmetro de tensión media.

Deben usarse los porcentajes reales de pérdidas por histéresis y corrientes circulantes, pero en ausencia del conocimiento definido de estos valores, pueden tomarse como típicos los siguientes:

<u>Material del núcleo</u>	<u>Histéresis</u> %	<u>Corriente circulante</u> %
Acero al silicio laminado en caliente	80	20
Acero al silicio de grano orientado laminado en frío	50	50

A.7.2. Pérdidas de excitación de transformadores trifásicos.

Los métodos descritos anteriormente para transformadores monofásicos, se aplican también para los transformadores trifásicos, con las siguientes consideraciones:

Cuando se midan las pérdidas de excitación de transformadores trifásicos con dos wáttmetros (Fig. 25), se deben tomar tres grupos de lecturas usando cada una de las tres fases en sucesión como fase común. El valor promedio de los tres grupos de lectura, representa las pérdidas de excitación medidas.

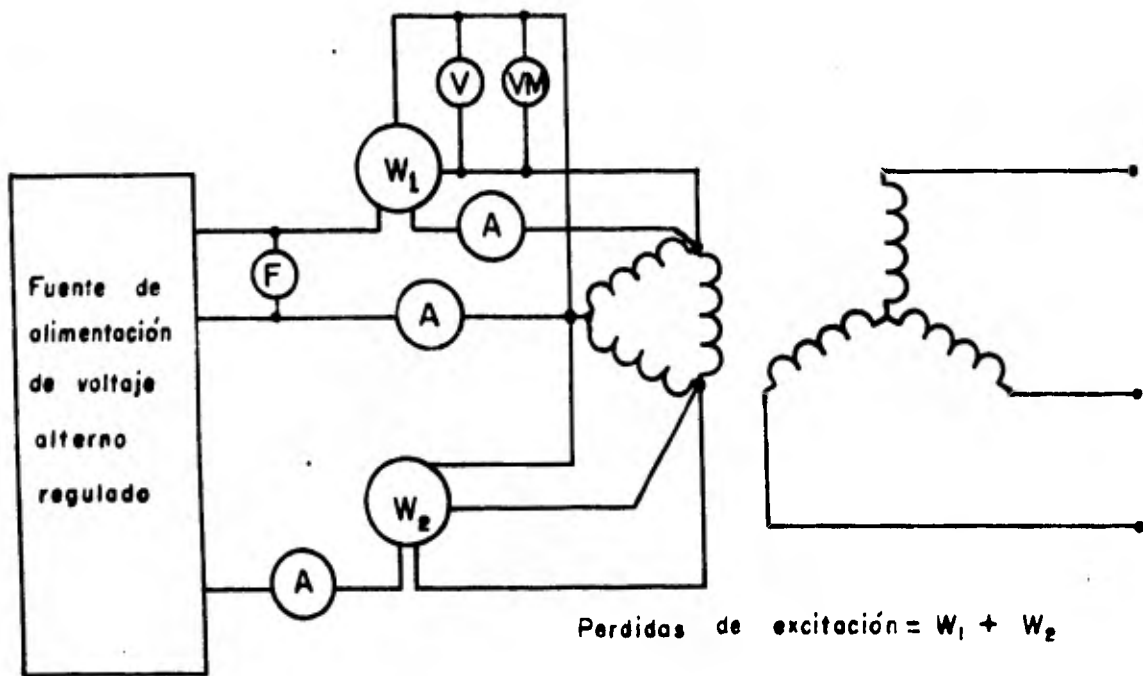


FIGURA 25 -- METODO DE LOS DOS WATTMETROS .

Para obtener mayor exactitud y mayor rapidez en la realización de la prueba se recomienda hacer las mediciones con 3 wáttmetros; en este se tendrán dos alternativas:

Si el neutro esta disponible se debe conectar cada circuito de potencial de los wáttmetros entre fase y neutro (Fig. 26).

Si el neutro no esta disponible se puede formar un neutro artificial Fig. 27.

En ambos casos la suma de los tres lecturas representa $(W_1 + W_2 + W_3)$, las pérdidas de excitación medidas.

A.7.3. Pérdidas de excitación por el método de puente de impedancia.

El método de puente de impedancia se puede usar como alternativa al método de tensión media, para la medición de las pérdidas de excitación, siempre y cuando la forma de onda de la tensión de excitación aplicada sea suficientemente cercana a una onda senoidal y cada armónica importante no exceda de 0.5% de la fundamental. Este método es muy ventajoso en mediciones de cargas a bajo factor de potencia, en las cuáles se requieren ordinariamente wáttmetros y técnicas especiales.

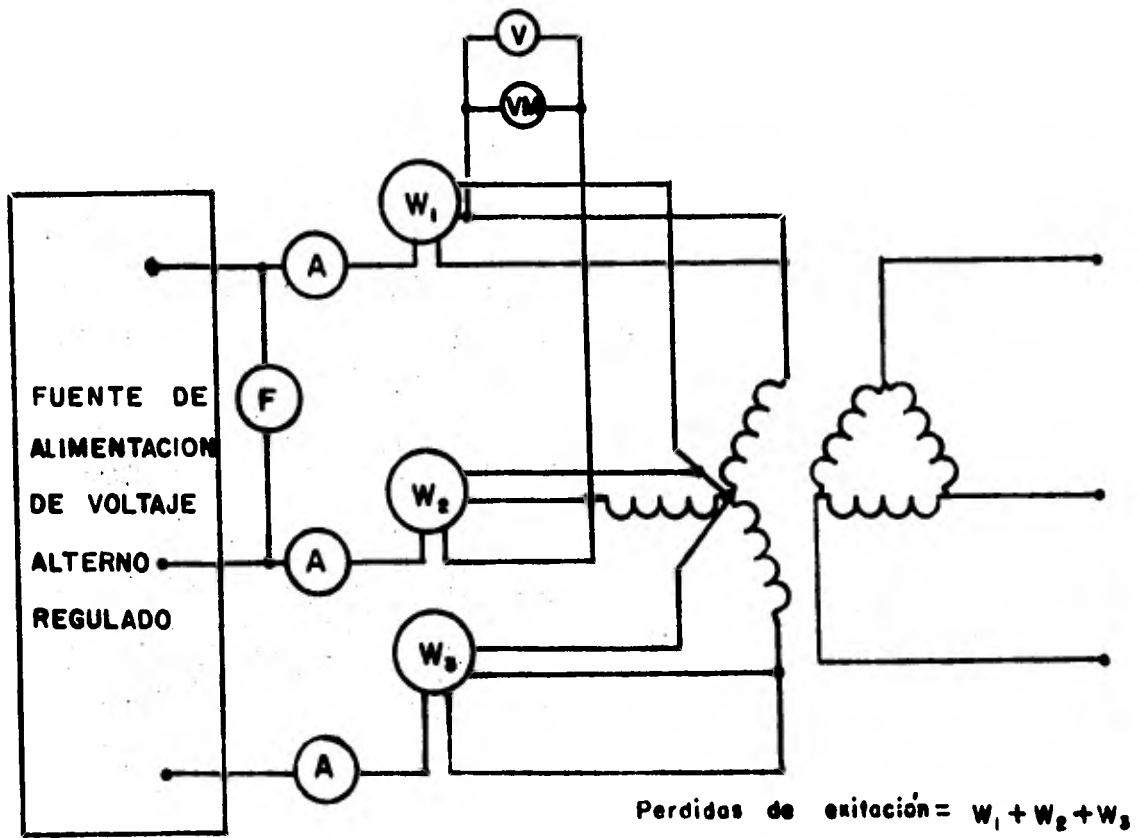


FIGURA 26 -- METODO DE LOS TRES WATTMETROS
CON EL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR
ACCESIBLE .

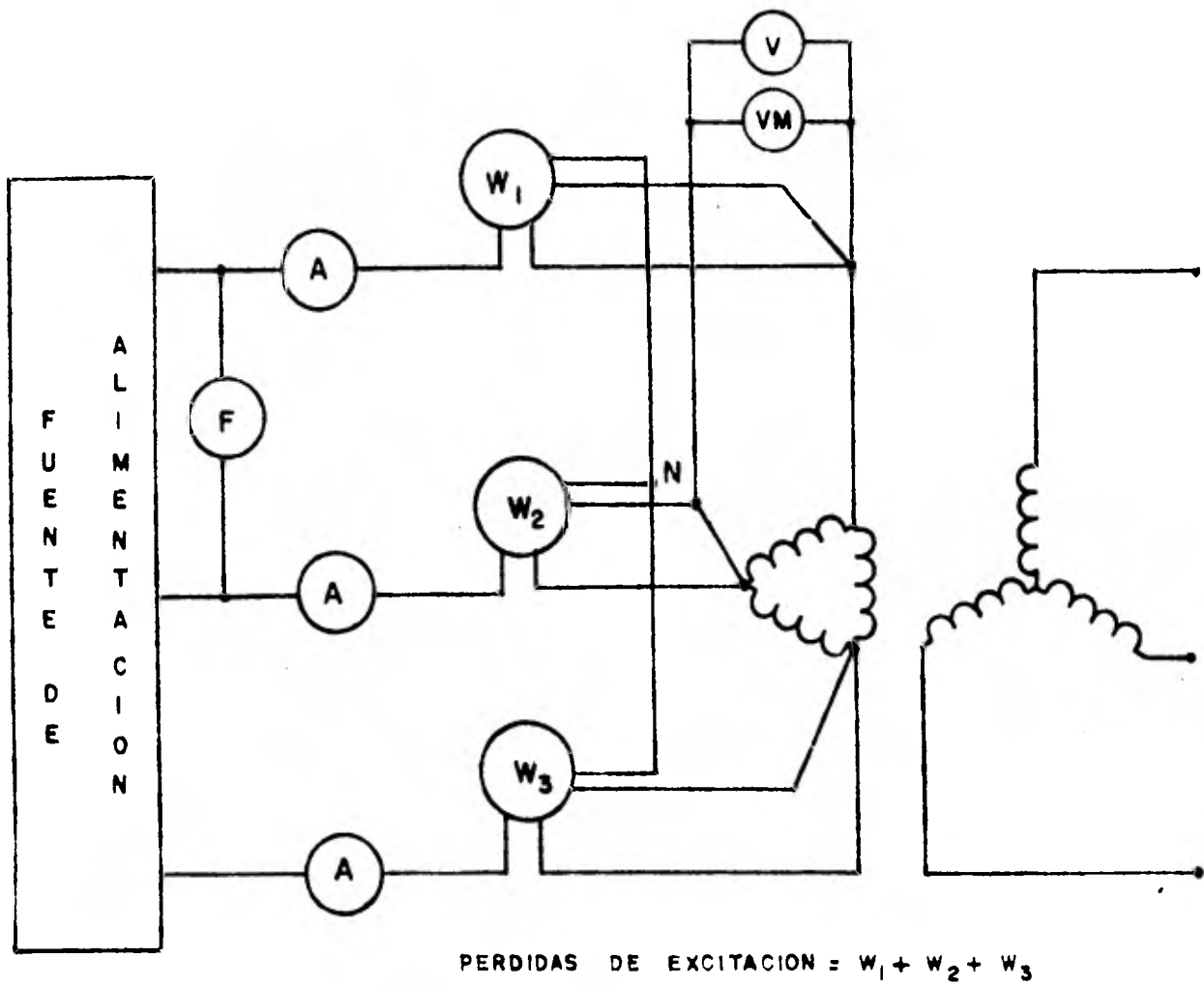


FIGURA 27.- METODO DE LOS TRES WATTMETROS
USANDO NEUTRO ARTIFICIAL

A-8 Corriente de excitación.

A.8.1. Métodos usados para medir la corriente de excitación.

El diagrama de conexiones para medir la corriente de excitación es el mismo que el empleado, para conocer las pérdidas de excitación; en todos ellos, la corriente de excitación será dada por el promedio de los valores señalados en los ampérímetros. Los diferentes métodos de medición se basan en los instrumentos utilizados.

A.8.2. Medición con voltmetro y ampérmetro de valor eficaz.

La medición de la corriente de excitación normalmente se hace con voltmetro y ampérmetro de valores eficaces. Este método de medición es razonablemente exacto cuando la forma de onda de la tensión aplicada es prácticamente senoidal.

En los casos en que la forma de onda de la tensión aplicada difiera apreciablemente de la senoidal, la corriente de excitación es de menor valor que la obtenida cuando se aplica una tensión senoidal, por lo que los valores así obtenidos deben ser corregidos en base a una onda senoidal.

Un ejemplo de lo anterior es cuando se excita un transformador de gran capacidad, comparada con la capacidad del ge-

nerador usado para la prueba.

A.8.3. Medición con voltmetro de valor medio y amperímetro de valor eficaz.

Cuando se usa un voltmetro de valor medio y un amperímetro de valor eficaz, el valor eficaz de la corriente de excitación medida es generalmente mayor que la obtenida con una tensión senoidal, si la forma de onda de la tensión aplicada difiere apreciablemente de la senoidal.

Cuando los valores obtenidos por este método están comprendidos dentro de los límites garantizados, no es necesario hacer ninguna corrección.

A.8.4. Correcciones de la corriente de excitación en base a una onda senoidal.

Cuando sea necesario corregir la medición de la corriente de excitación en base de una onda senoidal, se puede emplear cualquiera de los siguientes métodos:

a) Método de factor de forma

Este método está basado en el hecho de que existe una relación prácticamente lineal entre el valor eficaz de la corriente de excitación y el factor de forma de la onda de tensión

Este método es el de medición más exacto cuando se puede aplicar varias ondas de diferentes factores de forma, que permiten una efectiva extrapolación.

La corriente de excitación se mide con un ampérimetro de valor eficaz a dos o más tensiones de diferentes factores de forma, pero sostenidas al mismo valor con un vóltmetro de tensión media.

Los factores de forma pueden variarse convenientemente, cambiando la excitación del campo del generador o insertando una impedancia en el circuito de prueba.

Los factores de forma pueden ser determinados tomando lecturas simultáneas de tensión con un vóltmetro de valor eficaz y un vóltmetro de valor medio. Los valores de los factores de forma están indicados por la relación de las lecturas eficaces a las de valor medio.

La corriente de excitación (I_s) correspondiente a una tensión senoidal se determina mediante la ecuación siguiente:

$$I_s = I_2 - \frac{I_2 - I_1}{F_2 - F_1}$$

en donde: I_1 e I_2 son las corrientes eficaces correspondientes a los factores de forma F_1 y F_2 respectivamente.

- b) Corriente de excitación por el método del amperímetro de cresta.

En este método se emplea un voltmetro de valor medio y un amperímetro de cresta para leer los valores máximos instantáneos de las corrientes correspondientes.

Se toman lecturas simultáneas de la tensión media y del valor de cresta de la corriente correspondiente al 100%, al 86.6% y al 50% de la tensión de prueba. Estas lecturas determinan aproximadamente la fundamental, la tercera y la quinta armónica de la corriente de excitación, respectivamente.

La corriente de excitación (I_s), correspondiente a una tensión senoidal se determina con la siguiente ecuación:

$$I_s = \sqrt{\frac{I_1^2}{6} + \frac{I_2^2}{3} + \frac{I_3^2}{3}}$$

En la que I_1 , I_2 e I_3 son los valores de cresta de las corrientes de excitación correspondientes a las tensiones de excitación de 100%, 86.6% y 50% de la tensión de prueba.

Este método, con una pequeña modificación, se aplica también a aquellos transformadores trifásicos exentos de grandes tensiones de tercera armónica o sea, transformadores trifásicos que tienen uno o más devanados conectados en delta o aqué

llos transformadores trifásicos con núcleos de tres piernas.

Las lecturas se obtiene como se indicó anteriormente, pero en este caso la corriente de línea consiste solamente en las componentes fundamental y quinta armónica.

Ya que únicamente dos componentes importantes están presentes, sólo son necesarias dos lecturas (I_1 a 100% e I_2 a - 86.6% de la tensión de excitación), y la corriente de excitación (I_s) correspondiente a la tensión senoidal, debe ser determinada por la siguiente ecuación:

$$I_s = \sqrt{0.25 I_1^2 + 0.338 I_2^2}$$

- c) Corriente de excitación por el método de promedio de lecturas.

Considerando que la lectura de la corriente de excitación es baja respecto a la real cuando se usa un voltmetro de valor eficaz y es alta con relación a la real cuando se usa uno de valor medio, puede emplearse el siguiente método de corrección si la onda de tensión no esta demasiado distorsionada.

- Se determina la corriente de excitación como en (A-8 inciso 2).
- Se determina la corriente de excitación como en (A-8 inciso 3) y además se debe leer el voltmetro de valor eficaz

Si las dos lecturas de tensión eficaz no difieren en más del 10%, la corriente de excitación referida a una onda senoidal se puede considerar como el promedio de los valores obtenidos.

A-9 Impedancia y pérdidas debidas a la carga.

A.9.1. Generalidades

La tensión de impedancia comprende una componente resistiva efectiva, que corresponde a las pérdidas de carga y una componente reactiva, correspondiente al flujo disperso de los devanados.

No es práctico medir estas componentes separadamente, pero después de medir las pérdidas totales de carga y la tensión total de impedancia, las componentes pueden separarse por cálculo.

La tensión de impedancia de un transformador, visto desde las terminales del devanado excitado, es la tensión requerida para hacer circular su corriente nominal teniendo el otro devanado en corto circuito.

Este valor está generalmente entre el 1 y 15% de la tensión nominal del devanado excitado y puede tomarse como una -

guía al planear la tensión de impedancia requerida en la prueba.

Las componentes resistiva y reactiva de la tensión de impedancia son determinadas mediante el uso de las siguientes ecuaciones:

$$E_r = \frac{P_z}{I}$$

$$E_x = \sqrt{E_z^2 - E_r^2}$$

en donde:

E_r = tensión resistiva (componente en fase).

E_x = tensión reactiva (componente en cuadratura).

E_z = tensión de impedancia medida en la prueba de pérdidas de carga.

P_z = Watts medidos en la prueba de pérdidas de carga.

I = corriente nominal en el devanado excitado.

Los valores por unidad de la tensión de resistencia, tensión de reactancia y tensión de impedancia se obtiene al dividir E_r , E_x y E_z respectivamente, entre la tensión nominal. Los valores en % se obtienen multiplicando por 100 los valores por unidad.

Puesto que las pérdidas de carga están constituidas por una componente I^2R , la cuál se incrementa con la temperatura

y una componente de pérdidas indeterminadas, la cual disminuye al aumentar la temperatura; cuando se requiera referir las pérdidas de carga de una temperatura a otra, se deben calcular separadamente las dos componentes por medio de las siguientes fórmulas:

$$P'_R = P_R \frac{t' + K}{t + K}$$

$$P'_i = P_i \frac{t + K}{t' + K}$$

en donde:

- t = Temperatura a la que se hace la medición.
- t' = Temperatura a la que se deben referir las pérdidas.
- P = Pérdidas de carga a la temperatura t.
- P_R = Suma de pérdidas I^2R a la temperatura t.
- P'_R = Suma de pérdidas I^2R a la temperatura t'.
- P_i = Pérdidas indeterminadas a la temperatura t.
- P' = Pérdidas de carga a la temperatura t'.
- P'_i = Pérdidas indeterminadas a temperatura t'.
- K = 234.5 para cobre y 225 para aluminio.

Inicialmente (a temperatura t), $P = P_R + P_i$, y cuando el transformador se ha calentado a la temperatura de operación (t')

$$P' = P'_R + P'_i .$$

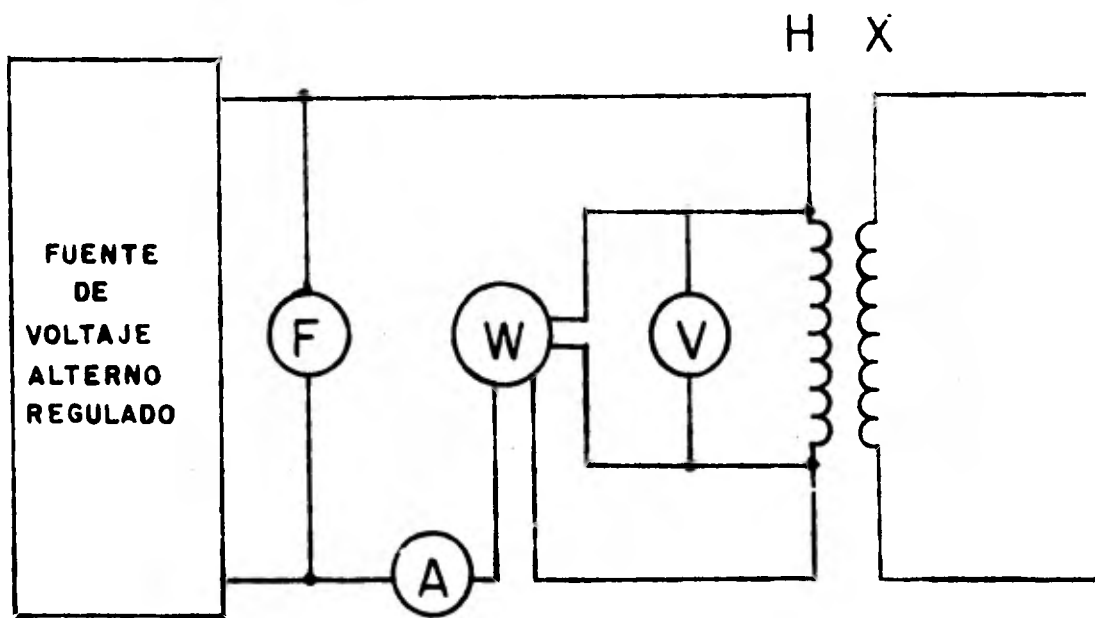
Para calcular las pérdidas I^2R de los devanados se debe partir de las corrientes usadas en la prueba de pérdidas de carga y de las mediciones de resistencia corregidas a la temperatura a la que se midieran las pérdidas de carga; las pérdidas indeterminadas (P_i) se obtienen restando las pérdidas óhmicas I^2R (osea P_r) de las pérdidas de carga (P).

A.9.2. Método de corto circuito.

En esta prueba se requiere que uno de los devanados esté conectado en corto circuito y el otro se excita a frecuencia nominal y a una tensión tal, que haga circular la corriente nominal en los devanados. En las Figs. 29, 30 y 31 se muestran los diagramas de conexiones para la prueba a un transformador monofásico, un trifásico por el método de los dos wattmetros y un trifásico por el método de los tres wattmetros, respectivamente.

Una vez ajustadas las corrientes y la frecuencia a sus valores nominales, se deben tomar lecturas simultáneas en los amperímetros, voltímetros, wattmetros y en el frecuencímetro. Las pérdidas de carga, estarán dadas por la suma de las lecturas obtenidas de los wattmetros, en cada caso.

Es suficiente medir y ajustar la corriente en el devanado excitado, ya que en el devanado en corto circuito circula también



Pérdidas eléctricas o pérdidas de carga = W

FIGURA 29 -- DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA OBTENER LAS PERDIDAS ELECTRICAS DE UN TRANSFORMADOR MONOFASICO.

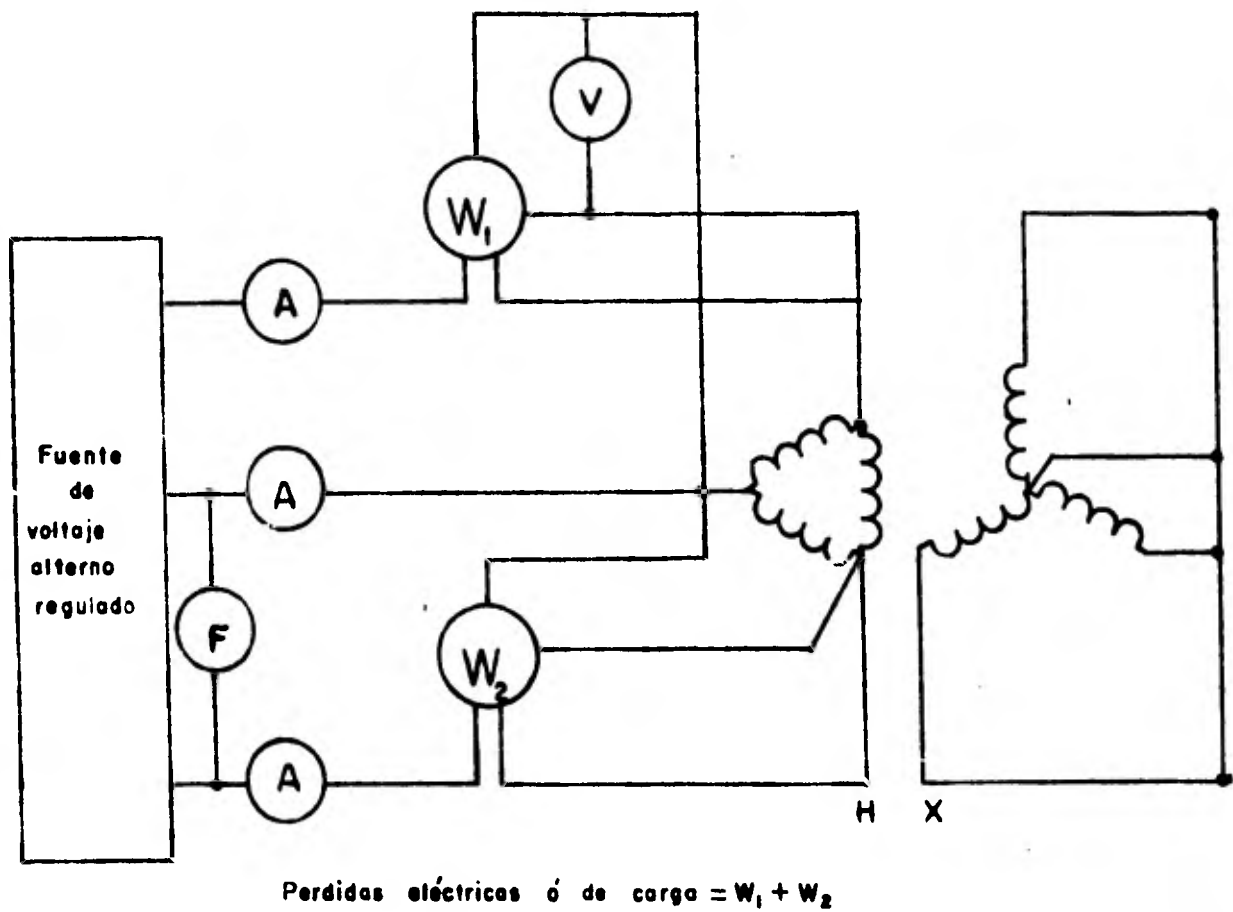


FIGURA 30.- DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA OBTENER LAS PERDIDAS ELECTRICAS POR EL METODO DE LOS DOS WATTMETROS EN UN TRANSFORMADOR TRIFASICO SIN NEUTRO.

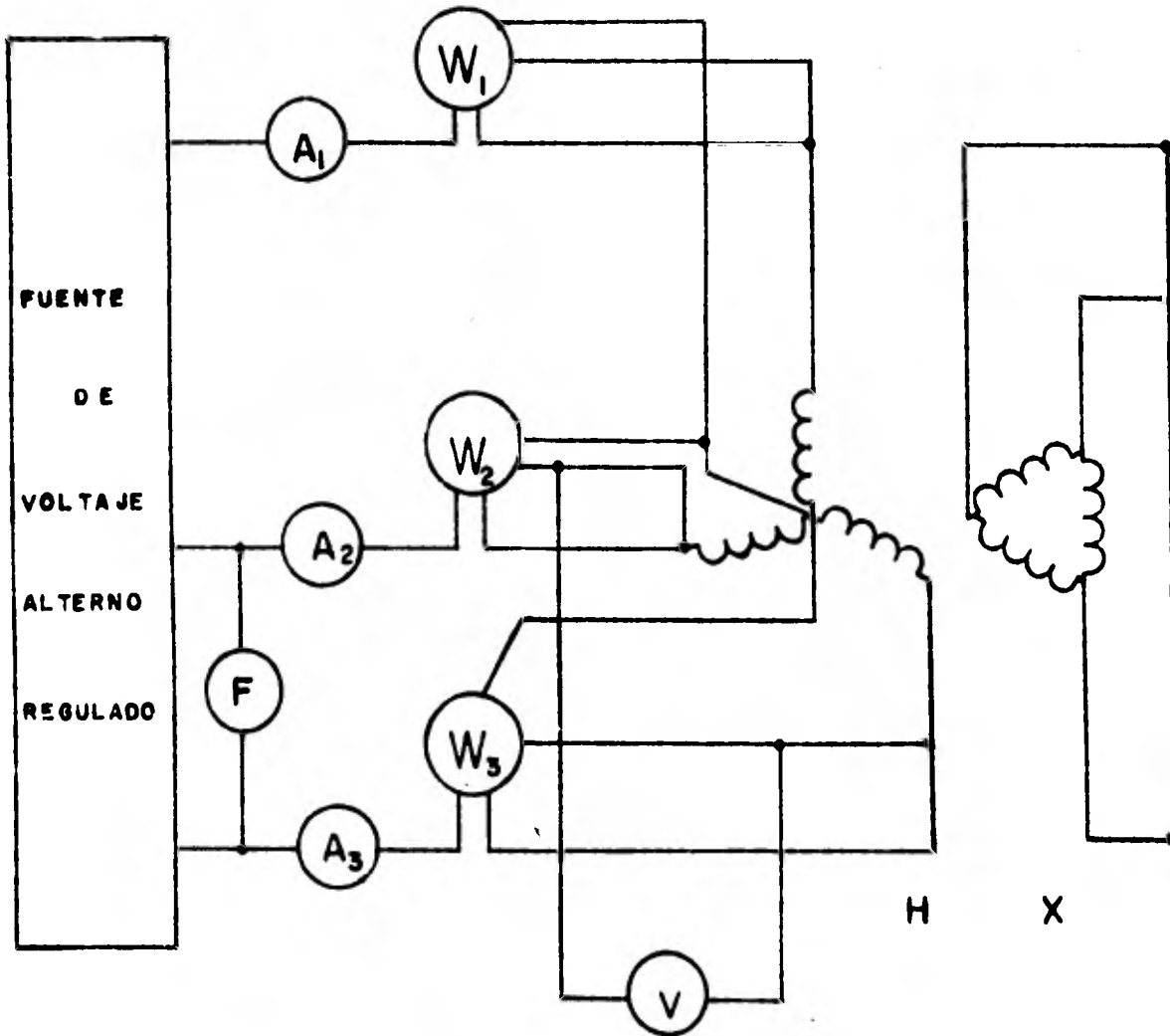


FIGURA 31.- DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA OBTENER LAS PERDIDAS ELECTICAS POR EL METODO DE LOS TRES WATTMETROS EN UN TRANSFORMADOR TRI-FASICO CON NEUTRO ACCESIBLE .

su corriente nominal correspondiente, excepto por un error despreciable debido a la corriente de excitación.

Si en el devanado en corto circuito se conecta un equipo de medición para medir la corriente, se puede introducir un error considerable, por la caída de tensión y las pérdidas de este equipo.

La temperatura de los devanados se toma inmediatamente antes y después de la medición de una manera similar a la descrita en A-1 inciso 1. El promedio se toma como la temperatura de la medición.

La sección de los conductores usados para poner en corto circuito el transformador, debe ser igual o mayor que la correspondiente a las terminales del mismo. Estos conductores deben ser lo más corto posible y estar alejados de masas magnéticas. Los contactos deben estar limpios y apretados.

Estas precauciones son importantes para evitar errores en tensiones de impedancia y pérdidas que de otra manera pueden introducirse en las mediciones.

Las pérdidas I^2R de los devanados se calculan a partir de las corrientes que se usan en la medición de pérdidas de carga y de las mediciones de resistencia óhmica (corregidas éstas a la

temperatura a la que se haga la prueba de pérdidas de carga).

Estas pérdidas I^2R , restadas de las pérdidas de carga leídas en los wáttmetros, dan como resultado las pérdidas indeterminadas del transformador a la temperatura de prueba.

A.9.3. Por ciento de impedancia.

Este parámetro resulta muy importante, particularmente al efectuar el cálculo de la corriente de corto circuito. A raíz de esta prueba, puede obtenerse este valor, aplicando la siguiente relación:

$$\% Z = 100 \times \frac{\text{Voltaje de Prueba}}{\text{Voltaje Nominal}}$$

Todo transformador incluye generalmente este valor dentro de los datos de placa.

A.9.4. Prueba de auto-transformadores.

Las pruebas de impedancia y pérdidas de carga se pueden hacer en auto-transformadores sin afectar sus conexiones internas.

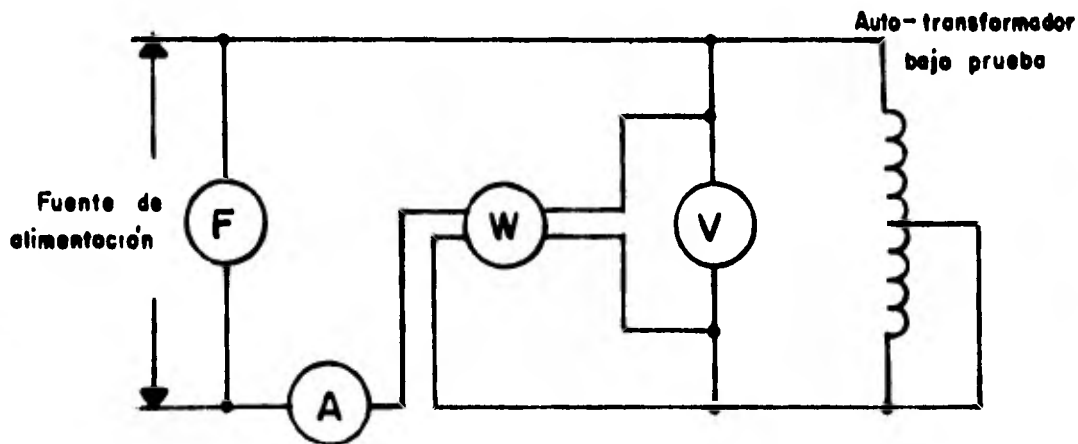
Las pruebas se deben hacer poniendo en corto circuito las terminales de alta o de baja tensión y a las terminales que que-

den libres se aplica una tensión tal, que haga circular la corriente nominal.

La tensión de impedancia medida a través del devanado serie, corresponde a la existencia entre las terminales de alta tensión del auto-transformador, en tanto que la tensión de impedancia medida a través del devanado común corresponde a la existente entre las terminales de baja tensión del auto-transformador.

Para este método las conexiones externas deben ser como se indica en la Fig. 32.

Figura 32.- Conexiones para medir pérdidas de carga e impedancia en un auto-transformador.



Otra forma de efectuar las pruebas de impedancia y pérdidas de carga, consiste en considerar a los devanados serie y común como devanados separados, estando uno en corto circuito y excitado el otro. Cuando se emplea este procedimiento, la corriente que se haga circular debe ser la nominal del devanado excitado. Esta corriente puede ser o no igual a la corriente de línea.

El valor de impedancia así obtenido se debe referir a la capacidad del aparato funcionando como auto-transformador.

Las pérdidas de carga, activa y reactiva deben ser las mismas por cualquier método.

A.9.5. Prueba de impedancia y pérdidas de carga de transformadores trifásicos con alimentación monofásica.

a) Con un devanado conectado en delta.

En este caso, el devanado por el cual se aplica la tensión debe estar conectado en delta y debe abrirse en un punto para aplicar la tensión monofásica. Si el otro devanado está también conectado en delta no es necesario ponerlo en corto circuito, pero si está conectado en estrella, las mismas terminales deben ponerse en corto circuito con el neutro. El procedimiento de prueba que se sigue es similar a la prueba en transformadores monofásicos.

Es importante considerar que la tensión de impedancia obtenida en este caso, es igual a tres veces la tensión de impedancia de una fase, por lo que para obtener el % de impedancia se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de impedancia} = 100 \times \frac{\text{Tensión de impedancia medida}}{3 \times \text{tensión nominal del devanado excitado en delta}}$$

Este método de prueba tiende a dar pérdidas mayores que las reales, debido a la presencia de pérdidas indeterminadas de secuencia cero. Este efecto es más pronunciado en transformadores de núcleos de 3 piernas y en transformadores de alta reactancia, por lo que no se recomienda en tales casos.

c) Para cualquier forma de conexión.

Independientemente de que los devanados estén conectados en delta, estrella, Zig-Zag o cualquier combinación de éstos, se puede efectuar una prueba en la que no se usan las terminales de neutro, ni es necesario abrir la delta, como se indica a continuación:

Las tres terminales de línea de un devanado se conectan en corto-circuito. Se aplica una tensión monofásica a frecuencia nominal a dos de las terminales del otro devanado y

se hace el ajuste necesario para que circule la corriente nominal de línea.

Se toman tres lecturas sucesivas sobre tres pares de terminales, por ejemplo: H_1-H_2 ; H_2-H_3 ; H_1-H_3 y se aplican las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas de carga} &= \frac{1.5 (P_{12} + P_{23} + P_{13})}{3} \\ \text{Tensión de impedancia} &= \frac{0.986 (E_{12} + E_{23} + E_{13})}{3} \end{aligned}$$

En donde P y E son las lecturas individuales de pérdidas y tensiones de impedancia medidas como se indica por los subíndices.

La componente de pérdidas indeterminadas de las pérdidas de carga se obtiene restando a estas últimas las pérdidas I^2R del transformador.

La componente de pérdidas I^2R de un transformador trifásico, conectado en delta o estrella, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$I^2R_{\text{totales}} = 1.5 (I^2 R_1 + I^2 R^2) \text{ watts}$$

en donde:

R_1 = Promedio de las resistencias medidas entre fases del devanado de alta tensión.

R_2 = Promedio de las resistencias medidas entre fases del devanado de baja tensión.

I_1 = Corriente de línea de alta tensión.

I_2 = Corriente de línea de baja tensión.

A-10 Prueba de Potencial Aplicado

Por medio de esta prueba es posible tener conocimiento de el estado del aislamiento entre embobinados, entre un embobinado y tierra y del aislamiento de las boquillas.

La prueba de potencial aplicado se efectúa aplicando una tensión elevada de prueba a un embobinado y todos los otros devanados conectados a tierra. La tensión de prueba debe corresponder a la clase de aislamiento (en función del voltaje nominal de operación) tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.- Valores del potencial aplicado de acuerdo a la clase de aislamiento.

Clase de aislamiento KV	Potencial aplicado KV	Clase de aislamiento KV	Potencial aplicado KV
0.6	4	92	185
1.2	10	115	230
2.5	15	138	275
5.0	19	161	335
8.7	26	196	395
15	34	215	430
18	40	230	460
25	50	315	630
34.5	70	345	690
46	95	375	750
69	140	400	800

A.10.1. Conexiones

Todas las terminales del devanado bajo prueba que salgan del tanque del transformador se deben conectar entre sí y a la línea terminal del equipo de prueba.

Todas las otras terminales y partes conductoras, incluyendo el núcleo y el tanque, se deben conectar a tierra y a la otra terminal del equipo de prueba.

Las conexiones a tierra entre el transformador bajo prueba y el equipo de pruebas debe ser un circuito metálico sólido--

mente conectado.

Se puede usar alambre desnudo delgado para hacer las distintas conexiones de un devanado, teniendo cuidado de mantener bien protegido de tierra el alambre del lado de alta tensión. La conexión con el equipo de prueba debe hacerse de preferencia con un conductor de un diámetro no menor de 3 mm.

A.10.2. Resistencia

No se debe colocar ninguna resistencia de valor apreciable entre el equipo de prueba y el transformador que se vaya a probar. Se permite, sin embargo, usar bobinas reactivas conectadas a las terminales del equipo de prueba.

A.10.3. Vóltmetro de alta-tensión.

Para transformadores probados con tensiones mayores de 70KV, la medición de la tensión de prueba se debe hacer con un vóltmetro de esferas, o cualquier otro método confiable.

A.10.4. Procedimiento

La aplicación de la tensión de prueba debe iniciarse a un cuarto o menos de su valor total, e incrementarse gradualmente

hasta alcanzar su valor total en un tiempo no mayor de 15 segundos. Después del minuto de duración de la prueba, la tensión debe reducirse gradualmente (sin exceder de cinco segundos), hasta un cuarto del valor máximo o menos, antes de abrir el circuito.

A-11 Prueba de Potencial Inducido.

La prueba de potencial inducido consiste básicamente en inducir en los devanados del transformador una tensión del 200% de la tensión nominal, con la finalidad de verificar el estado del aislamiento entre espiras y entre capas, de todos los devanados del transformador.

Dado que durante esta prueba se incrementan los volts por vuelta del transformador, la frecuencia de la tensión de prueba debe ser lo suficientemente alta para limitar la densidad de flujo en el núcleo y evitar que este llegue a saturarse; recordando:

$$\phi = \frac{V}{4.44 Nf}$$

La frecuencia mínima para lograr esta condición esta dada por la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\text{tensión inducida a través del devanado}}{1.1 \text{ tensión nominal del devanado}} \times \text{frecuencia nominal}$$

Sin embargo, si se usan frecuencias más altas de 120 Hz, la severidad de la prueba se incrementa y por esta razón, la duración de la prueba debe reducirse, dependiendo de la frecuencia según se indica en la tabla 2.

Tabla 2. - Frecuencia y duración de la prueba de potencial inducido.

Frecuencia Hz	Duración segundos
120 o menos	60
180	40
240	30
360	20
400	18

Para frecuencias intermedias debe interpolarse el tiempo correspondiente. En caso de que se haya efectuado la prueba completa de potencial aplicado, la prueba de potencial inducido debe hacerse conforme a lo indicado al principio de este inciso, a menos que ésta produzca, entre las terminales de cualquier otro devanado, una tensión superior a la tensión de prueba de potencial aplicado, lo cual no es recomendable.

En este caso, la tensión inducida desarrollada entre terminales de cualquier devanado se debe limitar a la tensión de prue

ba de baja frecuencia especificada para ese devanado.

Si al efectuar la prueba de potencial inducido, como se ha descrito anteriormente, no se produce la tensión requerida entre las terminales trifásicas de línea adyacentes se debe modificar la prueba de modo que se produzca esta tensión.

Teniendo en cuenta que en transformadores con aislamiento reducido en el neutro, cuando se prueban como se describe en los párrafos anteriores, ni la prueba de potencial aplicado, ni la de potencial inducido alcanzan la tensión de prueba entre las terminales de línea y tierra, correspondiente a la clase de aislamiento de la terminal de línea, la prueba de potencial inducido se debe modificar a fin de producir esta tensión. Siempre que en ninguno de los devanados se aplique o induzca una tensión por vuelta mayor que dos veces la de diseño.

A.11.1. Procedimiento de la prueba.

La prueba se debe iniciar con un valor igual o menor a la cuarta parte del valor de la tensión completa e irse aumentando gradualmente hasta dicho valor en un período no mayor de 15 segundos.

Después de haber sostenido esta tensión el tiempo especi-

ficado en la Tabla 2, se debe ir reduciendo gradualmente, en un tiempo no mayor de 5 segundos hasta un valor igual o menor de la cuarta parte del valor de la tensión completa, después de lo cual se puede abrir el circuito.

El humo, en forma de burbujas gaseosas que se desprendan del seno del líquido aislante del transformador, es una evidencia definitiva de falla. Las burbujas de gas producidas por el aire atrapado en el aparato pueden o no ser evidencias de falla. Esto se debe investigar repitiendo la prueba, para determinar si ocurre una falla.

En el caso de transformadores con una terminal del devanado de alta tensión conectada a tierra, los otros devanados se deben de conectar a tierra en las pruebas de potencial inducido. Esta conexión a tierra de cada uno de los devanados se puede hacer seleccionando un punto del propio devanado o del devanado del transformador auxiliar que se emplea para suministrar la tensión de prueba.

Cuando la prueba de potencial incluido en un devanado produzca una tensión entre las terminales de los otros devanados, en exceso de la tensión de prueba de potencial aplicado, se puede seccionar y conectar a tierra los otros devanados.

En este caso se deben efectuar pruebas de potencial inducido adicionales a fin de tener la tensión de prueba requerida entre las terminales de los devanados que se seccionaron. En el caso de auto-transformadores, no siempre es posible efectuar las pruebas de potencial inducido que correspondan al nivel de aislamiento del devanado.

En los transformadores con neutro conectado a tierra, no siempre es posible aplicar la prueba de potencial inducido correspondiente al nivel de aislamiento del devanado, a causa de que los niveles de aislamiento pueden no estar en proporción con la relación de los devanados. En este caso, el devanado con la menor relación de tensión de prueba al mínimo de vueltas, determina la tensión inducida en todos los devanados. El otro devanado se prueba al máximo de vueltas. Aunque esta provisión permite una prueba de potencial inducido en la terminal de baja tensión menor que la correspondiente a su clase de aislamiento, el devanado conectado a esta terminal debe aislarse para la clase de aislamiento especificado.

A-12 Prueba de Hermeticidad.

A.12.1. Objetivo

Garantizar la hermeticidad del transformador para evitar la entrada de humedad y las fugas de aceite.

A.12.2. Instrumentos

Para llevar a cabo esta prueba debe emplearse nitrógeno o aire seco, además de un manómetro con una escala tal que las lecturas se obtengan en el segundo tercio, adicionalmente se necesita un termómetro para medir la temperatura estabilizada del transformador en el momento de la prueba.

A.12.3. Procedimiento

Deben transcurrir no menos de 8 horas desde el momento que se desenergizó el transformador hasta el inicio de la prueba de presión, para asegurar que la temperatura interna del mismo se ha estabilizado.

La o las cámaras a probar deben llenarse con nitrógeno o aire seco, hasta alcanzar la presión indicada en la tabla 3, - según el tipo de transformador de que se trate; una vez alcanzada la presión respectiva se mide la temperatura del tanque.

Se procede a cortar el suministro de gas y el tanque presurizado debe quedar en reposo durante el tiempo indicado en la

tabla 3, al cabo de dicho tiempo vuelve a medirse la presión y la temperatura.

Tabla 3. - Valores de prueba de hermeticidad y tolerancias.

Equipo	Presión inicial relativa kg/ cm ²	Tiempo en horas	Tolerancia en %
Distribución aérea	0.34	2	10
Distribución subterránea	0.70	2	10
Potencia	1.05	6	5
Tanque con servador y cámaras	0.34	2	10

A.12.4. Evaluación de los resultados

Se considera que el transformador ha pasado satisfactoriamente la prueba si la presión residual corregida por temperatura no es inferior a la presión inicial menos la tolerancia indicada en la tabla.

La fórmula para corregir la presión residual por temperatura es:

$$P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1$$

en donde:

P_1 = presión residual al finalizar la prueba en kg/cm^2 .

P_2 = presión residual corregida a la temperatura inicial en kg/cm^2 .

T_1 = temperatura al finalizar la prueba en grados Kelvin.

T_2 = temperatura al iniciar la prueba en grados Kelvin.

Nota: Las presiones P_1 y P_2 son presiones absolutas (esto es: presión manométrica más presión atmosférica).

A-13 Prueba de instrumentos y accesorios

A.13.1. Objetivo

Garantizar que las características de accesorios e instrumentos en los transformadores sean los solicitados y que además operen dentro de los límites previamente acordados.

A.13.2. Instrumentos y accesorios (generalmente son)

- Indicador de nivel de aceite.
- Indicador de temperatura del aceite.

- Indicador de temperatura de los devanados.
- Transformadores de corriente.
- Equipo de control y operación de enfriamiento forzado.
- Relevador Buchholz.
- Relevador de presión súbita.
- Cambiador de derivaciones.
- Manómetro
- Etc.

A.13.3. Procedimiento.

Todos los instrumentos deben probarse en cuanto a su funcionamiento, medición y calibración.

El enfriamiento forzado, cuando se pida, deberá probarse para funcionar correctamente en forma manual y automática. Esto implica la correcta coordinación de todos o parte de los instrumentos y equipo que se indica en seguida:

Termómetro (imagen térmica), alambrado de control, protección, relevadores de arranque, alambrado de potencia, ventiladores y bombas de aceite.

A-14 Factor de potencia de los aislamientos del conjunto.

A.14.1. Preparativos

Todo transformador que se someta a esta prueba deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Todos sus devanados estarán sumergidos en aceite.
- b) Con todos los devanados conectados en corto circuito.
- c) Con todas las boquillas en sus respectivos lugares.
- d) La temperatura de los devanados y el aceite debe ser cercana a la temperatura de 20 °C. Si la temperatura es diferente a 20 °C, los resultados que se obtengan deben corregirse a esta temperatura.

A.14.2. Tensión que debe aplicarse.

La tensión que debe aplicarse a cualquier parte de un devanado, con el fin de medir el factor de potencia del aislamiento, debe ser de 10 KV como máximo, o bien, de la mitad de la tensión de la prueba de potencial aplicado (en este caso debe consultarse el valor adecuado de la tensión de prueba, tomando como base la clase de aislamiento del transformador).

A.14.3. Procedimiento

Esta prueba se efectúa entre los devanados y tierra y en-

tre los devanados, tal como se indica en la tabla 4, partes A y B.

A.14.4. Factor de Corrección de temperatura.

El factor de corrección de temperatura para el factor de potencia del aislamiento depende de los materiales aislantes, de su estructura, de su contenido de humedad, etc. Los valores del factor de corrección K que se indican a continuación, son típicos y son satisfactorios para fines prácticos al usarse con la siguiente ecuación:

$$FP_{20} = \frac{FP_T}{K}$$

en donde:

FP_{20} = factor de potencia corregida a 20 °C.

FP_T = factor de potencia medido a temperatura T °C.

K = factor de corrección según la tabla 5.

T = temperatura de prueba.

Tabla 4-A.- Mediciones que se deben hacer para la prueba del factor potencial del aislamiento.
TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS

METODO I.	METODO II
Prueba sin circuito de guarda	Prueba con circuito de guarda
Alta tensión v. s. baja tensión y tierra	Alta tensión v. s. baja tensión y tierra Baja tensión v. s. alta tensión y tierra
Baja tensión v. s. alta tensión y tierra	Alta tensión v. s. tierra y baja tensión conectada a la guarda
Alta y baja tensión v. s. tierra	Baja tensión v. s. tierra, alta tensión conectada a la guarda

Tabla 4-B.- Mediciones que se deben hacer para la prueba de factor potencial del aislamiento.

TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS

METODO I	METODO II
Prueba sin circuito de guarda	Prueba con circuito de guarda
Alta tensión v. s. baja tensión terciario y tierra	Alta tensión v. s. baja tensión y tierra conectada a la guarda
Baja tensión v. s. alta tensión terciario y tierra	Alta tensión v. s. tierra, baja tensión y terciario conectados a la guarda
Terciario v. s. alta tensión baja tensión y tierra	Baja tensión v. s. terciario y tierra; alta tensión conectada a la guarda
Alta y baja tensión v. s. terciario y tierra	Baja tensión v. s. tierra; alta tensión y terciario conectados a la guarda
Alta tensión y terciario v. s. baja tensión y tierra	Terciario v. s. alta tensión y tierra, Baja tensión conectada a la guarda
Baja tensión y terciario v. s. alta tensión y tierra	Terciario v. s. alta tensión y tierra baja tensión a tierra
Alta tensión, baja tensión y terciario v. s. tierra	

Tabla 5.- Factor de corrección para la temperatura de prueba.

Temperatura de Prueba T en °C	Factor de Corrección K
10	0.80
15	0.90
20	1.00
25	1.12
30	1.25
35	1.40
40	1.55
45	1.75
50	1.95
55	2.18
60	2.42
65	2.70
70	3.00

APENDICE B

Especificaciones y características eléctricas de los transformadores de potencia que contempla la norma oficial mexicana. NOM-J-284-1980.

A continuación se establecen los requerimientos eléctricos mostrados en la norma oficial para los transformadores de potencia (transformadores de capacidad mayor a 500 Kva) de dos o más devanados, sumergidos en aceite, monofásicos y polifásicos, con cambiador de derivaciones para operación con el transformador desenergizado.

B-1. Terminología

Para los propósitos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

B.1.0 Transformador. - Es un dispositivo eléctrico de dos o más devanados que, por inducción electromagnética, transforma tensión y corriente alterna de un devanado a diferentes valores de tensión y corriente en otro devanado a la misma frecuencia.

B.1.1 Autotransformador. - Es un transformador en el que dos devanados están interconectados eléctricamente.

B.1.2 Capacidad nominal. - Es un valor convencional - de potencia aparente (en kva o mva) que establece la base del diseño, las garantías del proveedor y las pruebas de aceptación, determinando además un valor bien definido para la corriente no minal que podrá llevar el devanado cuando se le aplique tensión nominal.

B.1.3 Características nominales. - Son los valores numéricos asignados a las cantidades que definen la operación del transformador en las condiciones especificadas en esta norma y en los que se basan las garantías del fabricante y las pruebas del equipo.

B.1.4 Conexión delta. - Es la conexión de devanados en la cual los devanados de cada fase de un transformador trifásico o los devanados para la misma tensión nominal de transformadores monofásicos asociados en un banco trifásico, se conectan en serie para formar un circuito cerrado.

B.1.5 Conexión delta abierta. - Es la conexión de devanados en la cual los devanados de cada fase de un transformador trifásico, o los devanados de la misma tensión nominal de transformador monofásicos asociados en un banco trifásico, se conectan en serie sin cerrar una punta de la delta.

B.1.6 Conexión estrella. - Es la conexión de devanados en la que un extremo de cada uno de los devanados de fase de un transformador trifásico, o de cada uno de los devanados de la misma tensión nominal de transformadores monofásicos asociados en un banco trifásico, se conecta a un punto común y el otro extremo a su terminal de línea apropiada.

B.1.7 Corriente de excitación. - Es la corriente que circula a través de las terminales de un devanado cuando se le aplica tensión nominal a frecuencia nominal, manteniéndose los otros devanados en circuito abierto.

Notas:

- La corriente de excitación se expresa usualmente en por ciento de la corriente nominal del mismo devanado. Para transformadores con varios devanados este por ciento se refiere al devanado de mayor capacidad.
- Para transformadores polifásicos, las corrientes de excitación en las diferentes terminales pueden ser diferentes. Si los valores de estas corrientes no se dan separadamente, la corriente de excitación es la media aritmética de estas corrientes.

B.1.8 Corriente nominal. - Es la corriente que fluye a través de una terminal de un devando, calculada dividiendo la capacidad nominal del devanado entre la tensión nominal del mismo y el factor de fase apropiado.

B.1.9 Desplazamiento de fases. - La diferencia angular entre los fasores representativos de las tensiones entre el punto neutro (real o imaginario) y las correspondientes terminales de dos devanados, cuando se aplica un sistema de tensiones de secuencia positiva a las terminales alta tensión siguiendo el orden alfabético si están marcadas con letras, o en secuencia numérica si las terminales están numeradas, Se conviene en que los fasores giren en sentido contrario al del reloj.

B.1.10 Devanado. - Es el conjunto de espiras que forman un circuito eléctrico asociado con una de las tensiones asignadas al transformador.

Notas:

- Para un transformador polifásico el devanado es la combinación de los devanados de fase.
- Para autotransformadores la parte común de los devanados se llama devanado común y la otra parte se llama devanado serie.

B.1.11 Devanado de alta tensión. - Es el devanado de tensión más alta.

B.1.12 Devanado de baja tensión. - Es el devanado de tensión menor.

B.1.13 Devanado de tensión intermedia. - Es el devana-

do de un transformador de varios devanados cuyo valor de tensión es intermedio entre los valores de alta y baja.

B.1.14 Devanados abiertos. - Son devanados de fase de un transformador polifásico que no están interconectados dentro del transformador.

B.1.15 Diagrama fasorial. - Es una notación convencional que indica las conexiones respectivas de los devanados de alta, intermedia (si la hay) y baja tensiones, y sus relativos desplazamientos de fase.

B.1.16 Elevación de temperatura. - Es la diferencia entre la temperatura de los devanados y la del aire de enfriamiento para transformadores enfriados por aire, o la del agua a la entrada del equipo de enfriamiento para transformadores enfriados por agua.

B.1.17 Instalación expuesta. - Es una instalación en la cual el transformador está expuesto a sobretensiones de origen atmosférico. Tales instalaciones van conectadas normalmente a líneas aéreas de transmisión, ya sea directamente o por un tramo corto de cable.

B.1.18 Instalación no expuesta. - Es una instalación en la cual el transformador no está expuesto a sobretensiones de -

origen atmosférico. Tales instalaciones están conectadas normalmente a redes de cables.

B.1.19 Nivel de aislamiento. - Es la combinación de valores de tensión (a frecuencia nominal y a impulso) que caracteriza el aislamiento de cada uno de los devanados y sus partes, asociadas con respecto a su capacidad para soportar esfuerzos dieléctricos.

Notas:

- El nivel de aislamiento agrupa tres valores de tensión, cualquiera de los cuáles es suficiente para definirlo, a saber:
 - a) Clase de aislamiento (tabla 7 columna 1), que define la tensión que el equipo puede soportar continuamente sin reducción de su vida útil.
 - b) Tensión de prueba de aislamiento a frecuencia nominal (tabla 7, columna 2), que es el valor de la tensión en la prueba de potencial aplicado, y
 - c) Tensión de la prueba de impulso a onda completa (tabla 7, columna 3).

- Con el fin de economizar en el costo del equipo, algunas veces se usan transformadores con un nivel de aislamiento inferior al que define la tensión del sistema.

Por ejemplo: para sistemas de 400 kv, a los que corresponde una clase de aislamiento de 400 kv. - (ver tabla 7) con prueba de 800 kv a frecuencia nominal y 1 800 kv de impulso a onda completa, es práctica bastante común adquirir los transformadores con clase de aislamiento de 315 kv, a la que corresponden 630 kv de prueba a frecuencia nominal

y 1 425 kv de prueba de impulso a onda completa.

B.1.20 Paso de tensión. - Es la diferencia entre las tensiones de dos derivaciones adyacentes, expresada generalmente como un porcentaje, en más o en menos, de la tensión nominal.

B.1.21 Pérdidas de carga. -

a) En transformadores de dos devanados. - Es la potencia activa que se consume cuando circula la corriente no minal a frecuencia nominal a través de un devanado, estando las terminales del otro devanado en corto circuito. El valor de estas pérdidas debe ajustarse a la temperatura de referencia.

b) En transformadores de devanados múltiples - con relación a determinada combinación de dos devanados. - Es la potencia activa consumida a frecuencia nominal cuando circula una corriente en las terminales de uno de los devanados de la combinación, correspondiente a la menor de las capacidades nominales de los dos devanados de la combinación, estando las terminales del otro devanado en corto circuito y los devanados restantes en circuito abierto. Los valores de las diferentes - combinaciones deben ajustarse a la temperatura de referencia.

B.1.22 Pérdidas de excitación. - Es la potencia que consume el transformador cuando se le aplica tensión nominal a freu

cuencia nominal en las terminales de un devanado, estando los otros en circuito abierto.

B.1.23 Pérdidas totales. - Es la suma de las pérdidas de excitación y las pérdidas de carga más las correspondientes a los sistemas de enfriamiento. Para transformadores de varios devanados, las pérdidas totales se refieren a una condición específica de carga.

B.1.24 Prueba especial. - Es una prueba distinta de las de rutina y de prototipo, acordada entre el fabricante y el comprador, aplicable únicamente a uno o más transformadores de un contrato particular.

B.1.25 Prueba de prototipo. - Es una prueba efectuada en un transformador que es representativo de otros transformadores, para demostrar que dichos transformadores cumplen con los requisitos especificados no cubiertos por las pruebas de rutina.

Un transformador se considera representativo de otros si es totalmente idéntico a ellos en características nominales y construcción, pero la prueba también se considera válida si se efectúa en un transformador que tiene desviaciones menores de capacidad u otras características. Si las pruebas son de aceptación, estas desviaciones deben sujetarse a un acuerdo entre el

fabricante y el consumidor.

B.1.26 Relación de transformación. - Es la relación de tensiones nominales, medida en vacío, de un devanado con respecto a otro devanado de tensión igual o menor.

B.1.27 Tensión de impedancia a corriente nominal. -

a) En transformadores de dos devanados. - Es la tensión que se debe aplicar a frecuencia nominal a las terminales de un devanado de un transformador, para que a través de las mismas circule la corriente nominal, cuando las terminales de los otros devanados están en corto-circuito. Este valor debe ajustarse a la temperatura de referencia.

b) En transformadores de devanados múltiples, para una determinada combinación de dos devanados. - Es la tensión que se debe aplicar a frecuencia nominal a las terminales de uno de los devanados de la combinación, para que circule la corriente correspondiente al devanado de menor capacidad de esa combinación estando las terminales de otro devanado en corto circuito y los demás devanados en circuito abierto. Estos valores deben ajustarse a la temperatura de referencia.

Notas:

- La tensión nominal de Impedancia, o simplemente

impedancia, se expresa generalmente como por ciento de la tensión del devanado al cual se aplica dicha tensión.

- (aplicable solamente a "b"). A fin de simplificar - ciertos cálculos puede ser conveniente recalcular las tensiones de impedancia de las distintas combinaciones a una misma base de potencia nominal.

B. 1.28 Tensión nominal de un devanado. - Es la tensión que debe ser aplicada o inducida en vacío, entre las terminales de un transformador.

Notas:

- Las tensiones nominales de todos los devanados aparecen simultáneamente, cuando la tensión aplicada, en vacío, a uno de ellos tiene su valor nominal.
- Para los transformadores monofásicos de un banco trifásico, la tensión de un devanado destinado a conectarse en estrella se indica por medio de una fracción en donde el numerador es la tensión entre fases y el denominador es $\sqrt{3}$, por ejemplo:

$$\frac{220}{\sqrt{3}} \text{ volts}$$

B. 2. Condiciones generales de servicio

B. 2.1 Lugar de instalación. - Todos los transformadores de potencia deben diseñarse para servicio a la intemperie, en instalaciones expuestas.

B. 2.2 Temperatura ambiente. - Los transformadores su

jetos a esta norma deben ser apropiados para operar a su capacidad nominal, siempre que la temperatura ambiental no exceda de 40 °C y la temperatura promedio del ambiente durante cualquier período de 24 horas no exceda de 30 °C.

Se recomienda que la temperatura promedio del aire refrigerante se calcule promediando las lecturas obtenidas durante 24 hrs., efectuando estas lecturas cada hora.

Cuando el ambiente sea el medio refrigerante se puede usar el promedio de temperatura máxima y mínima durante el día; por lo general, el valor obtenido así es ligeramente mayor que el promedio real diario, pero no en más de 0.25 °C.

B.2.3 Altitud de operación. - Los transformadores destinados a operar entre 0 y 1000 metros sobre el nivel del mar deben diseñarse para una altitud de 1000 mts.

En los transformadores destinados a operar en altitudes mayores a 1000 mts. el comprador debe indicar la altitud a la que deben diseñarse.

B.2.4 Efecto de la altitud en la elevación de temperatura. - El aumento en la altitud produce disminución en la densidad del aire, lo cual a su vez incrementa la elevación de temperatura en los transformadores que dependen del aire para su disipación del

calor. Por lo tanto, se debe de tomar en cuenta, lo anterior para la operación de los transformadores en las formas que a continuación se indican:

a) Operación a capacidad nominal. - Transformadores construidos para altitudes de 1 000 mts. pueden operarse a capacidad nominal a mayores altitudes, siempre que la temperatura ambiental promedio máxima, no exceda de los valores indicados en la tabla 1.

b) Operación a capacidad reducida. - Si la temperatura ambiental promedio máxima excede de los valores indicados anteriormente, pero sin exceder la temperatura promedio indicada en el párrafo 2.2, se puede operar a capacidad reducida en el porcentaje que se indica en la tabla 2 por cada 100 mts. en exceso de 1000 mts.

B.2.5 Efecto de la altitud en la rigidez dieléctrica del aire. - La rigidez dieléctrica de algunas partes de un transformador, que dependen total o parcialmente del aire para su aislamiento, disminuye conforme la altitud aumenta. Para obtener la rigidez dieléctrica a una altitud especificada, para una clase de aislamiento, dada la rigidez dieléctrica a 100 mts. de altitud, se debe multiplicar por el factor de corrección apropiado que se indica en la tabla 3.

Tabla 1 Temperatura ambiente promedio máxima permisible del aire refrigerante, para operación a capacidad nominal de transformadores sumergidos en aceite, °C

Tipo de enfriamiento	Altitud en Metros			
	1000	2000	3000	4000
Auto-enfriados	30	28	25	23
Enfriados con aire forzado	30	26	23	20
Enfriados con aire y aceite forzados	30	26	23	20

Tabla 2 Factores de corrección de la capacidad nominal para altitudes mayores de 1000 mts., para transformadores sumergidos en aceite

Tipo de enfriamiento	Factor de corrección por cada 100m (%)
Auto-enfriados	0.4
Enfriados por agua	0.0
Enfriado con aceite forzado	0.5
Enfriado con aire y aceite forzados	0.5
Enfriado con agua y aceite forzados	0.0

Tabla 3 Factor de corrección de rigidez dieléctrica para altitudes mayores de 1000 mts.

Altitud en Metros	Factor de Corrección
1000	1.0
1200	0.98
1500	0.95
1800	0.92
2100	0.89
2400	0.86
2700	0.83
3000	0.80
3600	0.75
4200	0.70
4500 */	0.67
.	.
.	.
.	.

*/ La altitud de 4500 metros es considerada la máxima para los transformadores a que se refiere esta norma.

B. 2.6 Operación a tensiones superiores a la nominal. -

Los transformadores deben ser capaces de operar bajo las siguientes condiciones:

a) Con 5 por ciento de la tensión nominal del secundario a capacidad nominal en kva, sin exceder los límites de elevación de temperatura. Este requisito se aplica cuando el factor de potencia de la carga es de 80 por ciento o mayor.

b) Con 10 por ciento de la tensión nominal del secundario en vacío, sin exceder los límites de temperatura.

c) Para cualquier derivación a capacidad plena - se aplican los mismos requisitos anteriores.

B. 2.7 Características del aceite. - La tensión de ruptura dieléctrica del aceite nuevo, tomado del transformador, no debe ser menor que los valores listados a continuación, según la copa de muestras que utilice.

Copa Americana:

Electrodos planos de sección circular de 25.4 mm de diámetro, separados 2.54 mm.:

30 kv

Copa UDE:

Electrodos de casquete esférico diá-

metro de la esfera 50.8 mm., diámetro del casquete 36.0 mm., separados 1.02 mm.:

20 kv

Estas pruebas se efectuarán de acuerdo a la norma NOM-J-123.

B.3. Clasificación

Los transformadores de potencia, usualmente se clasifican tomando como base los sistemas de disipación de calor.

En la clasificación que se muestra en seguida, se presenta en forma paralela la simbología establecida en esta norma y la de la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional). Los símbolos de la CEI son los siguientes:

<u>Medio enfriante</u>	<u>Símbolo</u>
Aceite Mineral	O
Askarel	L
Gas	G
Agua	W
Aire	A
Aislamiento Sólido	S
 <u>Tipo de Circulación</u>	
Natural	N
Forzada	F

En el primer paréntesis se presenta la clasificación establecida en esta norma y en el segundo la clasificación CEI. Los transformadores de potencia se clasifican como sigue:

B. 3.1 Sumergidos en aceite, enfriados por aire.

- Autoenfriado (OA), (ONAN)
- Autoenfriado y enfriado por aire forzado (OA/FA), (ONAN/ONAF).
- Autoenfriado y con dos pasos de enfriamiento por aire forzado (OA/FA/FA), (ONAN/ONAF/ONAF).

B. 3.2 Sumergidos en aceite, enfriados por aire y por aceite forzados.

- Autoenfriado, enfriado por aceite forzado y enfriado por aire y aceite forzados -- (OA/FA/FOA), (ONAN/ONAF/OFAF).
- Autoenfriado y con dos pasos de enfriamiento por aire y aceite forzados. (OA/FOA/FOA), (ONAN/OFAF/OFAF).

B. 3.3 Sumergidos en aceite, enfriados por agua.

- Enfriado por agua (OW), (ONWF)
- Enfriado por agua, autoenfriado (OW/A), (ONAN/ONNF)

B. 3.4 Sumergidos en aceite, enfriados con aceite forzado.

- Enfriado por aire y aceite forzado (FOA), (OFAF).
- Enfriado por agua y aceite forzados (FOW), (OFWF).

B. 4. Especificaciones eléctricas

B. 4.1 Capacidad nominal. - De un transformador son los kilovolt-amperes (kva) continuos que el devanado secundario del mismo debe suministrar a su tensión y frecuencia nominal, sin exceder los límites de temperatura establecidos.

- **Capacidades nominales preferentes.** - Las capacidades nominales preferentes en kilovolt-amperes (kva) para transformadores autoenfriados de una y tres fases, son los siguientes: (Tabla 4).

Tabla 4 . - . Capacidades preferentes

<u>Monofásicos kva</u>	<u>Trifásicos kva</u>
833	750
1 250	1 000
1 667	1 500
2 500	2 000
3 333	2 500
5 000	3 750
6 667	5 000
8 333	7 500
10 000	10 000
12 500	12 000
16 667	15 000
20 000	20 000
25 000	25 000
33 333	30 000
	37 500
	50 000
	60 000
	75 000
	100 000

- Capacidades nominales con enfriamiento fuerza

do. - Estas capacidades son las siguientes: (Tabla 5).

Tabla 5. - Capacidades para transformadores con pasos forzados de enfriamiento

MONOFASICOS KVA			TRIFASICOS KVA		
Auto-enfriado	Primer paso	Segundo paso	Auto-enfriado	Primer paso	Segundo paso
833	958		750	862	
1 250	1 437		1 000	1 150	
1 667	1 917		1 500	1 725	
2 500	3 125		2 000	2 300	
3 333	4 167		2 500	3 125	
5 000	6 250		3 750	4 687	
6 667	8 333		5 000	6 250	
8 333	10 417		7 500	9 375	
10 000	12 333	16 667	10 000	12 500	
12 500	16 667	20 833	12 000	16 000	20 000
16 667	22 222	27 777	15 000	20 000	25 000
20 000	26 667	33 333	18 000	24 000	30 000
25 000	33 333	41 666	25 000	33 333	41 667
33 333	44 444	55 555	30 000	40 000	50 000
			37 500	50 000	62 500
			50 000	66 667	83 333
			60 000	80 000	100 000
			75 000	100 000	125 000
			100 000	133 333	166 666

B. 4.2 Capacidad de las derivaciones y tensiones adicionales. - Todas las derivaciones y tensiones adicionales, deben ser a capacidad plena, excepto cuando se especifique de manera diferente, en cuyo caso debe indicarse en la placa de datos.

B. 4.3. Tensiones nominales preferentes. - Las tensiones nominales preferentes para transformadores de una y tres fases son:

Tabla 6. - Tensiones nominales volts.

440	69 000
2 400	115 000
4 160	230 000
6 000	400 000
13 800	
23 000	
34 500	

B. 4.4 Derivaciones. - Si no se especifica de otra manera, los transformadores de potencia deben estar provistos de derivaciones para operación con el transformador desenergizado.

- **Número y tensión de las derivaciones.** - Normalmente se emplearán cuatro derivaciones de 2.5 por ciento cada una, dos arriba y 2 abajo de la tensión nominal, del devanado de alta tensión.

- **Rango de las derivaciones.** - La diferencia de las tensiones de las derivaciones extremas no debe exceder

de 10 por ciento de la tensión nominal a menos que se especifique de otra manera.

B. 4.5 Designación de las tensiones nominales de los devanados. - Las tensiones nominales de los devanados, así como su representación esquemática se indica en la figura 1 para los transformadores monofásicos y en la figura 2 para los transformadores trifásicos.


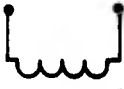



B. 4.6 Niveles de aislamiento y valores para pruebas dieléctricas. -

a) Para las terminales del transformador. - Se debe asignar a las terminales de los devanados un nivel básico de impulso y una clase de aislamiento, que determinen las pruebas dieléctricas que dichos devanados son capaces de soportar.

Los niveles básicos de impulso y las clases de aislamiento están dados en la tabla 7, para transformadores sumergidos en aceite. La clase 1.2 kv es la menor.

Los transformadores diseñados para conexión estrella únicamente, con el neutro a través de una boquilla, deben tener asignados niveles de aislamiento tanto para las terminales de línea como para el neutro.

Figura 1. Designación de las tensiones nominales de los devanados en transformadores monofásicos.

Designación	Dato de placa (ejemplo)	Diagrama esquemático del devanado	Explicación condensada de las designaciones y del diagrama.
E	34500		Indica un devanado para conexión delta en un sistema de E volts.
E/E ₁ Y	2400/4160 Y		Indica un devanado para conexión delta en un sistema de E volts o para conexión estrella en un sistema de E ₁ volts.
E/E ₁ Y_n ó E/E ₁ YT	38700/67000 ó 38700/67000 YT (1)		Indica un devanado de E volts teniendo un aislamiento reducido, apropiado para una conexión delta en un sistema de E volts o en un sistema de E volts o en una conexión estrella en un sistema de E ₁ volts con el neutro del transformador efectivamente conectado a tierra.
E ₁ Y_n /E ó E ₁ YT/E	67000 /38700 ó 67000YT/38700 (2)		Indica un devanado con aislamiento reducido en la terminal del neutro la terminal del neutro puede conectarse directamente al tanque para una conexión monofásica o en estrella en un sistema de E ₁ volts con la terminal del neutro del devanado efectivamente conectado a tierra.
V _x V ₁ (2)	2400/4160 Y x 4800/8320 Y		Indica un devanado para operación en paralelo o serie solamente (no para servicio de tres hilos).

Notas:

- (1) Los símbolos Y_n o YT son equivalentes a la expresión estrella con neutro a tierra.
- (2) Indica un devanado de dos o más secciones que pueden conectarse en paralelo para obtener la tensión nominal de V volts (como se define en las designaciones anteriores) o en serie para obtener la tensión nominal de V₁ volts (como se define en las mismas designaciones).

Figura 2 Designación de las tensiones nominales de los devanados en transformadores trifásicos.

Designación	Dato de placa	Diagrama esquemático del devanado	Explicación condensada de las designaciones y del diagrama.
E	13200		Indica un devanado permanentemente conectado en delta.
EY	4160		Indica un devanado permanentemente conectado en estrella con el neutro aislado.
$E_1 Y/E$	4160/2400		Indica un devanado permanentemente conectado en estrella con el neutro accesible y con aislamiento completo.
$E/E_1 Y$	2400/4160 Y		Indica un devanado para conexión delta a E volts o para conexión en estrella a E_1 volts con el neutro aislado.
$E/E_1 Y/E$	2400/4160/2400		Indica un devanado para conexión delta a E volts o para conexión en estrella a E_1 volts, con el neutro accesible y con aislamiento completo.
$E_1 \frac{Y}{\delta} / E$ $E_1 YT/E$	67000 /39700 67000YT/39700 (1)		Indica un devanado con aislamiento graduado, permanentemente conectado en estrella, con el neutro accesible para conexión a tierra.
$E/E_1 \frac{Y}{\delta} / E$	39700/57000 /39700		Indica un devanado con aislamiento graduado que puede conectarse en delta para operación en E volts, o en estrella con el neutro exterior conectado efectivamente a tierra para operación en un sistema de E_1 volts.
$E/E_1 YT/E$	39700/67000YT/39700 (1)		Indica un devanado permanentemente conectado en delta, para operación paralela o serie.
$V \times V_1$ (2)	6900 x 13800 4160Y/2400 x 12470/7200		Indica un devanado permanentemente conectado en estrella, para operación paralela o serie.

Notas:

- (1) Los símbolos $\frac{Y}{\delta}$ o YT son equivalentes a la expresión estrella con neutro a tierra.
- (2) Indica un devanado de dos secciones que pueden conectarse en paralelo para obtener la tensión nominal de V volts (como se define en las designaciones anteriores) o en serie para obtener la tensión nominal de V_1 volts (como se define en las mismas designaciones).

La clase de aislamiento del neutro puede ser menor que la de la línea, pero no menor que la que se indica en la tabla 8.

b) Para transformadores con derivaciones. - Los transformadores pueden suministrarse con derivaciones para tensiones mayores que la tensión nominal, sin aumentar los niveles de aislamiento especificadas en las tablas 7 y 8, siempre y cuando estas derivaciones no excedan más de 10 por ciento de la clase de aislamiento correspondiente.

c) Para la terminal del neutro del transformador. - Los transformadores diseñados para conexión estrella únicamente, con el neutro exterior sólidamente conectado a tierra directamente o a través de un transformador de corriente, deben tener una clase de aislamiento en el neutro no menor que la especificada en la columna 2 de la tabla 8 y el valor correspondiente de nivel básico de impulso se determina de acuerdo con la tabla 7.

La clase de aislamiento del extremo neutro de un devanado puede diferir de la clase de aislamiento de la boquilla del neutro. En este caso, la clase de aislamiento del neutro sobre la cual se basan las pruebas dieléctricas es la menor de las dos condiciones.

Tabla 7 Clase de aislamiento y valores para pruebas dieléctricas en transformadores sumergidos en aceite.

Clase de aislamiento KV	Prueba a baja frecuencia KV	Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) y onda completa KV cresta	Onda cortada	
			KV cresta	Tiempo mínimo de arqueo en: microsegundos
1.2	10	45	54	1.5
2.5	15	60	69	1.5
5.0	19	75	88	1.6
8.7	26	95	110	1.8
15	34	110	130	2.0
18	40	125	145	2.25
25	50	150	175	3.0
34.5	70	200	230	3.0
46	95	250	290	3.0
69	140	350	400	3.0
92	185	450	520	3.0
115	230	550	630	3.0
138	275	650	750	3.0
161	325	750	865	3.0
196	395	900	1035	3.0
200	430	975	1120	3.0
230	460	1050	1210	3.0
315	630	1425	1640	3.0
345	690	1550	1780	3.0
375	750	1675	1925	3.0
400	800	1800	2070	3.0

Tabla 8 Clase de aislamiento mínimo del neutro para la clase de aislamiento de las terminales de línea mayores de 69 kv., la clase de aislamiento del neutro debe especificarse de acuerdo con los requerimientos del servicio pero en ningún caso debe ser menor de 15 kv.

Clase de aislamiento de las terminales de línea del devanado (KV)	Sólidamente a tierra o a través de un transformador de corriente (KV)	A tierra a través de un transformador regulador (KV)	A tierra a través de un neutralizador de falla a tierra o aislado pero protegido contra impulso (KV)
1.2	1.2	1.2	1.2
2.5	2.5	2.5	2.5
5.0	5.0	5.0	5.0
8.7	8.7	8.7	8.7
15.0	15.0	15.0	15.0
25.0	25.0	15.0	15.0
34.5	15.0	15.0	25.0
46.0	15.0	15.0	34.5
69.0	15.0	15.0	46.0

Los devanados de transformadores monofásicos o trifásicos, di señados para operar en estrella y con el neutro aislado para soportar la tensión de prueba a baja frecuencia, asignada a las terminales de línea, deben ser capaces de soportar la prueba de potencial aplicado que corresponda a la clase de aislamiento del extremo de la línea.

Los devanados que tengan aislamiento reducido al neutro deben soportar la prueba de potencial aplicado, que corresponda a la clase de aislamiento de la terminal del neutro del devanado.

Cuando el aislamiento del neutro sea reducido, los devanados deben soportar una prueba de potencial inducido entre terminales de línea y tierra, no necesariamente entre línea y neutro, cuya tensión debe estar de acuerdo con los valo res de prueba a baja frecuencia, especificados en la tabla 7, para la clase de aislamiento de la línea.

El extremo de la línea debe soportar las prue bas de impulso de onda completa y onda corta que corresponden a su clase de aislamiento. El neutro (neutro exterior a través de una boquilla) debe ser capaz de soportar las pruebas de impulso que corresponden a su clase de aislamiento. La tensión de prueba de impulso en el neutro, puede obtenerse aplicando

una onda de 1.5 x 40 microsegundos al extremo de la línea o directamente al neutro.

Para la clase de aislamiento de las terminales de línea mayores de 69 kv, la clase de aislamiento del neutro debe especificarse de acuerdo con los requerimientos del servicio pero en ningún caso debe ser menor de 15 kv.

B. 4.7 Pérdidas y tolerancias. - Las pérdidas específicas deben ser las de excitación y las totales.

Las pérdidas totales incluyen a las de excitación, las de carga y las del sistema de enfriamiento forzado si lo hay.

Las pérdidas obtenidas en los transformadores de una orden dada, no deben exceder a las pérdidas garantizadas en más de los siguientes porcentajes (tabla 9):

Tabla 9. - Pérdidas

Número de unidades en la orden	Base de la determinación	Pérdidas de excitación %	Pérdidas Totales %
1	1 unidad	0	0
2 o más	cada unidad	14	10
	promedio de todas las unidades.	0	0

B. 4.8 Impedancia y su tolerancia. - La impedancia se expresa generalmente en por ciento de la tensión de impedancia con respecto a la tensión nominal.

La impedancia debe ser medida a todas las capa

tidades especificadas en la orden de compra, en las conexiones de tensiones nominales.

Si no se especifica de otra manera, se recomienda que la impedancia esté de acuerdo con la tabla 10.

La tolerancia de la impedancia para transformadores debe ser como sigue:

1) La impedancia de un transformador de dos devanados debe tener una tolerancia de ± 7.5 por ciento del valor especificado.

La diferencia de impedancias entre dos transformadores de dos devanados, duplicados, cuando dos o más unidades de una capacidad dada son producidos por el fabricante al mismo tiempo, no debe exceder 7.5 por ciento del valor especificado.

2) La impedancia de un auto-transformador debe tener una tolerancia de ± 10 por ciento.

La diferencia de impedancias entre duplicados de autotransformadores, cuando dos o más unidades de una capacidad dada son producidas al mismo tiempo por el fabricante, no debe exceder 10 por ciento del valor especificado.

Tabla 10 Impedancia referida a 60 Hz

Clase	NBA 1	KV		Z %		
		AT	BT	OA	FA, FOA 1er. paso	FA, FOA 2o. paso
15	110	15	1.2 - 15	4.0 - 6.0	4.0 - 6.5	
25	150	25	1.2 - 15	4.0 - 6.0	4.0 - 6.5	
34.5	200	34.5	1.2 - 15	4.5 - 7.0	4.5 - 7.5	
46	250	46	1.2 - 25	5.0 - 7.5	5.0 - 10.0	
69	350	69	1.2 - 34.5	5.0 - 9.0	6.0 - 12.0	7.0 - 15.0
92	450	92	15 - 34.5	5.0 - 9.0	7.0 - 12.0	8.0 - 15.0
115	550	115	15 - 34.5	6.0 - 9.5	7.0 - 14.0	8.0 - 15.0
138	650	138	15 - 34.5	6.0 - 10.0	7.0 - 14.0	8.0 - 15.0
161	750	161	15 - 69	6.0 - 10.0	8.0 - 15.0	9.0 - 17.0
196	900	196 - 230	15 - 69	7.0 - 11.0	9.0 - 15.0	10.0 - 18.0
230	1050	230	15 - 69	7.0 - 12.0	9.0 - 16.0	10.0 - 19.0
315	1425	315 - 400	15 - 25	8.0 - 12.0	10.0 - 16.0	10.0 - 20.0
			34.5 - 161	9.0 - 13.0	10.0 - 17.0	10.0 - 21.0

3) Los transformadores se consideran apropiados para operar en paralelo si sus impedancias cumplen las limitaciones de los párrafos anteriores además de las otras condiciones necesarias para tal operación.

- **Variación de la impedancia en las derivaciones.** - La variación en por ciento de la tensión de impedancia en cualquier derivación, con respecto a la de la derivación de tensión nominal, no debe ser mayor que el rango de tensión de la derivación, expresada como porcentaje del valor nominal.

B.4.9 Relación de transformación y su tolerancia. - La relación de transformación está basada en la relación de vueltas de los devanados.

La relación de las tensiones está sujeta al efecto de la regulación a diferentes cargas y factores de potencia.

La tolerancia para la relación de transformación, medida cuando el transformador está sin carga, debe ser de ± 0.5 por ciento en todas las derivaciones.

Si la tensión por vuelta excede de 0.5 por ciento de la tensión deseada, las tensiones de las derivaciones deben corresponder a la tensión de la vuelta más próxima.

B. 4.10 Regulación y su tolerancia. - La regulación de un transformador se expresa en por ciento de la tensión nominal del secundario.

La regulación se calcula de la tensión de impedancia y la medición de las pérdidas de impedancia expresadas en watts, no debe excederse la regulación, a un factor de potencia especificado, en más de 75 por ciento del valor especificado para la regulación, para transformadores de dos devanados o en 10 por ciento para transformadores de tres devanados y auto-transformadores.

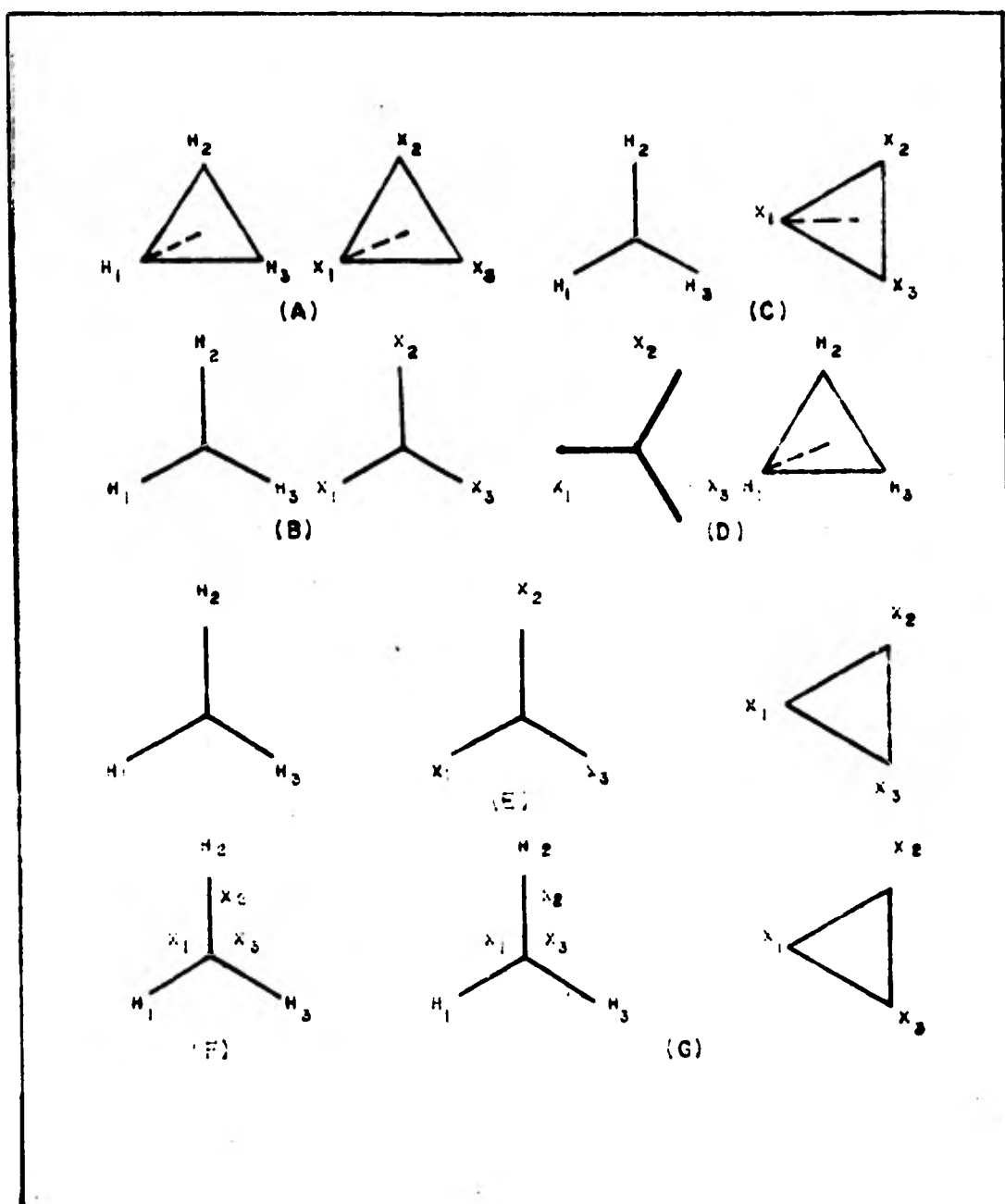
B. 4.11 Polaridad, desplazamiento angular, secuencia de fases y designación de terminales. -

a) **Polaridad para transformadores monofásicos.** - Todos los transformadores monofásicos deben ser de polaridad sustractiva.

b) **Desplazamiento angular en transformadores trifásicos.** - El desplazamiento angular entre las terminales de alta y baja tensión en un transformador trifásico con conexión delta-delta o estrella-estrella, debe ser cero grados como se muestra en las figuras a y b de la figura 3.

El desplazamiento angular en transformado-

Figura 3 Diagrama de Desplazamiento Angular



res trifásicos, entre las terminales de alta y baja tensión, cuando la conexión es delta-estrella o estrella-delta, debe ser 30° con la baja tensión atrasada con respecto a la alta tensión, como se muestra en los diagramas c y d de la figura 3.

c) **Secuencia de fases.** - La secuencia de fases debe ser en el orden 1, 2, 3 y en el sentido que indica la figura 3.

d) **Designación de terminales.** - Los devanados de un transformador deben distinguirse uno del otro como sigue:

- En los transformadores de dos devanados, el de alta tensión se designa con la letra H y el de baja tensión con la letra X.

En los transformadores de más de dos devanados, éstos se designan con las letras H, X, Y y E. La secuencia de esta designación se determina como sigue: El devanado de tensión más alta se designa con la letra H y los demás devanados con las letras X, Y y E, en orden decreciente de las tensiones.

En el caso en que dos o más devanados tengan la misma tensión pero diferente capacidad en kva, se asignan las letras en orden decreciente según la capacidad.

Las terminales del transformador se deben identificar con una letra mayúscula y un número como sub-índice. Ejemplo $H_1, H_2, H_3, X_1, X_2, X_3$, etc.

La terminal de neutro en transformadores trifásicos se debe marcar con la letra propia del devanado y con el subíndice cero, o sea H_0, X_0 , etc.

Una terminal de neutro que sea común a dos o más devanados de transformadores monofásicos o trifásicos, debe ser marcada con la combinación de las letras de los devanados con el subíndice cero, por ejemplo: H_0X_0

Si un transformador monofásico tiene un devanado con dos terminales y una de ellas está directamente a tierra, ésta se debe designar con la letra correspondiente y el subíndice 2.

BIBLIOGRAFIA

1. NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-J-284-1980
"Transformadores de Potencia"
Dirección General de Normas, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
2. NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-J-169-1978
"Métodos de Prueba, Transformadores de Distribución y Potencia"
Dirección General de Normas, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
3. MEMENTO ISO - 1980
4. NORMALIZACION INTEGRAL
Boletín Informativo de la Dirección de Normas y del Instituto Mexicana de Normalización Integral,
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
5. COMO OBTENER UN DESARROLLO TECNOLOGICO SIN REINVENTAR LA RUEDA
Instituto Mexicano de Normalización Integral,
Dirección General de Normas. Agosto 1980.
6. NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-R-50-1977
"Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas"
Dirección General de Normas, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
7. BOLETINES INFORMATIVOS: REGLAMENTO INTERNO, OBJETIVOS, ESTRUCTURA Y CAMPO DE ACCION
Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica (CCONNIE).