

2004-09-29

---

**TRANSFORMADORES DE MEDIDA.  
TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS**



E: INSTRUMENT TRANSFORMERS. INDUCTIVE VOLTAGE TRANSFORMERS

---

CORRESPONDENCIA: esta norma es idéntica (IDT) por traducción de la IEC 60044-2

---

DESCRIPTORES: transformadores de medida-  
transformadores de tensión inductivos;  
transformadores de tensión inductivos-  
requisitos; transformadores de tensión  
inductivos-ensayos.

---

I.C.S.: 17.220.20

---

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

---

Prohibida su reproducción

Tercera actualización  
Editada 2004-10-08

## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 2207 (Tercera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2004-09-29.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 144 Medidores de energía.

CEDELCA	EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE	-EPSA-
DE SANTANDER	EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI
COLTAVIRA	INELCA
DIGITRON	INGEMERC
DINTEC	INGENIERÍA Y REPRESENTACIONES
DISICO	INPEL
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER	INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A.
ELECTROCOSTA	MEDER S.A.
EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ	MEK LTDA.
EMPRESA DE ENERGÍA DE	RYMEL INGENIERÍA
CUNDINAMARCA	SERVIMETERS

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ALDANA METERS LTDA.	EMPRESAS DE ENERGÍA DE PEREIRA
CHEC	EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
CIDET	HAP ELECTRÓNICA
COMPAÑÍA AMERICANA DE MULTISERVICIOS	INCOMELEC
-CAM-	METRELEC INGENIERÍA LTDA.
CREG	MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
ELECTRIFICADORA DEL META	MTE LTDA.
ELECTROLIMA	PAFAL
EMPRESA ANTIOQUEÑA DE ENERGÍA	SERVISYSTEMS

SUATELL LTDA.  
TRANSFORMADORES C&CO ENERGY LTDA.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
UNIVERSIDAD DEL VALLE

**ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**

<b>CONTENIDO</b>		<b>Página</b>
0.	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.	<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1	<b>OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.2	<b>NORMAS PARA CONSULTA.....</b>	<b>2</b>
2.	<b>DEFINICIONES.....</b>	<b>2</b>
2.1	<b>DEFINICIONES GENERALES.....</b>	<b>2</b>
2.2	<b>DEFINICIONES ADICIONALES PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS MONOFÁSICOS PARA PROTECCIÓN.....</b>	<b>6</b>
3.	<b>REQUISITOS GENERALES .....</b>	<b>7</b>
4.	<b>CONDICIONES DE SERVICIO NORMALES Y ESPECIALES .....</b>	<b>7</b>
4.1	<b>CONDICIONES DE SERVICIO NORMALES .....</b>	<b>7</b>
4.2	<b>CONDICIONES DE SERVICIO ESPECIALES.....</b>	<b>8</b>
4.3	<b>SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.....</b>	<b>9</b>
5.	<b>VALORES NORMALIZADOS.....</b>	<b>9</b>
5.1	<b>VALORES NORMALIZADOS DE LAS TENSIONES NOMINALES.....</b>	<b>9</b>
5.2	<b>VALORES NORMALIZADOS DE LA POTENCIA DE NOMINAL .....</b>	<b>10</b>
5.3	<b>VALORES NORMALIZADOS DEL FACTOR DE TENSIÓN NOMINAL .....</b>	<b>10</b>
5.4	<b>LÍMITES DE ELEVACIÓN DE TEMPERATURA.....</b>	<b>11</b>
6.	<b>REQUISITOS DE DISEÑO.....</b>	<b>13</b>
6.1	<b>REQUISITOS RELATIVOS AL AISLAMIENTO .....</b>	<b>13</b>
6.2	<b>CAPACIDAD PARA SOPORTAR EL CORTOCIRCUITO.....</b>	<b>18</b>

<b>6.3</b>	<b>REQUISITOS MECÁNICOS.....</b>	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>CLASIFICACION DE LOS ENSAYOS.....</b>	<b>19</b>
<b>7.1</b>	<b>ENSAYOS TIPO .....</b>	<b>19</b>
<b>7.2</b>	<b>ENSAYOS DE RUTINA .....</b>	<b>20</b>
<b>7.3</b>	<b>ENSAYOS ESPECIALES .....</b>	<b>20</b>
<b>8.</b>	<b>ENSAYOS TIPO .....</b>	<b>21</b>
<b>8.1</b>	<b>ENSAYO DE ELEVACIÓN DE TEMPERATURA.....</b>	<b>21</b>
<b>8.2</b>	<b>ENSAYO DE CAPACIDAD DE SOPORTAR EL CORTOCIRCUITO.....</b>	<b>21</b>
<b>8.3</b>	<b>ENSAYO DE IMPULSO SOBRE EL DEVANADO PRIMARIO .....</b>	<b>22</b>
<b>8.4</b>	<b>ENSAYO DE HUMEDAD PARA LOS TRANSFORMADORES DE TIPO EXTERIOR.....</b>	<b>24</b>
<b>8.5</b>	<b>MEDICIÓN DE PERTURBACIONES RADIOELÉCTRICAS .....</b>	<b>24</b>
<b>9.</b>	<b>ENSAYOS DE RUTINA .....</b>	<b>26</b>
<b>9.1</b>	<b>VERIFICACIÓN DE LA MARCACIÓN DE LOS TERMINALES .....</b>	<b>26</b>
<b>9.2</b>	<b>ENSAYOS A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN DEVANADOS PRIMARIOS Y MEDIDA DE LAS DESCARGAS PARCIALES .....</b>	<b>26</b>
<b>9.3</b>	<b>ENSAYO DE TENSIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL ENTRE SECCIONES Y A LOS DEVANADOS SECUNDARIOS.....</b>	<b>29</b>
<b>10.</b>	<b>ENSAYOS ESPECIALES .....</b>	<b>29</b>
<b>10.1</b>	<b>ENSAYO DE IMPULSO RECORTADO TIPO RAYO SOBRE EL DEVANADO PRIMARIO.....</b>	<b>29</b>
<b>10.2</b>	<b>MEDIDA DE LA CAPACITANCIA Y FACTOR DE DISIPACIÓN DIELECTRICA ....</b>	<b>30</b>
<b>10.3</b>	<b>ENSAYOS MECÁNICOS .....</b>	<b>30</b>

<b>10.4</b>	<b>MEDICIÓN DE LAS SOBRETENSIONES TRANSMITIDAS .....</b>	<b>31</b>
<b>11.</b>	<b>MARCACIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>11.1</b>	<b>MARCACIÓN DE LAS PLACAS DE CARACTERÍSTICAS .....</b>	<b>33</b>
<b>11.2</b>	<b>MARCACIÓN DE LOS TERMINALES .....</b>	<b>33</b>
<b>12.</b>	<b>REQUISITOS PARA LA EXACTITUD DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS MONOFÁSICOS PARA MEDIDA .....</b>	<b>34</b>
<b>12.1</b>	<b>DESIGNACIÓN DE LA CLASE DE EXACTITUD DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA MEDIDA.....</b>	<b>34</b>
<b>12.2</b>	<b>LÍMITES DEL ERROR DE TENSIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE FASE PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA MEDIDA.....</b>	<b>34</b>
<b>12.3</b>	<b>ENSAYOS TIPO PARA DETERMINAR LA EXACTITUD DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA MEDIDA.....</b>	<b>35</b>
<b>12.4</b>	<b>ENSAYOS DE RUTINA PARA DETERMINAR LA EXACTITUD DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA MEDIDA.....</b>	<b>35</b>
<b>12.5</b>	<b>MARCACIÓN DE LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA MEDIDA.....</b>	<b>35</b>
<b>13.</b>	<b>REQUISITOS ADICIONALES PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS PARA PROTECCIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>13.1</b>	<b>DESIGNACIÓN DE LA CLASE DE EXACTITUD DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>13.2</b>	<b>LÍMITES DEL ERROR DE TENSIÓN Y DEL DESPLAZAMIENTO DE FASE DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>13.3</b>	<b>TENSIONES NOMINALES DEL DEVANADO SECUNDARIO PARA TENSIÓN RESIDUAL .....</b>	<b>37</b>
<b>13.4</b>	<b>POTENCIA DEL DEVANADO SECUNDARIO PARA TENSIÓN RESIDUAL .....</b>	<b>37</b>
<b>13.5</b>	<b>CLASE DE EXACTITUD DEL DEVANADO SECUNDARIO PARA TENSIÓN RESIDUAL .....</b>	<b>38</b>
<b>13.6</b>	<b>ENSAYOS TIPO PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN.....</b>	<b>38</b>

<b>13.7</b>	<b>ENSAYOS DE RUTINA PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>13.8</b>	<b>MARCACIÓN DE LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN .....</b>	<b>39</b>
	<b>DOCUMENTO DE REFERENCIA .....</b>	<b>49</b>

**TRANSFORMADORES DE MEDIDA  
TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS**

**0.    INTRODUCCIÓN**

Para los propósitos de esta norma se han hecho los siguientes cambios editoriales con respecto a su documento de referencia:

- Se omitió la expresión "esta parte de la norma IEC 60044".
- En el numeral 1.2 se incluyen algunas NTC idénticas a las normas IEC correspondientes.
- En el numeral 2.1.10 se adicionó una nota que incluye las definiciones de tensión primaria y secundaria real, para claridad del usuario de la norma.
- En el numeral 8.1, cuarto párrafo se adicionó la siguiente oración: "(consultar la NTC 2805 para orientación acerca de este método)", para orientar al usuario al aplicar el método de variación de resistencia.

**1.    GENERALIDADES**

**1.1    OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma aplica a los transformadores de tensión inductivos nuevos para uso con instrumentos de medición eléctrica y dispositivos de protección eléctrica, con frecuencias entre 15 Hz y 100 Hz.

Esta norma aplica principalmente a los transformadores con devanados separados, pero es aplicable también, en la medida de lo posible, a los autotransformadores. La norma no se aplica a los transformadores utilizados en laboratorios.

NOTA    Aunque esta norma no incluye requisitos particulares para los transformadores de tensión trifásicos, se pueden aplicar los requisitos generales de los Capítulos 3 al 11. Por ello, se encuentran en estos capítulos algunas referencias a su caso (véanse los numerales 2.1.4, 5.1.1, 5.2 y 11.2).

El Capítulo 13 complementa a los Capítulos 3 al 12, en lo referente a los requisitos y ensayos necesarios para transformadores de tensión monofásicos para protección. Los requisitos del Capítulo 13 se refieren en particular a los transformadores que deben tener una exactitud para accionar los sistemas de protección a las tensiones que aparecen en condiciones de falla.



## **1.2    NORMAS PARA CONSULTA**

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

GTC 56:1998, Guía para la selección de aisladores bajo condiciones de contaminación. (IEC 60815).

NTC 276:1997, Evaluación térmica y clasificación del aislamiento eléctrico. (IEC 60085).

NTC 2613:1989, Electrotecnia. Medidores de descarga parcial. (IEC 60270).

NTC 3328:1999, Coordinación de aislamiento. Definiciones, principios y reglas. (IEC 60071-1).

NTC 4591:1999, Técnicas de ensayo de alta tensión. Definiciones generales y requisitos de ensayo. (IEC 60060-1).

IEC 60028:1925, International Standard of Resistanse for Copper.

IEC 60038:1983, IEC Standard Voltajes.

IEC 60050 (321):1986, International Electrotechnical (IEV). Chapter 321: Instrument Transformers.

IEC 60721, Classification of Environmental Conditions.

CISPR 18-2:1986, Radio Interference Characteristics of Overhead Power Lines and High-voltage Equipments. Part 2: Methods of Measurements and Procedure for Determining Limits.

## **2.    DEFINICIONES**

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

### **2.1    DEFINICIONES GENERALES**

#### **2.1.1**

##### **transformador para instrumentos**

transformador previsto para alimentar instrumentos de medición, medidores, relés y otros aparatos similares (IEV 321-01-01, modificada).

#### **2.1.2**

##### **transformador de tensión**

transformador para instrumentos en el cual la tensión secundaria en las condiciones normales de uso, es substancialmente proporcional a la tensión primaria y cuya diferencia de fase es aproximadamente cero, para un sentido apropiado de las conexiones. (IEV 321-03-01).

#### **2.1.3**

##### **transformador de tensión no puesto a tierra**

transformador de tensión en el que todas las partes del devanado primario, incluidos los terminales, están aisladas con relación a tierra y a un nivel que corresponde a su nivel de aislamiento nominal.

**2.1.4**

**transformador de tensión puesto a tierra**

transformador de tensión monofásico destinado a tener uno de los extremos de su devanado primario conectado directamente a tierra, o transformador de tensión trifásico destinado a tener el punto neutro de sus devanados primarios conectado directamente a tierra.

**2.1.5**

**devanado primario**

devanado al cual se aplica la tensión a transformar

**2.1.6**

**devanado secundario**

devanado que alimenta los circuitos de tensión de los instrumentos de medición, medidores, relés o aparatos similares.

**2.1.7**

**circuito secundario**

circuito externo alimentado por el devanado secundario de un transformador

**2.1.8**

**tensión primaria nominal**

valor de la tensión primaria que aparece en la denominación del transformador y en la cual se basa su funcionamiento (IEV 321-01-12, modificada).

**2.1.9**

**tensión secundaria nominal**

valor de la tensión secundaria que aparece en la denominación del transformador y en la cual se basa su funcionamiento (IEV 321-01-16, modificada).

**2.1.10**

**relación de transformación real**

relación entre la tensión primaria real y la tensión secundaria real (IEV 321-01-18, modificada).

NOTA    tensión primaria real: valor real de la tensión primaria del sistema eléctrico en el punto de conexión del enrollamiento primario del transformador.

          tensión secundaria real: valor real de la tensión en el devanado secundario del transformador.

**2.1.11**

**relación de transformación nominal**

relación entre la tensión primaria nominal y la tensión secundaria nominal (IEV 321-01-20, modificada).

**2.1.12**

**error de tensión (error de relación)**

Error que un transformador de tensión introduce en la medida de una tensión y el cual aumenta cuando la relación de transformación real no es igual a la relación de transformación nominal (IEV 321-01-22, modificada).

El error de tensión, expresado en porcentaje, está dado por la fórmula:

$$\text{error de tensión \%} = \frac{(K_n U_s - U_p) \times 100}{U_p}$$

en donde

$K_n$       es la relación de transformación nominal

$U_p$       es la tensión primaria real

$U_s$       es la tensión secundaria real correspondiente a la tensión  $U_p$  en las condiciones de la medida

### **2.1.13**

#### **desplazamiento de fase**

diferencia en fase entre los vectores de tensión primaria y de tensión secundaria, seleccionando la dirección de los vectores de tal forma que el ángulo es cero para un transformador ideal (IEV 321-01-23, modificada).

Se dice que el desplazamiento es positivo cuando el vector de la tensión secundaria adelanta al vector de tensión primaria. Se expresa generalmente en minutos o centirradiares.

NOTA    Esta definición es estrictamente correcta solamente para tensiones sinusoidales.

### **2.1.14**

#### **clase de exactitud**

designación asignada a un transformador de tensión cuyos errores permanecen dentro de los límites especificados para las condiciones de uso prescritas.

### **2.1.15**

#### **carga**

admitancia del circuito secundario, expresada en Siemens y con un factor de potencia (atrasado o adelantado).

NOTA    La carga se expresa generalmente como la potencia aparente absorbida, en voltamperios, a un factor de potencia especificado y a la tensión secundaria nominal.

### **2.1.16**

#### **carga nominal (burden)**

valor de la carga sobre el cual están basados los requisitos de exactitud de esta norma.

### **2.1.17**

#### **potencia**

#### **2.1.17.1**

##### **potencia nominal**

valor de la potencia aparente (en voltamperios con un factor de potencia especificado) que el transformador suministra al circuito secundario con la tensión secundaria nominal cuando está conectado a su carga nominal (IEV 321-01-27, modificada).

#### **2.1.17.2**

##### **potencia térmica límite**

valor de la potencia aparente, referido a la tensión nominal, que el transformador puede suministrar al circuito secundario, cuando la tensión nominal se aplica al primario, sin exceder los límites para el aumento de temperatura especificados en el numeral 5.4.

NOTA 1    En esta condición es posible que se puedan sobrepasar los límites del error

NOTA 2    En caso de varios devanados secundarios, el valor de la potencia térmica límite debe ser especificada para cada devanado.

NOTA 3    La utilización simultánea de varios devanados secundarios no es admisible sin el acuerdo entre fabricante y usuario.

#### **2.1.18**

##### **tensión más alta para el equipo**

la tensión eficaz fase a fase máxima para la cual se diseña el transformador con respecto a su aislamiento.

#### **2.1.19**

##### **tensión más alta de un sistema**

el valor más alto de tensión de operación el cual ocurre a cualquier instante y en cualquier punto en el sistema bajo condiciones normales de operación.

#### **2.1.20**

##### **nivel de aislamiento nominal**

combinación de los valores de tensión que caracteriza el aislamiento de un transformador con respecto a su capacidad para soportar esfuerzos dieléctricos.

#### **2.1.21**

##### **sistema con neutro aislado**

sistema en donde el neutro no está conectado intencionalmente a tierra, excepto para conexiones de alta impedancia para propósitos de protección o medición. (IEV 601-02-24).

#### **2.1.22**

##### **sistema con neutro sólidamente aterrizado**

sistema cuyo(s) punto(s) neutro(s) está(n) puestos a tierra directamente (IEV 601-02-25).

#### **2.1.23**

##### **sistema (neutro) puesto a tierra con impedancias**

sistema cuyo(s) punto(s) neutro(s) está(n) puestos a tierra a través de impedancias para limitar las corrientes de falla a tierra (IEV 601-02-26).

#### **2.1.24**

##### **sistema (neutro) de puesta a tierra resonante**

sistema en el cual uno o más puntos neutros se conectan a través de reactancias que compensan aproximadamente el componente capacitivo de una corriente de falla monofásica a tierra. (IEV 601-02-27).

NOTA    Con la puesta a tierra resonante de un sistema, la corriente residual en la falla está limitada en tal medida, que una falla de arco en el aire normalmente se autoextingue.

#### **2.1.25**

##### **factor de falla a tierra**

en un sitio dado en un sistema trifásico y para una configuración del sistema dada, es la relación entre el valor eficaz más alto de tensión de fase a tierra a frecuencia industrial en una fase sin falla, durante una falla a tierra que afecta una o más fases en cualquier punto en el sistema, y el valor eficaz de la tensión de fase a tierra a frecuencia industrial, que se obtendría en un sitio dado en ausencia de tal falla. (IEV 604-03-06).

#### **2.1.26**

##### **sistema con neutro a tierra**

sistema en el cual el neutro está conectado a tierra, ya sea sólidamente o a través de una resistencia o reactancia de un valor lo suficientemente bajo para reducir las oscilaciones transitorias y para dar una corriente suficiente para protección selectiva de falla a tierra.

- a)     Un sistema con neutro conectado efectivamente a tierra en un sitio dado es un sistema caracterizado por un factor de falla a tierra en este punto, el cual no es superior a 1,4.

NOTA    Esta condición se obtiene en general cuando para todas las configuraciones del sistema, la relación de la reactancia de secuencia cero a la reactancia de secuencia positiva es menor que 3 y la relación de la resistencia de secuencia cero a la reactancia de secuencia positiva es menor que uno.

- b)     Un sistema trifásico con neutro no conectado efectivamente a tierra en un sitio dado es un sistema caracterizado por un factor de falla a tierra en este punto, el cual puede ser superior a 1,4.

### **2.1.27**

#### **instalación expuesta**

instalación en la cual el aparato se somete a sobretensiones de origen atmosférico.

NOTA    Normalmente estas instalaciones están conectadas a líneas aéreas de transmisión, ya sea directamente o a través de un tramo de cable corto.

### **2.1.28**

#### **instalación no expuesta**

instalación en la cual el aparato no está sometido a sobretensiones de origen atmosférico.

NOTA    Normalmente estas instalaciones están conectadas a una red de cables subterráneos.

### **2.1.29**

#### **frecuencia nominal**

el valor de la frecuencia en el cual se basan los requisitos de esta norma.

### **2.1.30**

#### **factor de tensión nominal**

factor por el que se debe multiplicar la tensión primaria nominal, para determinar la tensión máxima a la cual el transformador debe cumplir con los requisitos térmicos correspondientes durante un tiempo especificado y con los requisitos de exactitud correspondientes.

### **2.1.31**

#### **transformador de tensión para medida**

transformador de tensión destinado a alimentar los instrumentos de medida, los medidores y otros aparatos similares.

## **2.2    DEFINICIONES ADICIONALES PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS MONOFÁSICOS PARA PROTECCIÓN**

### **2.2.1**

#### **transformador de tensión para protección**

transformador de tensión destinado a alimentar relés eléctricos de protección.

### **2.2.2**

#### **devanado de tensión residual**

devanado de un transformador de tensión monofásico, en un conjunto de tres transformadores monofásicos, destinado a la formación de un triángulo abierto para:

- a)     suministrar una tensión residual en caso de falla a tierra;
- b)     amortiguar las oscilaciones de relajación (ferroresonancias).

### 3. REQUISITOS GENERALES

Todos los transformadores pueden servir para medida, pero algunos, además, pueden servir para aplicaciones de protección. Los transformadores para el doble propósito de medida y protección deben estar en conformidad con todos los capítulos de esta norma.

### 4. CONDICIONES DE SERVICIO NORMALES Y ESPECIALES

Las condiciones detalladas concernientes a la clasificación de las condiciones medioambientales están en la serie de las normas IEC 60721.

#### 4.1 CONDICIONES DE SERVICIO NORMALES

##### 4.1.1 Temperatura del aire ambiente

Los transformadores de tensión se clasifican en tres categorías según figura en la Tabla 1.

Tabla 1. Categoría de temperaturas

Categoría	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C
-5/40	-5	40
-25/40	-25	40
-40/40	-40	40

NOTA En la elección de la categoría de temperatura, se debe tener en cuenta las condiciones de almacenaje y transporte.

##### 4.1.2 Altitud

La altitud no excede los 1 000 m.

##### 4.1.3 Vibraciones o temblores de tierra

Las vibraciones debidas a causas externas al transformador de tensión o a temblores de tierra son despreciables.

##### 4.1.4 Otras condiciones de servicio para transformadores de tensión de tipo interior.

Otras condiciones de servicio consideradas son las siguientes:

- a) la influencia de la radiación solar puede despreciarse;
- b) el aire ambiente no está contaminado de forma significativa por polvo, humo, gases corrosivos, vapores o sal;
- c) las condiciones de humedad son las siguientes:
  - 1) el valor promedio de la humedad relativa, medida durante un período de 24 h, no excede del 95 %;

- 2) el valor promedio de la presión de vapor de agua durante un período de 24 h no excede de 2,2 kPa;
- 3) el valor promedio de la humedad relativa, durante un período de un mes, no excede del 90 %;
- 4) el valor promedio de la presión de vapor de agua durante un período de un mes, no excede de 1,8 kPa.

Para estas condiciones, pueden tener lugar condensaciones de forma ocasional.

NOTA 1 Pueden esperarse condensaciones cuando tienen lugar cambios bruscos de temperatura en períodos de alta humedad.

NOTA 2 Para soportar los efectos de alta humedad y condensación, tales como fallas del aislamiento o corrosión de las partes metálicas, deberían emplearse transformadores de tensión diseñados para esas condiciones.

NOTA 3 Las condensaciones se pueden evitar mediante un diseño especial de la carcasa, mediante una adecuada ventilación y calefacción o mediante el empleo de equipos deshumificadores.

#### **4.1.5 Otras condiciones de servicio para transformadores de tensión de tipo exterior**

Otras condiciones de servicio consideradas son las siguientes:

- a) el valor promedio de la temperatura del aire ambiente, medida durante un período de 24 h, no excede los 35 °C;
- b) debería ser considerada una radiación solar hasta el nivel de 1 000 W/m<sup>2</sup> (en un día claro al mediodía);
- c) el aire ambiente puede estar contaminado por polvo, humo, gases corrosivos, vapores o sal. Los niveles de contaminación no exceden a los que se dan en la Tabla 8;
- d) la presión debida al viento no excede de 700 Pa (correspondiente a una velocidad del viento de 34 m/s);
- e) debería tenerse en cuenta la presencia de condensación o precipitación.

#### **4.2 CONDICIONES DE SERVICIO ESPECIALES**

Cuando los transformadores de tensión pueden ser usados bajo condiciones diferentes de las condiciones normales de servicio dadas en el numeral 4.1, las especificaciones de los usuarios deben referirse a las siguientes etapas normalizadas.

##### **4.2.1 Altitud**

Para instalaciones situadas en una altitud superior a 1 000 m, la distancia de cebado bajo las condiciones atmosféricas de referencia normalizada se determinaran multiplicando la tensión no disruptiva requerida en el lugar de servicio por un factor k de acuerdo con la Figura 1.

NOTA Puesto que para el aislamiento interno, la capacidad de aislamiento no se ve afectada por la altitud, el método para comprobar el aislamiento externo será acordado entre el fabricante y el comprador.

#### **4.2.2 Temperatura ambiente**

Para las instalaciones en lugares en los que la temperatura ambiente puede estar significativamente alejada de las condiciones normales de servicio establecidas en el numeral 4.1.1, se recomienda que intervalos preferidos de temperaturas mínimas y máximas sean:

- a)    - 50 °C y 40 °C para climas muy fríos;
- b)    - 5 °C y 50 °C para climas muy cálidos.

NOTA    Bajo ciertas condiciones de radiación solar, puede ser necesario tomar medidas apropiadas por ejemplo, techados, ventilación forzada, etc. con el fin de no superar las elevaciones de temperatura especificadas.

#### **4.2.3 Terremotos**

Los requisitos y ensayos están en estudio

### **4.3    SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA**

Los sistemas de puesta a tierra considerados son los siguientes:

- a)    sistema con neutro aislado (véase el numeral 2.1.20);
- b)    sistema con neutro puesto a tierra a través de bobina de extinción (véase el numeral 2.1.23);
- c)    sistema con neutro puesto a tierra (véase el numeral 2.1.25):
  - 1)    sistema con neutro puesto directamente a tierra (véase el numeral 2.1.21);
  - 2)    sistema con neutro puesto a tierra a través de una impedancia (véase el numeral 2.1.22).

## **5.    VALORES NORMALIZADOS**

### **5.1    VALORES NORMALIZADOS DE LAS TENSIONES NOMINALES**

#### **5.1.1 Tensión primaria nominal**

Los valores normalizados de la tensión primaria nominal de los transformadores trifásicos, y de los transformadores monofásicos para la utilización en un sistema monofásico, o entre fases en un sistema trifásico, deben ser elegidos entre los valores normalizados de las tensiones nominales del sistema indicados en la norma IEC 60038. Los valores normalizados de la tensión primaria nominal de los transformadores monofásicos utilizados entre una fase de un sistema trifásico y tierra, o entre el neutro del sistema y tierra son los valores normalizados de las tensiones del sistema divididos por  $\sqrt{3}$ .

NOTA    Las características de un transformador de tensión utilizado como transformador de medida o de protección, se basan en la tensión primaria nominal, mientras que el nivel de aislamiento nominal se basa en una de las tensiones más elevadas para el equipo según la norma IEC 60038.



### 5.1.2 Tensión secundaria nominal

La tensión secundaria nominal debe ser elegida según la práctica del lugar donde el transformador será utilizado. Los valores indicados a continuación se consideran como los valores normalizados para los transformadores monofásicos utilizados en los sistemas monofásicos o montados entre fases de sistemas trifásicos:

- a) Basado en la práctica habitual de un grupo de países europeos:
  - 100 V y 110 V;
  - 200 V en los circuitos secundarios extendidos.
- b) Basado en la práctica habitual en los Estados Unidos y Canadá:
  - 120 V para los sistemas de distribución;
  - 115 V para los sistemas de transmisión;
  - 230 V para los circuitos secundarios extendidos.

Para los transformadores monofásicos destinados a ser montados entre fase y tierra en los sistemas trifásicos, en los cuales la tensión primaria nominal es un número dividido por  $\sqrt{3}$ , la tensión secundaria nominal debe ser uno de los valores mencionados anteriormente dividido por  $\sqrt{3}$ , con el fin de conservar el valor de la relación de transformación nominal.

NOTA 1 La tensión secundaria nominal de los devanados destinados a suministrar la tensión secundaria residual, se da en 13.3.

NOTA 2 La relación de transformación nominal debe ser un valor entero. Si se utilizan para la relación de transformación nominal los valores normalizados: 10 - 12 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 80 y sus múltiples decimales, y uno de los valores de la tensión secundaria nominal indicados en este numeral, se obtienen la mayoría de los valores normalizados de la tensión nominal del sistema, según la Norma IEC 60038.

### 5.2 Valores normalizados de la potencia de nominal

Los valores normalizados de la potencia nominal, expresados en voltamperios, para un factor de potencia de 0,8 (circuito inductivo) son:

10 - 15 - 25 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 400 - 500 VA

Los valores subrayados son los preferidos. La potencia nominal de un transformador trifásico es la correspondiente a cada fase.

NOTA Para un transformador dado, que tiene una potencia nominal normalizada correspondiente a una clase de exactitud normalizada, se pueden indicar también otros valores de potencias nominales que pueden no ser normalizadas, pero correspondientes a clases de exactitud normalizadas.

### 5.3 VALORES NORMALIZADOS DEL FACTOR DE TENSIÓN NOMINAL

El factor de tensión está determinado por la tensión máxima de funcionamiento la cual depende, a su vez, de la red y de las condiciones de puesta a tierra del devanado primario del transformador.

Los valores normalizados del factor de tensión nominal apropiado para las diferentes condiciones de puesta a tierra, están dados en la Tabla 2 junto con el tiempo admisible de la tensión máxima de funcionamiento (es decir, tiempo nominal).

**Tabla 2. Valores normalizados del factor de tensión nominal**

Factor de tensión nominal	Tiempo nominal	Modo de conectar el devanado primario y condiciones de puesta a tierra
1,2	Continuo	Entre fases, en cualquier sistema Entre el punto neutro de los transformadores en estrella y tierra, en cualquier sistema.
1,2	Continuo	Entre fase y tierra, en un sistema con neutro efectivamente puesto a tierra (numeral 2.1.25 a)
1,5	30 s	
1,2	Continuo	Entre fase y tierra, en un sistema con neutro no efectivamente puesto a tierra (numeral 2.1.25 b) con eliminación automática de la falla a tierra
1,9	30 s	
1,2	Continuo	Entre fase y tierra en un sistema con neutro aislado (numeral 2.1.20), sin eliminación automática de la falla a tierra, o en un sistema compensado por bobina de extinción (numeral 2.1.23), sin eliminación automática de la falla a tierra.
1,9	8 h	

NOTA 1 La tensión más alta en funcionamiento continuo de un transformador de tensión inductivo es igual a la tensión más alta para el equipo (dividido por  $\sqrt{3}$  para transformadores conectados entre una fase de un sistema trifásico y tierra) o la tensión primaria nominal multiplicada por el factor 1,2, cualquiera que sea el valor inferior.

NOTA 2 Son admisibles tiempos nominales menores por acuerdo entre el fabricante y el usuario.

#### 5.4 LÍMITES DE ELEVACIÓN DE TEMPERATURA

A menos que sea especificado más adelante de otro modo, la elevación de temperatura de un transformador de tensión a la tensión especificada, a la frecuencia nominal, para la carga nominal, o la mayor de ellas si el transformador tiene varias, para un factor de potencia entre 0,8 inductivo y la unidad, no debe exceder el valor apropiado dado en la Tabla 3. La tensión a aplicar al transformador debe estar de acuerdo con los puntos a), b) o c) indicados a continuación:

- a) Todos los transformadores de tensión, cualquiera que sea su factor de tensión y su tiempo nominal, serán ensayados a 1,2 veces la tensión primaria nominal.

Si se especifica un valor de potencia térmica límite, el transformador debe someterse a un ensayo a la tensión primaria nominal, con una carga correspondiente a la potencia térmica límite absorbida con un factor de potencia igual a 1. El devanado de tensión residual, si existe, no será cargado.

Si se especifica una potencia térmica límite para uno o varios devanados secundarios, el transformador se ensayará separadamente conectando cada uno de ellos, uno cada vez, a una carga correspondiente a su potencia térmica límite con un factor de potencia igual a 1. El ensayo debe continuarse hasta que la temperatura del transformador alcance un valor estable.

- b) Los transformadores que tengan un factor de tensión de 1,5 durante 30 s ó 1,9 durante 30 s, deberán ser ensayados a su factor de tensión respectivo durante 30 s, contados después de la aplicación de 1,2 veces la tensión nominal durante un tiempo suficiente que permita alcanzar las condiciones térmicas estables; el

aumento de temperatura no debe exceder en más de 10 K el valor especificado en la Tabla 3.

Como alternativa, tales transformadores pueden ser ensayados a su factor de tensión respectivo durante 30 s, partiendo del estado frío; la elevación de temperatura de los enrollamientos no debe sobrepasar 10 K.

NOTA Este ensayo puede ser omitido si puede demostrarse por otros medios, que el transformador cumple dichas condiciones.

- c) Los transformadores que tengan un factor de tensión de 1,9 durante 8 h, deberán ser ensayados a 1,9 veces la tensión nominal durante 8 h, contadas después de haber aplicado 1,2 veces la tensión nominal durante un tiempo suficiente que permita alcanzar las condiciones térmicas estables; la elevación de temperatura no debe de exceder en más de 10 K el valor especificado en la Tabla 3.

Los valores de la Tabla 3 están basados en las condiciones de servicio enunciadas en el Capítulo 4.

Si se han especificado temperaturas del aire ambiente superiores a las indicadas en el numeral 4.1, los límites de elevación de temperatura de la Tabla 3 deberán reducirse en una cantidad igual a la que exceda de la temperatura ambiente.

Si un transformador está previsto para funcionar a una altitud superior a 1 000 m, y se ensaya a una altitud inferior a 1 000 m, los límites de elevación de temperatura indicados en la Tabla 3 deberán reducirse por cada 100 m de diferencia entre la altitud del lugar de instalación y 1 000 m, en las cantidades siguientes:

- a) transformadores sumergidos en aceite 0,4 %;
- b) transformadores de tipo seco 0,5 %.

La elevación de temperatura de los devanados está limitado por el aislamiento de clase más baja, bien sea el del devanado propiamente dicho, o bien el del material en el que está embebido. En la Tabla 3 se indican los límites de elevación de temperatura de las diferentes clases de aislamiento.

**Tabla 3. Límites de elevación de temperatura de los devanados**

Clase de aislamiento (de acuerdo con la NTC 276)	Límites de elevación de temperatura K
Todas las clases, con los devanados sumergidos en aceite	60
Todas las clases, con los devanados sumergidos en aceite y herméticamente sellados	65
Todas las clases, con los devanados sumergidos en una masa aislante bituminosa	50
Devanados no sumergidos en aceite ni embebidos en una masa aislante bituminosa, de las clases siguientes:	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135

NOTA Para algunos materiales, por ejemplo las resinas, el fabricante debe especificar la clase de aislamiento a que pertenece.

Cuando el transformador esta provisto de un tanque conservador de aceite o si el aceite esta cubierto por un gas inerte o si la cuba está cerrada herméticamente, la elevación de temperatura del aceite, medido en la parte superior del tanque o carcasa, no debe sobrepasar los 55 K.

Si no existe ninguna de las disposiciones anteriores, la elevación de temperatura del aceite, medido en la parte superior del tanque o carcasa no debe sobrepasar los 50 K.

La elevación de temperatura, medido en la superficie externa del núcleo y otras partes metálicas en donde haya contacto o que están adyacentes al aislamiento no deben sobrepasar el valor indicado en la Tabla 3.

## **6.    REQUISITOS DE DISEÑO**

### **6.1    REQUISITOS RELATIVOS AL AISLAMIENTO**

Estos requisitos son aplicables al aislamiento de todos los tipos de transformadores de tensión inductivos. Para transformadores de tensión con aislamiento a gas pueden ser necesarios requisitos suplementarios (en estudio).

#### **6.1.1    Niveles de aislamiento nominal para el devanado primario**

El nivel de aislamiento nominal para el devanado primario de un transformador de tensión inductivo estará basado en su tensión más alta para el equipo  $U_m$ .

**6.1.1.1** Para devanados cuya  $U_m = 0,72 \text{ kV}$  ó  $1,2 \text{ kV}$ , el nivel de aislamiento nominal se determina por el valor de la tensión no disruptiva nominal a frecuencia industrial, de acuerdo con la Tabla 4.

**6.1.1.2** Para devanados en los que la tensión más alta para el equipo este comprendida en la gama  $3,6 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$ , el nivel de aislamiento nominal se determina por las tensiones nominales no disruptivas al impulso tipo rayo y a frecuencia industrial y serán seleccionadas de acuerdo con la Tabla 4.

Para la elección entre los niveles alternativos para el mismo valor de  $U_m$ , véase la NTC 3328 (IEC 60071-1).

**6.1.1.3** Para devanados que tengan  $U_m \geq 300 \text{ kV}$ , el nivel de aislamiento nominal se determina por las tensiones nominales no disruptivas al impulso tipo maniobra y al impulso tipo rayo, y serán seleccionadas de acuerdo con la Tabla 5.

Para la elección entre los niveles alternativos para un mismo valor de  $U_m$ , véase la NTC 3328 (IEC 60071-1).

**Tabla 4. Niveles de aislamiento nominales para devanados primarios de transformadores cuya tensión más alta para el equipo sea  $U_m < 300$  kV**

Tensión más alta para el equipo $U_m$ (valor eficaz) kV	Tensión no disruptiva nominal a frecuencia industrial (valor eficaz) kV	Tensión no disruptiva nominal al impulso tipo rayo (valor pico) kV
0,72	3	-
1,2	6	-
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75
17,5	38	75 95
24	50	95 125
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
100	185	450
123	185	450
	230	550
145	230	550
	275	650
170	275	650
	325	750
245	395	950
	460	1 050

NOTA Para instalaciones exteriores, se recomienda elegir el nivel de aislamiento más elevado

**Tabla 5. Niveles de aislamiento nominales para devanados primarios de transformadores cuya tensión más alta para el equipo sea  $U_m \geq 300$  kV**

Tensión más alta para el equipo $U_m$ . (valor eficaz) kV	Tensión no disruptiva nominal al impulso tipo maniobra (valor pico) kV	Tensión no disruptiva nominal al impulso tipo rayo (valor pico) kV
300	750 850	950 1 050
362	850 950	1 050 1 175
420	1 050 1 050	1 300 1 425
525	1 050 1 175	1 425 1 550
765	1425 1 550	1 950 2 100

NOTA 1 Para instalaciones exteriores, se recomienda elegir los niveles de aislamiento más elevados.

NOTA 2 Puesto que los niveles de tensión de ensayo para  $U_m = 765$  kV no han sido todavía definitivamente fijados, pueden ser necesarios algunos cambios entre los niveles de ensayo de impulso tipo maniobra y de impulso tipo rayo.

**Tabla 6. Tensiones no disruptivas a frecuencia industrial para devanados primarios de transformadores cuya tensión más alta para el equipo sea  $U_m \leq 300$  kV**

<b>Tensión no disruptiva nominal al impulso tipo rayo (valor pico) kV</b>	<b>Tensión no disruptiva nominal a frecuencia industrial (valor eficaz) kV</b>
950	395
1 050	460
1 175	510
1 300	570
1 425	630
1 550	680
1 950	880
2 100	975

## **6.1.2 Otros requisitos para el aislamiento del devanado primario**

### **6.1.2.1 Tensión no disruptiva a frecuencia industrial**

Los devanados que tengan una tensión más alta para el equipo  $U_m \leq 300$  kV, deberán soportar la tensión a frecuencia industrial correspondiente a la tensión no disruptiva al impulso tipo rayo, seleccionada de acuerdo con la Tabla 6.

### **6.1.2.2 Tensión no disruptiva a frecuencia industrial para el terminal de puesta a tierra**

El terminal del devanado primario destinado a ser puesto a tierra debe ser capaz, estando aislado de la cuba o del chasis, de resistir una tensión no disruptiva nominal de corta duración, a frecuencia industrial, de 3 kV (valor eficaz).

### **6.1.2.3 Descargas parciales**

Las prescripciones relativas a las descargas parciales, son aplicables a transformadores de tensión inductivos que tienen  $U_m \leq 7,2$  kV.

El nivel de descarga parcial no excederá de los límites especificados en la Tabla 7, a la tensión de ensayo de descarga parcial especificada en la misma tabla, después de haber realizado un preacondicionamiento (prefatiga) de acuerdo con los procedimientos del numeral 9.2.4.

### **6.1.2.4 Impulso recortado tipo rayo**

Si se especifica adicionalmente, el devanado primario deberá ser también capaz de soportar la tensión de impulso recortado tipo rayo, con un valor pico de 115 % de la tensión de impulso tipo rayo pleno.

NOTA En caso de acuerdo entre fabricante y usuario, se podrán aceptar valores de tensión de ensayo menores.

**Tabla 7. Tensiones de ensayo de descargas parciales y niveles admisibles**

Tipo de puesta a tierra del sistema	Conexiones del devanado primario	Tensiones de ensayo de descargas parciales (Valor eficaz) kV	Nivel admisible de descargas parciales pC Tipo de aislamiento	
			sumergido en líquido	sólido
Sistema con neutro puesto a tierra (factor de falla a tierra $\leq 1,5$ )	Fase y tierra	$U_m$ $1, 2 U_m / \sqrt{3}$	10 5	50 20
	Entre fases	$1,2 U_m$	5	20
Sistema aislado o neutro no efectivamente puesto a tierra (factor de falla a tierra $> 1,5$ )	Fase y tierra	$1,2 U_m$ $1,2 U_m / \sqrt{3}$	10 5	50 20
	Entre fases	$1,2 U_m$	5	20

NOTA 1 Si el sistema de puesta a tierra no está definido, son válidos los valores dados para el sistema aislado o neutro no efectivamente puesto a tierra.

NOTA 2 El nivel admisible de descargas parciales es también válido para frecuencias distintas de la frecuencia nominal.

NOTA 3 Cuando la tensión nominal de un transformador de tensión es considerablemente menor que la tensión más alta para el equipo  $U_m$ , se pueden acordar entre fabricante y usuario, tensiones menores de precondicionamiento (prefatiga) y de medida

### 6.1.2.5 Capacitancia y factor de disipación dieléctrica

Estos requisitos se aplican solamente a los transformadores en los que el aislamiento del devanado primario está sumergido en líquido y la tensión  $U_m \geq 72,5$  kV.

Los valores de capacitancia y factor de disipación dieléctrica ( $\tan \delta$ ) estarán referidos a la frecuencia nominal y al nivel de tensión comprendido entre 10 kV y  $U_m / \sqrt{3}$ .

NOTA 1 El objeto es verificar la uniformidad de la producción. Los límites admisibles de las variaciones pueden ser acordados entre fabricante y usuario.

NOTA 2 El factor de disipación dieléctrica depende del diseño del aislamiento y tanto de la tensión como de la temperatura. Su valor a  $U_m / \sqrt{3}$  y a temperatura ambiente, normalmente no excede de 0,005.

NOTA 3 Para algunos tipos de diseño de transformadores de tensión puede ser difícil la interpretación de los resultados.

### 6.1.3 Requisitos del aislamiento entre secciones

Para devanados secundarios que estén divididos en dos o más secciones, la tensión no disruptiva nominal a frecuencia industrial del aislamiento entre secciones será de 3 kV (valor eficaz).

### 6.1.4 Requisitos del aislamiento para los devanados secundarios

La tensión no disruptiva nominal a frecuencia industrial del aislamiento de los devanados secundarios será 3 kV (valor eficaz).

**6.1.5 Requisitos para el aislamiento externo**

**6.1.5.1 Contaminación**

Para transformadores de tensión inductivos para servicio exterior, con aisladores cerámicos, susceptibles de contaminación, se indican en la Tabla 8 las distancias de fuga para niveles de contaminación dados.

**Tabla 8. Distancias de fuga**

Nivel de contaminación	Valor nominal mínimo específico de la distancia de fuga mm/kV <sup>1) 2)</sup>	<u>Distancia de fuga</u> Distancia de arco
I Ligeramente	16	≤ 3,5
II Mediano	20	
III Fuerte	25	≤ 4,0
IV Muy Fuerte	31	
1) Relación entre la distancia de fuga fase-tierra y el valor eficaz entre fases de la tensión más alta para el equipo (Véase la NTC 3328 (IEC 60071-1)).		
2) Para otras informaciones y tolerancias de fabricación sobre la distancia de fuga, véase la GTC 56.		
NOTA 1 Se acepta que el desempeño del aislamiento superficial está afectado en gran medida por la forma del aislador.		
NOTA 2 En zonas muy ligeramente contaminadas, se pueden utilizar distancias de fuga específicas nominales inferiores a 16 mm/kV en función de la experiencia adquirida en servicio. El valor de 12 mm/kV puede ser el límite inferior.		
NOTA 3 En casos de contaminación excepcionalmente severa, puede ser insuficiente una distancia de fuga específica nominal de 31 mm/kV. En función de la experiencia adquirida en servicio y/o de los resultados de los ensayos en laboratorios, puede ser necesaria la utilización de un valor superior de la distancia de fuga, pero en ciertos casos, debe considerarse la realización de una limpieza.		

**6.1.6 Requisitos para perturbaciones radioeléctricas(RIV)**

Estos requisitos aplican a los transformadores inductivos de tensión que tengan  $U_m \geq 123$  Kv para ser instalados en subestaciones con aislamiento en aire.

Las perturbaciones radioeléctricas no deben exceder de  $2\ 500 \mu V$  a  $1,1 U_m / \sqrt{3}$  bajo el ensayo y condiciones de medida descritas en el numeral 8.5.

**6.1.7 Sobreteniones transmitidas**

Estos requisitos aplican a los transformadores inductivos de tensión que tengan  $U_m \geq 72,5$  Kv.

Las sobretensiones transmitidas desde el primario a los terminales del secundario no pueden exceder de los valores dados en la Tabla 14, bajo las condiciones de ensayo y medida descritas en el numeral 10.4.

Los transformadores de tensión para las subestaciones con aislamiento en aire requieren la aplicación del impulso tipo A, mientras que los transformadores de corriente instalados en subestaciones con encapsulamiento metálico y aislamiento a gas (GIS), requieren la aplicación del impulso B .



Los límites de valor pico de la sobretensión transmitida dados en la Tabla 14 y medidos de acuerdo con los métodos especificados en el numeral 10.4, deberían garantizar suficiente protección a los equipos electrónicos conectados al devanado del secundario.

**Tabla 14. Límites de sobretensión transmitida**

Tipo de impulso	A	B
Valor pico de la tensión aplicada	$1,6 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U_m$	$1,6 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U_m$
Características de la forma de onda		
- duración del frente convencional (T <sub>1</sub> ) <sup>a</sup>	0,50 μs ± 20 %	-
- duración hasta el valor medio (T <sub>2</sub> )	≥ 50 μs	-
- duración del frente (T <sub>1</sub> )	-	10 ns ± 20 %
- duración de la cola (T <sub>2</sub> )	-	> 100 ns
Límites de valor pico de la sobretensión transmitida (U <sub>s</sub> ) <sup>b</sup>	1,6 kV	1,6 kV
a Las características de la forma de onda son representativas de oscilaciones de tensión debidas a operaciones de maniobra		
b Otras límites de sobretensiones transmitidas pueden ser acordadas entre fabricante y comprador		

## 6.2 CAPACIDAD PARA SOPORTAR EL CORTOCIRCUITO

El transformador de tensión debe estar diseñado y construido de manera que soporte sin daño, cuando este conectado a su tensión nominal, los efectos mecánicos y térmicos de un cortocircuito externo durante 1 s.

## 6.3 REQUISITOS MECÁNICOS

Estos requisitos son aplicables, sólo a transformadores de tensión inductivos que tienen una tensión más alta del equipo de 72,5 kV y superiores.

Los transformadores de tensión inductivos deberán soportar la aplicación de las cargas estáticas que figuran en la Tabla 9. Los valores incluyen las cargas debidas al viento y el hielo.

Las cargas especificadas para los ensayos, se deberán aplicar sobre los terminales primarios y en todas las direcciones.

**Tabla 9. Cargas de ensayo de resistencia estática**

Tensión más alta para el equipo $U_m$ kV	Carga de ensayo de resistencia estática $F_R$		
	N		
	Transformadores de tensión con:		
	Terminales de tensión	terminales de corriente pasante	
Carga clase I		Carga clase II	
72,5 a 100	500	1 250	2 500
123 a 170	1 000	2 000	3 000
245 a 362	1 250	2 500	4 000
≥ 420	1 500	4 000	5 000

NOTA 1 La suma de las cargas en condiciones normales de funcionamiento, no debe exceder del 50 % de lo especificado en la carga de ensayo de resistencia estática.

NOTA 2 En algunas aplicaciones los transformadores de tensión con terminales de corriente pasante deberían soportar cargas dinámicas que se producen raramente cuyo valor extremo no sobrepase 1,4 veces la carga de ensayo de resistencia estática (por ejemplo cortocircuitos).

NOTA 3 Para algunas aplicaciones es necesario establecer, la resistencia a la rotación de los terminales primarios. El torque a aplicar durante el ensayo, se acordará entre fabricante y usuario.

## 7. CLASIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS

Los ensayos especificados en esta norma se clasifican en ensayos tipo, ensayos de rutina y ensayos especiales.

### Ensayo tipo

Ensayo efectuado sobre un transformador de cada tipo, para demostrar que todos los transformadores construidos según la misma especificación responden a las exigencias no cubiertas por los ensayos de rutina.

NOTA Un ensayo tipo también puede ser considerado válido si es realizado sobre un transformador que tenga diferencias de poca importancia. Tales diferencias deben ser objeto de acuerdo entre fabricante y usuario.

### Ensayo de rutina

Ensayo al que es sometido individualmente cada transformador.

### Ensayo especial

Cualquier otro ensayo que sin ser tipo o rutina es acordado entre el fabricante y el usuario.

#### 7.1 ENSAYOS TIPO

Los ensayos siguientes son ensayos tipo; para más detalles, se remitirán a los numerales que se indican:

- a) Ensayo de elevación de temperatura (véase el numeral 8.1).
- b) Ensayo de capacidad para soportar el cortocircuito (véase el numeral 8.2).
- c) Ensayo al impulso tipo rayo (véase el numeral 8.3.2).

- d)    Ensayo al impulso tipo maniobra (véase el numeral 8.3.3).
- e)    Ensayo de humedad para los transformadores de tipo exterior (véase el numeral 8.4).
- f)    Determinación de los errores (véanse los numerales 12.3 y 13.6.2).
- g)    Medición de las perturbaciones radioeléctricas (véase el numeral 8.5)

Todos los ensayos dieléctricos tipo deben ser realizados sobre el mismo transformador, salvo que se especifique lo contrario.

Después de que los transformadores hayan sido sometidos a los ensayos dieléctricos tipo del numeral 7.1, se someterán a todos los ensayos de rutina del numeral 7.2.

## **7.2    ENSAYOS DE RUTINA**

Los ensayos siguientes se aplican individualmente a cada transformador:

- a)    Verificación de la marcación de terminales (véase el numeral 9.1).
- b)    Ensayo de tensión no disruptiva a frecuencia industrial del devanado primario (véase el numeral 9.2).
- c)    Medida de descargas parciales (véase el numeral 9.2.4).
- d)    Ensayo de tensión no disruptiva a frecuencia industrial de los devanados secundarios (véase el numeral 9.3).
- e)    Ensayo de tensión no disruptiva a frecuencia industrial entre secciones (véase el numeral 9.3).
- f)    Determinación de los errores (véanse los numerales 12.4 y 13.7).

El orden de los ensayos no está normalizado, excepto la determinación de errores, que será realizada después de los otros ensayos.

Es conveniente que la repetición de ensayos a frecuencia industrial del devanado primario se efectúe al 80 % de la tensión de ensayo especificada.

## **7.3    ENSAYOS ESPECIALES**

Los ensayos siguientes se efectuarán cuando exista acuerdo entre fabricante y usuario:

- a)    Ensayo de impulso recortado tipo rayo (véase el numeral 10.1).
- b)    Medida de la capacitancia y del factor de disipación dieléctrica (véase el numeral 10.2).
- c)    Ensayos mecánicos (véase el numeral 10.3).
- d)    Medición de sobretensiones transmitidas (véase el numeral 10.4)

## **8.    ENSAYOS TIPO**

### **8.1    ENSAYO DE ELEVACIÓN DE TEMPERATURA**

Debe realizarse un ensayo para verificar la conformidad con las especificaciones del numeral 5.4. Para este ensayo, se debe considerar que el transformador ha alcanzado su estabilidad térmica cuando la elevación de temperatura durante una hora no exceda de 1 K. La temperatura ambiente durante el ensayo, debe estar comprendida entre 10 °C y 30 °C.

Cuando existe más de un devanado secundario, el ensayo se debe hacer con valores apropiados de la carga, conectados a cada uno de los devanados secundarios salvo que exista otro acuerdo entre fabricante y usuario. El devanado de tensión residual debe ser cargado según numeral 13.6.1 ó 5.4.

Para este ensayo, el transformador debe montarse de manera análoga a la prevista en servicio.

La elevación de temperatura de los devanados debe determinarse por el método de variación de resistencia (consultar la NTC 2805 para orientación acerca de este método).

La elevación de temperatura de las demás partes puede medirse por medio de termómetros o termocuplas.

### **8.2    ENSAYO DE CAPACIDAD DE SOPORTAR EL CORTOCIRCUITO**

Se debe realizar este ensayo para probar la conformidad con el numeral 6.2.

Para este ensayo, la temperatura inicial del transformador debe estar comprendida entre 10 °C y 30 °C.

El transformador de tensión deberá ser alimentado por el primario y el cortocircuito provocado entre los terminales del secundario.

Se aplicará un cortocircuito con duración de 1 s.

NOTA    Este requisito se aplica también cuando los fusibles son una parte integrante del transformador.

Durante el cortocircuito, el valor eficaz de la tensión aplicada a los terminales del transformador no debe ser inferior a la tensión nominal.

En el caso de transformadores, provistos de más de un devanado secundario, o secciones, o un devanado secundario con tomas, las conexiones para el ensayo deben ser objeto de acuerdo entre fabricante y usuario.

NOTA    Para los transformadores de tipo inductivo, el ensayo puede ser efectuado alimentando el devanado secundario y estableciendo el cortocircuito entre los terminales primarios.

Se estima que el transformador ha cumplido el ensayo si después de enfriarlo a la temperatura ambiente, responde a las prescripciones siguientes:

- a)    no ha sido dañado de forma visible;
- b)    sus errores no difieren de los valores registrados antes de los ensayos en más de la mitad de los valores límite de error correspondiente a su clase de exactitud;

- c) soporta los ensayos dieléctricos especificados en los numerales 9.2 y 9.3, pero bajo una tensión de ensayo reducida al 90 % de los valores indicados;
- d) bajo examen, el aislamiento próximo a la superficie de los devanados primario y secundario no presenta deterioro significativo (por ejemplo, carbonización).

El examen d) no se requiere si la densidad de corriente en el devanado no excede de 160 A/mm<sup>2</sup>, para un devanado de cobre de conductividad no menor al 97 % del valor dado en la Norma IEC 60028. La densidad de corriente se calcula sobre la base del valor eficaz medido de la corriente de cortocircuito simétrico del devanado secundario (dividido por la relación de transformación nominal en el caso del devanado primario).

### **8.3 ENSAYO DE IMPULSO SOBRE EL DEVANADO PRIMARIO**

#### **8.3.1 Generalidades**

El ensayo de impulso se efectuará de acuerdo con la NTC 4591 (IEC 60060-1).

La tensión de ensayo se aplicará entre cada terminal de línea del devanado primario y tierra. El terminal de puesta a tierra del devanado primario o el terminal de línea no ensayado en el caso de un transformador de tensión no puesto a tierra, el chasis, la cuba (si existe) y el núcleo (si está prevista su puesta a tierra) y al menos un terminal del(de los) devanado(s) secundario(s), se conectarán a tierra durante el ensayo.

Los ensayos de impulso consisten generalmente en aplicar la tensión sucesivamente al nivel de tensión de referencia y al nivel asignado. La tensión de impulso de referencia debe estar comprendida entre el 50 % y el 75 % de la tensión no disruptiva nominal de impulso. Deben registrarse el valor pico y la forma de onda de las tensiones de impulso.

Se puede detectar una falla del aislamiento durante el ensayo, por la variación en la forma de onda entre la tensión de referencia y la tensión no disruptiva nominal.

Para la detección de fallas, se efectuará un registro de la(s) corriente(s) a tierra o de la tensión que aparece entre los devanados secundarios, adicionalmente al registro de tensión.

NOTA Las conexiones a tierra podrán realizarse mediante dispositivos adecuados de registro para corriente.

#### **8.3.2 Ensayo al impulso tipo rayo**

Las tensiones de ensayo tendrán los valores apropiados indicados en las Tablas 4 ó 5, dependiendo de la tensión más alta para el equipo y del nivel de aislamiento especificado.

##### **8.3.2.1 Devanados con $U_m < 300$ kV**

El ensayo debe ser efectuado con polaridades positiva y negativa. Se aplicarán 15 impulsos consecutivos de cada polaridad, sin corrección por condiciones atmosféricas.

El transformador satisface el ensayo si para cada polaridad:

- no se produce ninguna descarga disruptiva en el aislamiento interno no autorregenerable;
- no se produce ningún flameo a lo largo del aislamiento externo no autorregenerable;

- no se producen más de dos flameo a través del aislamiento externo autorregenerable;
- no se detecta ninguna otra manifestación de falla del aislamiento (por ejemplo, variaciones en la forma de onda de las magnitudes registradas).

Para los transformadores de tensión no puestos a tierra, se aplicarán la mitad de los impulsos a cada terminal, estando el otro conectado a tierra.

NOTA La aplicación de 15 impulsos positivos y de 15 impulsos negativos se ha especificado para ensayar el aislamiento externo. Si el fabricante y el usuario acuerdan otros ensayos para verificar el aislamiento externo, el número de impulsos tipo rayo se puede reducir a tres de cada polaridad, sin corrección por condiciones atmosféricas.

### **8.3.2.2 Devanados con $U_m \geq 300$ kV**

El ensayo debe ser efectuado con polaridades positiva y negativa. Se aplicarán 3 impulsos consecutivos de cada polaridad, sin corrección por condiciones atmosféricas.

El transformador satisface el ensayo si:

- no se produce ninguna descarga disruptiva;
- no se detecta ninguna otra manifestación de falla del aislamiento (por ejemplo, variaciones en la forma de onda de las magnitudes registradas).

### **8.3.3 Ensayo de impulso tipo maniobra**

Las tensiones de ensayo tendrán los valores apropiados indicados en la Tabla 5, en función de la tensión más alta para el equipo y del nivel de aislamiento especificado.

El ensayo se efectuará con polaridad positiva. Deben aplicarse 15 impulsos consecutivos, con corrección por condiciones atmosféricas.

Los transformadores de tipo exterior se someterán al ensayo de humedad (véase el numeral 8.4).

NOTA Para contrarrestar el efecto de saturación del núcleo, se permite modificar, entre impulsos consecutivos, mediante un procedimiento adecuado, las condiciones magnéticas del núcleo.

El transformador satisface el ensayo si:

- no se produce ninguna descarga disruptiva en el aislamiento interno no autorregenerable;
- no se produce ningún flameo a lo largo del aislamiento externo no autorregenerable;
- no se producen más de dos flameos a través del aislamiento externo autorregenerable;
- no se detecta ninguna otra manifestación de falla del aislamiento (por ejemplo, variaciones en la forma de onda de las magnitudes registradas).

NOTA No se contabilizarán los impulsos con flameos hacia las paredes o techos del laboratorio.

#### **8.4 ENSAYO DE HUMEDAD PARA LOS TRANSFORMADORES DE TIPO EXTERIOR**

El procedimiento de ensayo de humedad se efectuará conforme a la NTC 4591 (IEC 60060-1).

Para devanados con  $U_m < 300$  kV, el ensayo se efectuará con tensión a frecuencia industrial, con el valor apropiado indicado en la Tabla 4, en función de la tensión más alta para el equipo, aplicando correcciones por las condiciones atmosféricas.

Para devanados con  $U_m \geq 300$  kV, el ensayo se efectuará, con tensión de impulso tipo maniobra de polaridad positiva, con el valor apropiado indicado en la Tabla 5, en función de la tensión más alta para el equipo y del nivel de aislamiento nominal.

#### **8.5 MEDICIÓN DE PERTURBACIONES RADIOELÉCTRICAS**

El transformador de tensión completo con todos sus accesorios, debe estar limpio y seco y a aproximadamente la misma temperatura que el recinto del laboratorio en el que se lleva a cabo el ensayo.

De acuerdo con esta norma, el ensayo se debería realizar en las siguientes condiciones atmosféricas:

- Temperatura entre 10 °C y 30 °C;
- Presión entre  $0,870 \times 10^5$  Pa y  $1,070 \times 10^5$  Pa;
- Humedad relativa entre 45 % y 75 %.

NOTA 1 Por acuerdo entre el comprador y el fabricante, los ensayos se pueden llevar a cabo bajo otras condiciones atmosféricas.

NOTA 2 De acuerdo con la NTC 4591 (IEC 60060-1), no se aplican factores de corrección para condiciones atmosféricas durante los ensayos de perturbaciones radioelétricas.

Las conexiones y sus extremos no deben ser fuentes de perturbaciones radioelétricas.

Para evitar descargas parásitas, se deberían colocar apantallamientos a los terminales primarios. Se recomienda el uso de secciones de tubo con terminaciones esféricas.

La tensión de ensayo se debe aplicar entre uno de los terminales del devanado primario del objeto de ensayo ( $C_a$ ) y la tierra. El bastidor, la carcasa (si la hay) y el núcleo (si se va a poner a tierra) y un terminal de cada devanado secundario se deben conectar a tierra.

El circuito de medición (véase la Figura 17) debe cumplir con la norma CISPR 18-2. El circuito de medición preferiblemente se debe ajustar a una frecuencia en el rango de 0,5 MHz a 2 MHz, y se debe registrar la frecuencia de medición. Los resultados se deben expresar en microvoltios.

La impedancia entre el conductor de ensayo y la tierra ( $Z_s + (R_1 + R_2)$ ) en la Figura 17 debe ser de  $300 \Omega \pm 40 \Omega$  con un ángulo de fase que no excede los 20°.

También se puede usar un condensador  $C_s$  en lugar del filtro  $Z_s$  y generalmente es adecuada una capacitancia de 1 000 pF.

NOTA 3 Puede ser necesario un condensador diseñado especialmente, para evitar una frecuencia resonante demasiado baja.

El filtro Z debe tener una impedancia alta a la frecuencia de medición, con el fin de desacoplar la fuente de frecuencia industrial del circuito de medición. Se ha encontrado que un valor adecuado para esta impedancia es 10 000  $\Omega$  a 20 000  $\Omega$  a la frecuencia de medición.

El nivel de ruido de fondo de las perturbaciones radioeléctricas (perturbaciones radioeléctricas causada por campos externos y por el transformador de alta tensión) debe ser al menos de 6 dB (preferiblemente 10 dB) por debajo del nivel de perturbación radioeléctrica especificado.

NOTA 4 Se recomienda evitar las perturbaciones causadas por los objetos cercanos al transformador de corriente y a los circuitos de ensayo y de medición.

Los métodos de calibración para los instrumentos de medición y el circuito de medición se dan en la norma CISPR 18-2.

Se debe aplicar y mantener una tensión previa de acondicionamiento de  $1,5 U_m/\sqrt{3}$ , durante 30 s.

La tensión se debe entonces reducir a  $1,1 U_m/\sqrt{3}$  en 10 s aproximadamente y mantenerse en este valor durante 30 s antes de medir el nivel de las perturbaciones radioeléctricas.

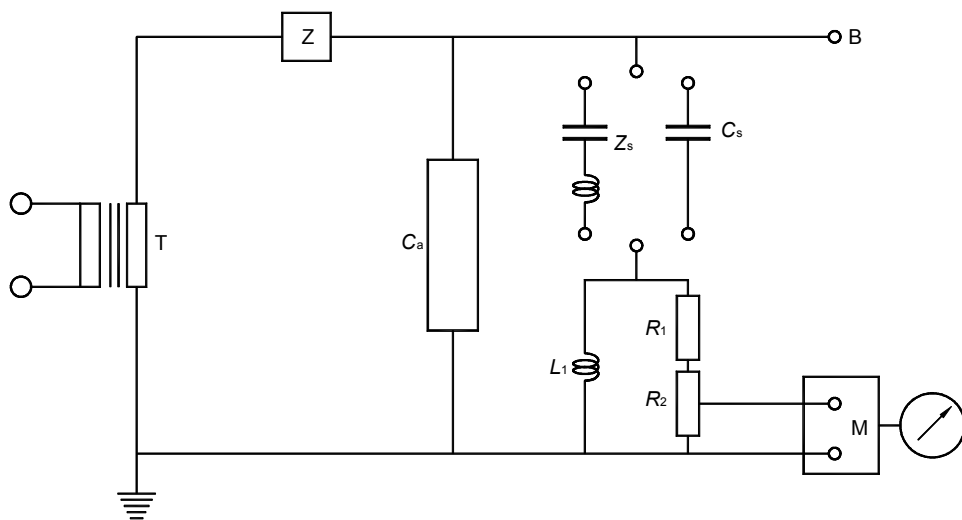
Se debe considerar que el transformador de corriente ha aprobado el ensayo si el nivel de perturbación radioeléctrica a  $1,1 U_m/\sqrt{3}$  no excede el límite establecido en el numeral 6.1.6.

NOTA 5 Por acuerdo entre el fabricante y el comprador, el ensayo de perturbaciones radioeléctricas ya descrito se puede reemplazar por una medición de descarga parcial aplicando la tensión previa de acondicionamiento y las tensiones de ensayo ya descritas.

Es conveniente eliminar cualquier precaución tomada durante la medición de descarga parcial realizada de acuerdo con el numeral 9.2 para evitar descargas externas (por ejemplo, apantallamientos). En este caso, el circuito de ensayo equilibrado no es apropiado.

Aunque no hay conversión directa entre los microvoltios de las perturbaciones radioeléctricas y los picoculombios de descarga parcial, se considera que el transformador de tensión ha aprobado el ensayo si a  $1,1 U_m/\sqrt{3}$  el nivel de descarga parcial no excede los 300 pC.





Convenciones

- $C_a$  = Objeto de ensayo
- $Z$  = Filtro
- $B$  = Terminación libre de corona
- $M$  = Equipo de medición
- $Z_s + R_1 + R_2$  = 300 W
- $T$  = Transformador de prueba
- $Z_s, C_s, L_1, R_1, R_2$  véase CISPR 18-2

Figura 17. Circuito de medición

## 9. ENSAYOS DE RUTINA

### 9.1 VERIFICACIÓN DE LA MARCACIÓN DE LOS TERMINALES

Se debe verificar que el marcado de terminales es correcto (véase el numeral 11.2).

### 9.2 ENSAYOS A FRECUENCIA INDUSTRIAL EN DEVANADOS PRIMARIOS Y MEDIDA DE LAS DESCARGAS PARCIALES

#### 9.2.1 Generalidades

Los ensayos a frecuencia industrial se efectuarán conforme a la NTC 4591 (IEC 60060-1).

En el caso de los ensayos por tensión aplicada, la duración será de 60 s.

Para los ensayos por tensión inducida, la frecuencia de la tensión de ensayo puede incrementarse por encima del valor nominal, con el fin de evitar la saturación del núcleo. La duración del ensayo será de 60 s. Sin embargo, si la frecuencia del ensayo excede dos veces la frecuencia nominal, la duración del ensayo puede reducirse de 60 s como sigue:

$$\text{duración del ensayo (en s)} = \frac{2 \text{ veces la frecuencia nominal}}{\text{frecuencia de ensayo}} \times 60$$

con un mínimo de 15 s

### **9.2.2 Devanados con $U_m < 300$ kV**

Las tensiones de ensayo para los devanados con  $U_m < 300$  kV, tendrán los valores apropiados indicados en la Tabla 4, en función de la tensión más alta para el equipo.

Cuando exista una diferencia importante entre la tensión más alta para el equipo ( $U_m$ ) y la tensión primaria nominal, se limitará la tensión inducida a cinco veces la tensión primaria nominal.

#### **9.2.2.1 Transformadores de tensión no aterrizados**

Los transformadores de tensión sin conexión a tierra se someterán a los siguientes ensayos:

- a)    Ensayo de tensión no disruptiva con fuente independiente

La tensión de ensayo se debe aplicar entre todos los terminales del devanado primario (conectados entre si) y tierra. El chasis, la cuba (si existe), el núcleo (si está previsto su puesta a tierra) y todos los terminales del devanado secundario, se conectarán entre si y a tierra.

- b)    Ensayo de tensión no disruptiva inducida

A elección del fabricante, el ensayo se efectuará excitando el devanado secundario con una tensión de amplitud suficiente para inducir en el devanado primario la tensión de ensayo especificada, o excitando directamente el devanado primario a la tensión de ensayo especificada.

La tensión de ensayo se medirá en el lado de alta tensión en cada caso. El chasis, la cuba (si existe), el núcleo (si está previsto su puesta a tierra), un terminal de cada devanado secundario y un terminal del devanado primario se conectarán entre sí y a tierra.

El ensayo se efectuará aplicando la tensión de ensayo en cada terminal de línea durante la mitad del tiempo requerido, con un mínimo de 15 s para cada terminal.

#### **9.2.2.2 Transformadores de tensión aterrizados.**

Los transformadores de tensión aterrizados se someterán a los siguientes ensayos:

- a)    Ensayo de tensión aplicada (cuando aplique).

La tensión de ensayo entre el terminal del devanado primario destinado a ser conectado a tierra y tierra, tendrá el valor apropiado indicado en el numeral 6.1.2.2.

El chasis, la cuba (si existe), el núcleo (si está previsto su puesta a tierra) y todos los terminales de los devanados secundarios se conectarán entre sí y a tierra.

b)    Ensayo de tensión inducida

El ensayo se efectuará según lo especificado en el numeral 9.2.2.1. El terminal del devanado primario destinado a ser puesto a tierra en servicio se conectará a tierra durante el ensayo.

### **9.2.3 Devanados con $U_m \approx 300$ kV**

El transformador se someterá a los siguientes ensayos:

a)    Ensayo de tensión aplicada (cuando aplique)

Las tensiones de ensayo deben tener los valores adecuados indicados en el numeral 6.1.2.2 y el ensayo se efectuará según numeral 9.2.2.2.

b)    Ensayo de tensión inducida

Las tensiones de ensayo deben tener los valores apropiados indicados en la Tabla 6, en función de la tensión de impulso nominal tipo rayo. Se efectuará el ensayo como se especifica en el numeral 9.2.2.2.

### **9.2.4 Medida de descargas parciales**

#### **9.2.4.1 Circuito de ensayo e instrumentación**

El circuito de ensayo y la instrumentación utilizada estarán conformes a la NTC 2613 (IEC 60270). En las Figuras 2 a 5, se muestran unos ejemplos de circuitos de ensayo.

La instrumentación utilizada debe medir la carga aparente  $q$  expresada en picocolombios (pC). Su calibración se efectuará en el circuito de ensayo (véase un ejemplo en la Figura 5).

El instrumento de banda ancha tendrá un ancho de banda de al menos 100 kHz, con una frecuencia de corte superior que no exceda de 1,2 MHz.

Los instrumentos de banda angosta tendrá su frecuencia de resonancia en el rango 0,15 MHz a 2 MHz. Conviene que los valores preferentes estén en el rango de 0,5 MHz a 2 MHz, pero, si es posible, la medida se efectuará a la frecuencia a la cual la sensibilidad es máxima.

La sensibilidad deberá permitir detectar un nivel de descargas parciales de 5 pC.

NOTA 1    El ruido debe ser suficientemente más bajo que la sensibilidad. Pueden desestimarse los pulsos causados por perturbaciones externas conocidas.

NOTA 2    Para la supresión de ruido externo, es apropiado el circuito de ensayo balanceado (véase la Figura 4). La utilización de un condensador de acoplamiento para balancear el circuito puede ser inadecuada para la eliminación de interferencias externas.

NOTA 3    Cuando se procesan y recuperan electrónicamente las señales para reducir el ruido de fondo, se debe demostrar la validez del procedimiento variando sus parámetros de tal forma que permita la detección de pulsos que se producen de forma repetitiva.

#### **9.2.4.2 Procedimiento de ensayo para transformadores de tensión aterrizados**

Después de una prefatiga efectuada según el procedimiento A o B, se alcanzarán las tensiones de ensayo de descargas parciales especificadas en la Tabla 7 y se medirán los niveles de descargas parciales correspondientes, dentro de un intervalo de tiempo de 30 s.

Los niveles de descargas parciales medidos no deben exceder los límites especificados en la Tabla 7.

Procedimiento A: Se alcanzan las tensiones de ensayo de nivel de descargas parciales reduciendo la tensión, después del ensayo de tensión inducida.

Procedimiento B: El ensayo de descargas parciales se efectúa después del ensayo de tensión no disruptiva inducida. La tensión aplicada se eleva hasta el 80 % de la tensión no disruptiva inducida, se mantiene durante no menos de 60 s, y entonces se reduce sin interrupción hasta la tensión de ensayo de descargas parciales especificada.

Salvo especificación contraria, la elección del procedimiento corresponde al fabricante. El método de ensayo utilizado deberá indicarse en el protocolo de ensayo.

#### **9.2.4.3 Procedimiento de ensayo para transformadores de tensión no aterrizados**

El circuito de ensayo para transformadores de tensión no aterrizados será el mismo que para transformadores de tensión aterrizados, pero se efectuarán dos ensayos aplicando sucesivamente las tensiones a cada uno de los terminales de alta tensión, con el otro terminal de alta tensión conectado a un terminal de baja tensión, al chasis y a la cuba (si existe) (véanse las Figuras 2 a 4).

### **9.3 ENSAYO DE TENSIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL ENTRE SECCIONES Y A LOS DEVANADOS SECUNDARIOS**

La tensión de ensayo, se aplicará durante 60 s sucesivamente entre los terminales cortocircuitados de cada sección de devanado o cada devanado secundario y tierra, con el valor apropiado indicado en los numerales 6.1.3 y 6.1.4, respectivamente.

El chasis, la cuba (si existe), el núcleo (si está previsto su puesta a tierra) y los terminales de todos los demás devanados o secciones de devanados se conectarán entre si y a tierra.

## **10. ENSAYOS ESPECIALES**

### **10.1 ENSAYO DE IMPULSO RECORTADO TIPO RAYO SOBRE EL DEVANADO PRIMARIO**

El ensayo se efectuará sólo con polaridad negativa y se combinará con el ensayo de impulso tipo rayo de polaridad negativa, en la forma descrita a continuación.

La tensión será un impulso tipo rayo normalizado como se define en la NTC 4591 (IEC 60060-1), recortado entre 2  $\mu$ s y 5  $\mu$ s. El circuito de corte deberá ser tal, que la amplitud de oscilación de polaridad opuesta a la del impulso real de ensayo, quede limitado aproximadamente al 30 % del valor pico.

La tensión de ensayo de los impulsos plenos tendrá un valor apropiado indicado en las Tablas 4 ó 5, dependiendo de la tensión más alta para el equipo y del nivel de aislamiento especificado.

La tensión del ensayo de impulso recortado tipo rayo se realizará de acuerdo con el numeral 6.1.2.4.

La secuencia de aplicación de los impulsos será la siguiente:

- a) Para devanados con  $U_m < 300$  kV

- 1 impulso pleno;
- 2 impulsos recortados;
- 14 impulsos plenos.

Para transformadores de tensión no aterrizados se aplicarán a cada terminal dos impulsos recortados y aproximadamente la mitad del número de impulsos plenos.

b) Para devanados con  $U_m \geq 300$  kV

- 1 impulso pleno;
- 2 impulsos recortados;
- 2 impulsos plenos.

Las diferencias en la forma de onda de los impulsos plenos aplicados antes y después de los impulsos recortados, indican la existencia de un defecto interno.

En la evaluación del comportamiento del aislamiento externo no deben tenerse en cuenta los flameos a lo largo de un aislamiento externo autorregenerable.

Los flameos durante los impulsos recortados a lo largo de un aislamiento externo autorregenerable deberá ser despreciado en la evaluación del comportamiento del aislamiento.

## **10.2 MEDIDA DE LA CAPACITANCIA Y FACTOR DE DISIPACIÓN DIELECTRICA**

El ensayo se efectuará conforme al numeral 6.1.2.5, después del ensayo a frecuencia industrial en los devanados primarios.

El circuito de ensayo será acordado entre fabricante y comprador, siendo preferible el método de puente.

El ensayo se efectuará con el transformador de tensión a temperatura ambiente, registrando dicho valor.

## **10.3 ENSAYOS MECÁNICOS**

Estos ensayos se efectuarán para demostrar que un transformador de tensión inductivo es capaz de cumplir con los requisitos especificados en el numeral 6.3.

El transformador de tensión estará completamente montado, instalado en posición vertical y con el chasis fijado rígidamente.

Los transformadores de tensión sumergidos en líquido, deberán estar llenos del líquido aislante especificado, y sometidos a la presión de servicio.

Las cargas de ensayo se aplicarán durante 60 s para cada una de las condiciones indicadas en la Tabla 10.

Se considerará que el transformador de tensión ha superado el ensayo si no hay evidencia de deterioro (deformación, rotura o fuga).

#### **10.4 MEDICIÓN DE LAS SOBRETENSIONES TRANSMITIDAS**

Se debe aplicar un impulso de baja tensión ( $U_1$ ) entre uno de los terminales primarios y la tierra.

Para transformadores de tensión para uso en subestaciones encapsuladas tipo GIS, el impulso se debe aplicar a través de un adaptador de cable coaxial de  $50 \Omega$ , según la Figura 18. El encerramiento de la sección GIS se debe conectar a tierra según lo planeado en servicio.

Para otras aplicaciones, el circuito de ensayo debe ser como el descrito en la Figura 19.

El (los) terminal(es) del (los) devanado(s) secundario(s) que se ha de conectar a tierra, se debe conectar a la estructura y a la tierra.

La tensión transmitida ( $U_2$ ) se debe medir en los terminales secundarios abiertos a través de un cable coaxial de  $50 \Omega$  conectado con un osciloscopio con impedancia de entrada de  $50 \Omega$ , con una amplitud de banda de 100 MHz o superior, que ejecute la lectura del valor pico.

NOTA    Otros métodos de ensayo que eviten la intrusión de la instrumentación se pueden acordar entre el fabricante y el comprador.

Si el transformador de tensión contiene más de un devanado secundario, la medición se debe hacer sucesivamente en cada uno de los devanados.

En el caso de devanados secundarios con tomas intermedias, la medición se debe realizar únicamente en la toma correspondiente al devanado completo.

Las sobretensiones transmitidas al devanado secundario ( $U_s$ ) para las sobretensiones especificadas ( $U_p$ ) aplicadas al devanado primario, se deben calcular de la siguiente manera:

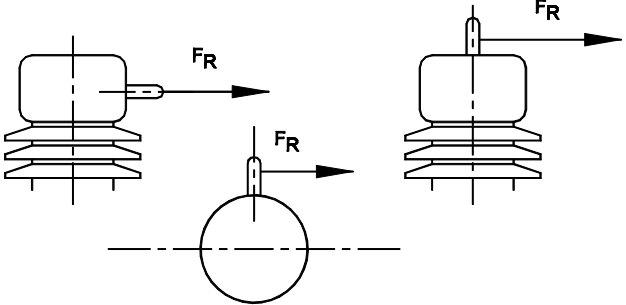
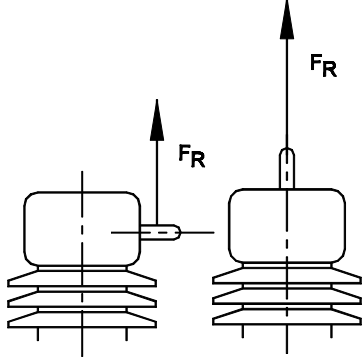
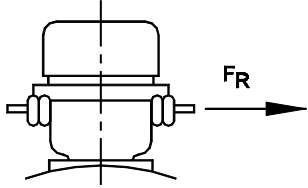
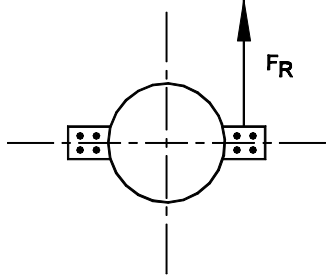
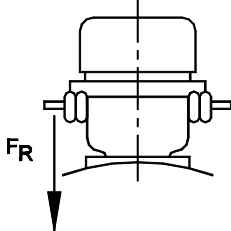
$$U_s = \frac{U_2}{U_1} \times U_p$$

En el caso de oscilaciones en la cresta, se debe trazar una curva media y la amplitud máxima de esta curva se considera como el valor pico  $U_1$  para el cálculo de la tensión transmitida (véase la Figura 20).

NOTA    La amplitud y la frecuencia de la oscilación de la onda de tensión pueden afectar a la tensión transmitida.

Se considera que el transformador de tensión ha aprobado el ensayo si el valor de la sobretensión transmitida no excede los límites que se presentan en la Tabla 14.

Tabla 10. Modalidades de aplicación de las cargas de ensayo que se aplicarán a los terminales primarios de línea

Tipo de transformador de tensión	Modalidad de aplicación	
Con terminal de tensión	Horizontal	
	Vertical	
Con terminales de corriente pasante	Horizontal a cada terminal	
		
	Vertical a cada termina	
<p>NOTA La carga de ensayo se aplicará en el centro del terminal</p>		

## **11.    MARCACIÓN**

### **11.1    MARCACIÓN DE LAS PLACAS DE CARACTERÍSTICAS**

Todos los transformadores de tensión deben llevar, como mínimo, las indicaciones siguientes:

- a)    el nombre del fabricante o una indicación que permita identificarlo fácilmente;
- b)    el número de serie o la designación del tipo; y preferentemente ambos;
- c)    las tensiones primarias y secundarias nominales (por ejemplo 66/0,11 kV);
- d)    la frecuencia nominal (por ejemplo: 50 Hz);
- e)    la potencia nominal y la correspondiente clase de exactitud (por ejemplo: 50 VA, Clase 1,0);

NOTA    Cuando existan dos devanados secundarios separados, las indicaciones deberán incluir el rango de potencias nominales de cada devanado secundario en VA, así como la clase de exactitud correspondiente y la tensión nominal de cada devanado.

- f)    la tensión más alta para el equipo (por ejemplo: 72,5 kV);
- g)    el nivel de aislamiento nominal (por ejemplo: 140/325 kV)

NOTA    Las indicaciones de los puntos f) y g) pueden combinarse en una sola (por ejemplo: 72,5/140/325 kV);

Las indicaciones deberán estar marcadas de forma indeleble sobre el mismo transformador de tensión o sobre una placa fijada de forma segura al transformador.

Además, cuando se disponga de espacio suficiente, se incluirán las indicaciones siguientes:

- h)    el factor de tensión nominal y correspondiente tiempo nominal;
- i)    la clase de aislamiento si es diferente de la clase A;

NOTA    Si se utilizan aislamientos de varias clases, se indicará el que limite la elevación de temperatura de los devanados.

- j)    para los transformadores de más de un devanado secundario, la utilización de cada uno de los devanados y de los terminales correspondientes.

### **11.2    MARCACIÓN DE LOS TERMINALES**

#### **11.2.1 Reglas generales**

Esta marcación se aplica a los transformadores de tensión monofásicos y a los conjuntos de transformadores monofásicos montados como un sólo elemento y conectados a un transformador de tensión trifásico o a los transformadores de tensión trifásicos que tienen un núcleo común para las tres fases.



### **11.2.2 Designación de los terminales**

Las marcas preferentes de los terminales de los transformadores de tensión inductivos se indican en las Figuras 6 a 15, según proceda.

Las letras mayúsculas A, B, C y N designan a los terminales del devanado primario, y las letras minúsculas a, b, c y n designan a los terminales del devanado secundario correspondientes.

Las letras A, B y C designan a los terminales totalmente aislados y la letra N designa al terminal destinado a ser puesto a tierra y cuyo aislamiento es inferior al del(de los) otro(s) terminal(es).

Las letras da y dn designan a los terminales de los devanados (si los hay) destinados a suministrar una tensión residual.

### **11.2.3 Polaridades relativas**

Los terminales en los que las letras mayúsculas y minúsculas se corresponden deben tener la misma polaridad en un momento dado.

## **12. REQUISITOS PARA LA EXACTITUD DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS MONOFÁSICOS PARA MEDIDA**

### **12.1 DESIGNACIÓN DE LA CLASE DE EXACTITUD DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA MEDIDA**

La clase de exactitud de un transformador de tensión se designa por un número (índice de clase) igual al límite superior del error de tensión admisible, expresado en tanto por ciento, para la tensión primaria nominal y la carga de exactitud.

#### **12.1.1 Clases de exactitud normalizadas**

Las clases de exactitud normalizadas para los transformadores inductivos de tensión monofásicos para medida son:

0,1 - 0,2 - 0,5 - 1,0 - 3,0

### **12.2 LÍMITES DEL ERROR DE TENSIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE FASE PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA MEDIDA**

El error de tensión y el desplazamiento de fase a la frecuencia nominal no deben sobrepasar los valores de la Tabla 11 a cualquier tensión comprendida entre el 80 % y el 120 % de la tensión nominal y para cualquier carga comprendida entre el 25 % y el 100 % de la carga nominal, con un factor de potencia de 0,8 inductivo (atrasado).

Para transformadores de tensión de clase de exactitud 0,1 y 0,2 y que tengan una carga nominal menor de 10 VA, puede ser especificado un rango extendido de carga. El error de tensión y de desplazamiento de fase no debe exceder los valores dados en la Tabla 11, cuando la carga secundaria es cualquier valor comprendido entre 0 VA y 100 % de la carga nominal, a un factor de potencia igual a 1.

NOTA    Este requerimiento puede ser exigido para certificar la exactitud de la medición de la energía.

Los errores deben determinarse en los terminales del transformador, incluyendo los efectos de los fusibles o resistencias que formen parte del mismo.

**Tabla 11. Límites del error de tensión y del desplazamiento de fase de los transformadores de tensión para medida**

Clase de exactitud	Error de tensión (relación) en porcentaje ±	Desplazamiento de fase ±	
		Minutos	Centirradiaes
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Sin especificar	Sin especificar

NOTA Al efectuar el pedido de transformadores con dos devanados secundarios separados y debido a su interdependencia, el usuario deberá especificar dos gamas de potencia, una para cada devanado, correspondiendo al límite superior de cada una de estas gamas de potencia un valor normal de la potencia de salida. Cada uno de los devanados deberá satisfacer sus propias especificaciones de exactitud en toda su gama de potencia mientras que al mismo tiempo el otro devanado suministra una potencia de cualquier valor comprendido entre cero y el límite superior de su gama de potencia. Para verificar la conformidad con esta especificación, basta con realizar las pruebas sólo en los valores extremos. Si no se especifican las gamas de potencia, se considera que estas son del 25 % al 100 % de la potencia nominal para cada devanado.

Si uno de los devanados no está sometido a carga más que ocasionalmente durante tiempos cortos o si se utiliza sólo como devanado de tensión residual se puede despreciar su efecto sobre el otro devanado.

### **12.3 ENSAYOS TIPO PARA DETERMINAR LA EXACTITUD DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA MEDIDA**

Para verificar la conformidad con las especificaciones del numeral 12.2, los ensayos tipo se efectuarán al 80 %, 100 % y 120 % de la tensión nominal, a la frecuencia nominal y con el 25 % y el 100 % de la carga de exactitud.

### **12.4 ENSAYOS DE RUTINA PARA DETERMINAR LA EXACTITUD DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA MEDIDA**

Los ensayos de rutina relativos a la exactitud, son en principio, los mismos que los ensayos tipo especificados en el numeral 12.3, pero se admite que los ensayos de rutina pueden realizarse a un número reducido de tensiones y/o de cargas, a condición de que se haya demostrado por ensayos tipo efectuados en un transformador similar, que tales ensayos en un número reducido bastan para verificar la conformidad con el numeral 12.2.

### **12.5 MARCACIÓN DE LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA MEDIDA**

La placa de características deberá incluir los datos apropiados de acuerdo con lo indicado en el numeral 11.1.

La clase de exactitud deberá indicarse a continuación de los datos de la potencia de salida correspondiente (por ejemplo: 100 VA, clase 0,5)

Para transformadores de tensión que tengan una carga nominal que no exceda 10 VA y con una carga extendida hasta 0 VA, estas características deben indicarse inmediatamente antes de la indicación de la carga nominal (por ejemplo, 0 VA-10 VA Clase 0,2)

NOTA La placa de características podrá incluir indicaciones referentes a varias combinaciones de potencias y clases de exactitud que el transformador es capaz de satisfacer.

**13.    REQUISITOS ADICIONALES PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN INDUCTIVOS PARA PROTECCIÓN**

**13.1    DESIGNACIÓN DE LA CLASE DE EXACTITUD DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN**

Todos los transformadores de tensión para protección deben tener una clase nominal de exactitud de medida, definida conforme a los numerales 12.1 y 12.2. Esta exigencia no se extiende a los devanados destinados a suministrar una tensión residual. Además, deben ser de una de las clases de exactitud indicadas en el numeral 13.1.1.

La clase de exactitud de un transformador de tensión para protección, se designa por el error máximo admisible de tensión en tanto por ciento, entre el 5 % de la tensión nominal y el valor de la tensión correspondiente al factor de tensión nominal (véase el numeral 5.3). Esta expresión es seguida de la letra P

**13.1.1 Clases de exactitud normalizadas**

Las clases de exactitud normalizadas de los transformadores de tensión para protección son 3P y 6P y se aplican usualmente los mismos límites de error de tensión y del desplazamiento de fase, tanto al 5 % de la tensión nominal como a la tensión correspondiente al factor de tensión nominal. Al 2 % de la tensión nominal, los límites de los errores admisibles serán el doble de los especificados para el 5 % de la tensión nominal.

Cuando los límites de error de un transformador son diferentes al 5 % de la tensión nominal y al límite superior de la tensión (es decir a la tensión correspondiente al factor de tensión nominal 1,2; 1,5 ó 1,9) deberá existir acuerdo entre fabricante y usuario.

**13.2    LÍMITES DEL ERROR DE TENSIÓN Y DEL DESPLAZAMIENTO DE FASE DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN**

El error de tensión y el desplazamiento de fase, a la frecuencia nominal, no deben sobrepasar los valores de la Tabla 12 al 5 % de la tensión nominal y al producto de la tensión nominal por el factor de tensión nominal (1,2; 1,5 ó 1,9) y para cualquier carga comprendida entre el 25 % y el 100 % de la carga nominal, con un factor de potencia de 0,8 inductivo.

Al 2 % de la tensión nominal, los límites del error de tensión y del desplazamiento de fase serán el doble de los indicados en la Tabla 12 para cualquier carga comprendida entre el 25 % y el 100 % de la carga nominal, con un factor de potencia de 0,8 inductivo.

**Tabla 12. Límites de los errores de tensión y del desplazamiento de fase de los transformadores de tensión para protección**

Clase de exactitud	Error de tensión (relación) en porcentaje + ó -	Desplazamiento de fase + ó -	
		Minutos	Centirradiares
3P	3,0	120	3,5
6P	6,0	240	7,0

NOTA Al efectuar el pedido de transformadores con dos devanados secundarios separados y debido a su interdependencia, el usuario deberá especificar dos gamas de potencia, una para cada devanado, correspondiendo el límite superior de cada una de estas gamas de potencia a un valor normal de la potencia de salida. Cada uno de los devanados deberá satisfacer sus propias especificaciones de exactitud en toda su gama de potencia, mientras que al mismo tiempo el otro devanado suministra una potencia de cualquier valor comprendido entre cero y el límite superior de su gama de potencia. Para verificar la conformidad con esta especificación, basta con realizar las pruebas sólo en los valores extremos. Si no se especifican las gamas de potencia, se considera que estas son del 25 % al 100 % de la potencia nominal para cada devanado.

### 13.3 TENSIONES NOMINALES DEL DEVANADO SECUNDARIO PARA TENSIÓN RESIDUAL

Las tensiones del devanado secundario destinado a ser conectado en delta abierto con devanados similares para suministrar una tensión residual se indican en la Tabla 13.

**Tabla 13. Tensiones nominales del devanado secundario de tensión residual**

Valores preferidos V		Otros valores (no preferidos) V
100	110	200
$\frac{100}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{200}{\sqrt{3}}$
$\frac{100}{3}$	$\frac{110}{3}$	$\frac{200}{3}$

NOTA Cuando las condiciones son tales que los valores preferidos conducen a una tensión residual muy débil, los valores no preferidos pueden ser utilizados teniendo en cuenta de tomar precauciones concernientes a la seguridad.

### 13.4 POTENCIA DEL DEVANADO SECUNDARIO PARA TENSIÓN RESIDUAL

#### 13.4.1 Potencia de salida nominal

La potencia de salida nominal del devanado destinado a ser conectado en delta abierto con devanados similares para producir una tensión residual debe especificarse en voltamperios y su valor debe escogerse entre los indicados en el numeral 5.2.

#### 13.4.2 Límite térmico nominal de salida

El límite térmico nominal de salida del devanado de tensión residual deberá especificarse en voltamperios; el valor deberá ser 15, 25, 50, 75, 100 VA y sus múltiplos decimales, referido a la tensión nominal secundaria, para un factor de potencia igual a 1. Los valores preferidos están subrayados.

NOTA    Dado que los devanados de tensión residual están conectados en delta abierto, sólo están cargados en casos de falla.

Como excepción a la definición dada en el numeral 2.1.17.2, el límite térmico nominal de salida del devanado de tensión residual debe referirse a una duración de 8 h.

### **13.5 CLASE DE EXACTITUD DEL DEVANADO SECUNDARIO PARA TENSIÓN RESIDUAL**

La clase de exactitud del devanado de tensión residual debe ser 6P conforme a los numerales 13.1.1 y 13.2.

NOTA 1    Si un devanado de tensión residual se utiliza para una aplicación particular, se puede designar otra clase de exactitud normalizada, conforme a los numerales 12.1.1, 12.2, 13.1.1 y 13.2, la cual puede ser acordada entre fabricante y comprador.

NOTA 2    Si un devanado de tensión residual se utiliza solamente como amortiguador, no es obligatoria la designación de clase de exactitud.

### **13.6 ENSAYOS TIPO PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN**

#### **13.6.1 Ensayo de elevación de temperatura de los devanados secundarios para tensión residual**

Si uno de los devanados secundarios se destina a suministrar una tensión residual, el transformador debe soportar un ensayo en conformidad a lo dispuesto en el numeral 8.1, efectuado según los requisitos del numeral 5.4 punto a), a 1,2 veces la tensión primaria nominal y seguido directamente por el ensayo según los requisitos del numeral 5.4 punto c).

Durante el ensayo de preacondicionamiento a 1,2 veces la tensión primaria nominal, no se carga el devanado para tensión residual. Durante el ensayo a 1,9 veces la tensión primaria nominal durante 8 h el devanado de tensión residual deberá estar cargado con la potencia límite térmica nominal (véase el numeral 13.4.2) mientras que los demás devanados estarán cargados con la potencia nominal.

Si se especifica la potencia límite térmica nominal de otros devanado secundarios se efectuará un ensayo adicional de acuerdo con el punto a) del numeral 5.4 a la tensión primaria nominal sin cargar el devanado de tensión residual.

NOTA    La medida de la tensión se efectuará en el devanado primario ya que la tensión secundaria puede ser significativamente menor que la tensión secundaria nominal multiplicada por el factor de tensión.

#### **13.6.2 Ensayos para la exactitud**

Para verificar la conformidad en las especificaciones del numeral 13.2 los ensayos tipo se efectuarán al 2 %, 5 % y 100 % de la tensión nominal y a la tensión nominal multiplicada por el factor de tensión nominal, al 25 % y 100 % de la potencia nominal y con un factor de potencia de 0,8 inductivo.

Cuando el transformador tenga varios devanados secundarios deberán cargarse tal y como se indica en la nota del numeral 13.2.

Durante los ensayos con tensiones hasta el 100 % de la tensión nominal el devanado de tensión residual no deberá de estar cargado y durante el ensayo con una tensión igual a la tensión nominal multiplicada por el factor de tensión nominal el devanado de tensión residual estará cargado con la potencia nominal.

### **13.7 ENSAYOS DE RUTINA PARA LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN**

#### **13.7.1 Ensayos para la exactitud**

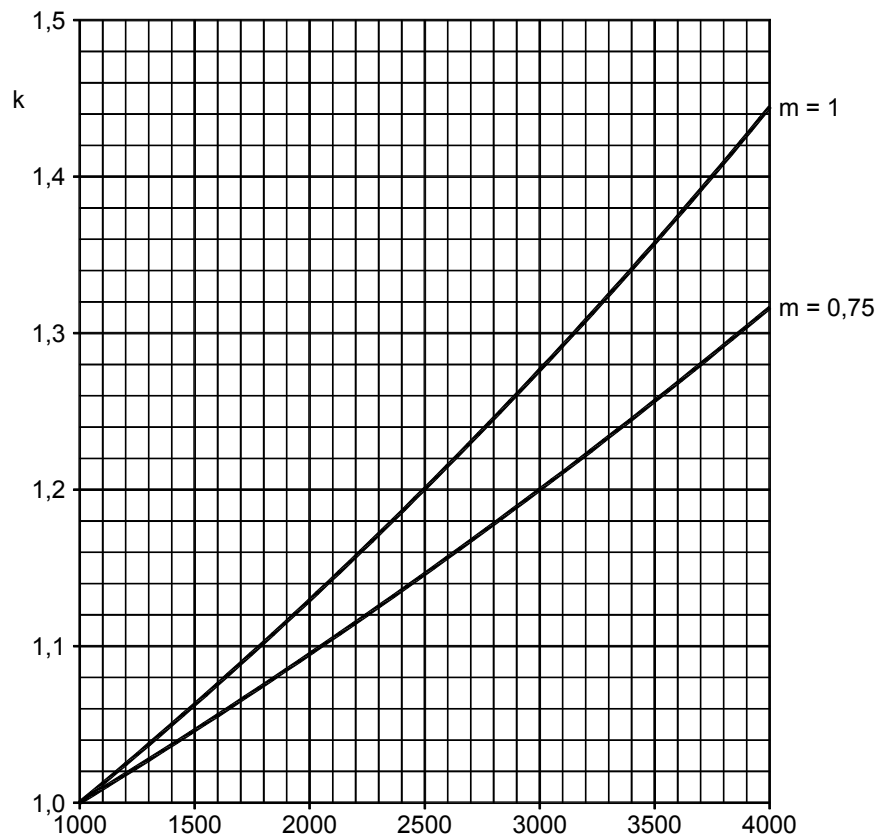
Los ensayos de rutina relativos a la exactitud son en principio los mismos que los ensayos tipo especificados en el numeral 13.6.2, pero se admite que los ensayos de rutina puedan efectuarse a un número reducido de tensiones y/o de cargas, a condición de que se haya demostrado por ensayos tipo efectuados en un transformador similar, que tales ensayos en número reducido bastan para verificar la conformidad con el numeral 13.2.

### **13.8 MARCACIÓN DE LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS DE UN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN**

La placa de características deberá incluir los datos apropiados de acuerdo con lo indicado en el numeral 11.1.

La clase de exactitud se indicará a continuación de la potencia de salida nominal correspondiente.

La Figura 16, es un ejemplo típico de placa de características.



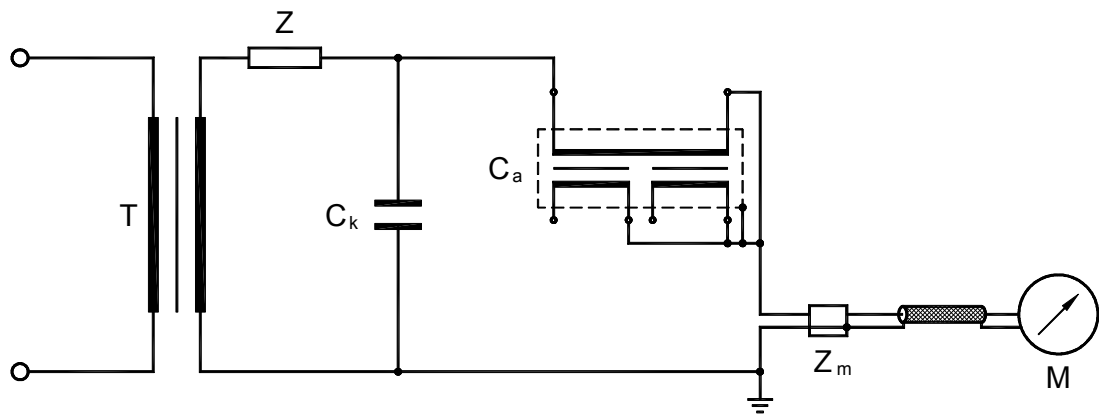
Estos factores se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$k = e^{m(H - 1000) / 8150}$$

en donde

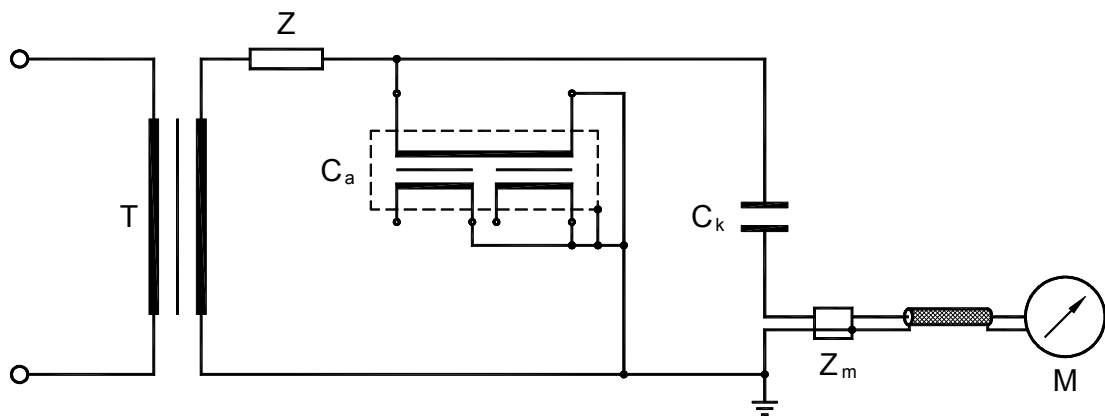
- H = es la altitud en metros.
- m = 1 para la frecuencia industrial y tensión de impulso tipo rayo.
- m = 0,75 para tensión de impulso tipo maniobra.

**Figura 1. Factores de corrección de altitud**



- T = transformador de ensayo
- Ca = transformador de medida que se va a ensayar
- Ck = condensador de acople
- M = instrumento de medición de descargas parciales
- Z<sub>m</sub> = impedancia de medición
- Z = filtro (no hay si C<sub>k</sub> es la capacitancia del transformador de ensayo)

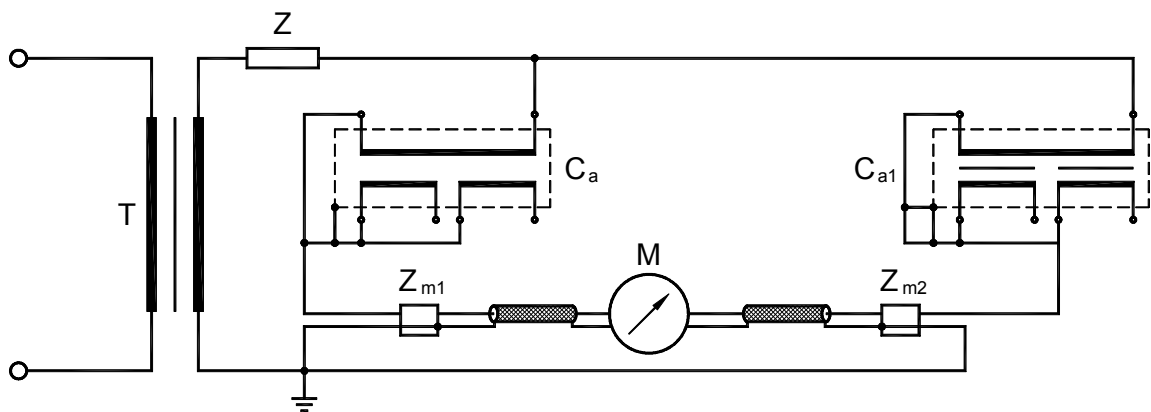
Figura 2. Circuito de ensayo para la medición de descargas parciales



Los símbolos son iguales a los de la Figura 2.

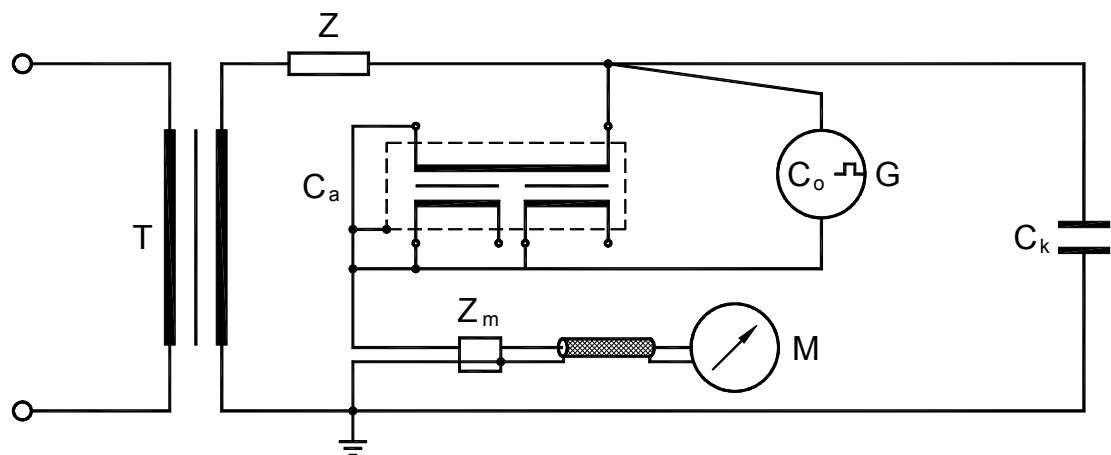
Figura 3. Circuito de ensayo alternativo para medición de descarga parcial





- T = transformador de ensayo
- $C_a$  = transformador de medida por ensayar
- $C_{a1}$  = objeto libre auxiliar para descargas parciales (o  $C_k$  es el condensador de acople)
- M = instrumento de medición de descargas parciales
- $Z_{m1}$  y  $Z_{m2}$  = impedancias de medición
- Z = Filtro

Figura 4. Ejemplo de circuito de ensayo balanceado para medición de descarga parcial



Los símbolos son iguales a los de la Figura 2

G generador de impulso con capacitancia  $C_o$

Figura 5. Ejemplo de circuito de calibración para medición de descarga parcial

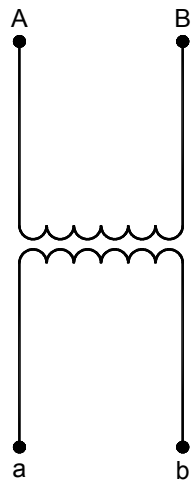


Figura 6. Transformador monofásico con terminales totalmente aisladas y un solo circuito secundario

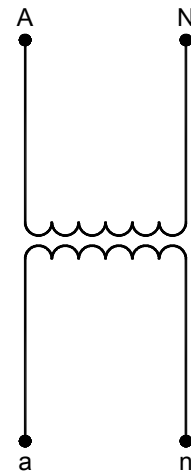


Figura 7. Transformador monofásico con una terminal primaria neutra con aislamiento reducido y un solo circuito secundario

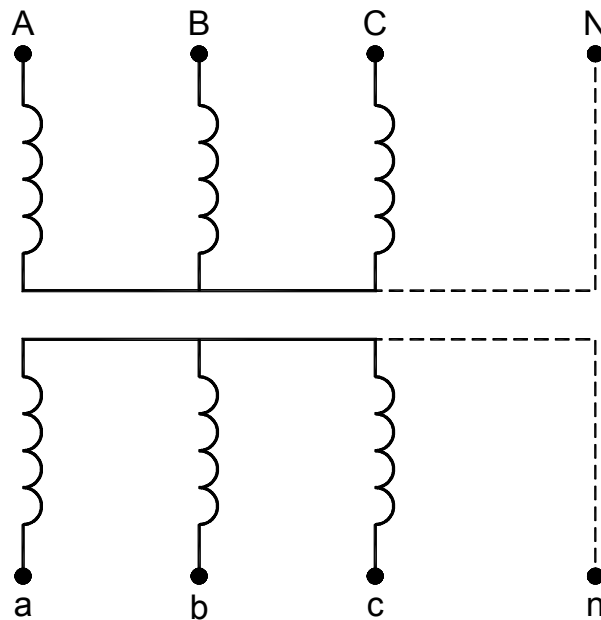


Figura 8. Conjunto trifásico con un solo circuito secundario

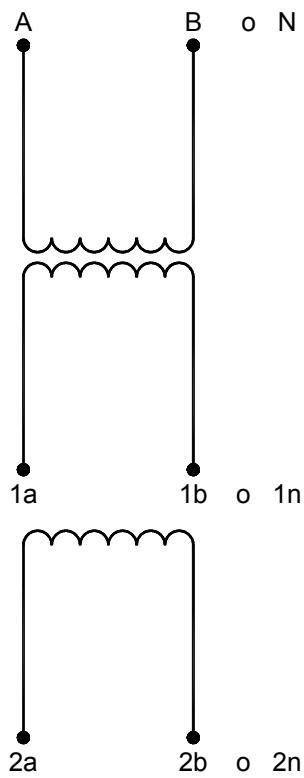


Figura 9. Conjunto monofásico con dos circuitos secundarios

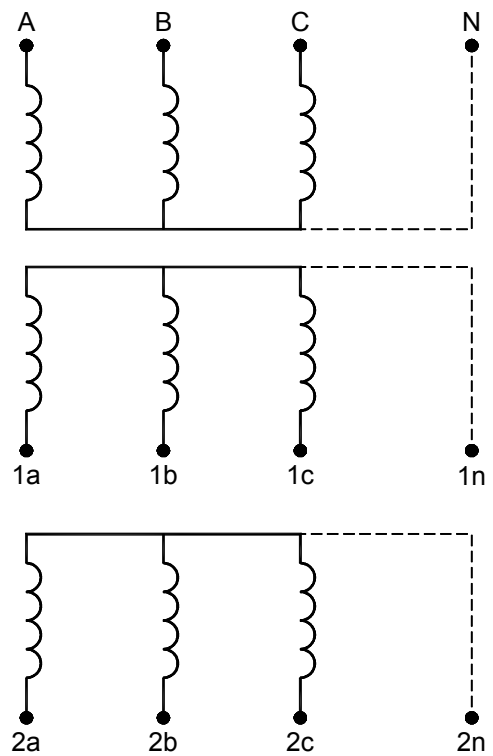


Figura 10. Conjunto trifásico con dos circuitos secundarios

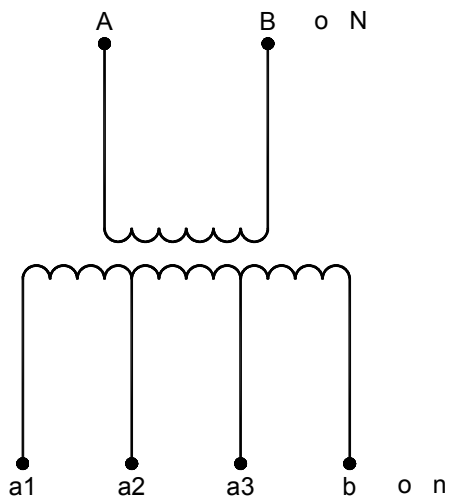


Figura 11. Transformador monofásico con un solo circuito secundario de tomas múltiples

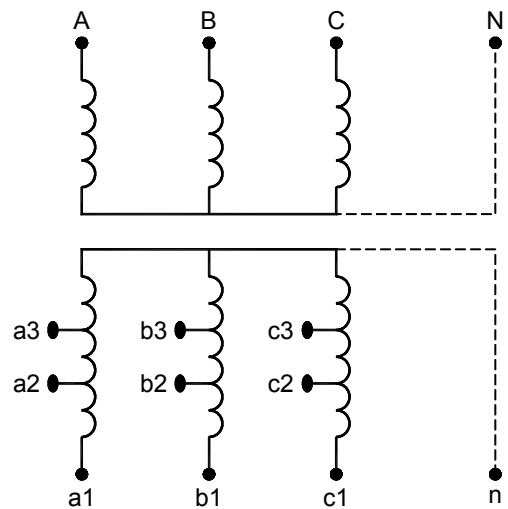


Figura 12. Conjunto trifásico con un solo circuito secundario de tomas múltiples

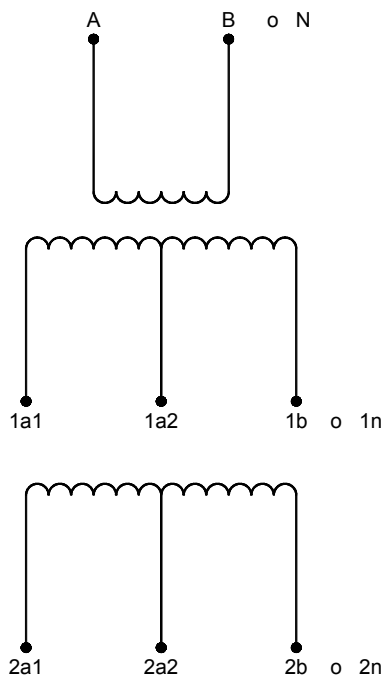


Figura 13. Transformador monofásico con dos circuitos secundarios de tomas múltiples

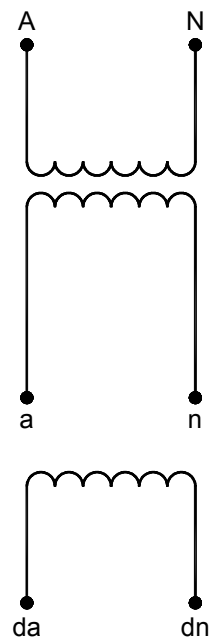


Figura 14. Transformador monofásico con devanado de tensión residual

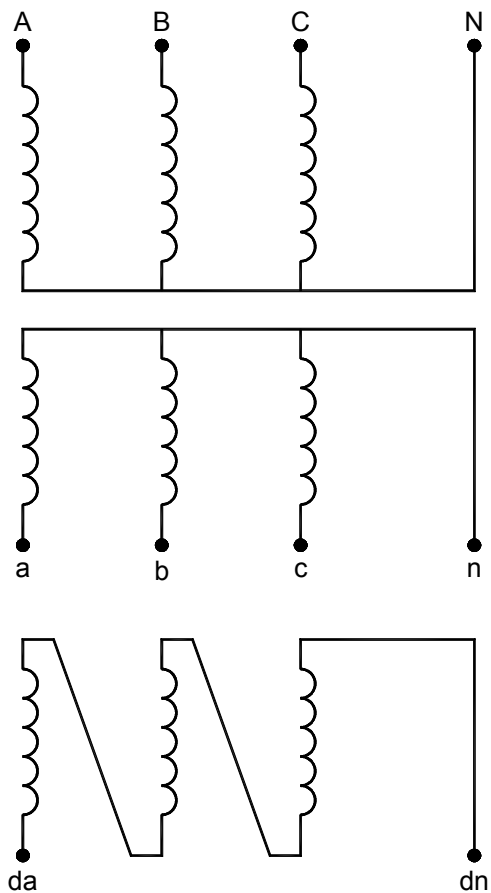


Figura 15. Transformador trifásico con devanado de tensión residual

Transformador de tensión		A - N 220 000 : $\sqrt{3}$ V		
Fabricante		1a - 1n	(2a - 2n)	da - dn
Número de serie ....		110 : $\sqrt{3}$		110 : 3
Tipo	50 Hz	VA : 25	50	25
245/460/1 050 kV	1,9 U <sub>n</sub> 30 s	Cl : 0,5	3P	6P

Figura 16. Ejemplo típico de placa de características

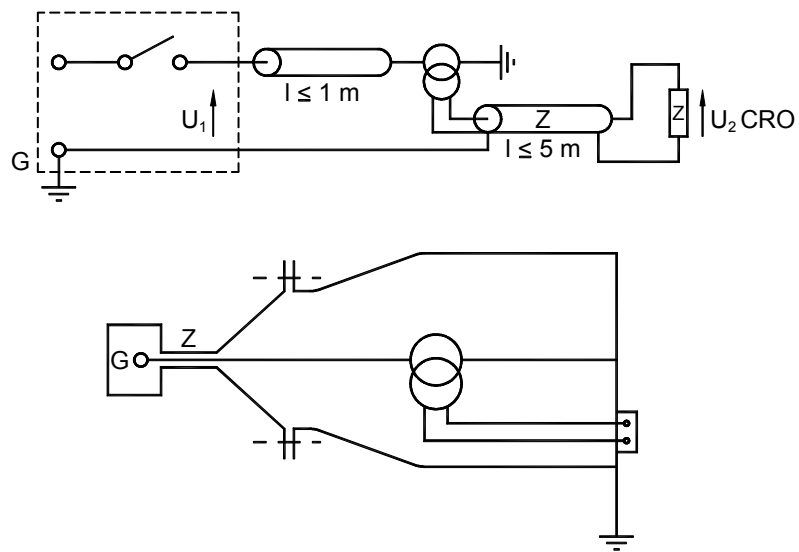


Figura 18. Medición de las sobretensiones transmitidas  
Circuito de ensayo y montaje de ensayos GIS

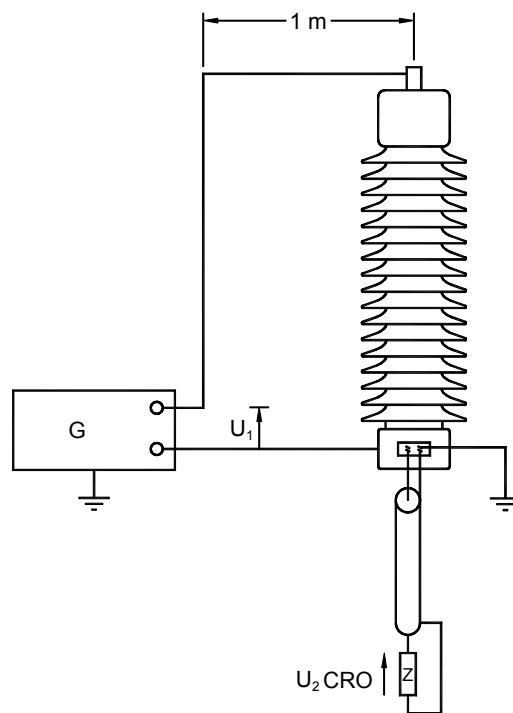
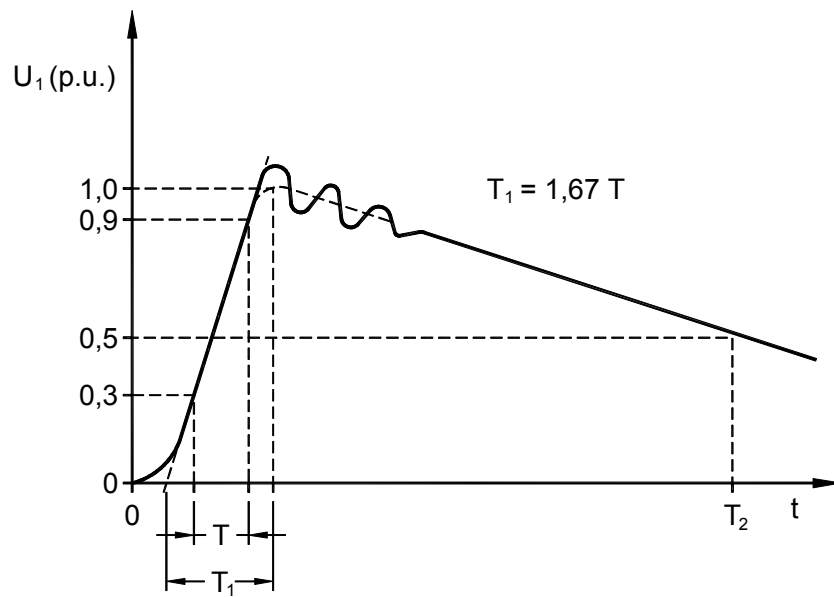
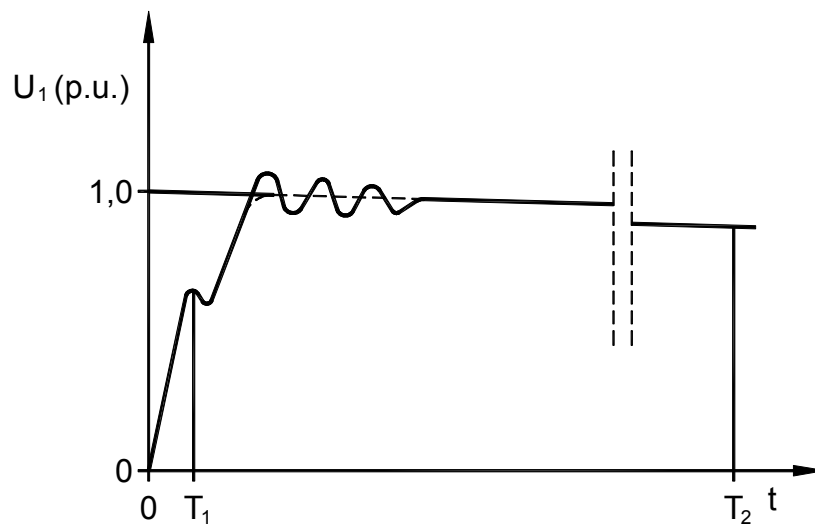


Figura 19. Medición de la sobretensiones transmitidas  
Montaje de ensayo general



Forma de onda A



Forma de onda B

Figura 20. Medición de la sobretensiones transmitidas  
Forma de onda de ensayo

**DOCUMENTO DE REFERENCIA**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMISIÓN. Instrument Transformers. Part 2. Inductive Voltage Transformers, Geneve, 2003, 97 p, il. (IEC 60044-2 Edition 1.2).