Comisión Federal de Electricidad

APARTARRAYOS PARA LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN DE CORRIENTE ALTERNA DE 161 kV A 400 kV

NORMA DE REFERENCIA
NRF-045-CFE-2007

(Se incluye al final de este documento, el aviso de la aclaración publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 02 de marzo del 2007)

PREFACIO

Esta **norma de referencia** ha sido elaborada de acuerdo a las Reglas de Operación del Comité de Normalización de CFE **(CONORCFE)**, habiendo participando en la aprobación de la misma las áreas de CFE y organismos miembros del **CONORCFE**, indicados a continuación:

Asociación de Normalización y Certificación

Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas

Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas

Dirección General de Normas

Gerencia de Abastecimientos de CFE

Instituto de Investigaciones Eléctricas

Luz y Fuerza del Centro

Subdirección del Centro Nacional de Control de Energía de CFE

Subdirección de Construcción de CFE

Subdirección de Distribución de CFE

Subdirección de Generación de CFE

Subdirección Técnica de CFE

Subdirección de Transmisión de CFE

Universidad Nacional Autónoma de México

La presente **norma de referencia** será actualizada y revisada tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación de la misma, en el ámbito de CFE. Dichas observaciones deben enviarse a la Gerencia de LAPEM, quien por medio de su Departamento de Normalización y Metrología, coordinará la revisión.

Esta **norma de referencia** revisa y sustituye a los documentos normalizados CFE, relacionados con apartarrayos para líneas de transmisión de corriente alterna de 115 kV a 400 kV (CFE 52000-93), que se hayan publicado.

La entrada en vigor de esta **norma de referencia** será 60 días después de la publicación de su declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación.

NOTA: Esta norma de referencia es vigente desde el 26 de febrero del 2007.

	Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de diciembre del 2006	Primera Edición

C O N T E N I D O

1	OBJETIVO	1
2	CAMPO DE APLICACIÓN	1
3	REFERENCIAS	1
4	DEFINICIONES	1
4.1	Anillo Equipotencial	1
4.2	Apartarrayos de Óxidos Metálicos	1
4.3	Capacidad de Absorción de Energía	1
4.4	Clase de Descarga de Línea	1
4.5	Contador de Descargas	2
4.6	Corriente Nominal de Descarga I_n	2
4.7	Dispositivo Desconectador	2
4.8	Distensor Mecánico	2
4.9	Entrehierro (gap)	2
4.10	Envolvente y Faldones	2
4.11	Impulso de Corriente de Frente Escarpado	3
4.12	Impulso de Corriente por Maniobra	3
4.13	Impulso de Corriente por Rayo	3
4.14	Sobretensión	3
4.15	Tensión de Operación Continua U_c	3
4.16	Tensión Nominal U_r	3
4.17	Tensión Residual U_{res}	3
4.18	Tipo de Apartarrayos	3
5	CLASIFICACIÓN DE LOS APARTARRAYOS	3
6	ESPECIFICACIONES	4
6.1	Características y Condiciones Generales	4
6.2	Condiciones de Operación	6
6.3	Condiciones de Protección Ambiental	6
6.4	Condiciones de Seguridad Industrial	6

6.5 Control de Calidad 6

7 MARCADO 8

7.1 Marcado del Apartarrayos 8

8 EMPAQUE Y EMBARQUE 8

APÉNDICE A (Normativo) CARACTERÍSTICAS PARTICULARES 10

9 BIBLIOGRAFÍA 11

10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES 11

APÉNDICE B (Informativo) EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD 12

TABLA 1 Características eléctricas de los apartarrayos conectados directa y permanentemente 5

TABLA 2 Características eléctricas de los apartarrayos con electrodos de descarga en serie (GAP) 6

1 OBJETIVO

Establecer las características técnicas, pruebas y condiciones de operación, que deben cumplir los apartarrayos de óxidos metálicos, tipo intemperie, con envolvente de hule silicón para líneas de transmisión de corriente alterna.

2 CAMPO DE APLICACIÓN

En líneas de transmisión con tensiones nominales de 161 kV a 400 kV.

3 REFERENCIAS

Para la correcta utilización de esta norma de referencia, es necesario consultar y aplicar las normas siguientes o las que las sustituyan:

NMX-H-004-SCFI-1996	Industria Siderúrgica - Recubrimiento de Zinc por el Proceso de Inmersión en Caliente para Sujetadores y Herrajes de Hierro y Acero - Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-J-321-ANCE-2005	Apartarrayos de Óxidos Metálicos sin Explosores, para Sistemas de Corriente Alterna – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NRF-001-CFE-2000	Empaque, Embalaje, Embarque, Transporte, Descarga, Recepción y Almacenamiento de Bienes Muebles Adquiridos por CFE.

4 DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma de referencia se establecen las definiciones descritas en la norma NMX-J-321-ANCE, además de las siguientes:

4.1 Anillo Equipotencial

Parte metálica generalmente de forma circular, colocada equidistante, en la parte superior del apartarrayos, la cual es utilizada para obtener un gradiente de potencial uniforme.

4.2 Apartarrayos de Óxidos Metálicos

Limitador de sobretensiones que consta de resistencias de óxidos metálicos de características no lineales conectadas en serie y/o paralelo, sin explosores integrados ya sea en serie o paralelo.

4.3 Capacidad de Absorción de Energía

Es la propiedad que tiene el apartarrayos para disipar la energía provocada por transitorios de origen interno y externo, sin que el apartarrayos sufra daño o deterioro.

4.4 Clase de Descarga de Línea

Está relacionada con la capacidad de absorción de energía que el apartarrayos soporta debido a los transitorios que se presentan en las líneas y está definida por un número que corresponde a la clase del apartarrayos.

4.5 Contadores de Descargas

Es un dispositivo que indica el número de operaciones sin que lo desconecte del sistema.

Los contadores de descargas operan ante impulsos de corriente, sobre un valor determinado de amplitud o sobre ciertas combinaciones de amplitud y duración de corriente. Si el intervalo entre descargas es muy corto (menor que 50 ms), es posible que los contadores de descargas no registren cada impulso de corriente.

Dependiendo del principio de operación y la sensibilidad del contador, éste puede proporcionar una indicación de las sobretensiones que aparecen en el sistema y deben proporcionar información del número de descargas, que corresponden a esfuerzos significativos de energía en el apartarrayos. El contador no proporciona información específica sobre la condición del apartarrayos.

Por razones de seguridad, el contador de descargas debe instalarse fuera del alcance del personal y dónde pueda tomarse fácilmente la lectura en la estructura con el apartarrayos en servicio y una distancia de seguridad. La instalación debe realizarse considerando una conexión del conductor a tierra lo más corta posible. El apartarrayos debe equiparse con una terminal de tierra aislada y un conductor entre el apartarrayos y el contador que también esté aislado de tierra.

4.6 Corriente Nominal de Descarga I_n

Valor cresta de un impulso de corriente por rayo, el cual se utiliza para clasificar un apartarrayos.

4.7 Dispositivo Desconectador

Dispositivo que permite desconectar un apartarrayos del sistema, en el caso de que falle, con el fin de evitar una falla permanente en el sistema y al mismo tiempo señalar de forma visible el apartarrayos fallado.

NOTA: La liberación de la corriente de falla a través del apartarrayos durante la desconexión del circuito, generalmente no es una función del dispositivo.

4.8 Distensor Mecánico

Es un dispositivo que permite al apartarrayos liberarlo de los esfuerzos mecánicos inducidos por el conductor. Diseño según fabricante.

4.9 Entrehierro (gap)

Espacio entre dos electrodos, cuya función es crear el arco eléctrico cuando ocurra un rompimiento del aire.

4.10 Envolvente y Faldones

4.10.1 Envolvente

Parte aislante externa de un apartarrayos que provee la distancia de fuga necesaria y protege del ambiente a las partes internas.

NOTA: Una envolvente puede consistir de varias partes que suministran rigidez mecánica y protección contra el ambiente.

4.10.2 Faldones

Parte aislante que se proyecta desde la envolvente para aumentar la distancia de fuga.

4.11 Impulso de Corriente de Frente Escarpado

Un impulso de corriente con un tiempo virtual de frente de 1μs con tolerancias en los valores medidos de la onda entre 0,9 μs y 1,1 μs. El tiempo virtual del valor medio en la cola no debe ser mayor de 20 μs.

4.12 Impulso de Corriente por Maniobra

Valor cresta de un impulso que tiene un tiempo virtual de frente entre 30 μs y 100 μs y el tiempo virtual del valor medio en la cola sea de aproximadamente el doble del tiempo virtual del frente.

4.13 Impulso de Corriente por Rayo

Impulso con forma de onda 8/20 μs con tolerancias en los valores medidos de la onda entre 7 μs y 9 μs para el tiempo virtual de frente y entre 18 μs y 22 μs para el tiempo al valor medio en la cola.

4.14 Sobretensión

Cualquier valor de tensión entre un conductor de fase y tierra o entre conductores de fase que tiene un valor pico que exceda la tensión máxima correspondiente del equipo.

NOTAS:

(1): Los valores de sobretensión expresados en (p.u.) deben ser referidos a $\sqrt{2}$ Umax / $\sqrt{3}$.

(2): Para cualquier configuración de aislamiento, una sobretensión es cualquier tensión a través de sus terminales, mayor que la tensión pico a frecuencia del sistema presente entre ellas, cuando todas las terminales de fase del equipo están energizadas con la tensión máxima del equipo.

4.15 Tensión de Operación Continua U_c

Valor especificado de la tensión eficaz a la frecuencia nominal que puede aplicarse al apartarrayos en forma continua.

4.16 Tensión Nominal U_r

Valor eficaz máximo de la tensión a frecuencia del sistema, admisible entre sus terminales, para la cual está previsto un funcionamiento correcto en condiciones de sobretensiones temporales.

4.17 Tensión Residual U_{res}

Valor cresta de tensión que aparece en las terminales de un apartarrayos durante el paso de la corriente de descarga.

4.18 Tipo de Apartarrayos

Define la forma de conectarse a la línea y estos pueden ser:

a) Conectados directa y permanentemente.

b) Conectados a través de un entrehierro (gap) en serie.

5 CLASIFICACIÓN DE LOS APARTARRAYOS

a) Por su forma de conectarse a la línea.

- conectados directa y permanentemente,
- con electrodos de descarga en serie.

b) Por su nivel de contaminación.

- media,
- alta,
- extra alta.

c) Por su clase de descarga de línea 2 y 3.

6 ESPECIFICACIONES

6.1 Características y Condiciones Generales

6.1.1 Corriente nominal de descarga

(8/20) μs: 10 kA

6.1.2 Características de materiales

6.1.2.1 Envolvente

El material de la cubierta aislante y faldones (envolvente) debe ser hule silicón y debe cumplir con lo indicado en el inciso 6.5 de esta norma (control de calidad).

El aislamiento debe tener una superficie lisa, homogénea y libre de defectos superficiales, y el color debe ser preferentemente gris claro.

6.1.2.2 Herrajes y partes metálicas

Los herrajes para sujeción, de conexión y las partes metálicas, deben ser de materiales resistentes a la corrosión por ambientes marinos e industriales, y pueden ser de aluminio, acero inoxidable o hierro galvanizado. El galvanizado debe cumplir con lo indicado en la norma NMX-H-004-SCFI, con un espesor mínimo de 85 μm.

El apartarrayos se debe suministrar con todos los herrajes y cables necesarios para su instalación en el lado línea y el lado tierra de una torre de transmisión, de acuerdo con las Características Particulares (Apéndice A).

Los herrajes principales de sujeción del apartarrayos deben soportar una carga mecánica mínima de 4 kN.

6.1.3 Niveles de contaminación

Nivel de contaminación (2)	Distancia mínima específica de fuga (mm / kV) (1)
Media	20
Alta	25
Extra alta	31

NOTAS:

(1) Relación de la distancia de fuga medida entre fase y tierra sobre los valores fase-fase de la tensión máxima del equipo.
(2) Para niveles de contaminación diferentes indicarlos en Características Particulares del Apéndice A.

6.1.4 Accesorios

6.1.4.1 Contador de descargas

Cuando así se indique en las Características Particulares del Apéndice A, los apartarrayos deben suministrarse con contador de descargas y los accesorios necesarios para su instalación, y deben tener una sensibilidad mínima de 500 A.

6.1.4.2 Anillos equipotenciales

Todos los apartarrayos del tipo permanentemente conectados para líneas de transmisión de 230 kV y mayores, deben incluir anillos equipotenciales. Para tensiones menores de 230 kV se debe indicar en las Características Particulares cuando así se requiera.

El tamaño y geometría de los anillos equipotenciales deben homogeneizar el campo eléctrico y atenuar el efecto corona en la vecindad de los herrajes, entre el conductor y la estructura.

6.1.5 Características electromecánicas

6.1.5.1 Apartarrayos conectados directa y permanentemente

Estos apartarrayos deben poseer un dispositivo que los desconecte automáticamente en caso de falla del apartarrayos, de tal forma que la línea se pueda reenergizar sin necesidad de retirar el apartarrayos dañado.

Deben cumplir con lo señalado en las tablas 1 y 2 de esta norma.

TABLA 1 - Características eléctricas de los apartarrayos conectados directa y permanentemente

Tensión nominal del sistema U_n	Tensión nominal del apartarrayos U_r	Tensión de operación continua U_c	Tensiones residuales máximas, kV cresta					
			Al impulso de corriente por maniobra, 30 / 60 μs		Al impulso de corriente de rayo con la corriente nominal de descarga del apartarrayos, 8 / 20 μs		Al impulso de corriente escarpado, con la corriente nominal de descarga del apartarrayos 1 / 20 μs	
kV (rmc)	kV (rmc)	kV (rmc)	Clase 2	Clase 3	Clase 2	Clase 3	Clase 2	Clase 3
161	120	98	295	-	365	-	410	-
	132	106	325	-	400	-	450	-
	144	115	355	-	440	-	495	-
230	180	144	440	415	550	505	615	570
	192	154	470	440	585	535	655	605
400	312	250	-	715	-	875	-	985
	336	269	-	770	-	940	-	1 060
	350	288	-	805	-	980	-	1 100

TABLA 2- Características eléctricas de los apartarrayos con electrodos de descarga en serie (gap)

Tensión nominal del sistema U_n; kV_{eficaz}	Conjunto apartarrayos – electrodos de descarga				Solo apartarrayos	
	Máxima tensión crítica de flameo al impulso de rayo kV_{cresta}		Mínima tensión crítica de flameo al impulso de maniobra kV_{cresta}		Clase de descarga de línea mínima (*)	Capacidad de C. C. mínima $kA_{simétricos}$ (+)
	≤ 1 500 m s.n.m.	> 1 500 m s.n.m.	0 a 1 500 m s.n.m.	> 1 500 m s.n.m.		
161	722	805	322	354	2	31,5
230	984	1 093	450	500	2 ó 3	31,5
400	1 218	1 353	771	857	3	50

***** **Referido a la norma NMX-J-321-ANCE.**

+ **Cuando el cortocircuito de la línea requiera de mayor capacidad de los apartarrayos, se debe indicar en las Características Particulares del Apéndice A.**

6.1.5.2 Apartarrayos con electrodos de descarga en serie (entre-hierro)

Los electrodos de descarga deben ser de aleación de aluminio y tener forma cilíndrica con un diámetro mínimo de 32 mm.

6.2 Condiciones de Operación

6.2.1 Temperatura y frecuencia

Deben operar satisfactoriamente bajo las siguientes condiciones de servicio:

- temperatura ambiente - 10 °C a + 40 °C,
- frecuencia 58 Hz a 62 Hz.

6.3 Condiciones de Protección Ambiental

Las condiciones de protección ambiental en la fabricación de los apartarrayos, herrajes y accesorios, deben ser atendidas directamente por cada fabricante y el producto no debe ser nocivo a la fauna.

6.4 Condiciones de Seguridad Industrial

Las condiciones de seguridad industrial en la fabricación de los apartarrayos, herrajes y accesorios, deben ser atendidas directamente por cada fabricante.

6.5 Control de Calidad

Los apartarrayos, herrajes, accesorios y electrodos, deben cumplir con las pruebas de prototipo, rutina y aceptación que deben ser las siguientes de acuerdo con la norma NMX-J-321-ANCE, lo anterior debe ser supervisado y aprobado por la CFE representada por el LAPEM o la persona física o moral que esta designe.

6.5.1 Pruebas de prototipo

6.5.1.1 Pruebas de aguante del aislamiento de la envolvente del apartarrayo

a) Prueba de tensión al impulso por rayo.

b) Prueba de tensión al impulso por maniobra.

c) Prueba de tensión a 60 Hz.

6.5.1.2 Prueba de tensión residual

a) Prueba de tensión residual al impulso de corriente de frente escarpado.

b) Prueba de tensión residual al impulso por rayo.

c) Prueba de tensión residual al impulso por maniobra.

6.5.1.3 Prueba de descargas parciales internas

6.5.1.4 Prueba de envejecimiento ambiental, serie B

6.5.1.5 Prueba de aguante al impulso de corriente de larga duración

6.5.1.6 Pruebas de ciclo de operación

a) Prueba de ciclo de operación a sobretensión por maniobra.

6.5.1.7 Característica tensión a 60 Hz-tiempo de los apartarrayos

6.5.1.8 Prueba de cortocircuito

Corrientes nominales de cortocircuito:

Para tensiones nominales del sistema de 161 kV a 230 kV,
Is = 31 500 A simétricos

Para tensiones nominales del sistemas de 400 kV,
Is = 50 000 A simétricos.

6.5.1.9 Prueba de los desconectadores/indicadores de falla del apartarrayos

a) Prueba de impulso de corriente de larga duración.

b) Prueba del ciclo de operación.

c) Operación del desconectador.

6.5.1.10 Prueba de ingreso de humedad

6.5.2 Pruebas de rutina

a) Medición de tensión de referencia.

b) Prueba de tensión residual.

c) Prueba de descargas parciales internas.

d) Prueba de hermeticidad.

6.5.3 Pruebas de aceptación

Las pruebas de aceptación deben realizarse al 100 % del lote de entrega.

a) Medición de tensión de referencia.

b) Prueba de descargas parciales internas.

c) Prueba de hermeticidad.

d) Verificación dimensional. La verificación de las dimensiones debe ser de acuerdo con el plano prototipo aprobado por CFE.

7 MARCADO

7.1 Marcado del Apartarrayos

Cada apartarrayos debe llevar una placa de acero inoxidable en forma legible e indeleble, con la información siguiente:

a) Tensión nominal (kV rcm).

b) Tensión de operación continua (kV rcm).

c) Corriente nominal de descarga (kA cresta).

d) Clase de descarga de línea.

e) Nombre o logotipo del fabricante.

f) Año de fabricación.

g) Número de serie o lote de fabricación.

h) Número de catálogo.

8 EMPAQUE Y EMBARQUE

Debe cumplir con lo establecido en la norma de referencia NRF-001-CFE; además de lo siguiente:

a) Los apartarrayos deben empacarse en cajas de madera con sus herrajes y accesorios, que garanticen la integridad del producto durante su entrega, estiba y almacenaje.

b) Si los herrajes y accesorios se empacan por separado, estos empaques deben ser en cajas de cartón que permitan una estiba mínima de 10 cajas.

c) Cuando el apartarrayos lo permita, se pueden empacar varias unidades en una caja de madera, siempre y cuando cada apartarrayos sea a su vez empacado individualmente y que la masa total de la caja no exceda a 100 kg.

d) En cada caja deben incluirse lista de su contenido y manual técnico en español donde se indiquen componentes que integran cada apartarrayos, su armado y su instalación.

e) Los apartarrayos deben almacenarse bajo techo, sin que el empaque de madera este en contacto directo con el piso.

f) Los apartarrayos deben conservarse en el almacén en su empaque de cartón individual y colocado en las cajas de madera, en las cuales se embarcaron.

g) Cada caja se debe marcar en forma visible con la siguiente información:

- la leyenda “apartarrayos para línea de transmisión”,
- número de unidades,
- tensión nominal (kV rcm),
- tensión de operación continua (kV rcm),
- corriente nominal de descarga (kA cresta),
- clase de descarga de línea,
- nombre o logotipo del fabricante,
- número de contrato,
- número de catálogo,
- destino y área,
- masa bruta (kg),
- volumen (m^3),
- país de origen,
- siglas CFE,
- instrucciones de manejo y almacenamiento,
- año de fabricación.

APÉNDICE A
(Normativo)

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

Cuando el cortocircuito de la línea requiera de mayor capacidad de los apartarrayos, se debe indicar en Características Particulares.

Para las Características Particulares que se tengan se debe llenar el formato siguiente:

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

- longitud del apartarrayos con accesorios y herrajes, _____mm
- tensión nominal del apartarrayos _____ kVrcm
- capacidad de C.C. mínima (simétrica) _____kA
- sección transversal del cable de la línea _____ mm^2
- conductores por fase _____
- clase _____
- nivel de contaminación _____

Esta información debe ser suministrada por el área compradora, a fin de que los licitantes suministren el apartarrayos con los herrajes, y características adecuadas para su instalación.

9 BIBLIOGRAFÍA

NOM-008-SCFI-2002	Sistema General de Unidades de Medida.
IEC 60060 PT-1-1989	High Voltage Test Techniques Part 1: General Definitions and Test Requirements.
IEC 60099-4-2001	Metal-oxide Surge Arresters Without Gaps for a.c. Systems.

10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma de referencia es “no equivalente” con respecto a la norma internacional IEC 60099-4 (2004-05) – Surge Arresters-Part 4: Metal-Oxide Surge Arresters without Gaps for a.c. Systems.

APÉNDICE B
(Informativo)

EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La evaluación de la conformidad de las normas de referencia se realiza mediante la aplicación del procedimiento CONORCFE-02, mientras no se cuente con el procedimiento específico de evaluación de la conformidad (PEC), los resultados de la evaluación son responsabilidad de la CFE a través de la Gerencia del LAPEM.

PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL DÍA 2 DE MARZO DEL 2007

Comisión Federal de Electricidad

AVISO

Aclaración a las normas de referencia NRF-004-CFE "APARTARRAYOS DE OXIDOS METALICOS" y NRF-045-CFE "APARTARRAYOS PARA LINEAS AEREAS DE TRANSMISION DE CORRIENTE ALTERNA DE 161 kV A 400 kV", cuya declaratoria de vigencia apareció publicada el 27 de diciembre de 2006 en el Diario Oficial de la Federación.

El Comité de Normalización de Comisión Federal de Electricidad, con fundamento en los artículos 70 y 46 en su fracción V del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se emite la presente aclaración bajo la responsabilidad del Comité de Normalización denominado "Comité de Normalización de Comisión Federal de Electricidad", lo que se hace del conocimiento de los productores, distribuidores, consumidores y del público en general.

En las Portadas

NRF-004

Dice: NORMA DE REFERENCIA NRF-004-CFE-2007

Debe decir: NORMA DE REFERENCIA NRF-004-CFE-2006

NRF-045

Dice: NORMA DE REFERENCIA NRF-045-CFE-2007

Debe decir: NORMA DE REFERENCIA NRF-045-CFE-2006

26 de febrero de 2007.

Secretario Técnico Suplente del Comité de Normalización de CFE

Ing. Pedro David Roldán Arreola

Rúbrica.

(R.- 244696)