

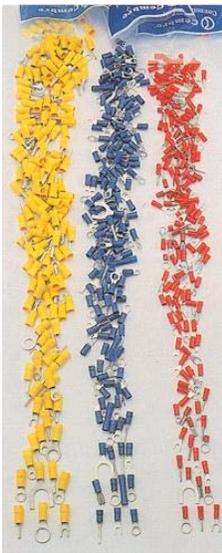


# CAPITULO 4



## REPRESENTACION EXCLUSIVA

### TERMINALES AISLADOS Y DESNUDOS



TERMINALES PREAISLADOS PARA BAJA TENSION DE:

PUNTA

PUNTA PLANA

REDONDOS

HORQUILLA

CONECTORES

TERMINALES DESNUDOS



TERMINALES PARA MEDIA TENSION:

AISLADOS O DESNUDOS

EMPALMES

CONECTORES TIPO C

TERMINALES BIMETALICOS

Solicite su catálogo de herramientas para encrimado y terminales

**CEMBRE**

## CONTENIDO CAPITULO 4

### *Protección contra descargas atmosféricas*

El rayo	Capítulo 4 Sección 1 - 1
Características principales del rayo:	Capítulo 4 Sección 1 - 1
El voltaje	Capítulo 4 Sección 1 - 1
La corriente	Capítulo 4 Sección 1 - 1
Descargas múltiples	Capítulo 4 Sección 1 - 1
Sistema de protección contra rayos	Capítulo 4 Sección 1 - 2
Captación del rayo	Capítulo 4 Sección 1 - 2
Punta franklin	Capítulo 4 Sección 1 - 2
Tendido	Capítulo 4 Sección 1 - 3
Jaula de Faraday	Capítulo 4 Sección 1 - 3
Sistema de cebado	Capítulo 4 Sección 1 - 3
Conducción del Rayo	Capítulo 4 Sección 1 - 4
Trayectoria de conductores de bajada	Capítulo 4 Sección 1 - 4
Materiales de conductores de bajada	Capítulo 4 Sección 1 - 5
Sistema de puesta a tierra	Capítulo 4 Sección 1 - 5
Electrodos de varilla	Capítulo 4 Sección 1 - 5
Electrodos de placa	Capítulo 4 Sección 1 - 6
Caja de registro	Capítulo 4 Sección 1 - 6
El Diseño	Capítulo 4 Sección 1 - 6
Protección de los equipos	Capítulo 4 Sección 1 - 6
Protección de la entrada de servicio	Capítulo 4 Sección 1 - 6
Niveles de Protección	Capítulo 4 Sección 1 - 7
NIVEL I	Capítulo 4 Sección 1 - 7
NIVEL II	Capítulo 4 Sección 1 - 7
NIVEL III	Capítulo 4 Sección 1 - 7
Protección contra descargas atmosféricas	Capítulo 4 Sección 1 - 7
Estudio previo para determinar la protección	Capítulo 4 Sección 1 - 7
Establecimiento del área y altura del edificio que se va a proteger.	Capítulo 4 Sección 1 - 7
Ubicación del pararrayos.	Capítulo 4 Sección 1 - 7
Trazar en el plano los radios de protección del pararrayo	Capítulo 4 Sección 1 - 7
Equipotencialidad de las masas metálicas.	Capítulo 4 Sección 1 - 7

### *Componentes de un sistema de protección contra descargas atmosféricas*

Componentes de un sistema de protección contra descargas atmosféricas	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Terminal aéreo (punta franklin)	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Soporte del terminal aéreo.	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Empalmes.	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Conductor o cable derivador (bajante).	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Soporte para conductor o cable derivador (bajante).	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Caja de medición de puesta a tierra.	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Terminal de tierra (barra de tierra)	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Conductor de lazo (anillo)	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Caja de registro de puesta a tierra.	Capítulo 4 Sección 2 - 1
Zona de protección	Capítulo 4 Sección 2 - 2
Pararrayos punta franklin simple	Capítulo 4 Sección 2 - 2
Pararrayos punta franklin multiple	Capítulo 4 Sección 2 - 2
Adaptador para cabezal y mástil.	Capítulo 4 Sección 2 - 2

## CONTENIDO CAPITULO 4

<b>Mástil.</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 2</b>
<b>Conductor bajante.</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 2</b>
<b>Caja de medición de puesta a tierra.</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 3</b>
<b>Tubo de protección</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 3</b>
<b>Caja de registro</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 4</b>
<b>Electrodos de puesta a tierra.</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 4</b>
<b>Barras copperweld</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 4</b>
<b>Barras químicas</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 4</b>
<b>Placas</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 4</b>
<b>Barras equipotenciales</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 4</b>
<b>Soporte para el conductor bajante.</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 4</b>
<b>Conector para barras copperweld.</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 4</b>
<b>Recomendaciones de seguridad.</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 5</b>
<b>Sistema decantación</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 5</b>
<b>Conductores de bajada</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 5</b>
<b>Sistema de puesta a tierra</b>	<b>Capítulo 4 Sección 2 - 5</b>

# PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

## EL RAYO

El rayo es una chispa eléctrica producida mediante una nube cargada de electricidad y la tierra, también entre dos nubes con cargas de diferente signo. Cuando las diferencias de tensión entre ellas crea gradientes que el aire existente entre ellas no es capaz de soportar, se generan así dos tipos de rayos:

- ❑ Los que se provocan entre nubes y la tierra.
- ❑ Los que se inducen entre las mismas nubes.

El caso que nos ocupa es el primer tipo por lo que nos entraremos en esta clase de rayos. El fenómeno del rayo se fundamenta en una transmisión rápida de carga entre la atmósfera y la tierra. Este intercambio de carga tiene lugar a través del dieléctrico del aire mediante una descarga disruptiva que transporta una cantidad de carga tendente a neutralizar la existente en la nube.

Los rayos son señales eléctricas de alta frecuencia, gran potencial y alta corriente, por ello son causa de interferencia en sistemas electrónicos. Son de alta frecuencia por la elevada razón de cambio de la señal, de aproximadamente 1 us. Por ello, para dirigir a tierra las descargas atmosféricas se utilizan las técnicas para señales en altas frecuencias.

Existen trece tipos de nubes que diferencian básicamente los meteorólogos, en donde la del tipo cúmulo-nimbus es el único que se carga de electricidad.

Este se forma a partir de grandes bancos de cúmulos por efectos de vientos verticales que los elevan a considerable altura, unos doce mil metros en climas templados y hasta dieciocho mil en tropicales, donde al perder la eficiencia del mecanismo generador del viento, se detienen.

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL RAYO:

**El voltaje:** El campo eléctrico debajo de una nube de tormenta es generalmente considerado entre 10.000 y 30.000 V/m. Y una nube de tormenta promedio podría contener unos 140 MWh de energía con voltajes hasta de 100 MV. En un principio el voltaje asociado al rayo, empieza con cientos de millones de voltios entre nube y tierra. Pero cuando la descarga se aproxima a la tierra, la neutralización de cargas reduce el voltaje.

**La corriente:** Con una carga en movimiento intranube de unos 40 Coulombs. Esta energía es la que se disipa mediante los rayos, con corrientes pico que van de unos cuantos kiloamperes a unos 200 kA con un percentil (50) de 20 kA. Las descargas atmosféricas pueden causar grandes diferencias de potencial en sistemas eléctricos

distribuidos fuera de edificios o de estructuras protegidas. A consecuencia de ello, pueden circular grandes corrientes en las canalizaciones metálicas, y entre conductores que conectan dos zonas aisladas. La corriente máxima en el pico de rayo promedio es del orden de los 20.000 a 30.000 Amperios. En el 5% de los rayos, dicho parámetro supera los 150.000 Amperios.

**Descargas Múltiples:** Son varias descargas individuales que siguen el mismo camino establecido por la primera descarga desde la nube a tierra. Casi el 50% de las descargas atmosféricas visibles son múltiples, y contiene entre 2 a 42 descargas de rápida sucesión.

Algunas particularidades aumentan la probabilidad de la caída de rayos en un lugar. Por ejemplo, la frecuencia de descargas en un lugar es proporcional al cuadrado de la altura sobre el terreno circundante. Esto hace que las estructuras aisladas sean particularmente vulnerables. Además, las puntas agudas incrementan también la probabilidad de una descarga.

Las características climáticas y montañosas de cada país determina el número y la intensidad de las tormentas que se producen, riesgo que varía dentro de un mismo país. El conocimiento de las zonas de riesgo es una información importante para determinar eficazmente el tipo de protección contra el rayo más adecuado.

Los efectos de un rayo pueden ser ocasionados por un impacto directo o por causas indirectas. También pueden alcanzar las instalaciones interiores de fábricas, hogares, comercios, industrias, etc., a través de las líneas de conexión del suministro de energía eléctrica, por las líneas de conexión de teléfonos, fax, modems, televisión por cable y también a través de la estructura metálica de los edificios, por contacto directo o por inducción, por las raíces de los árboles. Por tal motivo, se hace necesario que los equipos estén protegidos frente a todas estas posibilidades.

Mientras que un impacto directo puede tener consecuencias catastróficas para las personas, edificaciones y animales; los daños por causas indirectas suelen ser más numerosos, acompañados de cuantiosas pérdidas económicas. Se entiende como causas indirectas como la caída de rayos en las inmediaciones o sobre los tendidos aéreos o las inducciones electromagnéticas en estos conductores. No existe método alguno para evitar la formación de descargas atmosféricas o rayos.

El propósito entonces es tratar de protegerse contra los rayos, controlando el paso de la corriente de las

descargas eléctricas, y así prevenir lesiones a las personas o cosas.

Lo primero que se debe hacer es interceptar la trayectoria del rayo y conducirlo a lo largo de un conductor de baja resistencia, con el fin de que no se recaliente y así mismo tampoco se produzcan elevados voltajes durante la descarga. Para tal fin, la instalación para protección contra rayos se debe iniciar con la colocación de un terminal aéreo de captación, un adecuado bajante a tierra y un sistema de electrodos de puesta a tierra.

### SISTEMA DE PROTECCION CONTRA RAYOS

La decisión de dotar a una estructura de un adecuado sistema de protección contra rayos depende de factores como la probabilidad de caídas de rayos en la zona, su gravedad y sus secuelas para personas, maquinarias u operatividad en empresas.

Para realizar una correcta protección debemos dotar a nuestra estructura o edificaciones de dos sistemas de protección:

- Protección externa contra impactos directos de rayo (pararrayos, tendido o jaula de Faraday)
- Protección interna contra sobretensiones provocadas por la caída del rayo en cualquier tendido de cable (limitadores de tensión).

Tanto el sistema de protección externo como el interno estarán apoyados por un buen sistema de toma de tierra, para la evacuación de las corrientes del rayo, así como una adecuada equipotencialidad entre todos los sistemas de tierra, tanto de los sistemas de protección como de los circuitos eléctricos y telefónicos del espacio a proteger.

La protección de estructuras es más tolerante que una protección electrónica. Así, un edificio puede tolerar hasta 100,000 V mientras que componentes electrónicos a 24 V se dañarán con voltajes sostenidos de 48 voltios. En la determinación precisa del comportamiento intervienen factores como "distancia de influencia de la superficie" sobre el punto de incidencia y el "perímetro derivado de la velocidad" con lo que se completa el "volumen de captación" del punto de incidencia.

La descarga siempre finalizará en la tierra por cuya razón una determinada estructura siempre interceptará los "conductores bajantes" que ingresen al volumen de captación. Un estudio efectuado de manera rigurosa determinará el número de terminales aéreos que deben ser empleados, su colocación física y el grado de protección logrado.

Entre las estructuras en las que es necesaria la instalación de un sistema de protección contra rayo podemos citar: Edificios o zonas abiertas con concurrencia de público, depósitos de materias peligrosas, edificios del patrimonio cultural, etc.

Los sistemas de protección contra rayos están conformados a su vez por los siguientes elementos o sistemas sin limitarse a ellos:

- Elemento de captación del rayo
- Conducción del rayo
- Elementos de protección contra sobretensión o picos
- Sistema de puesta a tierra

### Captación del Rayo

La captación del rayo se realiza a través de la colocación de un terminal aéreo donde se debe tener claridad en conceptos como: cono o ángulo de protección, jaula de Faraday, modelos electrogeométricos, modelos físicos de campos eléctricos y el factor de intensificación de campo eléctrico, tensión de ruptura del dieléctrico (aire), y las características del conductor de descarga. Es necesario hacer hincapié en la necesidad de que se obtenga la protección deseada al menor costo posible.

Los siguientes son los sistemas en la actualidad más comunes para la protección externa contra el rayo:

- PUNTA FRANKLIN:** Su misión es provocar la excitación atmosférica por encima de cualquier otro punto de la estructura a proteger, para aumentar la probabilidad que la descarga incida en su zona de influencia, y derivar a tierra la corriente del rayo. Una instalación típica comprende:
  - ✓ Una varilla captadora, junto con su mástil.
  - ✓ Uno o dos bajantes.
  - ✓ Un desconectador por bajante para la comprobación de la resistencia de la estructura.
  - ✓ Un elemento protector contra golpes (Tubería) en los dos últimos metros del bajante conductor.
  - ✓ Una toma de puesta a tierra (Electrodos) por cada bajante.
  - ✓ Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.



Figura 1  
PUNTA FRANKLIN

Según la norma COVENIN 599-73-2114 establece que la altura de las puntas pararrayos será tal que la extremidad no estará menos de 25 cms por encima del objeto que se protege.

En el momento que el rayo se acerca al suelo, se crea una descarga sobre cualquier estructura elevada. En el

caso de un sistema pasivo de protección, como puede ser una punta Franklin, solo captan las descargas que pueda recibir la estructura protegida, por carecer de un dispositivo de captación del rayo.

Las puntas franklin del sistema de pararrayos deben cumplir con la normativa NFPA.780 3-8-1. Donde se establece que la separación entre "Puntas Franklin" debe ser hasta 6 mts.

❑ **TENDIDO:** Esta protección esta conformada por uno o múltiples conductores aéreos situados sobre la estructura a proteger. Los conductores se deberán unir a tierra mediante bajantes en cada uno de sus extremos. El área protegida vendrá dada por el área formada por el conjunto de conductores aéreos. Una instalación típica comprende:

- ✓ Una bajante en cada extremo de los conductores.
- ✓ Una toma de puesta a tierra (Electrodos) por cada bajante.
- ✓ Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

En la figura 2 se observa como el conductor cuelga encima de la estructura a proteger.

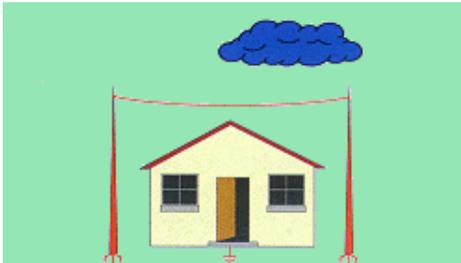


Figura 2  
TENDIDO

❑ **JAULA DE FARADAY:** El sistema consiste en la recepción del rayo a través de un conjunto de puntas captadoras unidas entre sí por cable conductor, formando una malla, y derivarla a tierra mediante una red de conductores bajantes. Una instalación típica comprende:

- ✓ Múltiples puntas captadoras.
- ✓ Red de unión de las distintas puntas
- ✓ Una bajante por cada punta captadora.
- ✓ Una toma de puesta a tierra (Electrodos) por cada bajante.
- ✓ Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

En la figura 3 se observan las distintos elementos captadores en el techo de la estructura a proteger y los bajantes correspondientes a cada elemento.

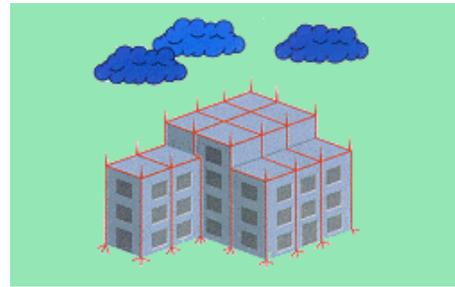


Figura 3  
JAULA DE FARADAY

❑ **SISTEMA DE CEBADO:** Los pararrayos dotados de sistemas de cebado, emiten descargas eléctricas de polaridad inversa a la del rayo, con lo cual atraen y encumbran el punto de impacto por encima de la estructura a proteger, por consiguiente se crea un mayor radio de cobertura en la base, frente a un pararrayos convencional. Una instalación típica comprende:

- ✓ Un pararrayo con cebado, junto con su mástil.
- ✓ Uno o dos bajantes.
- ✓ Un desconectador por bajante para la comprobación de la resistencia de la estructura.
- ✓ Un elemento protector contra golpes (Tubería) en los dos últimos metros del bajante conductor.
- ✓ Una toma de puesta a tierra (Electrodos) por cada bajante.
- ✓ Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

Como se observa en la figura, la zona de cobertura es mucho mayor que con cualquier otro dispositivo de protección, permitiendo con un solo dispositivo de captación, proteger construcciones o instalaciones de gran extensión.

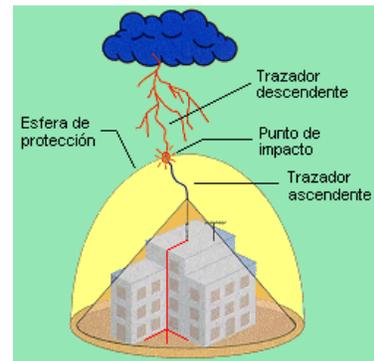


Figura 4  
Pararrayo con sistema de cebado

Un pararrayos con sistema de cebado no es comparable a una simple punta Franklin, sino a toda una instalación de ellas, necesarias para cubrir la misma área de protección, con el consiguiente ahorro en instalación y materiales de bajantes, tomas de tierra, equipotencialidad de las mismas, etc.

También presenta ventajas con respecto a los otros sistemas para la protección de estructuras abiertas, como pueden ser superficies al aire libre, instalaciones deportivas, etc. En resumen, el sistema ofrece grandes ventajas y un ahorro considerable con respecto a los sistemas pasivos de captación.

**CONDUCCIÓN DEL RAYO.**

La conducción de la elevada magnitud de la potencia asociada al rayo requiere sumo cuidado en la preparación de los componentes del sistema de descarga, su diseño y su disposición.

Cuando la energía de un rayo viaja a través de una trayectoria de gran impedancia, el daño causado puede ser grave por el calor y las fuerzas mecánicas que se crean. Los conductores convencionales son alambres o cables de cobre, desprovistos de aislamiento. Para evitar la producción de arcos laterales es recomendable tener múltiples conductores bajantes. Estos conductores bajantes deben ser colocados de manera que pasen alejados de equipos electrónicos sensibles.

Los cables de bajada que comprende una instalación de pararrayos, están distribuidos por diferentes lugares, normalmente bajan a la vista y sujetos con grapas a la pared, durante la descarga de un rayo se pueden crear arcos eléctricos a estructuras o personas por la diferencia de potencial con riesgo de incendio o muerte de personas. En tal sentido, es aconsejable que estas instalaciones tengan señalizaciones con indicaciones que prevengan contra el peligro por alta tensión en caso de tormenta y advertir la distancia mínima de contacto.

Los pararrayos deben contar por lo menos con una trayectoria de bajada. No obstante, son necesarias al menos dos trayectorias de bajada para casos como:

- ❑ Si la proyección horizontal del conductor es superior a su proyección vertical.

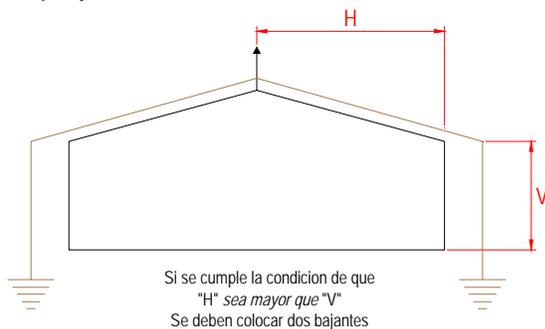


Figura 5 Sistema de dos conductores bajantes

- ❑ En el caso de realización de instalaciones sobre edificios de altura superior a 28 mts.

Las dos bajadas se deberán hacer sobre dos fachadas distintas. La norma COVENIN 599-73-2135 establece que

los conductores en general deberán colocarse sobre los tejados y bajaran por las esquinas y lados del edificio, de tal manera que se forme, tanto como las condiciones del caso lo admitan, una malla que encierre el edificio, los conductores en los tejados planos y en superficie planas, donde sea necesario para unir cada punta con todo el resto.

**Trayectorias de conductores de bajadas.**

Los conductores de bajada se instalarán de manera que su recorrido sea lo más directo posible al punto de puesta a tierra. Su trazado tendrá en cuenta la localización de la toma de tierra y deberá ser lo más rectilíneo posible, siguiendo la ruta más corta, evitando cualquier arreglo brusco.

La norma COVENIN 599-73-2138 establece que ningún conductor que rodee una parte del inmueble, tal como un alero, tendrá una curva de radio menor de 20 cms el ángulo de cualquier cambio de dirección no será mayor de 90°, y el conductor en todas partes, conservara la dirección horizontal o de bajada. Para la desviación de los conductores bajantes emplear predominantemente los codos formados por las esquinas.

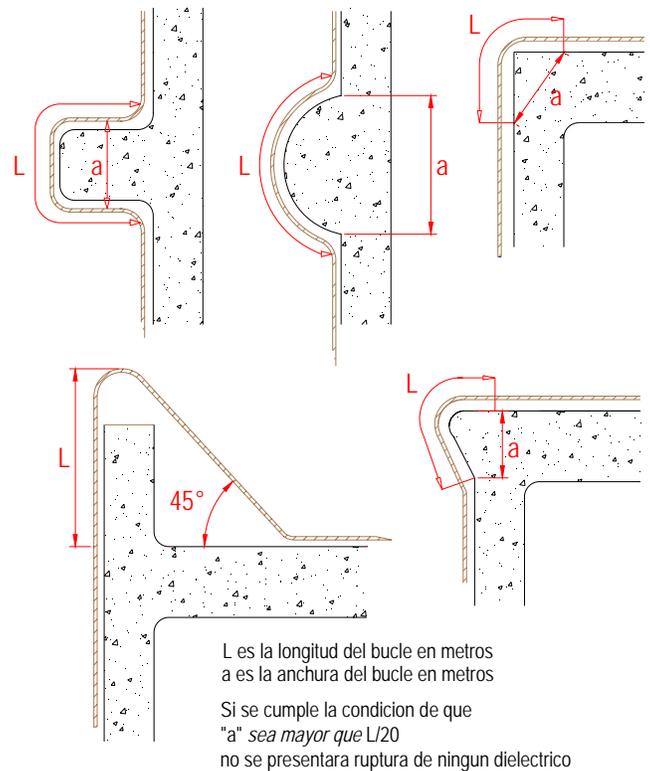


Figura 6 Formas de bajadas de acuerdo a estructuras

La inductancia de los conductores de cobre usados para tierras es de aproximadamente de 1.64 uH/m. A la frecuencia equivalente de los rayos, la impedancia debida a la inductancia es muchas veces mayor que la impedancia debida a la resistencia del conductor. Por tanto, para los rayos los conductores más largos de 10 m

tienen una impedancia en términos prácticos infinita, lo que impide que conduzcan la corriente. Debido a que cada doblez incrementa la reactancia inductiva, estas señales de alta frecuencia no seguirán nunca una vuelta muy cerrada del conductor. Por tal motivo, es recomendable que todos los cables de conexión a tierra de pararrayos tengan grandes curvas en lugar de curvas agudas de pequeños radios. Por ello, se exhorta a realizar curvas con radios de unos 20 cm y conductores múltiples conectados en paralelo a tierra. Se ha de evitar el contorno de cornisas o elevaciones. Se evitarán lugares de paso lo más directos posible para los conductores. En cualquier caso, se admite una subida de un máximo de 40 cm para franquear una elevación con una pendiente menor o igual a 45 grados.

Al respecto de la trayectoria, el CEN dice que cualquier parte metálica no conductora de corriente a una distancia menor de 1,8 m del cable de los pararrayos debe tener puentes de unión a éste para igualar potenciales y prevenir arcos CEN 250-46.

Las fijaciones de los conductores de bajada se efectuarán tomando como referencia 3 afianzamientos por metro. Estas fijaciones deben ser adecuadas para los soportes y realizadas de forma que no afecten a la impermeabilidad de los techos o tejados.

La norma NFPA 780 3-9-10 establece que las estructuras que excedan 76 mts de perímetro deberán tener un conductor de pararrayos por cada 30 mts.

Los conductores de bajada deben estar protegidos contra eventuales golpes o daños mecánicos, esto se efectúa a través de un tubo de protección hasta una altura superior a 2 mts desde el suelo.

**Materiales de conductores de bajadas.**

Los conductores de bajada podrán ser pletinas, trenzas, cable trenzado o redondo. La sección mínima ha de ser 50 mm<sup>2</sup>.

TABLA VALORES CONDUCTOR BAJANTE		
Material	Observaciones	Dimensiones
Cobre electrolítico desnudo o estañado	Recomendado por su buena conductividad eléctrica y su resistencia a la corrosión	Platina 30 x 2 mm Trenza plana 30 x 3.5 mm Cable trenzado 50 mm <sup>2</sup> (1/0 AWG) Alambre redondo 8 mm (2 AWG)
Acero inoxidable 18/10, 304	Recomendado en ciertos ambientes corrosivos	Platina 30 x 2 mm Alambre redondo 8 mm (2 AWG)
Aluminio A 5/L	Debe ser utilizado sobre superficies de aluminio (barandillas, muros)	Platina 30 x 3 mm Alambre redondo 10 mm (1/0 AWG)

Según la norma NFPA 780 3-9 se establece que los conductores que tengan que ser llevados a través del aire a distancias mayores tendrán un soporte seguro que prevenga daños o desplazamientos del conductor. Un

anillo de tierra encerrando a una estructura deberá estar en contacto directo con el suelo, a una profundidad no menor de 76 mm. Este anillo debe consistir en no menos de 6,1 mts de longitud de conductor # 2 AWG de cobre.

**SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

El objetivo de todo sistema de puesta a tierra es el de proveer una vía de baja impedancia para que las corrientes de falla o las producidas por fenómenos transitorios, como los rayos, sean descargadas a tierra.

Una puesta a tierra efectiva significa que está conectada a tierra a través de una conexión o conexiones de suficiente baja impedancia y capacidad de conducción de corriente, para impedir los aumentos de voltaje que podrían resultar en peligros o riesgos indebidos y excesivos a personas o al equipo conectado. Debe entenderse que la "impedancia" total del sistema de puesta a tierra y no su resistencia únicamente, tenga valores bajos que permitan disipar tanto los elementos de baja frecuencia como los de alta generalmente contenidos en la descarga.

De acuerdo con la norma NFPA-780, el sistema de electrodos para la protección contra descargas atmosféricas depende más de las condiciones del suelo. De ahí que, para estructuras ordinarias menores a 23 m de altura en:

- Arcilla Profunda y Húmeda una simple varilla de 3 m es suficiente.
- Suelo arenoso se requieren dos o más varillas espaciadas más de 3 m.
- Suelo con tierra poco profunda se emplean trincheras radiales al edificio de 5 m de largo y 60 cm de ancho en arcilla. Si la roca está más superficial, el conductor podría colocarse sobre la roca.
- Rocas en un suelo muy poco profundo, un cable en anillo se instala en una trinchera alrededor de la estructura. Para mejorar aún el contacto, es posible colocar placas de al menos 2 pies<sup>2</sup>.

En los sistemas de puesta a tierra, se pueden utilizar los electrodos que se especificados a continuación. Donde sea práctico, los electrodos fabricados se incrustarán debajo del nivel permanente de humedad. Donde se use más de un electrodo, cada electrodo de un sistema de puesta a tierra (incluyendo los utilizados como varillas de pararrayos), no estará a menos de 1.83 metros (6 pies) de cualquier otro electrodo de otros sistemas de puesta a tierra. No se requerirá que el calibre del conductor de cobre del electrodo de puesta a tierra fabricado sea mayor que No. 6 AWG.

**Electrodos de Varillas.** Los electrodos de varilla serán de acero o de hierro con revestimiento de cobre, de diámetro mínimo de 1.59 centímetros (5/8 pulgadas) y una longitud mínima de 2.44 metros (8 pies). Los electrodos de varilla deberán instalarse de manera que no menos que 2.44 metros (8 pies) de longitud estén en

contacto con el suelo. Deben estar enterrados a una profundidad mínima de 2.44 m (8 pies), excepto donde se encuentre roca en el fondo, en cuyo caso el electrodo se instalará o hincará en ángulo, cuya inclinación no exceda los 45° de la vertical. El extremo superior del electrodo se instalará a ras con el nivel del piso o terreno, a menos que el extremo sobresalga y las conexiones o enlaces del conductor pertenecientes al electrodo de tierra, estén resguardadas y protegidas contra daños físicos.

**Electrodos de Placa.** Los electrodos de placa serán de material ferroso o no ferroso, y cada electrodo tendrá una superficie exterior no menor que 0.186 metros cuadrados. Las placas de hierro o acero tendrán un espesor mínimo de 6.35 milímetros y las de metales no ferrosos un espesor mínimo de 1.52 milímetros. El conductor del electrodo de puesta a tierra se conectará al electrodo por medio de una soldadura exotérmica.

**Caja de registro.** La grapa de conexión a la varilla, el conductor del electrodo de puesta a tierra y el extremo superior de los electrodos de varilla, deberán instalarse dentro de un pozo de inspección, con tapa removible, instalado a ras con el piso terminado o con el suelo natural. El pozo de inspección deberá ser cuadrado con dimensión mínima de 20 centímetros x 20 centímetros, o circular con diámetro interno mínimo de 20 centímetros y tendrá una profundidad de 15 centímetros.

Para facilitar su prueba y mantenimiento, los pozos de inspección de los electrodos de puesta a tierra deberán estar localizados en lugares fácilmente accesibles, cercanos al medio principal de desconexión.

Cada servicio eléctrico individual o acometida, deberá tener una puesta a tierra, la cual se unirá al neutral de la red, a su llegada a la caja del medidor o en el Interruptor principal o equivalente. Las cubiertas protectoras de los cables eléctricos, tales como hilos o cintas de cobre, plomo, acero, etc., se conectarán a tierra, para evitar en tales materiales la presencia de un potencial superior al de tierra. La conexión de puesta a tierra será permanente, continua y tendrá capacidad suficiente para conducir cualquiera de las corrientes que le puedan ser impuestas y será de impedancia suficientemente baja, tanto para limitar el potencial sobre tierra, como para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.

Los electrodos deberán tener una resistencia a tierra que no exceda 25 ohm. Cuando no se pueda lograr esta resistencia a tierra con un solo electrodo, se instalarán otros electrodos hasta conseguir la resistencia indicada. Se recomienda probar la resistencia de las tierras al instalarse el sistema y repetir la prueba periódicamente cuando esté instalado.

La norma NFPA 780 29-B-1.2 establece que se debe realizar inspección visual una vez por año y comprobar las conexiones de alta resistencia y posibles alteraciones

de los componentes. De igual forma, la norma NFPA 780 37 I-1.1 establece que se debe realizar inspección de la resistividad del suelo con una periodicidad anual y comprobar que su valor sea menor o igual a 5 ohms.

### El Diseño

Se tomará en cuenta el índice de riesgo, según algunas características contempladas en las normas COVENIN 599-73-CODELECTRA E5-01-72–ARTICULO 226.

Es importante asegurar que se tiene un solo punto de puesta a tierra eléctrico. Por lo tanto, todos los componentes del sistema deben estar debidamente conectados, y así formar un sistema equipotencial. Con lo cual se elimina la posibilidad de daños ocasionados por diferencias de potencial inadvertidas.

Cada tierra individual de pararrayos, telecomunicaciones, y salas de equipos debe ser de alta integridad, auto suficiente, y debe ser considerado como parte de un todo para el sistema integral de puesta a tierra de la instalación que se desea proteger. En los casos en que haya tierras separadas todas deben ser conectadas entre sí para formar una sola tierra equipotencial con lo que se eliminan posibles lazos que presenten voltajes peligrosos durante fenómenos transitorios.

Es recomendable que las conexiones entre conductores y entre conductores de tierra y partes metálicas de las estructuras se realicen mediante soldadura exotérmica, por la calidad superior de la unión resultante, comparada con cualquier otro tipo de unión por medios mecánicos conocido tales como: grapas, conectores aprenados, etc.

### Protección de los Equipos

No se trata de simplemente colocar protección contra incidencias directas de rayos en todas las entradas del edificio o la vivienda. Para una protección realmente efectiva se requiere que los terminales principales de las entradas del servicio de electricidad estén provistos de dispositivos pararrayos (Surge Protection Devices SPD conocidos como Supresores de Voltajes Transitorios (Transient Voltage Surge Arrestors – TVSS).

### Protección de la entrada de servicio

La incursión de la electrónica en los sistemas eléctricos con la incorporación de los microprocesadores y el uso diario y habitual de equipos electrónicos, incrementa la susceptibilidad de daños causados por sobretensiones de manera considerable. Actualmente este inconveniente con la cantidad de energía de los rayos puede producir daños irreparables en los circuitos integrados que normalmente constituyen parte de los equipos de hoy.

Las averías a los centros de control de motores, equipos controlados por micro procesadores, equipo de oficinas como calculadoras, computadores y de control variable de velocidad motores son más que indiscutibles. Además hay otras consecuencias como aceleración del proceso de degradación, afectación de la vida útil, y pérdida de

información. En muchos casos, se han registrado incendios y pérdidas de vidas por los rayos.

Para evitar estos inconvenientes es aconsejable proteger las entradas contra los efectos de sobretensiones, causados contra dichos fenómenos transitorios mediante la instalación de "Supresores de Impulsos" o pararrayos debidamente seleccionados.

Para proteger las líneas entrantes utilizadas para la transmisión de datos contra la incidencia de rayos (descargas atmosféricas), se debe instalar barreras protectoras de alta velocidad con el fin de limitar los voltajes producidos.

Esta protección no constituye garantía de que su equipo resultará cien por ciento protegido, pero contribuye a aumentar las probabilidades que el equipo no sufra daño.

La protección los sistemas de bajo voltajes recolección y procesamiento de datos para redes locales de computadores, sistemas industriales de SCADA, teléfonos, MODEM's, requieren que el voltaje sea fijado a niveles tolerables por los circuitos de los sistemas electrónicos sensitivos.

Este tipo de protección utiliza circuitos híbridos de protección de etapas múltiples. Para ello se requiere instalar dispositivos supresores de voltajes transitorios (impulsos)/TVSS: (Transient Voltaje Surge Supresor) con capacidad adecuada para las magnitudes de energía involucradas en el fenómeno (capacidad en kA) de la descarga eléctrica incidente y los gradientes de voltaje y de corriente asociados

### NIVELES DE PROTECCION

Según la norma NF C 17-102 y la norma UNE 21186-96 proyectaremos para tres niveles de protección:

**Nivel I:** Nivel de máxima seguridad. Recomendado en edificios y lugares de pública concurrencia, alto número de impactos de rayos/año, zonas aisladas, etc.

**Nivel II:** Nivel de Alta seguridad: Recomendado para la protección de personas y estructuras con un índice de impactos de rayos/año medio-bajo, zonas en núcleos urbanos, etc.

**Nivel III:** Nivel de seguridad estándar. Se recomienda este nivel para la protección de estructuras en zonas de bajo nivel de impactos/año, estructuras poco elevadas, etc.

Nota: Se recomienda por seguridad proyectar con nivel I.

### PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Un diseño de protección contra descargas atmosféricas se realizará con la siguiente metodología:

1. Estudio previo para determinar el nivel de protección.
2. Establecer el área y la altura del edificio que se va a proteger.

3. Ubicar el pararrayos en el punto más alto del edificio.
4. Trazar en el plano los radios de protección del pararrayos.
5. Hacer trayectorias de bajadas del conductor a tierra.
6. Seleccionar los conductores y electrodos de tierra.

### Estudio previo para determinar nivel de protección.

Este estudio será realizado para determinar el nivel de protección que se requiere para cada estructura en particular. El conjunto de información necesaria para realizar la evaluación se describe a continuación:

- A. Dimensiones de la estructura.
- B. Posición geográfica de la estructura: en la cima de una montaña, junto con otras construcciones más altas, u otras más bajas, aislada, etc.
- C. Frecuencia de ocupación de la estructura por personas.
- D. Riesgo de pánico.
- E. Dificultad de acceso.
- F. Continuidad de servicio.
- G. Contenido de la estructura.
- H. Forma e inclinación de los techos.
- I. Naturaleza del techo.

### Establecimiento del área y altura del edificio que se va a proteger.

El área y la altura del edificio que se va a proteger nos valen para calcular la altura y el lugar donde se instalará el pararrayos y determinar el número de conductores de bajada

### Ubicación del pararrayos.

El pararrayos se ubicará de la forma siguiente:

- Se instalará en la parte más alta del edificio.
- Se ubicara de manera que los radios de protección del pararrayos cubran completamente el edificio y las estructuras que formen parte de éste.

### Trazar en el plano los radios de protección del pararrayo

El área protegida por el pararrayos, será aquella que se encuentre dentro de la esfera que se forma al trazar los radios de protección del pararrayos a diferentes distancias de la punta receptora. Esta esfera de protección será de acuerdo al modelo electromagnético del pararrayos ionizante.

### Equipotencialidad de las masas metálicas.

Se deberá realizar la unión equipotencial entre los conductores de bajada y las partes metálicas que estén a una distancia menor de la de seguridad. La distancia de seguridad es la distancia mínima entre un conductor de bajada por el que pasa la corriente del rayo y una masa conductora próxima unida a tierra, en la que no hay formación de chispas peligrosas.

# COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

## Terminal aéreo (punta franklin)

Son los elementos encargados de interceptar los rayos y drenarlos de manera segura al sistema de puesta a tierra. Estos dispositivos deben ser ubicados en los puntos más altos de las estructuras o edificaciones que se desean proteger.

## Soporte del terminal aéreo.

Lo conforma el adaptador para sujetar el pararrayos al tubo, el mástil (tubo conduit) y las abrazaderas para la fijación del tubo o mástil. Los terminales aéreos deben asegurarse contra vientos, fijándolo a la estructura a ser protegida de una manera firme. Los terminales que excedan los 60 cm de altura deben estar fijados a no menos de la mitad de su altura.

## Empalmes:

Es una conexión eléctrica entre un objeto eléctricamente conductivo y un componente del sistema de protección contra rayos, el cual intenta reducir significativamente la diferencia de potencial creado por la corriente del rayo

## Conductor o cable derivador (bajante).

Es un conductor de cobre formado por un número determinado de hilos trenzados capaz de conducir la descarga del rayo a la tierra.

## Soporte para conductor o cable derivador (bajante).

Se compone de un soporte tipo omega, aislador y conector KS para fijar el bajante.

## Caja de medición de puesta a tierra.

Se compone de un cerramiento con una barra seccionable de cobre en forma manual para poder realizar comprobación de valores de resistencia a tierra.

## Terminal de tierra (barra de tierra)

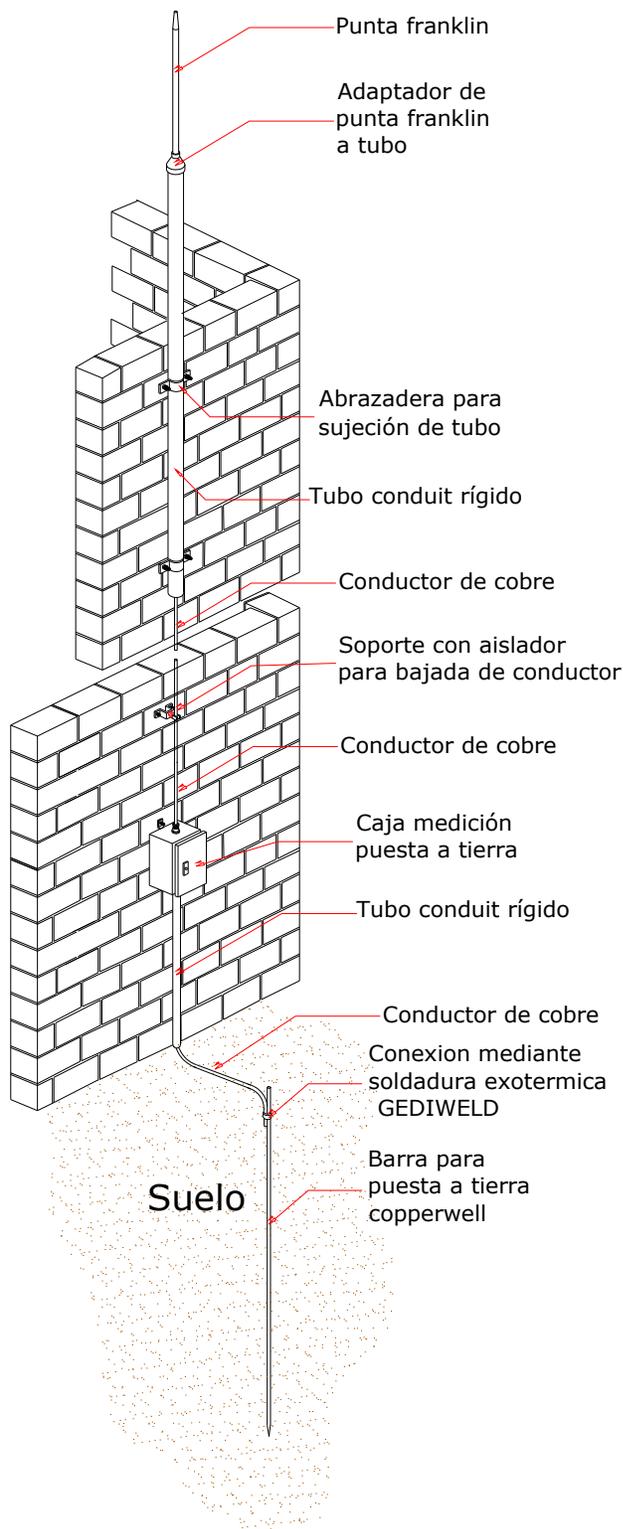
Los terminales de tierra de un pararrayos deberán ser perfectamente identificables con trayectorias sencillas y deben quedar registrables para su mantenimiento y poder monitorear su resistencia, así mismo la importancia de dar mantenimiento previo en temporada de lluvias

## Conductor de lazo (anillo)

Es un conductor que rodea una estructura, el cual es usado para interconectar los terminales de tierra, conductor de bajada u otro cuerpo puesto a tierra.

## Caja de registro de puesta a tierra.

Es un cerramiento con tapa para poder realizar mantenimiento al sistema de puesta a tierra.



### Zona de protección:

Es el espacio situado debajo de la superficie de una esfera de 45 mts, (la cual viene definida como el área de atracción para una corriente de 10 Ka). También se forma cuando dicha esfera reposa sobre dos terminales consecutivos, y su superficie no toca ningún punto a la estructura protegida. En fin es el espacio adyacente del sistema de protección contra rayos que es sustancialmente inmune ante una descarga directa del rayo.

### Pararrayos punta franklin simple

Es el sistema más sencillo y más antiguo de pararrayos, consiste en terminales aéreos de cobre o bronce terminadas en punta, llamadas puntas Franklin, colocadas sobre las estructuras a proteger de los rayos. Este sistema se aplica en iglesias, casas de campo, graneros y otras estructuras ordinarias



Pararrayos con base fija

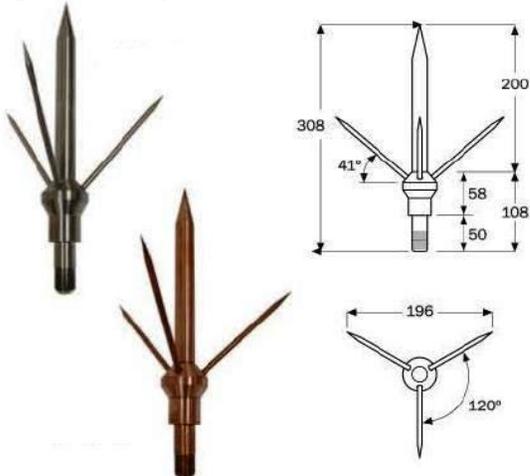


Pararrayos a mástil

CODIGO	MODELO	MATERIAL
PTPPF600CSB	PPF600CSB	Acero recubierto de cobre
PTPPF600CSM	PPF600CSM	Acero recubierto de cobre

### Pararrayos punta franklin múltiple.

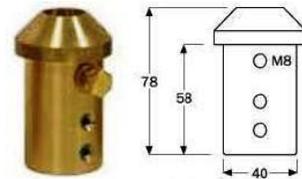
Consiste en un terminal aéreo de cobre o bronce terminado en tres puntas, colocado sobre las estructuras a proteger de los rayos.



CODIGO	MODELO	MATERIAL
PTPPF225CM	PPF225CM	Acero recubierto de cobre
PTPPF225AM	PPF225AM	Acero inoxidable

### Adaptador para cabezal y mástil.

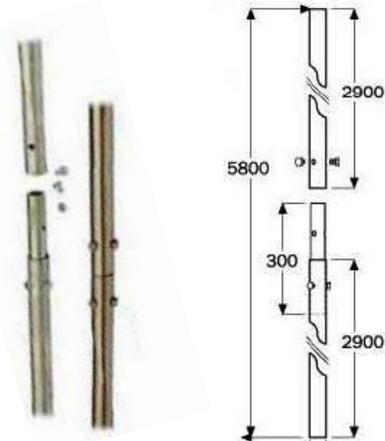
Pieza necesaria para acoplar el terminal aéreo a la al mástil y a su vez facilita el conexionado del cabezal con los conductores bajantes. Es fabricado en latón.



CODIGO	MODELO	MATERIAL
PTACM001	ACMPF01	Acero recubierto de cobre
PTACM002	ACMPF02	Acero recubierto de cobre

### Mástil.

Mástiles telescópicos de dos dimensiones de longitud, una de tres metros y otro de 5,8 metros compuesto de dos piezas de 2,8 metros cada una que se empalman. Son fabricado de acero galvanizado.



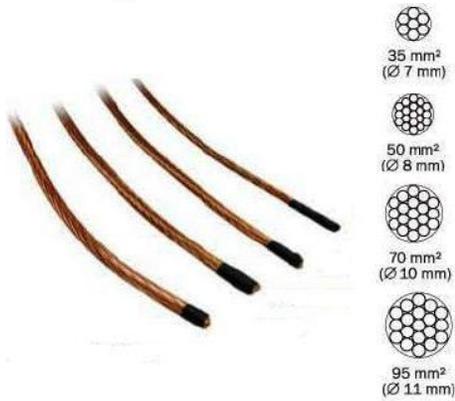
La fijación de los mástiles a la estructura de la edificación es mediante abrazaderas en forma de omega o grapas. Es recomendable colocar un mínimo de dos piezas que garanticen una sujeción capaz de resistir fuertes vientos o condiciones climáticas.

CODIGO	MODELO	MATERIAL
PTM1PH300	3 metros	Acero galvanizado
PTM2PH580	5,8 metros	Acero galvanizado
PTM1PA300	3 metros	Aluminio
PTM2PA580	5,8 metros	Aluminio

### Conductor bajante.

Es un cable trenzado de cobre electrolítico desnudo. Principalmente empleado como conductor bajante del sistema de protección contra descargas atmosféricas y para sistemas de puesta a tierra.

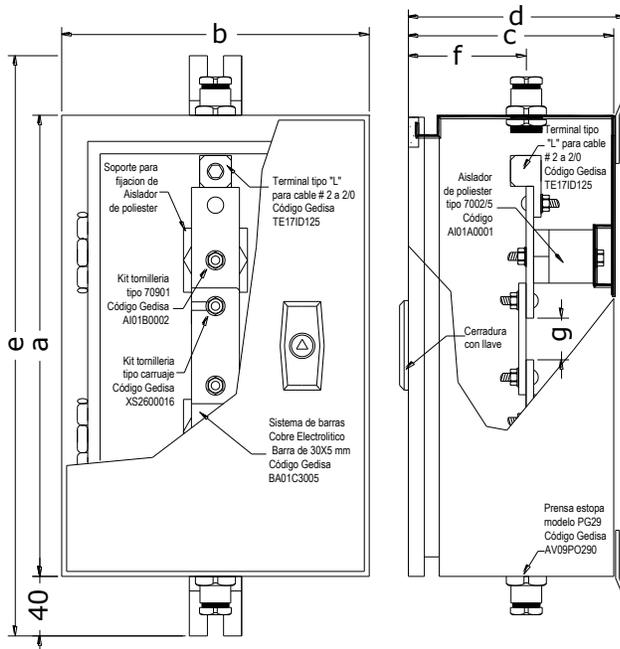
Los diámetros de estos conductores son: 7 mm para una sección de 35 mm<sup>2</sup>, 8 mm para una sección de 50 mm<sup>2</sup>, 10 mm para una sección de 70 mm<sup>2</sup> y 11 mm para una sección de 95 mm<sup>2</sup>.



CODIGO	MODELO	MATERIAL
PTCBD002C	2 AWG	cobre
PTCBD100C	1/0 AWG	cobre
PTCBD200C	2/0 AWG	cobre
PTCBD400C	4/0 AWG	cobre

### Caja de medición de puesta a tierra.

Los cerramientos modelos CMT cajas para medición de la resistencia de puesta a tierra son fabricadas por Gedisa adaptados a las distintas necesidades de nuestro país.



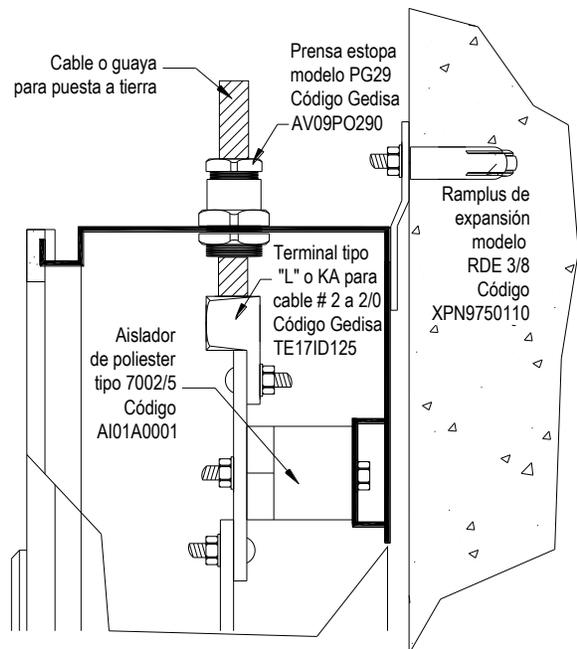
Se encuentran básicamente conformados por una barra de cobre electrolítico sin revestimiento de ninguna clase, no obstante, a solicitud puede ser suplida con la barra de cobre plateadas, sus dimensiones son 30 mm de ancho y 5 mm de espesor con una capacidad de 380 amperios. Esta barra esta segmentada de forma tal que opera como cuchilla de seccionamiento. Las barras se encuentran soportadas por aisladores de poliéster inyectado reforzados con fibra de vidrio de la prestigiosa marca Schiavi italiana. A los extremos de la barra se dispone de conectores para cable de cobre tipo KA,

terminal de aleación de alto contenido de cobre para unir una amplia variedad de cables.

CODIGO	MODELO	Alto	Ancho	Prof.	d	e
		a	b	c		
CJ0032	CMT01	250	200	150	166	330
CJ0043	CMT02	300	200	150	166	380
CJ0108	CMT03	320	250	150	166	400

La caja esta provista de prensaestopas de nylon en la parte superior e inferior para el ingreso de la guaya o cable de tierra, a objeto de dar hermetismo al cerramiento y sujeción mecánica al conductor.

CODIGO	MODELO	Prensaestopas		
		modelo	Diámetro de cables	
			Min	Max
CJ0032	CMT01	PG16	13	16
CJ0043	CMT02	PG21	17	20
CJ0108	CMT03	PG29	21	26



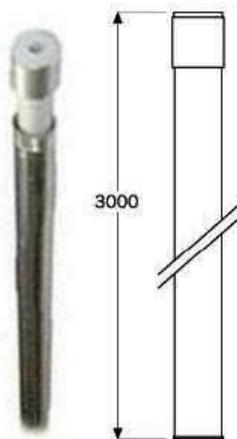
De igual forma la caja esta provista de terminales tipo L en la parte superior e inferior para la fijación de la guaya o cable de tierra.

CODIGO	MODELO	Conector tipo KA		
		Modelo	Rango de cable	Sección mm <sup>2</sup>
CJ0032	CMT01	L125	4 AWG - 2/0 AWG	67
CJ0043	CMT02	L250	2/0 AWG - 250 MCM	127
CJ0108	CMT03	L400	4/0 AWG - 500 MCM	253

### Tubo de protección.

Esta concebido para dar protección mecánica al tramo del bajante que va desde la caja de seccionamiento para medición hasta el suelo. Este tubo es de acero

galvanizado de tres metros de longitud y en su interior pose en forma concéntrica otro plástico.



La fijación de los tubos a la estructura de la edificación es mediante abrazaderas en forma de omega o grapas.

CODIGO	MODELO	MATERIAL
PTTPB300	3 metros	Acero galvanizado

#### Caja de registro.

Esta concebida para permitir inspección y mantenimiento de las conexiones y elementos empleados para puesta a tierra, tales como barras copperweld de todos los materiales o barras químicas.



Para mayor información consultar el capítulo 3 sección 4-1 de este manual.

#### Electrodos de puesta a tierra.

Existen distintos electrodos para realizar la conexión a tierra dependiendo de las condiciones del suelo y de las resistividad del terreno. Entre ellas podemos nombrar las barras copperweld que son las de común uso (ver capítulo 3 sección 2-1 de este manual).



Adicionalmente, también pueden ser empleadas las barras químicas que ofrecen un mejor desempeño que las anteriores, lográndose el resultado de la participación de unas 15 piezas de barras copperweld por una barra química. Para mayores detalles ver el capítulo 3 sección 3-1 de este manual.



Esta concebida para permitir inspección y mantenimiento de las conexiones y elementos empleados para puesta a tierra, tales como barras copperweld de todos los materiales o barras químicas. Para mayor información consultar el capítulo 3 sección 4-1 de este manual.

#### Barras equipotenciales.

La barra equipotencial es una barra de aterramiento la cual es el área donde convergen todas las conexiones dirigidas a tierra provenientes de los equipos, guías, computadoras, antenas, carcasas, etc. Estas barras se diseñan para concentrar los circuitos eléctricos que posteriormente van a ser puestos a tierra



La figura anterior muestra una barra típica, para mayores detalles ver el capítulo 3 sección 6-1 de este manual.

#### Soporte para el conductor bajante.

Manufacturado con pletina de hierro de 4 mm de espesor en forma de omega y posteriormente galvanizada en caliente. A esta pieza se le fija un aislador de fibra de vidrio al cual a su vez posee un conector tipo KS para sujetar el cable. También son disponibles en porcelana según requerimiento del cliente



SOPORTE PARA CONDUCTOR BAJANTE			
CODIGO	MODELO	MATERIAL	Conector
PTSCB0001	SCB01	aislador poliéster	KS 23
PTSCB0002	SCB02	porcelana	

#### Conector para barras copperweld.

Permiten empalmar barras copperweld con conductores cobre- cobre con una baja resistencia. Manufacturado con aleación de cobre y tornillos en bronce. Permite

desconectar el conductor de la barra fácilmente si se requiere realizar una medición de la resistencia de tierra. El electrodo y el conductor son ajustados para conformar una conexión conductiva. Para mayores detalles ver el capítulo 3 sección 2-5 de este manual.



CONECTOR PARA BARRAS COPPERWELD		
CODIGO	MODELO	JABALINA
AV99V0003	GRC-5/8	1/2" - 5/8"
AV99V0004	GRC-3/4	5/8" - 3/4"

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

### Sistema de captación.

- La punta del pararrayos debe estar situada como mínimo dos metros por encima de la zona que protege, incluyendo antenas, torres de enfriamiento, techos, y depósitos.
- Las antenas receptoras de TV, radio y teléfonos deben conectarse con un dispositivo contra sobretensiones.
- Los cables coaxiales de las antenas deben protegerse con un dispositivo contra sobretensiones.
- Los elementos o piezas metálicas que sobresalgan por encima del techo deberán empalmarse al conductor bajante más próximo.

### Conductores de bajada.

Los conductores de bajada tal como lo tratamos en la sección precedente son los encargados de transportar la corriente asociada al rayo desde los dispositivos apostados para su captación hasta las tomas de puesta a tierra. Cada elemento captador o pararrayo está conectado a tierra por lo menos a través de un bajante y se dispondrán como mínimo dos bajantes para los siguientes casos:

- Cuando la trayectoria horizontal sea superior a la vertical.
- Cuando la altura de la edificación o estructura a proteger sea superior a 28 metros.
- Los dos bajantes deben estar adosados a fachadas diferentes preferentemente.
- La trayectoria del conductor o cable bajante debe ser lo más corta posible.
- La trayectoria del conductor o cable bajante debe ser lo más recta posible evitando arreglos bruscos desviaciones.
- En caso de tener que realizar acomodamientos a la forma de la fachada, los radios de curvatura no podrán ser menores a 20 cms.
- El cable de bajada debe ser instalado por el lado externo de la fachada del edificio, evitando que el

mismo este cerca de canalizaciones eléctricas o de gas.

### Sistema de puesta a tierra.

- Los conductores de bajada deben contar cada uno con su propia toma de tierra y el sistema de puesta a tierra a elegir debe ser el más adecuado de acuerdo al tipo de terreno.
- La resistencia medida en la toma de tierra debe ser de un valor inferior a 10 ohmios dentro de lo posible. Este valor debe ser obtenido teniendo presente que no habrá otro elemento conductor conectado a esta toma.
- Todos los puntos de toma a tierra o de puesta a tierra deberían contar con una caja de registro, de forma que se pueda tener acceso para revisiones periódicas.
- Para dar mayores facilidades a la medición de puesta a tierra es recomendable que el sistema tenga dispuesto una caja de medición de tierra, la cual contiene un elemento seccionable que permite desconectar la toma de tierra para realizar la medición de su resistencia.
- Es recomendable realizar la unión equipotencial de la toma de tierra del sistema de protección contra descargas atmosféricas y el sistema general de tierra de la edificación que se desea proteger.