

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
3832:2003**

**LIQUIDOS DIELECTRICOS.
DETERMINACION DE LA
PERMITIVIDAD RELATIVA,
FACTOR DE PÉRDIDAS
DIELECTRICAS Y RESISTIVIDAD
(EN CORRIENTE CONTINUA)**



CODELECTRA
COMITE DE ELECTRICIDAD DE VENEZUELA



FONDONORMA

0070239
B. 920
P.O.

PROLOGO

La presente norma fue elaborada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización **CT-11 Electricidad, Electrónica y Comunicaciones**, por el **SC-9 MAQUINAS Y SUS COMPONENTES** a través del convenio para la elaboración de normas suscrito entre **CODELECTRA** y **FONDONORMA**, siendo aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior N° 2003-12 de fecha 17/12/2003.

En la elaboración de esta norma participaron las siguientes entidades:

C.A. DE ADMINISTRACIÓN Y FOMENTO ELETRICO
C.A. ELECTRICIDAD DE CARACAS
INDUSTRIAS CELTA, S.A.
PURAMIN, C.A
C.V.G EDELCA
MANTENIMIENTO ELECTRICO COSTEL



BIBLIOTECA NACIONAL

INDICE

	Página
1. Alance	1
2. Referencias normativas	1
2.1 Normas Covenin	1
2.2 Otras Normas	1
3. Definiciones	1
3.1 Permittividad (relativa)	1
3.2 Factor de pérdidas dieléctricas	2
3.3 Resistividad volumétrica (en corriente continua)	2
4. Consideraciones Generales	2
4.1 Permittividad relativa y factor de pérdidas dieléctricas	2
4.2 Resistividad	2
4.3 Secuencia de las determinaciones	3
5. Aparatos	3
5.1 Celda de ensayo	3
6. Cámara de ensayo	4
6.1 Vidrería	5
6.2 Aparato de medición de la permittividad y el factor de pérdidas dieléctricas	5
6.3 Aparato para la medición de la resistividad (en corriente continua)	5
6.4 Cronómetro	5
7. Limpieza	5
8. Limpieza de la celda de ensayo	5
9. Toma de muestra	6
10. Acondicionamiento y preparación de muestras	6
11. Preparación de la celda de ensayo	6
12. Temperatura de ensayo	7
13. Medida de factor de pérdidas eléctricas	7
13.1 Tensión de ensayo	7
13.2 Informe	7
14. Medida de permittividad relativa	8
14.1 Medición	8
14.2 Informe	8
15. Medida de la resistividad en corriente continua	8
15.1 Tensión de ensayo	8
15.2 Tiempo de aplicación de la tensión	9
15.3 Medición	9
15.4 Informe	9
16. Bibliografía	10

Anexo A Otros procedimientos para ensayos de rutina para la determinación del factor d perdidas eléctricas y de la resistividad de líquidos aislantes	11
Figura 1. Ejemplo de celda de tres terminales para la medición sobre líquido	13
Figura 2. Vista de la celda	14
Figura 3. Ejemplo de una celda de dos terminales	15

NORMA VENEZOLANA
LIQUIDOS DIELECTRICOS. DETERMINACION DE
LA PERMITIVIDAD RELATIVA, FACTOR DE
PÉRDIDAS DIELECTRICAS Y RESISTIVIDAD (EN
CORRIENTE CONTINUA)

COVENIN
3832:2003

1. ALCANCE

Esta norma Venezolana describe los métodos para la determinación de la permitividad relativa, del factor de pérdidas dieléctricas y la resistividad (en corriente continua) de hidrocarburos y Askareles* que son líquidos a la temperatura de ensayo.

Los métodos que se proponen hacen referencia principalmente a ensayos en líquidos dieléctricos nuevos pero estos también pueden aplicarse a líquidos aislantes, en muestras de líquidos dieléctricos, en servicio de transformadores, cables u otro equipo eléctrico. Sin embargo, cuando se desea hacer determinaciones de rutina, se pueden adoptar procedimientos simplificados, como el descrito en el Anexo A.

Los procedimientos de ensayo aquí descritos pueden usarse en líquidos aislantes diferentes a los hidrocarburos y askareles, aunque en estos casos pueden requerirse otros procedimientos de limpieza.

- * El término askarel abarca una amplia clase de líquidos aislantes basados total o parcialmente en policlorobifenilos, el cual es un contaminante persistente del medio ambiente.
- * Es necesario tener cuidado en el manejo o disposición de ellos para prevenir su entrada en el medio ambiente.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en el texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos sobre la base de ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente:

2.1. Normas Covenin

3256:1996 "Toma de muestra de dieléctricos líquidos"

2.2. Otras normas

Hasta tanto no se aprueben las Normas Venezolanas COVENIN respectivas, se deben consultar las Normas siguientes:

IEC-93: "Métodos para la determinación de resistividades transversales en superficie y materiales aislantes eléctricos".

IEC-250: "Métodos para la determinación de la permitividad y del factor de pérdidas dieléctricas de materiales aislantes eléctricos a frecuencias industriales, audibles y radioeléctricas (ondas métricas comprensibles)".

3. DEFINICIONES

3.1. Permitividad (relativa)

La permitividad relativa de un líquido aislante es la relación entre la capacidad C_x de un condensador, en el cual el espacio entre los electrodos y alrededor de ellos está completa y exclusivamente lleno con el líquido aislante en cuestión, y la capacidad C_0 de la misma configuración de los electrodos en vacío.

La capacidad C_a de la configuración de los electrodos en aire, normalmente puede ser usada en lugar de C_0 para determinar la permitividad relativa con la exactitud necesaria.

3.2. Factor de pérdidas dieléctricas

El factor de pérdidas dieléctricas ($\tan \delta$) de un líquido aislante, es la tangente del ángulo de pérdida.

El ángulo de pérdida δ , es el ángulo por el cual la diferencia de fase entre la tensión aplicada y la corriente resultante se desvía $\pi/2$ radianes, cuando el dieléctrico del condensador es exclusivamente de un líquido aislante.

3.3. Resistividad volumétrica (en corriente continua)

La resistividad volumétrica de un material aislante es el cociente entre la intensidad de un campo eléctrico continuo y la densidad de corriente constante dentro del material.

La unidad de resistividad es el Ohm por metro (Ωm)

4. CONSIDERACIONES GENERALES

4.1 Permitividad relativa y factor de pérdidas dieléctricas

La permitividad y factor de pérdidas dieléctricas de un líquido aislante eléctrico depende considerablemente de las condiciones experimentales de medición, en particular de la temperatura y de la frecuencia de la tensión aplicada. La permitividad y factor de pérdidas dieléctricas son los resultados de polarización del dieléctrico y de la conductancia del material.

A frecuencia industrial y a temperatura suficientemente elevada, conforme a los presentes métodos, las pérdidas pueden ser atribuidas exclusivamente a la conductancia del líquido, es decir, a la presencia de portadores de carga libres en el líquido. Las medidas de las propiedades dieléctricas de los líquidos aislantes de altas purzas son por consiguiente de gran importancia ya que indican la presencia de contaminantes ionizables.

La contribución de la conductividad a las pérdidas dieléctricas del líquido es una función inversa de la frecuencia de medición y varía con la viscosidad del líquido. El valor de la tensión aplicada en el ensayo cuando se mide el factor de pérdidas dieléctricas es menos importante. Ella depende a menudo de la sensibilidad del puente de medición. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que una elevada tensión provocará fenómenos secundarios en los electrodos, sobrecalentamiento del dieléctrico, descargas, etc.

Mientras que cantidades relativamente grandes de impurezas producen comparativamente pequeños cambios en la permitividad, el factor de pérdidas dieléctricas de los líquidos aislantes puede ser fuertemente afectado por trazas disueltas de contaminantes ionizables o por partículas coloidales. Los Askareles son mucho más sensibles a la contaminación que los hidrocarburos líquidos, debido a su mayor polaridad lo que produce un mejor poder de solvencia y capacidad de disociación. Por esta razón, su manipulación requiere más precaución que los hidrocarburos líquidos.

Los resultados discordantes normalmente se deben a contaminación por una inapropiada toma o manipulación de las muestras; a una limpieza incorrecta de las celdas o a la presencia de agua no disuelta.

Una larga exposición a la luz intensa durante el almacenamiento puede causar la degradación de la muestra, obteniéndose valores elevados como resultado. Se debe recomendar procedimientos normalizados para el almacenamiento y transporte de las muestras, así como para el ensamblaje y limpieza de la celda de ensayo de manera de minimizar los errores causados por contaminación.

Pueden obtenerse resultados erráticos dependiendo del momento de medición del factor de pérdidas dieléctricas. De hecho, cuando un líquido aislante se introduce en una celda caliente a temperatura constante, su factor de pérdidas dieléctricas puede cambiar significativamente en función del tiempo incluso en ausencia de tensión eléctrica. La magnitud del efecto del tiempo es más importante con los askareles. La velocidad del cambio dependerá de la relación entre el área de los electrodos con el volumen del líquido y de la temperatura de ensayo.

Aún cuando se considere que el valor inicial es representativo de la condición real del líquido, es recomendable realizar la medición del factor de pérdidas dieléctricas cuando se haya alcanzado el equilibrio de la temperatura. El factor de pérdidas dieléctricas es muy sensible a los cambios de temperatura, la dependencia en $1/K$ es exponencial. Por consiguiente es necesario llevar a cabo las medidas bajo condiciones precisas de temperatura. Los procedimientos descritos a continuación permiten minimizar el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio de temperatura entre la muestra y la celda.

4.2 Resistividad

La medida de la resistividad (en corriente continua) de los líquidos depende fundamentalmente de las siguientes condiciones experimentales:

4.2.1 Temperatura

La resistividad es particularmente sensible a los cambios de temperatura, la dependencia en $1/K$ es exponencial. Por consiguiente es necesario efectuar las medidas bajo condiciones precisas de temperatura.

4.2.2 Intensidad del campo eléctrico

La resistividad de una muestra puede estar influenciada por el valor de la tensión aplicada. Para que los resultados sean comparables, las medidas deben ser realizadas con gradientes de tensión aproximadamente equivalentes.

4.2.3 Tiempo de electrificación

En la aplicación de una tensión en corriente continua, la corriente a través de la muestra disminuye hasta un valor límite debido a la migración de portadores de carga hacia los electrodos. Una práctica generalizada, es fijar en 1 min la duración de la electrificación. La variación en el tiempo de electrificación puede producir cambios en los resultados del ensayo.

La resistividad (en corriente continua) es considerablemente afectada por los contaminantes presentes en la muestra y es dependiente del tiempo. Se deben seguir estrictamente las mismas precauciones descritas en punto 5.1 para prevenir resultados erráticos por el manejo inapropiado de la muestra, de las celdas del ensayo o del tiempo de electrificación. Al igual que con el factor de pérdidas dieléctricas, las impurezas ionizables y coloidales pueden afectar la resistividad. La presencia de agua en estado disperso puede reducir significativamente la resistividad. El agua disuelta puede ser importante cuando se acerca a niveles de saturación.

A pesar de que todos los factores anteriores influyen en el valor científico de los resultados, la resistividad (en corriente continua), sigue siendo un criterio útil.

4.3 Secuencia de las determinaciones

Cuando las medidas de la permitividad, factor de pérdidas dieléctricas y resistividad se realizan consecutivamente en la misma muestra, las determinaciones en corriente alterna siempre se realizarán antes de aplicar una corriente continua a la muestra. Los electrodos de la celda deben ser cortocircuitados durante 1 min luego del ensayo en corriente alterna y la medición de resistividad se realizará inmediatamente después.

5 APARATO

5.1 Celda de ensayo

La misma celda de ensayo puede usarse para las determinaciones de permitividad, factor de pérdidas dieléctricas y resistividad (en corriente continua). Una celda conveniente para estas aplicaciones, debe cumplir con los siguientes requisitos generales:

5.1.1 El diseño de la celda debe ser fácil de desmontar para la limpieza de todas sus partes y reensamblable sin modificaciones de la capacidad de la celda vacía. El diseño también debe permitir el uso de la celda en un baño a temperatura constante u horno, en el que pueda ser medida la temperatura de el (los) electrodo(s) interno(s).

5.1.2 Los materiales usados en la construcción de la celda deben ser no porosos y capaces de resistir las temperaturas requeridas. La alineación de los electrodos no debe ser afectada por los cambios de temperatura.

5.1.3 Las superficies de los electrodos en contacto con las muestras bajo ensayo, deben tener un acabado de espejo (no poroso) para facilitar su limpieza. No debe existir ninguna interacción química entre el líquido bajo pruebas y los electrodos. Estos tampoco deben ser afectados por los materiales de limpieza. Las celdas en acero inoxidable han demostrado ser adecuadas para probar todos los tipos de líquidos aislantes. No debe usarse Aluminio o sus aleaciones porque pueden ser atacados por los detergentes alcalinos.

NOTA 1.- En general, las superficies recubiertas son menos adecuadas que los electrodos de metal macizo. Sin embargo, las superficies enchapadas con oro, níquel o rodio pueden ser usadas, siempre y cuando tengan un buen enchapado y permanezcan intactas. El recubrimiento con rodio se ha encontrado invariable y tiene la ventaja adicional de una baja expansión térmica. También se ha usado bronce enchapado en níquel u oro y acero inoxidable niquelado.

5.1.4 Los materiales del aislamiento sólido usados como soporte de los electrodos deben tener un factor de pérdidas dieléctricas bajo y una resistividad alta. Ellos no deben absorber o ser afectados adversamente por los líquidos de referencia, líquidos en ensayo o materiales de limpieza.

NOTA 2 La Silica fundida es considerada generalmente un material adecuado para ser usado como aislante en la celda. Como consecuencia de la diferencia entre los coeficientes de expansión lineal de los metales comúnmente usados y de la silica fundida, se hace necesario un espacio radial entre las juntas. Este espacio puede disminuir la precisión del centrado del electrodo.

- 1 La distancia entre el electrodo de guarda y el de medición a lo largo de la superficie del líquido y del aislante sólido debe ser suficiente para soportar la tensión usada en el ensayo.
- 2 En la figura 1 (celdas de tres terminales) y en la figura 3 (celdas de dos terminales) se muestran los esquemas de celdas que pueden usarse por encima de 2000 V y con líquidos de baja viscosidad. Puede usarse cualquier celda similar que reúna estos requisitos. Las celdas de tres terminales están provistas de un anillo de guarda muy eficaz para proteger al electrodo de medición. Se usa una celda de tres terminales para las determinaciones de mayor precisión. En el caso de medidas en las que se requiera de una protección especial, se puede añadir una cubierta blindada removible directa y eléctricamente unida a un conductor externo usando un cable coaxial para la conexión con el puente (Vea Figura 2).

Si se usan celdas de dos terminales, la protección del conductor generalmente conectada al electrodo de guarda, se debe sujetar firmemente al aislamiento del cable para prevenir contacto con cualquier otra superficie. Cuando se usan estas celdas para medir resistividad, se debe asegurar que la resistencia de los aisladores, con la celda en vacío, sea 100 veces menor al valor de la resistencia que es medida a través del líquido. Para medidas con corriente alterna deben establecerse los valores correspondientes para el factor de pérdidas eléctricas.

La celda debe limpiarse justo antes de realizar un ensayo de referencia. La limpieza no es necesaria antes de una medición de rutina que se realiza seguidamente de una medición en que la propiedad se encuentre dentro del valor límite especificado. Después de usar la celda o cuando no ha sido usada durante varios días, se debe limpiar y secar de acuerdo con el punto 7, y se debe ensamblar y guardar en un lugar seco y libre de polvo.

Puede ser conveniente restringir el uso de una celda a una clase particular de líquido.

6. CÁMARA DE ENSAYO

La celda de ensayo debe alojarse en una cámara capaz de mantener la temperatura con una precisión de $\pm 0.5^\circ$ C del valor especificado. Esta puede consistir en un horno de ventilación forzada o en un baño relleno de aceite o glicerina controlado por un termostato, con soporte ajustable para apoyar la celda.

La cámara de ensayo debe estar equipada con conexiones de protección eléctrica a la celda. La celda de ensayo debe estar aislada de la cubierta que esta puesta a tierra de la cámara de ensayo.

6.1 Vidriería

Se debe usar vidriería de uso común en laboratorio de borosilicato tales como vasos de precipitado, cilindros graduados, pipetas, etc.

Toda la vidriería usada para el manejo de las muestras se debe limpiar siguiendo el procedimiento descrito en punto 7, y secarse cuidadosamente.

6.2 Aparato de medición de la permitividad y el factor de pérdidas dieléctricas

Un puente a corriente alterna (frecuencia industrial) capaz de medir el factor de pérdidas dieléctricas con una resolución menor a 1×10^{-4} para las aplicaciones normales, pero preferiblemente capaz de medir menos de 1×10^{-5} para una capacidad de 100 pF.

Los detalles completos concernientes a los puntos de medición de la capacidad con corriente alterna y circuitos de control, pueden encontrarse en la Publicación IEC-250.

6.3 Aparato para la medición de la resistividad (en corriente continua)

Los instrumentos y el circuito de control apropiado son descritos en la Publicación IEC-93.

6.4 Cronómetro

Con una precisión de 0,5 s para medir el tiempo de duración de la tensión aplicada.

7. LIMPIEZA CON SOLVENTE

El solvente usado para la limpieza de la celda de ensayo deber ser de una pureza por lo menos de calidades técnicas y debe guardarse en botellas de vidrio color ámbar. Si éste es entregado en tambores debe ser filtrado y guardado en botellas de vidrio ámbar.

Los solventes clorados, como 1,1,1 Tricloroetano, el Percloroetileno y Cloroformo son necesarios para ensayos de askareles. Los solventes a bases de hidrocarburos, como Etér de petróleo (Punto de ebullición 60° C a 80° C), n-Heptano y Tolueno, son convenientes para aceites minerales.

NOTA 3.-Los solventes clorados contienen ciertos tipos de aditivos estabilizadores de baja volatilidad y éstos pueden a veces requerir de una destilación antes de su uso.

8. LIMPIEZA DE LA CELDA DE ENSAYO

La limpieza de la celda de ensayo es de una importancia primordial para mediciones de las propiedades dieléctricas, debido a la extrema sensibilidad de los líquidos aislantes a la más mínima traza de contaminante.

Por lo tanto es esencial que el procedimiento descrito a continuación se siga rigurosamente:

- Desmantele completamente la celda.
- Lave a fondo todos los componentes de la celda con dos porciones de solvente (Ver punto 7).
- Enjuague todas las partes con acetona y lávelas con un jabón o un detergente ligeramente abrasivo.
- Las partículas abrasivas así como la acción del frotado no debe causar ningún deterioro en el pulido de las superficies metálicas.
- Lleve todos los componentes a ebullición, en una mezcla de agua destilada que contenga 5% de fosfato trisódico, durante por lo menos 5 min Después realice varios enjuagues con agua destilada.
- Lleve a ebullición todas las partes de la celda, con agua destilada, por lo menos 1 h.
- Seque todas las partes de la celda en una estufa entre 105° C a 110° C no más de 90 min, debido a que ciertos materiales pueden deteriorarse. La duración del tiempo de secado dependerá del diseño de la celda, pero generalmente un periodo de 60 min a 90 min es suficiente para eliminar toda la humedad.

Después que los electrodos se han lavado, tenga la precaución de no tocar sus superficies con las manos.

Preste atención a la limpieza de las superficies en las que se colocan los componentes de la celda. No se deben exponer a la contaminación de vapores o polvo.

NOTA 4:- Se deben guardar las precauciones apropiadas contra el fuego y los efectos tóxicos sobre el personal al usar solventes.

9. TOMA DE MUESTRA

Los líquidos aislantes usados en los ensayos deben ser muestreados de acuerdo con el método descrito en la Norma COVENIN 3256.

10. ACONDICIONAMIENTO Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras obtenidas de acuerdo con el punto 9, deben conservarse en sus envases originales y protegidas de la luz.

A menos que sea requerido por una especificación relativa al líquido bajo ensayo, ningún tratamiento, como filtración, secado, etc., debe ser aplicado. Siempre que sea posible, precaliente la muestra en el recipiente original de muestreo, luego de transferir suficiente muestra para otros ensayos. El espacio sobrante debe ser adecuado para la expansión del líquido y así evitar la rotura del recipiente. Cuando las muestras deban ser transferidas a otros recipientes, estos pueden ser vasos de precipitado de vidrio o fioles con tapa de vidrio esmerilada, limpios, de acuerdo con el punto 7. Antes de tomar alícuotas del recipiente original éste debe permanecer en el lugar donde se realizan los ensayos hasta que la muestra alcance la temperatura ambiente.

Para que pueda obtenerse un espécimen representativo, la muestra debe ser homogeneizada inclinando el envase suavemente y girando el líquido varias veces. Limpie la boca del envase con una tela limpia y libre de hilachas, vierta fuera del mismo una pequeña porción del líquido para enjuagar la superficie externa.

El envase que contiene la muestra o los recipientes auxiliares se tapan y el líquido debe ser calentado en un horno a una temperatura de 5° C a 10° C sobre la temperatura requerida en el ensayo. En equipos que poseen hornos internos de calentamientos no aplica lo anterior.

Con líquidos que son susceptibles a la oxidación, el periodo de calentamiento no debe exceder de 1h.

Debido a los efectos de la contaminación, puede restringirse el uso de un horno a un tipo particular de líquido.

11. PREPARACIÓN DE LA CELDA DE ENSAYO

Ensamble la celda de ensayo cuando todavía este caliente, teniendo cuidado de no tocar las superficies de los electrodos o de aislamiento que estarán en contacto con el líquido.

Transfiera la celda ensamblada al horno, el cual se ha mantenido de 5° C a 10° C sobre la temperatura de ensayo requerida. Cuando la temperatura del electrodo(s) interno ha excedido la temperatura del ensayo, retire rápidamente la celda, saque el electrodo(s) interno (no apoyar en ninguna superficie) y llene la celda con una porción de la muestra caliente.

Coloque el resto de la muestra caliente en el horno, e inserte el electrodo(s) interno y enjuague la celda dos veces levantando y bajando el electrodo(s) interno. Saque el electrodo(s) interno (no apoyar en ninguna superficie), deseche el líquido del enjuague e inmediatamente llene la celda con una segunda porción de la muestra caliente. Coloque el electrodo(s) interno, transfiera la celda a la cámara que se encuentra a la temperatura del ensayo y haga las conexiones eléctricas necesarias. Coloque el resto de la muestra caliente en el horno. Escoja la temperatura de precalentamiento apropiada y realice las operaciones descritas lo mas rápidamente posible para evitar un enfriamiento excesivo de la celda a fin de que ésta y la muestra alcancen el equilibrio en 10 min para ensayos de referencia y de 10 min a 15 min para ensayos de la rutina. También evite la acumulación de partículas del polvo en las superficies húmedas de la celda.

NOTA 5.- Si una cavidad es prevista para colocar termómetro en el electrodo interno, inserte un termómetro de mercurio graduado en 0,25° C.

NOTA 6.- Cuando se utilicen equipos automáticos con temperaturas programadas, se deben operar bajo las instrucciones de operación del fabricante.

12. TEMPERATURA DE ENSAYO

Estos métodos de ensayos pueden ser aplicados para probar líquidos aislantes dentro de un amplio rango de temperatura.

Los ensayos se deben realizar a 90° C, a menos que exista otra especificación o una especificación apropiada para un líquido particular.

13. MEDIDA DE FACTOR DE PÉRDIDAS ELÉCTRICAS

13.1. Tensión del ensayo

La tensión c.a. debe ser tal que el líquido sea sometido a un gradiente comprendido entre 0,03 kV/mm y 1 kV/mm. La tensión debe ser senoidal con una frecuencia comprendida entre 40 Hz y 62 Hz.

NOTA 7: Generalmente, dentro de este rango de frecuencia, se pueden convertir los resultados de una a otra frecuencia usando la siguiente fórmula:

$$\tan \delta_{f_1} = \tan \delta_{f_2} * \frac{f_2}{f_1}$$

Medición

Efectuar la medición del factor de pérdidas eléctricas diez minutos después de llenar la celda ⁽¹⁾ mientras la temperatura del electrodo interno es $\pm 1^\circ$ C de la temperatura requerida en el ensayo. Se aplicará tensión solamente durante la medición. Al completar la medición inicial, vacíe la celda y llene con una segunda porción de la muestra siguiendo el mismo procedimiento y con las mismas precauciones usadas para la primera medición, pero omitiendo el enjuague. Repita la medición. Las dos lecturas no deben diferir una de otra por más de 0,0001 más el 25% del mayor de los dos valores obtenidos.

Si este requisito no se cumple, continúe realizando mediciones en diferentes porciones de muestra hasta obtener dos lecturas consecutivas que cumplan con esta condición. Entonces éstos se aceptarán como resultados válidos.

Alternativamente medidas duplicadas pueden llevarse a cabo en dos celdas diferentes del mismo modelo, siempre y cuando las lecturas cumplan con los requisitos de los párrafos anteriores.

⁽¹⁾Para ensayos de rutina este periodo puede aumentarse de 10 min a 15 min.

13.2. Informe

Reporte como el factor de pérdidas eléctricas el valor más bajo de las dos medidas válidas. El informe debe incluir:

13.3.1 Tipo de celda(s) del ensayo y su capacidad con aire como dieléctrico

13.3.2 Tensión aplicada y la distancia efectiva entre los electrodos.

13.3.3 Frecuencia de tensión aplicada.

13.3.4 Temperatura de ensayo.

13.3.5 Número de llenados realizados y el resultado en cada uno.

14. MEDIDA DE PERMITIVIDAD RELATIVA

14.1 Medición

Se mide la capacidad de la celda del ensayo limpia, primero con aire seco como dieléctrico y a continuación con un líquido de permitividad relativa conocida ϵ_n (líquido de calibración). Calcular la constante del electrodo C_e y la corrección de la capacidad C_g , usando las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} C_g &= C_a - C_e \\ C_e &= \frac{C_n - C_a}{\epsilon_n - 1} \end{aligned}$$

donde:

C_n = es la capacidad de la celda con el líquido de calibración
 ϵ_n = es la permitividad relativa del líquido de calibración
 C_a = es la capacidad de la celda con aire como dieléctrico

Se mide la capacidad de la celda con el líquido bajo ensayo C_x y calcule la permitividad relativa ϵ_x :

$$\epsilon_x = \frac{C_x - C_g}{C_e}$$

Repita el ensayo hasta obtener una repetibilidad de 5% del valor más alto obtenido.

NOTA 8.- La máxima precisión se obtiene si los valores de C_a , C_n , y ϵ_n son conocidos a la temperatura de determinación del valor C_n .

NOTA 9.- Cuando se emplean celdas de tres terminales previamente verificadas o cuando son aceptables precisiones más bajas, el término C_g puede ser despreciable y la permitividad relativa se puede calcular con la siguiente fórmula simplificada:

$$\epsilon_x = \frac{C_x}{C_a}$$

14.2. Informe

Informe como permitividad relativa de la muestra, la media de dos medidas válidas.
El informe debe incluir:

- 14.2.1 Tipo de celda del ensayo y su capacidad con aire como dieléctrico.
- 14.2.2 Tensión y distancia entre los electrodos.
- 14.2.3 Frecuencia de la tensión aplicada.
- 14.2.4 Temperatura de ensayo.

15. MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD EN CORRIENTE CONTINUA

15.1. Tensión de ensayo

La tensión de ensayo en corriente continua será tal que el líquido a ensayar soporte una tensión de 250 V/mm, a menos que sea otra la especificación.

15.2. Tiempo de aplicación de la tensión

Debe ser de 60 s.

15.3. Medición

Si el factor de disipación ha sido determinado en la muestra de ensayo, los electrodos deben ser cortocircuitados durante 1 min e inmediatamente después se iniciará la medida de la resistividad.

Si sólo se realiza la medición de la resistividad, esta se debe llevar a cabo 10 min después de llenar la celda.⁽²⁾

Establezca las conexiones eléctricas al aparato de medida y al generador de tensión conectando el polo positivo al electrodo externo de la celda. Aplique la tensión a corriente continua y luego de 60 s de electrificación, tome nota de las lecturas de tensión y de corriente.

NOTA 10: Alternativamente, pueden usarse instrumentos que lean la resistencia con tal de que cumplan los otros requisitos (ejemplo una tensión de 250 V/mm).

A continuación se cortocircuitan los electrodos de la celda durante 5 min.

Deseche el líquido de la celda y vierta en una segunda alícuota de la muestra y realice la medición.

Calcule el resistividad, expresada en metros por Ohm, mediante la siguiente fórmula:

$$e = K \frac{U}{I}$$

donde:

U = lectura de la Tensión de ensayo en voltios,

I = lectura de la corriente, en amperios,

K = Constante la celda en metros

La constante de la celda K se determina a partir de la capacidad de la celda en vacío (C_0) expresada en pF.

$$K (\text{metro}) = 0,113 \times C_0 (\text{pF})$$

⁽²⁾ Para ensayos de rutina pueden extenderse el tiempo de 10 min a 15 min.

Las dos lecturas consecutivas no deben diferir por más de un 35% del valor más elevado. Si este requisito no se cumple, continúe con las determinaciones cambiando la porción de la muestra hasta obtener dos valores consecutivos de resistividad que cumplan con ese criterio.

Estos valores se aceptarán como resultados válidos.

NOTA 11: una segunda medida efectuada en cada porción de la muestra, con la polaridad de la tensión aplicada invertida, puede proporcionar información sobre la limpieza de la celda y de otros fenómenos. Ciertos instrumentos electrónicos no tienen un interruptor para tal inversión, en estos casos es necesario tener cuidado para evitar resultados erróneos.

15.4 Informe

Informe como resistividad de la muestra el valor más alto de las dos medidas válidas.

El informe también debe incluir:

15.4.1 Tipo de celda de ensayo y su constante.

15.4.2 Tensión y separación del electrodo.

15.4.3 Número de ensayos realizados y el resultado de cada uno de ellos.

La constante de la celda K se determina a partir de la capacidad de la celda en vacío (C_0) expresada en pF.

$$K \text{ (metro)} = 0,113 \times C_0 \text{ (pF)}$$

⁽²⁾ Para ensayos de rutina pueden extenderse el tiempo de 10 min a 15 min.

Las dos lecturas consecutivas no deben diferir por más de un 35% del valor más elevado. Si este requisito no se cumple, continúe con las determinaciones cambiando la porción de la muestra hasta obtener dos valores consecutivos de resistividad que cumplan con ese criterio. Estos valores se aceptarán como resultados válidos.

NOTA 11: una segunda medida efectuada en cada porción de la muestra, con la polaridad de la tensión aplicada invertida, puede proporcionar información sobre la limpieza de la celda y de otros fenómenos. Ciertos instrumentos electrónicos no tienen un interruptor para tal inversión, en estos casos es necesario tener cuidado para evitar resultados erróneos.

15.4 Informe

Informe como resistividad de la muestra el valor más alto de las dos medidas válidas. El informe también debe incluir:

15.4.1 Tipo de celda de ensayo y su constante.

15.4.2 Tensión y separación del electrodo.

15.4.3 Número de ensayos realizados y el resultado de cada uno de ellos.

15.4.4 Temperatura de ensayo.

16. BIBLIOGRAFIA

IEC 247 -78 Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor and d.c. resistivity of insulating liquids

Participaron en la elaboración de esta norma los profesionales siguientes: María Gómez de Cordero, Mónica Castellanos, Carolina Arcila, David Duran, Edgar Castrejón, Paulina Zúñiga y Rodrigo Rey.

ANEXO A

Otros procedimientos para ensayos de rutina para la determinación del factor de pérdidas dieléctricas y de la resistividad de líquidos aislantes

A1. Generalidades

Estos procedimientos simplificados para determinar el factor de pérdidas dieléctricas y la resistividad son adecuados para probar grupos de muestras de líquidos aislantes minerales y askareles, de equipos en servicio o nuevos, que cumplan con los valores de la especificación.

Los métodos de ensayos descritos a continuación son menos precisos que los descritos anteriormente, pero ellos permiten una mayor rapidez en las mediciones, con niveles de precisión aceptables.

A2. Celda de ensayo:

Se pueden usar celdas modificadas las cuales permitan el reemplazo del líquido sin abrirlas. Es recomendable restringir el uso de una celda a una clase particular de líquido.

A3. Cámara de ensayo:

Un horno con ventilación forzada, una manta de calentamiento o un baño controlado por un termostato relleno de aceite o glicerina, capaz de mantener la celda de ensayo a una temperatura uniforme, manteniendo la temperatura de ensayo requerida y la temperatura del electrodo interno con una precisión de 2° C. El uso de una plancha de calentamiento es menos satisfactoria porque las variaciones de temperatura a lo largo de la celda pueden llevar a los resultados no confiables.

A4. Temperatura de ensayo:

Las mediciones pueden realizarse cuando la temperatura de la muestra se encuentre a $\pm 2^\circ$ C de la temperatura de ensayo.

A5. Limpieza de la celda de ensayo:

Cuando los procedimientos de limpieza descritos en el punto 8 no puedan ser usados, es necesario preparar un procedimiento de limpieza alternativo para la celda usada, a condición de que los resultados obtenidos sean repetibles y consistentes con aquellos obtenidos de acuerdo con el procedimiento detallado, descrito en el punto 8.

Deben seguirse las precauciones sobre la elección del solvente descritas en el punto 7.

El siguiente procedimiento bastará para probar líquidos dieléctricos derivados de hidrocarburos:

- Siempre que sea posible desmantele la celda completamente.
- Lave a fondo todas sus componentes con dos porciones de solvente (punto 7).
- Enjuague primero con acetona y luego con agua caliente, seguido de varios enjuagues con agua destilada.
- Seque completamente las componentes de la celda en un horno entre 105° C a 110° C durante un tiempo no mayor de 90 min.

El tiempo de secado dependerá del diseño de la celda, pero generalmente de 60 min a 90 min es recomendable para eliminar la humedad.

Cuando sean probadas consecutivamente varias muestras del mismo tipo de líquido nuevo, puede usarse la misma celda de ensayo sin limpiar en el intermedio de los mismos, con tal de que el valor de la propiedad medida para la muestra previamente probada, sea mejor que el valor de la especificación. Si el valor de la última muestra probada es mayor que el de la especificación, se limpiará la celda de ensayo antes de ser usada nuevamente.

A6. Preparación de muestras y llenado de la celda de ensayo:

Las muestras deben ser almacenadas y manipuladas siguiendo las especificaciones del punto 10.

Las muestras de líquidos nuevos deben ser preparadas, precalentadas y vertidas dentro de la celda conforme a lo

descrito en los puntos 10 y 11. La muestra puede ser precalentada en una plancha de calentamiento con agitación continua, para así evitar el sobrecalentamiento local.

Un procedimiento alternativo para líquidos de hidrocarburo de baja viscosidad y el particularmente el aceite mineral, consiste en llenar la celda fría con una muestra a temperatura ambiente y colocarla en la cámara de calentamiento mantenida a la temperatura requerida. La proporción calorífica permitirá que el líquido de la celda logre la temperatura de la prueba aproximadamente en 1 h después de haber comenzado a el calentamiento.

Las celdas usadas para ensayos continuos (sin limpieza entre ensayos de diferentes muestras), siempre deben enjuagarse tres veces con un volumen de la próxima muestra aproximadamente igual a la tercera parte de la capacidad de la celda.

A veces los aceites minerales envejecidos pueden requerir consideraciones especiales para evitar una oxidación adicional durante el calentamiento o retención de altas temperaturas.

El efecto de materia extraña suspendida, puede ser obtenida probando antes y después de la filtración, esta se realizará través de un filtro de vidrio con de porosidad calidad 4.

A7. Tensión de ensayo:

Las pruebas de factor de disipación deben realizarse con una tensión en el rango 0,03 kV/mm a 1 kV/mm. La tensión real no debe ser tan alta, que cause fenómenos secundarios en los electrodos.

A corriente continua pruebe que la tensión escogida para las medidas de la resistividad sea suficiente para mantener el líquido a una tensión eléctrica de 50 V/mm a 250 V/mm.

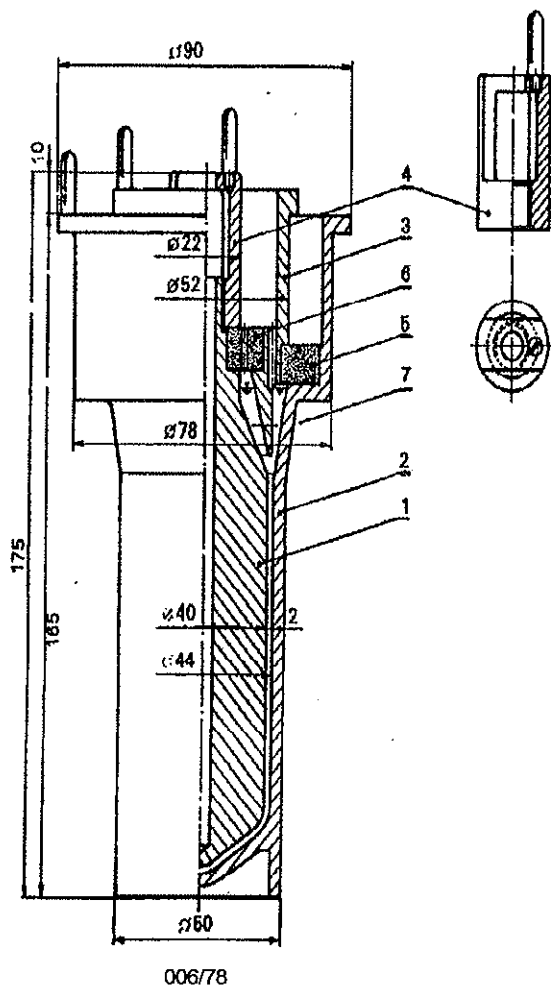
A8. Medición:

Cuando el líquido no se caliente en la celda, la lectura debe hacerse en un periodo de 10 min a 15 min después de vertido en la celda y cuando la temperatura del electrodo interno este dentro del rango de $\pm 2^{\circ}$ C de la temperatura especificada.

Si el calentamiento se lleva a cabo en la celda, el líquido debe alcanzar la temperatura de ensayo aproximadamente en 1 h (la tolerancia de 2° C todavía aplica) y se realiza entonces la medición.

Cuando se requieren pruebas a corriente alterna, estas siempre se harán antes de aplicar corriente continua.

Un solo espécimen puede probarse para cada muestra.



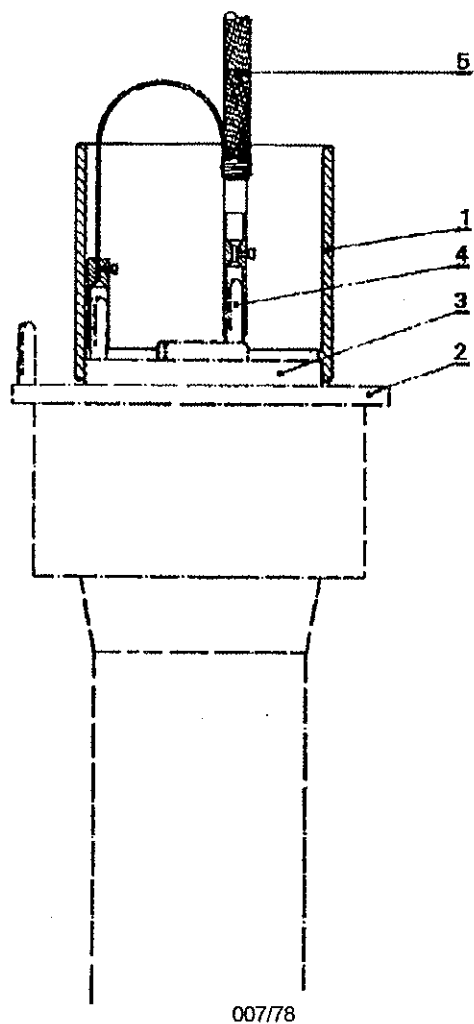
- 1- Electrodo Interno
- 2- Electrodo Externo
- 3- Anillo de guarda
- 4- Agarradera
- 5- Junta Silica
- 6- Junta Silica
- 7- Mínimo nivel de líquido

Volumen de líquido es aproximadamente 45 cm^3

Todas las superficies en contacto con líquido debe ser de acabado de pulido espejo

Dimensiones en mm

Figura 1. Ejemplo de celda de tres terminales para la medición sobre líquido.



- 1- Tapa removible y atornillada (Acero inoxidable)
- 2- Electrodo externo
- 3- Anillo de guarda
- 4- Conexión del electrodo interno
- 5- Cable de pantalla

007/78

Figura 2. Vista de la celda

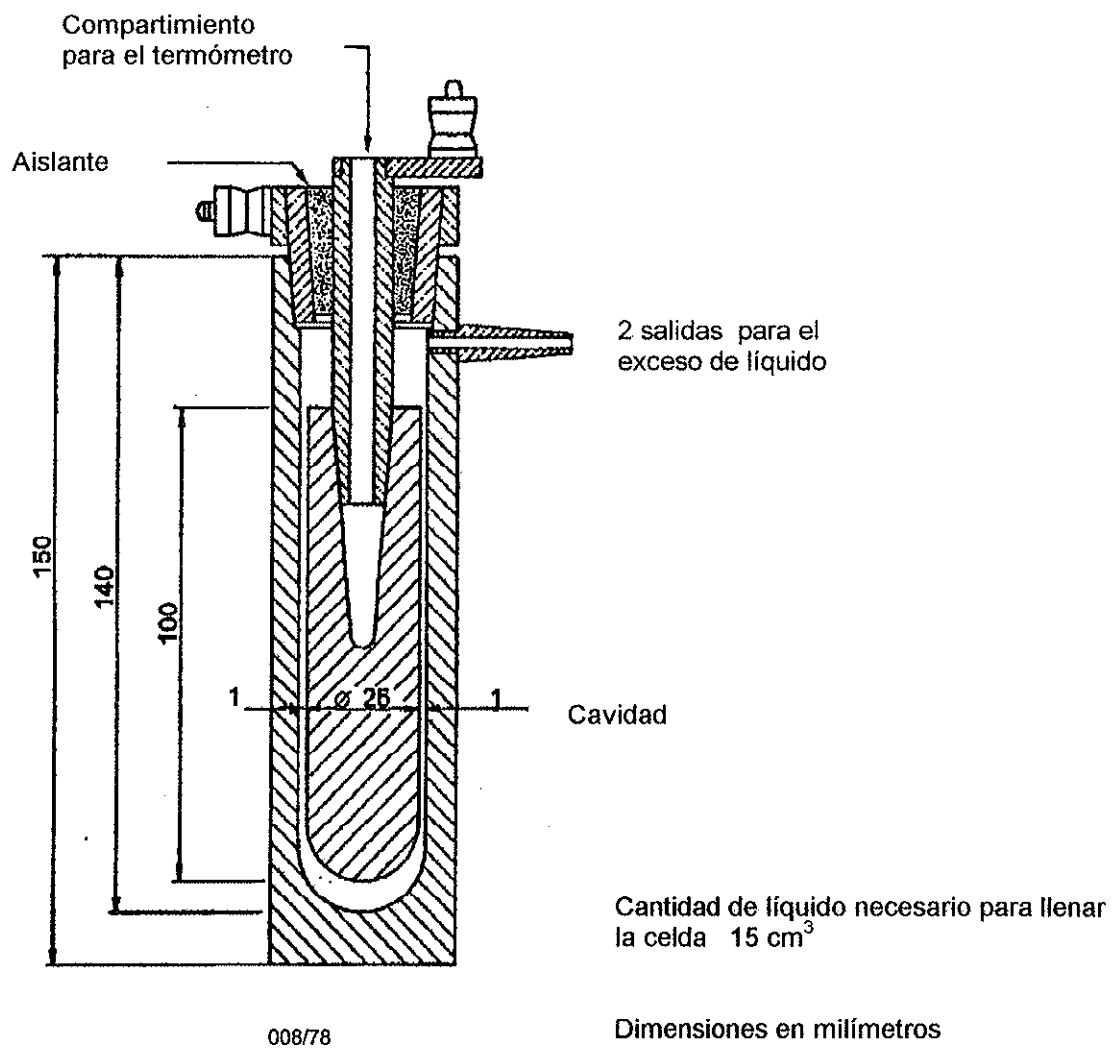


Figura 3. Ejemplo de una celda de dos terminales.

INDICE

	pág
1. Alcance	1
2. Definiciones	2
3. Consideraciones generales	3
4. Aparato	4
5. Limpieza con Solvente	5
6. Limpieza de la celda de ensayo	6
7. Ensayo	7
8. Acondicionamiento y preparación de las muestras	8
9. Llenado de la celda de ensayo	9
10. Temperatura de ensayo	10
11. Medida del factor de disipación	12
12. Medida de la permitividad relativa	13
13. Medida de la resistividad a corriente continua	14
14. Gráficas del equipo	16
	17
	18
Anexo A	
Procedimientos alternativos para la comprobación de rutina de factor de perdidas dieléctricas y resistividad de líquidos aislantes	13

**COVENIN
3832:2003**

**CATEGORÍA
C**

CODELECTRA

Comité de Electricidad de Venezuela

**Av. Sucre Los Dos Caminos, Centro Parque
Boyacá, Torre Centro, Piso 5, Oficina 51, Caracas.**

Teléfonos: 285-28-67/77-74 Fax: 285-47-87

E-mail: codelectra@codelectra.org

Página Web: www.codelectra.org

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Depósito Legal: IF5552004621210

ISBN:

ICS: 29.035.40

Descriptores: Líquido dieléctrico; aceite aislante; líquido aislante.