

INFORME TECNICO

RAPTOR

(EL CAZADOR DE RAYOS)



- Pararrayos con dispositivo de cebado, P.D.C.
- Varias veces mayor volumen de protección que un pararrayos normal
- Fabricado conforme a normas UNE 21186-96 / NFC 17-102

ÍNDICE	Pág.
- ELECTRIFICACIÓN DE MASAS NUBOSAS	3
- LOS RAYOS	3
- EFECTOS DE LOS RAYOS	4
- NECESIDAD DE PROTECCIÓN DE UNA ESTRUCTURA	5
- PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO – EL PARARRAYOS	5
- MODELO TEÓRICO DE ESFERA RODANTE	7
- EL AVANCE DE CEBADO	8
- AVANCE DE CEBADO DE RAPTOR	9
- INTENSIDAD Y FRECUENCIA DEL RAYOS	10
- NIVEL DE SEGURIDAD	10
- VENTAJAS DE RAPTOR RESPECTO A PUNTAS FRANKLIN	11
- RADIOS DE PROTECCIÓN DE RAPTOR	13
- TOMA DE TIERRA PARA PARARRAYOS	14
- PARARRAYOS Y PROTECCIÓN ABSOLUTA	16
- NORMAS APLICABLES	17
- DATOS Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE RAPTOR	17
- ESQUEMA DE INSTALACIÓN	18
- DESPIECE DE RAPTOR	19

ELECTRIFICACIÓN DE MASAS NUBOSAS

En los objetos que ordinariamente manejamos, un bolígrafo, una taza, hay igual número de cargas positivas que de negativas y además estas cargas estarán repartidas uniformemente por lo que el objeto se considera neutro o sin carga

Determinados procesos pueden provocar que las cargas se separen y aunque en su conjunto el objeto es eléctricamente neutro, una región poseerá mas cargas positivas que negativas y la otra al revés. En éstas condiciones diremos que el objeto esta cargado o electrificado

De forma análoga, en la nube tormentosa por distintos fenómenos físicos se produce una separación de cargas que hace que tengamos zonas cargadas positivamente y zonas cargadas negativamente

En las hipótesis mas sencillas, se suele considerar que en su base (la parte mas cercana a tierra) la nube es negativa y en su parte mas alta es positiva y aunque la realidad es ciertamente mas compleja, nos servirá como una buena aproximación para comprender el fenómeno de formación del rayo.

LOS RAYOS

La electrificación de la nube (generalmente cumulonimbos) antes comentada hace que se vaya incrementando el gradiente de potencial entre la tierra y la nube

Si el incremento de potencial sigue su curso hasta sobrepasar valor de orden de 10 kv/m se iniciarán los fenómenos que conducen a la formación de un rayo.

El inicio de la formación del rayo consiste en la formación de un trazador descendente invisible que se propaga en dirección descendente de la nube al suelo, lo hace a impulsos y va arrancando electrones de las moléculas de los gases atmosféricos a lo largo de su trayectoria. Se crea así un canal de aire ionizado que sirve después como vía de conducción eléctrica

Cuando este trazador descendente esta a una decenas de metros del suelo o de un objeto o una estructura, modifica el campo eléctrico de tal manera, que en general, de los puntos mas elevados de estos, se genera un trazador ascendente que se propaga buscando el encuentro del trazador descendente

Una vez que ocurre el contacto entre los lideres se produce la “fase de retorno” brillante y energética. Esta descarga de retorno esta constituida por corrientes que varían desde algunos miles hasta 300.000 amperios y viaja a una velocidad de al menos la mitad de la de la luz

Hay que tener en cuenta que una vez establecido el canal, el rayo viaja realmente en ambos sentidos, en ocasiones varias docenas de veces y todo ello en tiempo extremadamente cortos del orden de 1- 2 segundos

EFFECTOS DE LOS RAYOS

Sobre los datos disponibles en E.E.U.U sabemos que se producen en ese país 20 millones de descargas individuales que llegan al suelo, matan a varios cientos de personas, generan múltiples incendios y aproximadamente la mitad de los cortes eléctricos

En la Península Ibérica cada año caen cerca de dos millones de rayos, provocando la muerte de una decena de personas y centenares de animales y el coste anual en desperfectos tanto a particulares, instituciones e industria se cifra en millones de euros

A nivel de las personas los rayos matan:

- 1) Directamente por fulminación
 - 2) Indirectamente por contacto, corrientes de paso, o efectos diferidos como incendio y/o explosión
- Adicionalmente, sin llegar a matar muchas personas sufren lesiones irreversibles que las incapacitan de por vida.

A nivel de instalaciones los rayos causan

- Destrozos con implicación del impacto primario
- Destrozos físicos directos con destrucción física directa de la estructura (orificios, roturas, fundidos etc.)
- Incendios por incidencia sobre materiales combustibles
- Explosiones donde haya materiales con riesgo de explosión
- Averías e incidencias por efectos indirectos

De hecho el radio de incidencias sobre estructuras puede afectar hasta 1500 metros del punto del impacto directo

Se pueden producir corrientes inducidas así como fenómenos magnéticos y electrostáticos que puedan afectar de forma irreversible al funcionamiento de maquinas, ordenadores sistemas de comunicaciones etc.

NECESIDAD DE PROTECCIÓN DE UNA ESTRUCTURA

Podemos determinar si es necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo comparando la frecuencia esperada de impactos de rayo N_d , con el valor de frecuencia aceptable de rayos N_c

Esta comparación permite decidir si es necesario un sistema de protección contra el rayo y el nivel de protección que requiere

Si N_d es menor o igual que N_c el sistema de protección no es necesario

SI N_d es mayor que N_c es necesario instalar un sistema de protección contra el rayo

Los niveles de protección (IV III, II, I) tiene que ver con el % estadístico de rayos que serian captados para un determinado nivel. Como se vera mas adelante este nivel y su correspondiente % tiene que ver con la intensidad de corriente que los rayos y el nivel será tanto menos cuanto mayor sea la intensidad de los rayos que queremos captar.

Para los cálculos de N_c y N_d ver ANEXO B DE LA NORMA UNE 21186 "Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado"

PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO – EL PARARRAYOS

La protección contra el rayo, cuando se haya visto que es necesaria se basa en sistemas de dos tipos :

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

Los dos sistemas son complementarios y en muchas ocasiones se requiere ambos.

El pararrayos inventado por Benjamín Franklin ha sido históricamente el sistema habitual de protección contra el rayo. En su disposición mas simple consta de una punta metálica unida a tierra mediante un cable conductor

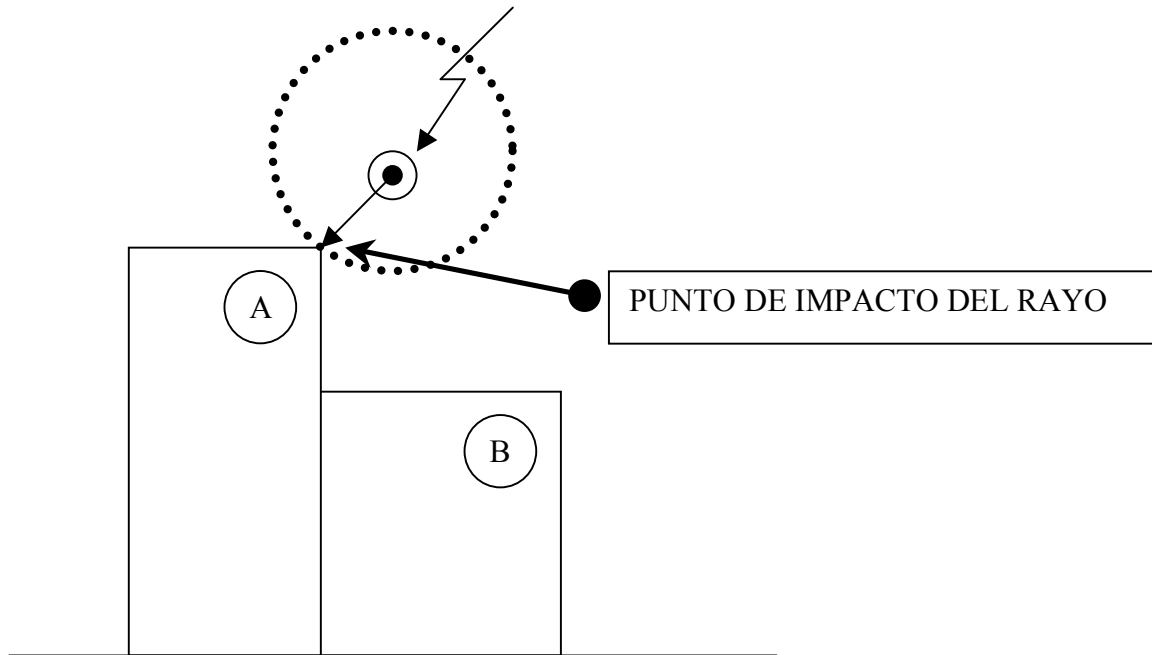
La mejora mas importante que se ha efectuado en este campo es el incorporar al pararrayos sistemas que permiten efectuar un avance de cebado incrementando con ello el radio de protección y seguridad

RAPTOR es un pararrayos con un gran avance de cebado 72 mseg. Que permite incrementar la eficacia de la protección con una considerable reducción de costes y de estructura.

El incremento de eficiencia de los P.D.C. (pararrayos con dispositivo de cebado) se fundamentan en la teoría de la esfera rodante y en el incremento de avance de cebado.

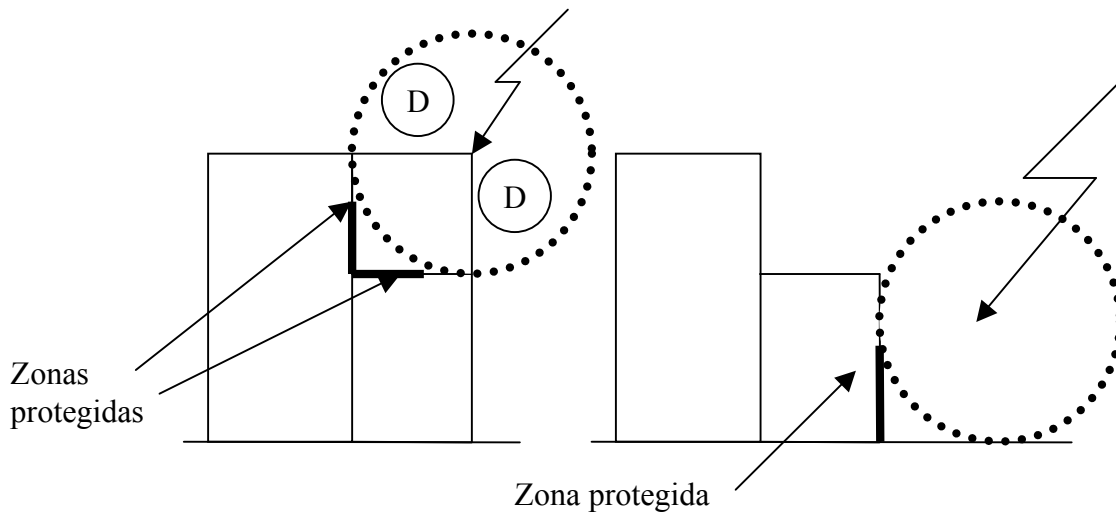
MODELO TEÓRICO DE ESFERA RODANTE

La teoría de la esfera rodante esta basada en la suposición de que el punto de impacto de un rayo queda definido cuando el líder descendente esta a una distancia determinada de un punto de una estructura (edificio, objeto o suelo)

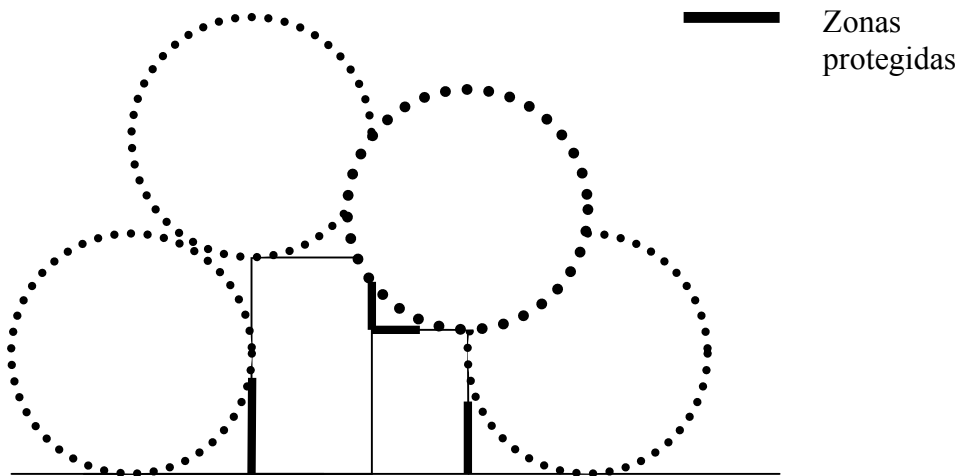


A esta distancia D se le denomina distancia de cebado y representa la distancia máxima entre la punta del trazador descendente y un punto de la estructura que puede ser impactado

Si existen dos puntos de la estructura tales que están a distancia D y con ello otros puntos quedan fuera de la esfera ficticia de radio D. Estas automáticamente quedan protegidas



El paso de la esfera rodante por una estructura, nos dirá las zonas que están protegidas y las que no lo están



Naturalmente algunas zonas estarán protegidas a costa del impacto en otras zonas de la estructura o del suelo

La distancia de cebado D depende de la intensidad de corriente del rayo y es tanto mayor cuanto mayor es la intensidad

$$D = 10 \cdot I^{2/3}$$

Intensidad KA -----	3	10	15	30	60	120
Distancia de cebado en m.-----	21	46	61	96	153	243

EL AVANCE DE CEBADO

Los pararrayos con avance de cebado como RAPTOR producen un líder ascendente, un tiempo antes Δt (avance de cebado) que una punta convencional Franklin

Si multiplicamos Δt por la velocidad del líder tendremos el incremento de distancia Δt recorrido por el líder, respecto a lo que habría recorrido si procediera de una punta Franklin.

$$\Delta L \text{ (m)} = V \text{ (m /}\mu\text{s)} \cdot \Delta t \text{ (m /}\mu\text{s)}$$

Así la distancia de cebado D de la punta Franklin se vería incrementado en ΔL en el pararrayos con dispositivo de cebado dando una distancia de cebado mayor $D + \Delta L$ y por tanto mayor radio de protección.

AVANCE DE CEBADO DE RAPTOR

Como puede verse según informe del LABORATORIO CENTRAL OFICIAL DE ELECTROTÉCNICA, nuestro pararrayos presenta una zona de cebado Δt de :

$$\Delta t = 72 \mu s$$

LABORATORIO CENTRAL OFICIAL DE ELECTROTÉCNICA

Informe de Ensayos N° 200307350355. Pág. 8 de 8

5. RESULTADOS

En el anexo A que acompaña a este informe, se presentan los listados obtenidos de tiempos de cebado del trazador ascendente para cada descarga.

Los tiempos medios de cebado, $\langle T'_{PDC} \rangle$ y $\langle T'_{PR} \rangle$, obtenidos respectivamente como media de los instantes de cebado de cada serie, se han referido a la curva de referencia correspondiente, tal como se indica en el apartado C.4.2. de la Norma, a fin de obtener los tiempos de cebado $\langle T_{PDC} \rangle$ y $\langle T_{PR} \rangle$, cuya diferencia $\langle T_{PR} \rangle - \langle T_{PDC} \rangle$ constituye el "Avance en el Cebado", t .

Los resultados obtenidos en el ensayo se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados del ensayo.

Tiempo medio de cebado para el pararrayos de referencia $\langle T'_{PR} \rangle$	Tiempo medio de cebado para el pararrayos PDC $\langle T'_{PDC} \rangle$	Diferencia entre los tiempos medios obtenidos experimentalmente $\langle T'_{PR} \rangle - \langle T'_{PDC} \rangle$	Avance en el cebado t $\langle T_{PR} \rangle - \langle T_{PDC} \rangle$	Incertidumbre de las medidas (*) $\pm 13 \mu s$
313,3 μs	257,2 μs	56,1 μs	72 μs	

(*) Incertidumbre calculada en base a los resultados del estudio de viabilidad metrológica realizado en este LCOE.

INTENSIDAD Y FRECUENCIA DE RAYOS

Cuanto mayor es la intensidad del rayo, mayor es su peligrosidad, de ahí que todo pararrayos debe proteger en todo caso de los rayos a partir de una intensidad

Veamos primero una relación de intensidades y frecuencias

- Solo el 5 % de los rayos negativos tiene una intensidad mayor de 90 KA
- El 80 % de los rayos negativos tiene una intensidad mayor de 20 KA
- El 98 % de los rayos negativos tiene una intensidad mayor de 4 KA

Así pues solo el 2% de los rayos tiene una intensidad menor de 4 KA y serán además los menos dañinos (pero también contra los que será más difícil protegerse)

NIVEL DE SEGURIDAD

Teniendo en cuenta las intensidades de corriente del rayo, frecuencia de esas intensidades y la distancia de cebado (en función de la intensidad) podemos comprender la tabla

Norma une 21186: 1996 /1M:2009

Niveles de protección

Tabla- Parámetros asociados al rayo y niveles de protección

	Niveles de protección					
	IV	III	II	I	I+	I++
Corriente de cresta de la esfera ficticia, I (kA)	16	10	5	3	*	**
Radio de la esfera ficticia, D (m)	60	45	30	20	*	**
Corriente máxima de cresta, kA	100	100	150	200	*	**
Corriente mínima de cresta, kA	16	10	5	3	*	**
Eficacia de la protección	80%	90%	95%	98%	99%	99,9

* Nivel I+: Estructura protegida por PDC

El conjunto constituido por el PDC, su(s) bajante(s) y su(s) toma(s) de tierra conectadas con las armaduras metálicas continuas o con el hormigón armado que sirven de bajantes naturales complementarias. Esta conexión debe realizarse a nivel de la cubierta y el suelo. En el caso de que las bajantes no estén

interconectadas a nivel de cubierta, un anillado en la cubierta del edificio puede reemplazar esta función. Las bajantes naturales deben estar interconectadas entre ellas a nivel del suelo bien por un conductor de la cimentación o bien un conductor a tal efecto.

En caso de no existir bajantes naturales o no poder cumplirse alguna de las anteriores condiciones, el nivel I+ no puede obtenerse.

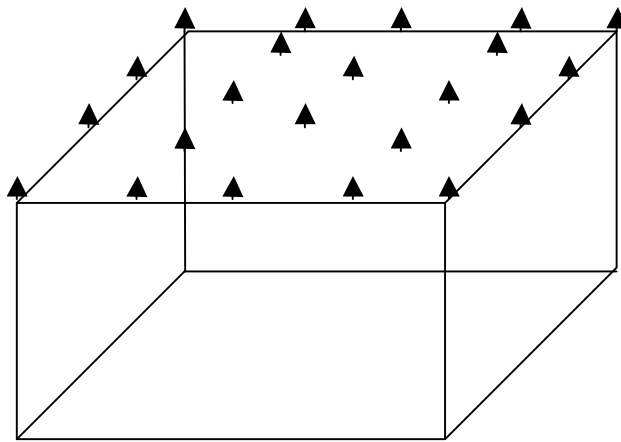
** Nivel I++: Estructura protegida por PDC de Nivel I+ con reducción del radio de protección del 40%

VENTAJAS DE RAPTOR RESPECTO A PUNTAS FRANKLIN

Para ver las ventajas de RAPTOR respecto a puntas Franklin veamos un ejemplo

Según se ve en la figura para una estructura de 50 x 50 metros con 20 metros de altura, si queremos una protección de nivel II (esfera rodante de 45 m) necesitamos 22 puntas Franklin.

Hay que tener en cuenta que cada punta franklin necesitara una bajante así como su correspondiente toma de tierra.



El conjunto de materiales unido al costo de la instalación supone una cantidad que la hace poco viable económicamente

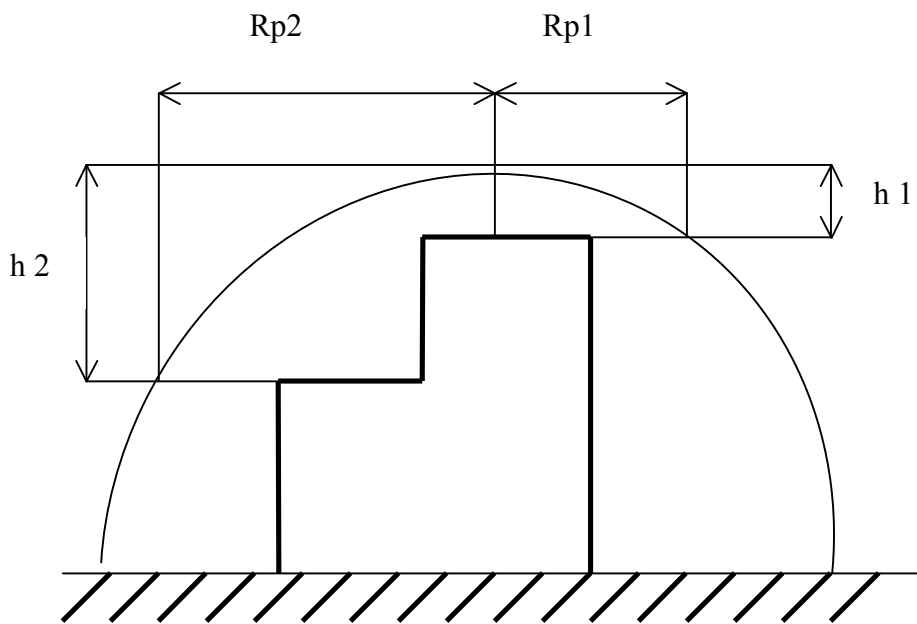
Por el contrario con un solo RAPTOR ubicado en la parte central de la cubierta, cubriríamos completamente la estructura con ese mismo nivel II de protección

Para este caso la comparación sería:

1 RAPTOR = A 22 PUNTAS FRANKLIN

En general y aunque no en todos los casos la diferencia es tan abultada, manteniendo el mismo nivel de seguridad, técnica y económicamente será mas adecuado colocar un RAPTOR que puntas Franklin

RADIOS DE PROTECCIÓN DE RAPTOR



Según la norma UNE 21186:1996/1M:2009 los radios de protección R_p . representados en la figura se pueden calcular según la formula

$$R_p = \sqrt{2Dh - h^2 + \Delta L (2D + \Delta L)}$$

Esta fórmula será válida siempre que h sea mayor o igual a 5 metros. Para valores de h inferior a 5 metros consultar las gráficas de la mencionada norma UNE 21186 h es la distancia que hay entre la punta del pararrayos y el plano horizontal que pasa por el vértice del elemento a proteger

D es la distancia de cebado en función del nivel de protección

20 m para el nivel de protección	I
30 m “ “ “	II
45 m. “ “ “	III
60 m “ “ “	IV

ΔL es el incremento de la distancia de cebado, en nuestro caso 72 m. y según ANEXO A de la Norma une 21186: 1996 /1M:2009 se limitan a 60m.

Radios de protección de RAPTOR en función del nivel de seguridad

Distancia de la estructura a proteger	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV
5 metros	78	86	97	106
10 metros	79	88	99	109
20 metros	80	89	102	113
45 metros	76	89	105	119

TOMA DE TIERRA PARA PARARRAYOS

La misión, de un pararrayos es captar una cantidad, enorme de energía que a través de las bajantes mandará a la toma de tierra, la cual la dispersará en el terrenos

Es obvio que atraer semejante cantidad de energía y no darle salida adecuada es contraproducente y naturalmente peligroso

Así pues la toma de tierra cobra una importancia capital y requiere conocimiento y criterio para ejecutarla de tal manera que realmente vayamos en el camino de incrementar la seguridad de la instalación

Como estamos a frecuencias del Megahertzio cobran importancia tanto los efectos inductivos como los capacitivos y en ese caso lo que deberíamos medir es la impedancia de tierra y no la resistencia de tierra (a frecuencias normales en las instalaciones eléctricas, ambos valores coinciden)

Así pues en este caso será la impedancia la que nos indicará el nivel de peligrosidad. Sin embargo lamentablemente no existe en el mercado aparatos de uso común que midan la impedancia, por lo que nos vemos obligados como mal menor a medir la resistencia con el telurómetro

Hay que notar que el valor de resistencia, puede ser extremadamente diferente del valor de la impedancia por lo que teniendo en una instalación un valor de resistencia de tierra bajo podría estar en condiciones de seguridad malas (con impedancia muy alta)

Para que resistencia e impedancia vayan en el mismo sentido deberemos

- 1) Buscar una resistencia lo mas baja posible y en todo caso no superior a 10 Ω
- 2) Procurar que la instalación de tierra (desde el primer punto de acceso a tierra) sea lo menos extensa posible
- 3) Evitar los electrodos o instalaciones de gran longitud, tanto vertical (pozos) como horizontal serán siempre preferibles varios electrodos en diferentes direcciones que uno solo de gran longitud

- 4) Toda la mejora que se efectúe en el terreno para incrementar su conductividad redundara en un menor grado de instalación y por tanto en que se parezca mas la resistencia y la impedancia

ELECTRODO RECOMENDADO PARA LA TOMA DE TIERRA



El electrodo de grafito esta pensado para instalaciones de toma de tierra donde se necesita eficacia, seguridad y perdurabilidad

Por su constitución química es altamente resistente a la corrosión, muchas veces más que el acero o el cobre, lo cual hace que la duración en perfectas condiciones de la instalación sea mucho mayor que con electrodos convencionales

Además este electrodo aporta una alta superficie de contacto con el terreno mejorando el paso de la corriente al suelo. En si mismo su resistividad eléctrica propia puede equipararse a la de algunos metales

CARACTERISTICAS TECNICAS

- Dimensiones de electrodo Ø 115 x 630
- Superficie total > 2400 cm.²
- Resistencia entre extremos < 0,05 Ω
- Conexión del cable mediante tornillo M8 en manguito de unión
- Peso 14 Kg.

INSTALACION Y TRATAMIENTO CON ION-FORTE

- 1- Efectuar perforación de Ø 160 x 1200
- 2- Depositar verticalmente el electrodo de grafito
- 3- Conectar el cable y proteger la conexión con MASSA Incorporada en ION-FORTE
- 4- Rellenar con tierra (sin piedras) hasta la cabeza del electrodo
- 5- Vaciar en el hueco justo sobre la cabeza del electrodo las dos garrafas de ION-FORTE y dejar penetrar completamente en el terreno
- 6- Rellenar completamente el hueco

ELECTRODO DE GRAFITO ACTIVADO CON ION-FORTE

SUPERACTIVADOR DE TERRENOS



ION FORTE

Comex dispone de un conjunto de activadores de terrenos para generar grandes descensos de la resistencia de tierra

TERRAL-LIQUIDO Activador para instalaciones habituales

ION-FORTE Especial para instalaciones de electrodo único y cuando se busca la máxima activación y perdurabilidad

PROGAS Diseñado para activación de tomas de tierra de Instalaciones petroleras gas, gasolineras, zonas corrosivas etc.
(El producto tiene un alto poder anticorrosivo)

Más información en www.tomasdetierra.com

- 5) Cuando la tierra sobre la que debemos instalar es alta resistividad y/o pedregosa conseguir valores inferiores a 10Ω será complicado pero en todo caso es preferible efectuar activaciones de los electrodos instalados (Con TERRAL-LIQUIDO ION-FORTE PROGAS) que incrementan la extensión de la toma de tierra

Nota opcional Ver el capítulo 4 Tomas de Tierra de la norma UNE 21186: 1996

Por otra parte cabe mencionar, que aunque el pararrayos este en una estructura o edificio que tiene toma de tierra, el pararrayos, debe tener una toma de tierra propia, que medida independientemente debe tener los valores y características mencionadas anteriormente

Adicionalmente esa toma de tierra propia del pararrayos, que cumple las condiciones mencionadas, debe unirse posteriormente a la toma de tierra de la estructura general.

PARARRAYOS Y PROTECCIÓN ABSOLUTA

La pregunta que puede plantearse a la hora de colocar un pararrayos RAPTOR sería:

¿Tendré la seguridad absoluta de que el rayo que se acerque a mi estructura será captado por RAPTOR y por tanto no impactará en otras partes de la estructura?

Al respecto indicar que la propia norma UNE 2186: 1996 dice:

“Una instalación de protección contra el rayo diseñada y realizada conforme a norma, no puede, como todo proceso en el que intervienen elementos naturales, asegurar la protección absoluta, de las personas o los objetos”

Lo que si se puede asegurar es que con el empleo de RAPTOR y con un adecuado diseño de la instalación se puede reducir de forma significativa el riesgo de daño.

Si nosotros buscamos maximizar la seguridad diseñaremos la instalación con Nivel - I asumiendo que en estas condiciones el pararrayos captaría todos los rayos de una intensidad mayor de 4 KA (que estadísticamente representan el 98 % de los rayos que podrían caer sobre la estructura)

Naturalmente aun con Nivel – I no estaríamos protegidos de la posibilidad de impacto en la estructura de rayos con intensidad menor de 4 KA

Adicionalmente los rayos de mas de 4 KA serian captados por el pararrayos suponiendo que la esfera rodante tiene la misma dimensión tanto en el suelo como en los diferentes puntos de la estructura, lo cual equivaldría a decir que todos los puntos del terreno y todos los puntos de la estructura (excepto el pararrayos) tiene la misma probabilidad de emitir lideres ascendentes y con la misma intensidad

Como es obvio la naturaleza es mas compleja que nuestras teorías y existe documentación y pruebas suficientes para saber que esta homogeneidad no es real. En este sentido cabria pues la posibilidad de que una estructura bien diseñada y supuestamente protegida, fuera impactada por un rayo de intensidad claramente mayor de 4 KA

Estas conclusiones de protección relativa son validas para cualquier sistema de protección de pararrayos, puntas Franklin, faradización o pararrayos con dispositivo de cebado

Así pues, con RAPTOR tendremos un sistema, que instalado adecuadamente, si bien no puede eliminar los riesgos asociados al impacto del rayo, si que los puede minimizar al máximo

NORMAS APLICABLES

Las normativa aplicable a pararrayos es la siguiente

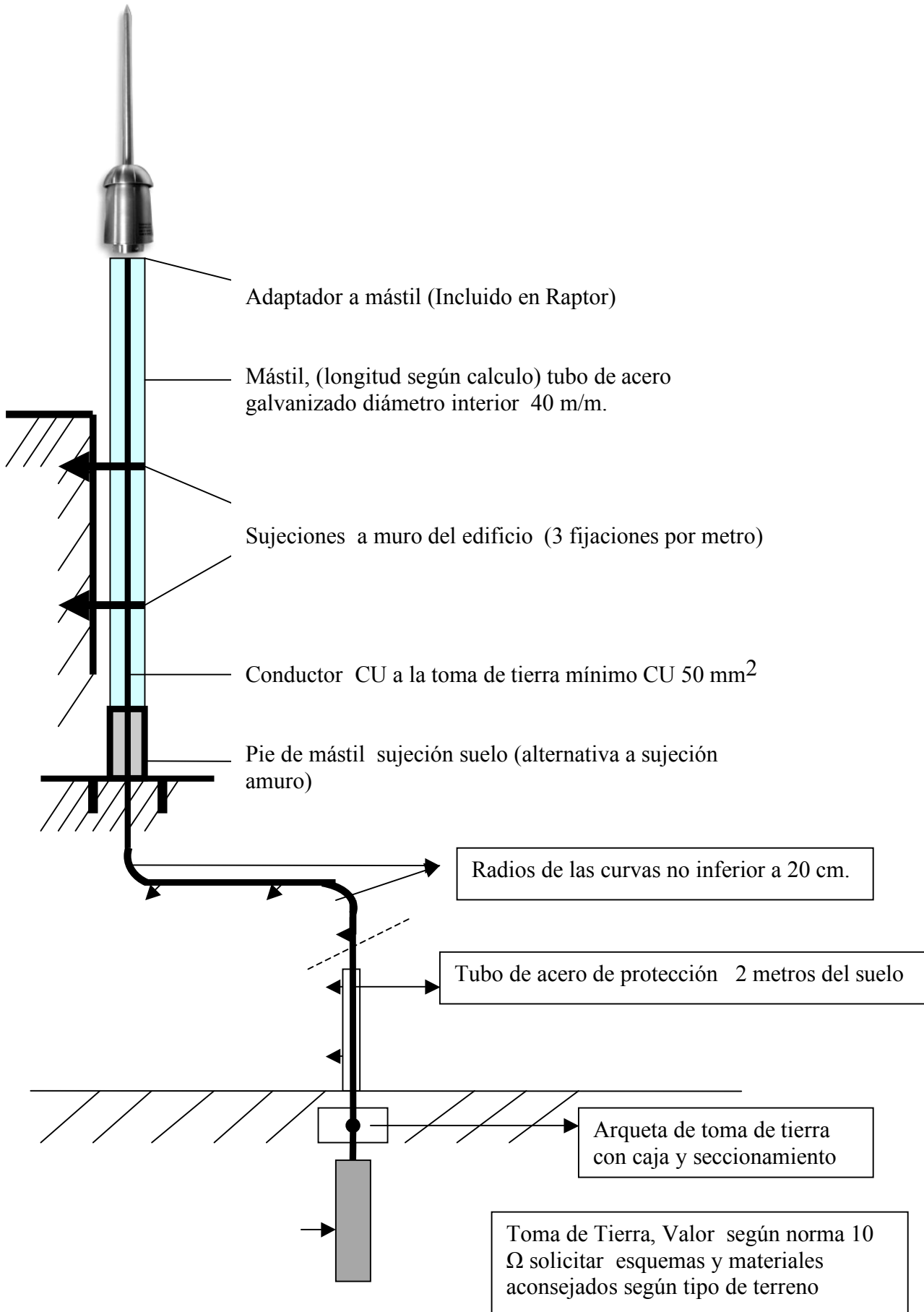
- Norma UNE 21185 Julio 1995
Protección de las estructuras contra el rayo y principios generales
- Norma UNE 21186 Julio 1996
Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado
- Norma francesa NF C 17-103 de Julio 1995

Protección des structures et des zones ouvertes contre la foudre paratonnerre a dispositif d'amorçage

Recomendamos a los instaladores que coloquen pararrayos que dispongan al menos de la norma UNE 21186 disponible en AENOR (Tel. 914326000)

DATOS Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE RAPTOR

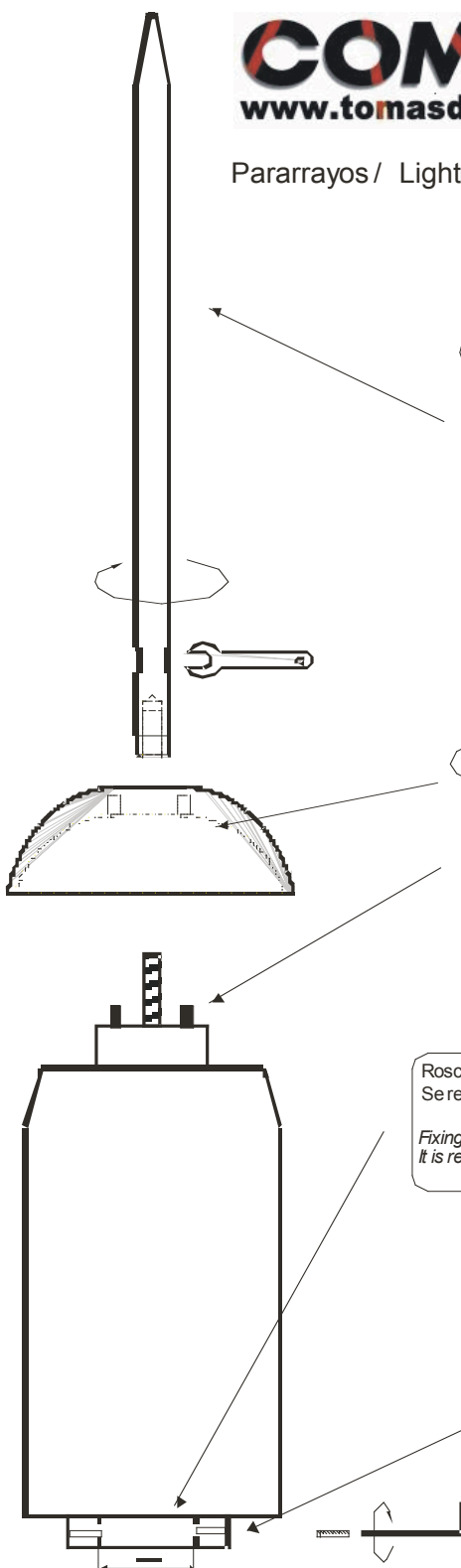
- + Pararrayos con dispositivo de cebado
- + Avance de cebado 72 micro segundos
- + Fabricado según norma UNE 21186
- + Ensayo de funcionamiento según norma UNE 21186
- + Peso incluido adaptador 3, 7 Kg.
- + Altura (de base a punta) 0,5 metros



Cod: 15601042

Pararrayos / Lightning rod

RAPTOR



2 Montar las dos piezas de la punta sobre el cabezal, apretandolas con una herramienta adecuada.
Assemble the two pieces of the superior rod, by screwing each other with a suitable tool.

1 Colocar la pieza superior sobre el cuerpo del pararrayos encajando los centradores.
Locate the superior cover on the body part and secure the right position with the positioning body screws.

Rosca de fijación del cabezal a mástil: M30x1,25
Se recomienda utilizar las piezas de adaptación cabezal-mástil
*Fixing basic screw of the lightning rod body to the mast: M30x1,25
It is recommended to use the adapting piece body-to-mast*

3 Apretar con la llave allen suministrada los 3 tornillos que sujetan la punta.
Screw-in strongly the 3 allen screws in order to fix the superior rod. Use the allen tool provided with the kit.