

**C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS SACA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA GENERAL**

# **DIG**

## **00112-A1**

---

**Especificación Técnica General para**

**PARARRAYOS DE OXIDO METALICO (ZnO)  
SIN ESPACIOS**

**Tipo de subestación: 72,5 kV y 245 kV**

---

## **0. INTRODUCCIÓN**

Esta especificación ha sido aprobada por las autoridades competentes de la C.A. La Electricidad de Caracas (EDC) el 02 de Agosto de 1999 para la adquisición de pararrayos de óxido metálico, normalizados, para las redes de 69 kV y 230 kV.

Esta especificación puede ser revisada en todo momento. Toda modificación deberá ser aprobada por las autoridades mencionadas arriba.

## **00. DEFINICIONES, TERMINOS, EXPLICACION DE LOS PARAMETROS PRINCIPALES DE LOS PARARRAYOS**

Las definiciones y los términos utilizados en la normalización de los pararrayos (CEI y ANSI) resultan a veces difíciles de entender. En esta parte, EDC trata de iluminar el tema, discutiendo y aclarando los parámetros más importantes.

### **00.1 Definiciones**

A no ser que se especifique lo contrario, todo se refiere a sistemas normales de corriente alterna (15 Hz a 62 Hz)

1. **Tensión máxima del sistema ( $U_m$ );** es la tensión (r.m.s.) más elevada entre fases que pueda producirse en condiciones normales de operación en cualquier momento y en cualquier punto del sistema
2. **Tensión real continua de operación ( $U_{ca}$ );** es la tensión r.m.s. máxima que se aplica en forma continua (  $\geq 2$  horas ) entre los terminales del pararrayos.
3. **Tensión continua de operación ( $U_c$ );** a veces abreviada TCO (en inglés COV o MCOV, continuous operating voltage), es la tensión r.m.s. de diseño que puede aplicarse en forma continua entre los terminales del pararrayos. O sea que  $U_c \geq U_{ca}$  . La  $U_c$  del pararrayos puede ser menor que la suma de las  $U_c$  para sus bloques cuando la distribución de tensión a lo largo del pararrayos no es estrictamente uniforme
4. **Sobretensión temporaria (ST);** en inglés TOV, Temporary Over Voltage), diferenciada de las sobretensiones de impulso, es una sobretensión oscilante de duración relativamente larga, no amortiguada o poco amortiguada.

La frecuencia de las ST varían de unos pocos Hz a algunos cientos de Hz y su duración de algunos milisegundos hasta muchas horas (depende del tiempo de despeje de fallas, por ejemplo).

La forma más común de ST es la que aparece en las fases sanas de

un sistema durante una falla a tierra que implica una fase o dos fases con tierra. Otras causas de ST son la ferresonancia, las pérdidas de carga, etc.

5. **Tensión nominal ( $U_r$ )** según CEI significa que un pararrayos que cumple la norma CEI debe soportar su tensión nominal durante por lo menos 10 segundos después de haber sido precalentado a 60°C y además sujeto a una elevada inyección de energía tal como se define en las normas. Por lo tanto, la capacidad de ST durante 10 segundos, según CEI, debe ser por lo menos  $U_r$ . Esta tensión nominal se usa como parámetro de referencia.

6. **Factor del pararrayos para soportar sobretensiones temporarias ( $T_r$  o  $T_c$ )** es la ST del pararrayos expresada como múltiplo de  $U_r$  o  $U_c$  respectivamente.

7. **Impulso (de corriente o tensión)** es una onda unidireccional que sube rápidamente a un máximo y luego cae, no tan rápido, a cero. Su forma de onda se expresa con dos números,  $T_1$  y  $T_2$ .  $T_1$  se refiere al tiempo virtual del frente de onda y  $T_2$  al tiempo virtual hasta el descenso de la cola a la mitad; ambos se expresan en  $\mu s$ .

Algunos impulsos importantes de corriente se describen a continuación.

<u>Impulso</u>	<u>Forma de la onda (<math>T_1/T_2</math>)</u>	
Impulso abrupto de corriente	$T_1 = 1\mu s$	$T_2 < 20\mu$
Impulso de corriente de rayo	$T_1 = 8\mu s$	$T_2 = 20\mu s$
Impulso de corriente de maniobra	$T_1 \geq 30\mu s$	$T_2 \geq 60\mu s$
Impulso de alta corriente	$T_1 = 4\mu s$	$T_2 = 10\mu s$

Un impulso especial es el **impulso rectangular de corriente** que tiene forma de rectángulo. Una duración común es 2000  $\mu s$ .

8. **Valores característicos soportados por la aislación del equipo** es un término general para las tensiones soportadas por la aislación del equipo y comprende:

<u>Nivel soportado</u>	<u>Forma de onda de tensión</u>
------------------------	---------------------------------

---

Onda cortada (CWWL)	1,2/3
Impulso de rayo (LIWL)	1,2/50
Impulso de maniobra (SIWL)	250/2500
A frecuencia industrial	50 Hz o 60 Hz sinusoidal

9. **Tensión residual ( $U_{res}$ )** es la tensión que aparece en los terminales de un pararrayos después del pasaje de una corriente de descarga a su través. Depende de la magnitud así como de la forma de onda de la corriente de descarga y se expresa en valor de pico. Para amplitudes de corriente y formas de onda que difieren de la corriente nominal de descarga,  $U$  se expresa generalmente en por ciento de la tensión residual para la corriente nominal.
10. **Característica de protección del pararrayos** es la combinación de sus tensiones residuales para diferentes impulsos de corriente. para que la protección sea buena, la característica de protección del pararrayos debe estar por debajo de la característica soportada por el equipo en todos los puntos.
11. **Nivel de protección de impulso de rayo (LIPL)** del pararrayos es la tensión residual para la corriente de descarga nominal.
12. **Nivel de protección de impulso de maniobra (SIPL)** del pararrayos es la tensión residual para la corriente de descarga nominal.
13. **Relación de protección** es la relación entre el nivel soportado por la aislación del equipo protegido y el nivel de protección del pararrayos.
14. **Margen de protección** es la relación de protección menos uno, y se expresa en porcentaje. Como mínimo absoluto, el margen debe cubrir el aumento de la tensión debido a las conexiones entre el pararrayos y el equipo protegido, así como el aumento en la tensión residual debida a la amplitud de la descarga y al tiempo de frente de onda diferente de la corriente de descarga nominal del pararrayos.
15. **Corriente continua ( $I_c$ )** es la corriente que fluye por el pararrayos a  $U_c$ . Es una corriente capacitiva y se expresa en valor de pico.

- 
- 16. Corriente de referencia ( $I_{ref}$ )** es el valor de pico de la corriente resistiva a la frecuencia industrial a la cual se mide la tensión de referencia. Para el pararrayos normalizado según EDC, la corriente de referencia está entre los límites 0,4 a 10 mA pico.
- 17. Tensión de referencia ( $U_{ref}$ )** es el valor de pico dividido por  $\sqrt{2}$  de la tensión medida a través del pararrayos cuando pasa la corriente de referencia ( $I_{ref}$ ).
- 18. Corriente nominal de descarga ( $I_n$ )** es el valor de pico de la corriente de impulso 8/20  $\mu$ s utilizado para clasificar el pararrayos
- 19. Capacidad de energía de impulso único** es la máxima cantidad permitida de energía, expresada en kJ, que el pararrayos puede absorbe en un impulso único de duración específica.. Cuando se expresa en kJ/kV ( $U_r$ ) se denomina « Capacidad de energía de impulso único específica »
- 20. Factor de falla de tierra ( $K_e$ )** es la relación de tensiones en las fases sanas antes de y durante una falla a tierra. Si el neutro del sistema está directamente puesto a tierra, entonces  $K_e < 1,4$ , mientras que en un sistema puesto a tierra por resonancia o aislado se obtiene aproximadamente  $K_e \approx 1,73$ .
- 21. Capacidad de alivio de presión** es la capacidad del pararrayos, en caso de sobrecarga por cualquier motivo, de transportar la energía resultante de corto circuito a tierra sin que se produzca una explosión violenta que pueda causar daños a los equipos vecinos o al personal.. Luego del funcionamiento del dispositivo de alivio de presión, el pararrayos debe ser sustituido.
- La corriente de corto circuito puede ser elevada o reducida, según la impedancia del sistema y / o las condiciones de puesta a tierra. Por lo tanto la capacidad de alivio de presión se comprueba en sendos ensayos con corriente elevada y reducida.

## **CLARIFICACIÓN DE TÉRMINOS (PARTE DEL DOCUMENTO QUE NO SE ENVIARÁ A LOS OFERENTES, Y PERMANECERÁ EN LOS ARCHIVOS DE EDC)**

**Tensión nominal.** En general se denomina tensión nominal a la tensión que se puede aplicar en forma continua a un equipo. Sin embargo, no es el caso para los pararrayos. En este caso, la tensión nominal ( $U_r$ ) es una medida de la capacidad de sobretensión temporaria, ST. Según CEI.  $U_r$  es la capacidad mínima de ST durante 10 s en un ciclo de ensayo del ensayo de operación.

Como en el caso de los pararrayos de ZnO las pérdidas de energía aumentan con la temperatura para una tensión constante, la temperatura y la capacidad de ST están íntimamente ligadas, o sea que la capacidad ST es mayor si la temperatura inicial es baja y viceversa. La temperatura inicial se determina basándose en posibles sucesos que aumenten la temperatura durante el servicio debido a aportes previstos de energía. Para tomar esto en cuenta en los ensayos de ciclo de operación, se especifica el calentamiento del equipo ensayado a 60 °C, antes de someterlo a un ensayo con elevada corriente de impulso o a dos impulsos de corriente de larga duración seguidos de la tensión nominal durante 10 s, y después verificación de la estabilidad térmica bajo la tensión de operación continua durante 30 minutos. Se define cual de los esfuerzos de impulso se utiliza sobre la base de la clasificación del pararrayos con respecto a la clase de descarga de línea según CEI. Este procedimiento bastante complejo de ensayo muestra que, obviamente,  $U_r$  no es directamente medible en un pararrayos.

En el caso de ANSI, « Duty-Cycle Voltage Rating » (determinación de la tensión nominal por medio de un ciclo de funcionamiento) es el término más aproximado al  $U_r$  de CEI. Esta tensión, según ANSI, también se determina por medio de un ciclo de ensayos complejo y totalmente diferente del de CEI. El valor nominal del ciclo de ensayo es la tensión a la cual se excita el equipo, sin precalentamiento, durante el ensayo ANSI. Esta tensión se mantiene aproximadamente 20 minutos, durante los cuales se aplican 20 impulsos de la corriente de clasificación (p. ej. 10 kA, 8/20  $\mu$ s). Los criterios de aceptación

para esta determinación de tensión son vagos, puesto que no se requiere la verificación de la estabilidad térmica después del último impulso. Los bloques pueden alcanzar cualquier temperatura, con tal que no resulten dañados. Es obvio que la determinación ANSI del valor nominal del pararrayos no se puede medir directamente, y tampoco está relacionada con condiciones de servicio correspondientes a exigencias elevadas.

Aunque las definiciones difieran entre CEI y ANSI, en la práctica los valores nominales asignados por distintos fabricantes a pararrayos de características idénticas son muy similares, ya sea que hayan sido definidos según CEI o ANSI.. Esto se debe a que el valor nominal de tensión se usa como parámetro de referencia para otras características del pararrayos, que, en cualquier caso, se determinan por un conjunto de exigencias de los ensayos. Por lo tanto, una optimización de la tensión nominal daría, de acuerdo con las nuevas normas únicamente un nuevo valor nominal del pararrayos sin ningún cambio en las otras características, en valores absolutos. Por lo tanto, al seleccionar un pararrayos, es de la mayor importancia especificar los parámetros medibles, por ejemplo los niveles absolutos de protección requeridos por el sistema.

Desde el punto de vista de la calidad es importante disponer de un parámetro del pararrayos medible y directamente proporcional al valor nominal de tensión; de otro modo la tensión nominal no se puede determinar durante la producción por un ensayo de rutina.

**Tensión de referencia.** Esta tensión, designada por  $U_{ref}$  y definida por CEI es un valor medible en cualquier bloque de ZnO o unidad de un pararrayos. Es una tensión próxima al punto de inflexión del material ZnO, o sea el valor para el cual los bloques de ZnO comienzan a dejar pasar corriente resistiva. Según las definiciones de CEI la corriente resistiva para la tensión de referencia debe ser superior a la corriente capacitiva de pérdidas, para que puedan obtenerse medidas coherentes independientemente de la ubicación.

Se elimina así el efecto de capacidades con el medio que rodea al equipo. Cada fabricante debe luego determinar la relación entre la tensión de referencia y la tensión nominal para cada tipo de pararrayos. Se utiliza este valor como control de calidad tanto para



los ensayos de rutina como para la verificación de los ensayos de tipo. Para obtener el peor caso posible en todos los ensayos de tipo, los fabricantes deberán utilizar las tensiones de referencia medidas sobre las unidades ensayadas como tensión nominal para los otros ensayos.

La utilización de  $U_{ref}$  permite obtener un sustituto medible de la tensión nominal. Es de lamentar que ANSI no disponga aún de una definición similar.

**Tensión continua de operación.** El término « tensión continua de operación,  $U_c$  (en inglés continuous operating voltage, COV) es definido por la CEI, en forma general para los sistemas de C.A., como la tensión máxima que puede aplicarse en forma continua entre los terminales del pararrayos. El valor seleccionado de  $U$  debe ser por lo menos igual al de la tensión permanentemente aplicada en servicio. Cuando los pararrayos se conectan entre fase y tierra, será igual a la tensión máxima dividida por  $\sqrt{3}$ .

Cuando se comparan los valores COV de los pararrayos, no es siempre correcto asumir que un valor COV mayor que el requerido por la tensión del sistema signifique automáticamente mejor comportamiento del pararrayos. Esto se debe a que el valor COV designado puede variar entre distintos fabricantes, según como se tome en cuenta la influencia de los siguientes parámetros:

- Distribución no lineal de la tensión, especialmente cuando se trata de pararrayos largos
- Esfuerzos debidos a rayos y a maniobras
- Fenómenos de envejecimiento
- Comportamiento frente a la polución
- Sobretensiones temporarias, etc.

Por ejemplo, un mayor COV sin el correspondiente  $U_r$  no garantiza el performance ante la contaminación ni la capacidad de TOV.

Por lo tanto EDC debe especificar los valores de tensión continua de operación (COV) y de sobretensión temporaria (ST) y otros parámetros por separado sobre la base de los requisitos reales del sistema de potencia y elegir el pararrayos adecuado sobre esta base.

**Tensión máxima continua de operación** (en inglés « Maximum Continuous Operating Voltage, MCOV) es definido por ANSI. En las normas ANSI todos los valores nominales de los pararrayos se indican en una tabla, donde aparece el MCOV para cada valor nominal según el ciclo de funcionamiento. De esta manera hay una relación fija entre el MCOV y el ciclo de operación, sin tener en cuenta las aplicaciones reales. Luego el MCOV se utiliza como tensión de ensayo en todos los ensayos de tipo, de acuerdo con ANSI. No se toma en consideración la distribución no lineal de la tensión, de modo que los ensayos ANSI resultan menos severos (menos exigentes) que los ensayos correspondientes de la CEI. Además las ventajas de elegir una tensión nominal mayor para una aplicación específica no aparecen en ciertos ensayos tales como los ensayos de contaminación y las verificaciones de ST. Siempre que una elección es posible entre dos pararrayos para cierta aplicación, es obvio que todos los ensayos deben realizarse con la tensión de servicio máxima real para obtener una evaluación adecuada.

Una relación fija prescrita entre el MCOV y el valor nominal del pararrayos impedirá el uso de materiales mejorados con respecto a los actuales, con pérdidas menores por debajo del punto de inflexión. Tales pararrayos permitirá un diseño optimizado de sistemas con sobretensiones temporarias más bajas. Esto no es posible dentro de la normalización actual.

Los términos usados para definir los valores COV y MCOV en las normas son equivalentes. Sin embargo, mientras no existan en las normas ANSI procedimientos para tener en cuenta la distribución de tensión no uniforme, el valor MCOV debe considerarse válido solo en lo que se refiere a los elementos sometidos a ensayo de tipo, y no para el pararrayos completo.

**Energía nominal.** La capacidad energética de los pararrayos de ZnO depende de diversos parámetros tales como la duración de la descarga de energía, la amplitud de la corriente y el número de descargas. Las normas especifican ensayos de impulso de corriente de larga duración (CEI) y ensayos de corriente de descarga (ANSI) con impulsos rectangulares de duración 2-3,2 ms. La amplitud de la corriente puede variar entre 200 A y 1000 A y el número de impulsos

es 18 o 20. Las exigencias CEI son en general más severas que las de ANSI, dado que la energía en el impulso es mucho mayor. Los bloques de ZnO pueden, en general, resistir mucho mayor energía con corrientes bajas de larga duración (similar a los esfuerzos a frecuencia industrial) que con corrientes elevadas de corta duración (descarga de un condensador). Esto significa que números en kJ no tienen sentido si no se especifica el procedimiento de ensayo. Los únicos números importantes son los referentes a las clases de descarga de línea en las normas. Si se desea usar la energía nominal en las comparaciones, los fabricantes deben especificar sus definiciones. Esto significa también que los números proporcionados por diversos fabricantes son difíciles de comparar a no ser que se refieran a procedimientos de ensayo similares. Los números pueden estar presentados de distintas maneras, por ejemplo en kJ/MCOV o en kJ/kV nominal, lo cual da automáticamente una diferencia de 25 %, puesto que el valor nominal de tensión es aproximadamente 1,25 el valor MCOV.

---

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. PRINCIPIOS BASICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2. ALCANCE: PARARRAYOS NORMALIZADOS PARA EDC (72,5 KV Y 245 KV).....</b>	<b>14</b>
<b>3. CONDICIONES DE SERVICIO .....</b>	<b>15</b>
3.1 CONDICIONES DE SERVICIO NORMALES .....	15
3.2 CONDICIONES DE SERVICIO ANORMALES .....	15
<b>4. VALORES NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....</b>	<b>17</b>
<b>5. REQUISITOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION .....</b>	<b>21</b>
5.1 MICROESTRUCTURA .....	21
5.2 CALCULOS DE CAMPO ELECTRICO .....	21
5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE SELLADO - CAPACIDAD DE ALIVIO DE PRESION - DUCTOS DE VENTILACION .....	22
5.4 CONTADORES DE DESCARGAS.....	23
5.5 SUPERVISION DE LA CORRIENTE DE FUGA .....	24
5.6 CARCAZA.....	24
5.7 TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE .....	25
5.8 TERMINALES .....	25
<b>6. PLACA DE IDENTIFICACION .....</b>	<b>26</b>
<b>7. ENSAYOS.....</b>	<b>27</b>
7.1 ENSAYOS DE TIPO .....	27
7.2 ENSAYOS DE RUTINA .....	27
7.3 ENSAYOS DE ACEPTACION.....	28
<b>8. INFORMACION A SUMINISTRAR CON LA OFERTA.....</b>	<b>29</b>
<b>9. HOJAS DE DATOS DE PUNTOS TECNICOS PARTICULARES .....</b>	<b>30</b>

## **1. PRINCIPIOS BASICOS**

- 1.1 El continuo progreso de la tecnología de los pararrayos, combinado con el desarrollo constante de las operaciones de EDC en los últimos años, justifica una revisión total de las especificaciones técnicas anteriores.
- 1.2 Los objetivos principales de esta especificación son:
  - a) Asegurar, gracias a la Licitación Pública Internacional (LPI), oportunidades idénticas a todos los participantes. Se trata de las compañías y organizaciones que aplican las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) o del American National Standards Institute (ANSI), y de las que aplican normativas nacionales tales como VDE, NCF, etc. para la mayoría de sus programas de fabricación.
  - b) Definir los equipos más confiables que puedan integrarse en forma realista en el sistema actual y en el sistema futuro de energía eléctrica de EDC.
- 1.3 Las ofertas presentadas deben cumplir estrictamente todos los requisitos estipulados en esta especificación. Toda oferta que no cumpla este punto será rechazada.
- 1.4 Las propuestas alternativas (variantes) serán aceptadas, pero solo se considerarán en el caso que la propuesta básica correspondiente haya sido evaluada como la más conveniente.
- 1.5 Las ofertas utilizarán exclusivamente el sistema métrico decimal (SIU)
- 1.6 Solo podrán participar proveedores que hayan sido aceptados por EDC por precalificación.
- 1.7 El plazo de garantía exigido por EDC es de 5 años. Este plazo comienza el día de la puesta en servicio del pararrayos. Sin embargo se estipula que la puesta en servicio deberá producirse, como

máximo, a los seis (6) meses de la descarga del equipo en un puerto venezolano.

Durante el período de garantía, el proveedor mantendrá en vigencia una garantía incondicional de operación emitida por un banco venezolano de primera clase que cubra el 10 % del precio FOB (franco a bordo) del aislador. Los gastos ocasionados por esta garantía serán de cargo del Proveedor.

- 1.8 Para cada llamado a licitación, EDC preparará Especificaciones Técnicas Particulares. Todas las exigencias específicas de EDC en las especificaciones técnicas particulares estarán relacionadas por número con ciertos párrafos y sub-párrafos de este documento.

## **2. ALCANCE: PARARRAYOS NORMALIZADOS PARA EDC (72,5 KV Y 245 KV)**

- 2.1 Esta especificación cubre el diseño, fabricación, montaje, ensayos en fábrica, y transporte de pararrayos monofásicos de óxido de cinc tipo subestación, aptos para servicio pesado, adecuados para instalación al exterior, para ser en sistemas de 72,5 kV y 245 kV con el neutro a tierra.
- 2.2 Los pararrayos se instalarán en los extremos de líneas de transmisión de 69 kV y 230 kV en las subestaciones de EDC.
- 2.3 Esta especificación se refiere a pararrayos de óxido de cinc ( ZnO ) con los siguientes valores nominales:

Máxima tensión del equipo	Tensión nominal del Pararrayos	Corriente de descarga nominal	Clase de descarga de línea según CEI
kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kA	
72,5	66.0	20	4
245	210.0	20	4

- 2.4 La finalidad de esta especificación es servir de base a la evaluación adecuada y a la selección del equipo descrito con respecto a capacidades, intercambiabilidad y seguridad.

### **3. CONDICIONES DE SERVICIO**

Los pararrayos normalizados para EDC, y todos sus accesorios, serán adecuados para operar satisfactoriamente en las condiciones climáticas siguientes:

#### **3.1 CONDICIONES DE SERVICIO NORMALES**

##### **3.1.1 Altitud**

Hasta 2000 m sobre el nivel del mar.

##### **3.1.2 Humedad**

La humedad relativa para el diseño es 90% a 40 °C de temperatura ambiente.

#### **3.2 CONDICIONES DE SERVICIO ANORMALES**

##### **3.2.1 Temperatura ambiente**

Máxima	40 °C
Promedio diario sobre 24 horas	30 °C
Promedio anual	25 °C
Mínima,	0°C

##### **3.2.2 Grado de contaminación** 3

Distancia específica de descarga para aisladores, 25 mm/kV

##### **3.2.3 Condiciones de viento**

Los equipos suministrados de acuerdo con esta especificación podrán soportar esfuerzos mecánicos continuos correspondientes a una velocidad de viento de 150 km/h (1100 N/m<sup>2</sup>)

##### **3.2.4 Condiciones sísmicas**



Los equipos suministrados de acuerdo a esta especificación deberán poder soportar aceleraciones horizontales debidas a terremoto de por lo menos 0.5 g. Para el diseño, se tomará el 70% de dicho valor para la aceleración vertical del suelo.

## 4. VALORES NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tabla 4-I: Los valores nominales normalizados de los pararrayos serán los siguientes:

	DESIGNACION	UNIDAD	72.5 kV	245 kV
1)	Máxima tensión del equipo Highest voltage for equipment and for system	kVrms	72,5	245
2)	Frecuencia nominal Frequency	Hz	48-52	48-52
3)	Factor de tierra (sin tomar en cuenta efectos combinados tales como falla durante un rechazo de carga o tensión en el extremo de una línea larga Earth factor (without taking into consideration combined effects as fault during load rejection or voltage on the end of long lines		1,4	1,4
4)	Duración máxima de la falla a tierra Maximum duration of the earth fault	s	3	3
5)	Nivel de aislamiento del equipo a proteger (AC/LI) Insulation level of equipment to be protected (AC/LI)	kVrms/ kVpico	140/350	460/1050
6)	Corriente máxima de corto circuito del sistema en el lugar de instalación del pararrayos Maximum short circuit current of the system at the arrester location	kA	31.5/40	40/50
7)	Condiciones de servicio Service conditions	Ver Cláusula 3 de estas especificaciones		
8)	Exigencias para el pararrayos Arrester duty			
a)	Conexión a) Connection to the system		fase a tierra	fase a tierra

b1) Tipo de equipo protegido Transformadores directamente conectados a una línea.		si	si
b1) Type of equipment to be protected Transformers (directly connected to a line (neutral)			
b2) Tipo de equipo protegido Transformadores conectados a cables		si	si
b2) Transformers ( connected via cables )			
b3) Reactancias		si	si
b3) Reactors			
b4) Bancos de condensadores		si	si
b4) Capacitor banks			
b5) Cables subterráneos		si	si
b5) Underground cables			
b6) Subestaciones encapsuladas (SF6)		si	si
b6) Gas insulated substations (GIS)			
c) Longitud máxima del conductor entre el pararrayos y el equipo protegido (distancia de protección)	m	6	6
c) Maximum length of high voltage conductor between arresters and equipment to be protected (protection distance)			
d) Color de la porcelana		castaño	castaño
d) Porcelain colour			
9) Características del pararrayos			
Characteristics of arrester			
a) Tensión nominal ( $U_r$ )	kVrms	66,0	210
a) Rated voltage ( $U_r$ )			
b) Tensión máxima continua de operación, a tierra (COV)	kVrms	53,0	156
b) Max. continuous operating voltage (COV) to earth			

### c) Sobretensión temporaria

mínima, después de operación del  
pararrayos a su capacidad  
energética (TOV)

c) Min. temporary over-voltage capability  
(TOV), with prior duty equal to arrester energy  
capability

1 s	kVrms	77	244
10 s	kVrms	73	231

d) Capacidad de alivio de presión

kArms	40	50
-------	----	----

d) Pressure relief capability

e) Clase de descarga de línea  
(según CEI)

4	4
---	---

e) Line discharge class as per IEC

f) Corriente de descarga nominal  
(según CEI)

kA	20	20
----	----	----

f) Nominal discharge current as per IEC

g) Corriente de impulso 4/10  $\mu$ s

kA	100	100
----	-----	-----

g) High current impulse withstand 4/10  $\mu$ s

h) Tensión residual máxima 8/20  $\mu$ s

h) Max. residual voltage 8/20  $\mu$ s

2 kA	kVpico	N/A	N/A
------	--------	-----	-----

5 kA	kVpico	144	457
------	--------	-----	-----

10 kA	kVpico	152	483
-------	--------	-----	-----

20 kA	kVpico	166	528
-------	--------	-----	-----

i) Tensión residual máxima, 30/60  
 $\mu$ s

i) Maximum residual voltage, 30/60  $\mu$ s

1 kA	kVpico	129	409
------	--------	-----	-----

3 kA	kVpico	136	433
------	--------	-----	-----

j) Clase de distancia de descarga  
superficial según CEI

3	3
---	---

j) Creepage distance class as per IEC

k) Momento de fractura mínimo

kNm	2,5	6
-----	-----	---

## según DIN 48113

k) Minimum fracture moment acc. to DIN 48113

### 10) Equipo adicional y accesorios

Additional equipment and fittings :

a) Pararrayos en recinto metálico

no

no

a) Metal enclosed arrester

b) Tipo de montaje

pedestal

pedestal

b) Type of mounting

c) Contador de descargas y base aislada

no/no

si/si

c) Surge counters and insulated base

d) Orientación de montaje

vertical  
(pedest.)

vertical  
(pedest.)

d) Mounting orientation

e) Base aislada /desconectador de carga de tierra

no/no

no/no

e) Insulated base /earth load disconn.

f) Sección de la conexión a tierra (cobre)

mm<sup>2</sup>

95-120

95-120

f) Cross section of copper conn.lead

### 11) Condiciones anormales especiales

Special abnormal conditions :

a) Operación muy frecuente

no

no

a) Very frequent operation

b) Radiación UV intensa

si

si

b) Intensive U.V. radiation

c) Condiciones de transporte en caminos no pavimentados

c) Transportation-handling ( design values-shocks on unpaved road)

c1) aceleración vertical promedio

g

0.7

0.7

c1) Vertical acceleration

c2) aceleración horizontal debida a sacudidas

g

7

7

a sacudidas

c2) Horizontal acceleration

## **5. REQUISITOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION**

### **5.1 MICROESTRUCTURA**

El material constitutivo será una cerámica obtenida mezclando ZnO con pequeñas cantidades de aditivos tales como BiO<sub>3</sub>, CoO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO y Sb<sub>2</sub> O, Esta mezcla se granula, se seca, se comprime en discos y se hornea.

Los granos de ZnO (aproximadamente 10 µm de diámetro) tendrán baja resistividad y estarán rodeados por granos mayores de óxido de alta resistividad (0,1 µm) del espesor.

### **5.2 CALCULOS DE CAMPO ELECTRICO**

Como la distribución de la tensión determina los esfuerzos eléctricos sobre los bloques de óxido de cinc, influye sobre las pérdidas de energía y la estabilidad térmica y a su vez recibe la influencia de los pararrayos vecinos, el fabricante presentará los cálculos del campo eléctrico para determinar la influencia de los pararrayos adyacentes en una instalación trifásica típica de 72,5 kV y 245 kV (distancias típicas entre ejes de las fases 3,3 m para 245 kV y 1,75 m para 72,5 kV).

El proceso de selección y posicionado de los anillos de graduación para 245 kV debe realizarse por medio de cálculos del campo eléctrico monofásico bidimensionales y simétricos con respecto al eje. Los resultados de los cálculos serán presentados a EDC (ver Fig. 5.2.1 en la página siguiente)

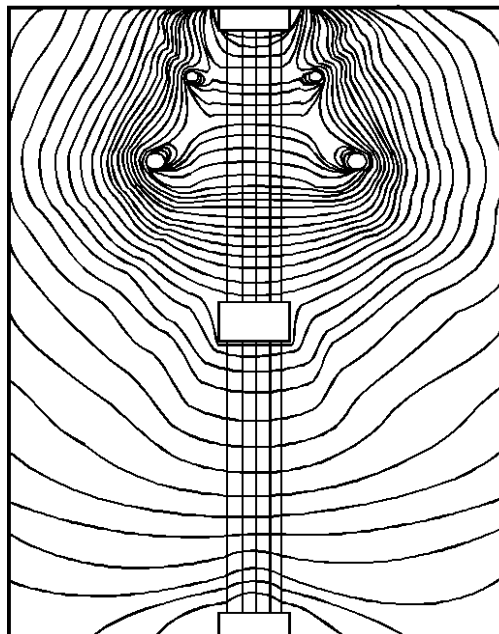


Fig. 5.2.-1 Cálculo del campo eléctrico monofásico

### 5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE SELLADO - CAPACIDAD DE ALIVIO DE PRESION - DUCTOS DE VENTILACION

5.3.1 El pararrayos de ZnO estará formado por 1 a 4 unidades herméticamente selladas, conteniendo cada una columna de bloques de ZnO. El sistema de sellado, en el extremo de cada pararrayos consistirá de una placa de acero inoxidable, (Ver Fig. 5.3-1).pre-tensionada y una junta de goma redonda (en forma de O). En su posición normal las placas de sellado ejercerán una presión continua sobre la junta de goma, apretándola contra la superficie del aislador y manteniendo la hermeticidad aún si la junta cede por envejecimiento.

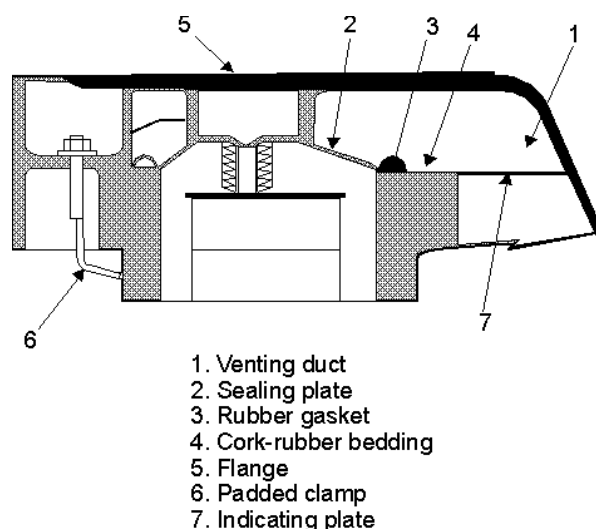


Fig.5.3-1 Uno de los sistemas de alivio de presión que puede usarse

5.3.2 El sistema de sellado actuará también como sistema de alivio de presión. (Si el pararrayos sufre un exceso de presión por cualquier causa la placa de sellado abre y el gas ionizado se escapa por los ductos de ventilación).

5.3.3 El pararrayos, en caso de sobrecarga por cualquier razón deberá poder evacuar la corriente de corto circuito especificada en la Tabla 4, punto 4-9 d) sin que se produzca una explosión que pueda dañar el equipo vecino o herir al personal.

5.3.4 Los ductos de ventilación estarán dirigidos uno hacia el otro, de modo que los chorros de gas se encuentren y sean dirigidos hacia arriba.

## 5.4 CONTADORES DE DESCARGAS

5.4.1 Los pararrayos de 245 kV estarán equipados de un contador de descargas, formado por elementos estáticos, con la única excepción del indicador.



5.4.2 El contador de descargas deberá poder soportar corriente de corto circuito de 40 kA.

5.4.3 El contador debe ser visible desde el exterior.

5.4.4 El contador será a prueba de intemperie y deberá ser posible desmontarlo sin desconectar el pararrayos.

## 5.5 SUPERVISION DE LA CORRIENTE DE FUGA

El fabricante deberá prever la medida de la corriente de descarga. Un equipo especial se suministrará con cada lote de 100 o más unidades. Este equipo debe medir únicamente la componente resistiva de la corriente continua de pérdida por el pararrayos. (Ver Fig. 5.5-1).

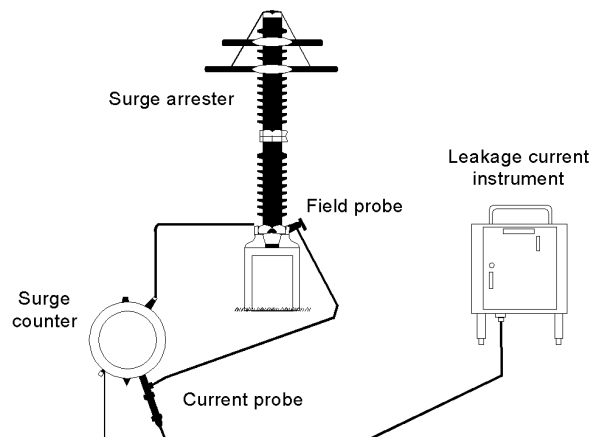


Fig. 5.5-1 Diseño posible del dispositivo de medida de corriente de pérdida

## 5.6 CARCAZA

La carcasa del pararrayos estará herméticamente sellado y consistirá de un aislador, de preferencia en una sola pieza, de porcelana endurecida y vitrificada, de color castaño.

## **5.7 TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE**

Todas las piezas de acero o hierro forjado serán revestidas de cinc por baño caliente, previamente a la pintura eventual. Partes de otros materiales serán tratadas para evitar la corrosión

## **5.8 TERMINALES**

El tipo y características de los terminales de línea y de tierra serán definidos de mutuo acuerdo entre el fabricante y EDC.

## **6. PLACA DE IDENTIFICACION**

Cada pararrayos tendrá su propio número de serie (serial) y deberán estar provistos con una placa principal de valores nominales localizada en la parte baja del pararrayos junto con un aplaca de nombre.

La placa de identificación, de acuerdo con las norma CEI, contendrá los parámetros más importantes del pararrayos:

- Nombre del fabricante, dirección, teléfono y fax
- Tipo y año de fabricación
- Año de fabricación.
- Clase
- Tensión continua de operación ( $U_c$ )
- Corriente (kA) correspondiente al alivio de presión.

La placa de nombre deberá indicar claramente:

- El nombre completo o marca registrada del fabricante, dirección, números de teléfono y fax.

Los pararrayos con elementos múltiples, tendrán, además de la placa de identificación otra placa indicando su posición en la columna.

Las placas serán de acero inoxidable, grabadas con rayo láser.

## **7. ENSAYOS**

### **7.1 ENSAYOS DE TIPO**

Se llevarán a cabo los ensayos de tipo siguientes, de acuerdo con las normas correspondientes:

7.1.1 Ensayos de tenuta de aislamiento

7.1.2 Ensayos de tensión residual

7.1.3 Ensayos de impulso de corriente soportada de larga duración

7.1.4 Ensayos de ciclo de operaciones

7.1.5 Ensayos de alivio de presión

7.1.6 Ensayos de los desconectores de los pararrayos

7.1.7 Ensayo de contaminación artificial

Dichos ensayos pueden omitirse si se presenta un certificado de ensayo completo de un pararrayos idéntico.

### **7.2 ENSAYOS DE RUTINA**

Se llevarán a cabo los siguientes ensayos de rutina, de acuerdo con las normas correspondientes:

7.2.1 Medida de la tensión de referencia ( $U_{ref}$ ). Los valores medidos deberán estar dentro de los límites especificados por el fabricante.

7.2.3 Ensayo de tensión residual

7.2.4 La ausencia de descargas parciales y el ruido de los contactos serán controlados por un método suficientemente sensible propuesto por el fabricante.

7.2. La hermeticidad será controlada por un método suficientemente sensible propuesto por el fabricante.

### 7.3 ENSAYOS DE ACEPTACION

#### 7.3.1 Ensayos normalizados de aceptación:

Cuando el fabricante especifique ensayos de aceptación en el contrato, se realizarán los siguientes ensayos sobre una cantidad de pararrayos igual al número entero más próximo a la raíz cúbica de los pararrayos del lote:

- a) Medida de la tensión a frecuencia industrial (tensión aplicada) sobre el pararrayos completo para la corriente de referencia medida en el terminal de tierra inferior del pararrayos.
- b) Medida de la tensión residual de impulso sobre el pararrayos completo, para la corriente nominal de descarga si es posible, o para un valor de corriente elegido de acuerdo con las normas CEI. (0,01 a 0,25 de corriente de descarga nominal)

Cualquier modificación de la cantidad de pararrayos ensayados o del tipo de ensayos deberá ser decidida por acuerdo mutuo entre el fabricante y EDC.

#### 7.3.2 Ensayo especial de estabilidad térmica

El siguiente ensayo requiere un acuerdo adicional entre el fabricante y EDC, antes del comienzo de la fabricación de los pararrayos.

El ensayo debe realizarse sobre tres secciones de ensayo totalmente diferentes consistentes en resistencias de óxido metálico elegidas de la producción en curso y de las mismas dimensiones y características de las de los pararrayos suministrados.

## **8. INFORMACION A SUMINISTRAR CON LA OFERTA**

La siguiente información debe ser entregada con la oferta:

- 8.1 Dibujos indicando las dimensiones del pararrayos y la ubicación de los accesorios
- 8.2 Dibujos de los terminales de línea
- 8.3 Dibujos de los terminales de tierra
- 8.4 Plano de los tornillos de fijación de la base
- 8.5 Folletos de información sobre el contador de descargas
- 8.6 Folletos de información sobre el dispositivo para medir la corriente de descarga
- 8.7 Certificados de ensayos de tipo de acuerdo con la cláusula 7.1

## **9. HOJAS DE DATOS DE PUNTOS TECNICOS PARTICULARES**

La información siguiente será suministrada con la oferta para cada tipo de pararrayos:

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	72,5 KV	245 KV
1)	Tensión máxima del equipo ( $U_m$ ) Max. system voltage	kVrms		
2)	Frecuencia nominal Frequency	Hz		
3)	Tensión real continua de operación ( $U_{ca}$ ) Applied Standard	kVrms		
4)	Tensión continua de operación ( $U_c$ ) Rated Voltage	kVrms		
5)	Máxima tensión continua de operación Max. Cont. Operating voltage (COV )			
6)	Sobretensión temporaria (ST) mínima Min. Temporary Overvoltage Capability ( TOV )			
	1 s	kVrms		
	10 s	kVrms		
7)	Capacidad de alivio de presión Pressure relief capability	kArms		
8)	Clase de descarga de línea (CEI) Line discharge class as per IEC			
9)	Corriente de descarga nominal (CEI) Nominal discharge current as per IEC	kA		
10)	Corriente de impulso 4/10 $\mu$ s High current impulse withstand, 4/10 $\mu$ s	kA		
11)	Tensión residual máxima 8/20 $\mu$ s Max. residual voltage, 8/ 20 $\mu$ s			
	2,5 kA	kVpico		
	5 kA	kVpico		
	10 kA	kVpico		
	20 kA	kVpico		
12)	Tensión residual máxima, 30/60 $\mu$ s Max. residual voltage, 30/60 $\mu$ s			
	500 A	kVpico		
	1000 A	kVpico		

13)	Clase de distancia de descarga superficial según CEI Creepage distance class as per IEC			
14)	Momento mínimo de fractura según DIN 48113 Minimum fracture moment acc. to DIN 48113	kNm		
15)	Tipo de montaje Type of mounting			
16)	Base aislada/Contador de descargas Insulated base/surge counter			