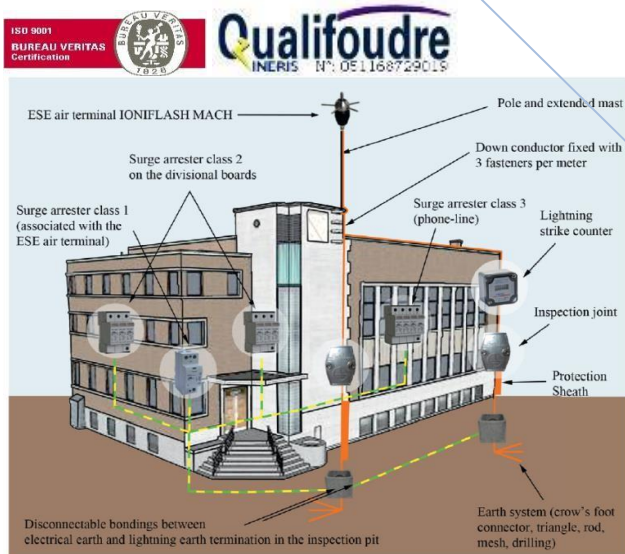


FRANCE[®]
PAR TONNERRES

MGI

Soluciones en Ingeniería Eléctrica



**Desde hace más de
27 años nos
dedicamos a los
sistemas de
protección contra
descargas
atmosféricas.**

**Dpto. Técnico MGI Ingeniería S.A.
27/06/2.024**

PREÁMBULO

Este diseño de protección contra rayos se presenta en pleno cumplimiento de los estándares internacionales definidos para proyectos de sistemas de protección contra rayos: IEC 62305/3 Edición 2.010.

Queremos llamar su atención sobre el hecho de que las normas de protección contra rayos se basan en estudios estadísticos, y experimentos científicos, y que, como todo fenómeno natural, no puede ser totalmente dominado y protegido en su objetivo. Se desea limitar los daños sufridos por impactos de rayos a los seres humanos y estructuras de acuerdo con las leyes y normas:

Al igual que en el caso de todo lo relacionado con los elementos naturales, un sistema de protección contra rayos diseñado e instalado de conformidad con esta norma "puede no, al igual que todo lo relacionado con los elementos naturales, garantizar la protección absoluta de la estructura, las personas u objetos; sin embargo, la aplicación de estos documentos debe reducir significativamente el riesgo de daños debido a rayos en estructuras protegidas".

NF EN C 17-102: 2011

"Las medidas de protección especificadas en la norma IEC 62305-3 e IEC 62305-4 son eficientes si los parámetros de corriente de rayo están dentro del nivel definido por el diseñador. Esta es la razón por la que la eficacia de una medida de protección se supone igual a la probabilidad de que los parámetros de corriente de descarga estén dentro de este campo. Para los parámetros fuera de este campo, un riesgo de daño residual persiste".

IEC 62305-1: 2010

En cuyo caso, el objetivo de este diseño de protección contra rayos es proporcionar directrices y prescripciones para el sistema de protección contra rayos, pero la responsabilidad de MGI INGENIERÍA no cubrirá daños producidos por impactos de rayos después de la aplicación de este estudio.

MGI INGENIERÍA no asumirá entonces la responsabilidad.

I. Normas de protección contra rayos

Este diseño se lleva a cabo de conformidad y respeto de las normas siguientes con toda su fuerza, y se actualizará de acuerdo con su revisión, en la fecha de realización del proyecto.

Normas de protección contra rayos:

El IEC publicó en 2006 una serie de normas actualizadas en 2010 para protección contra rayos.

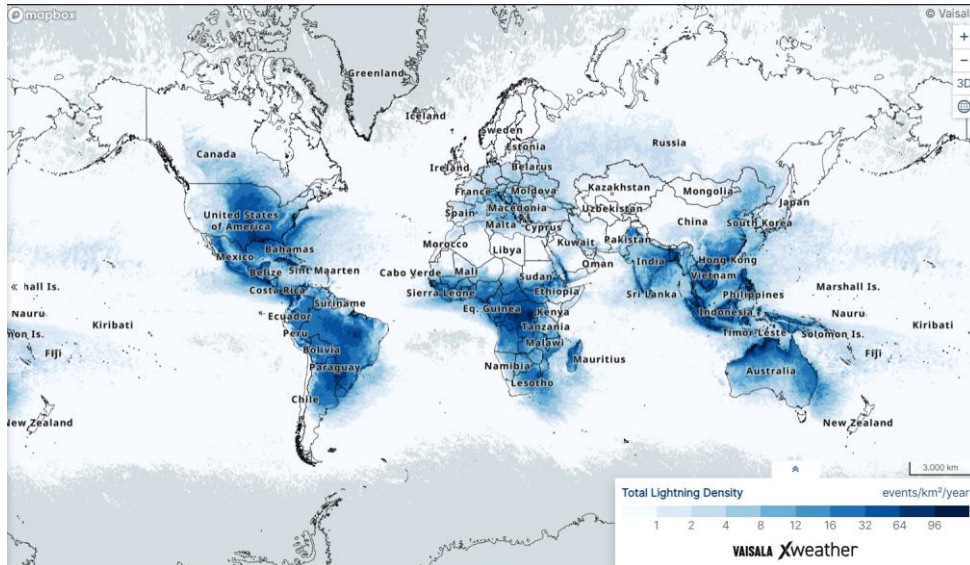
- IEC 62305 -1: 2010: Parte 1: Principios generales.
- IEC 62305-2: 2010: Parte 2: Evaluaciones de Riesgo.
- IEC 62305-3: 2010: Parte 3: Los daños físicos a las estructuras y peligro de muerte.
- IEC 62305-4: 2010: Sistemas eléctricos y electrónico dentro de las estructuras: Parte 4.

Por su parte NF publicó las siguientes normas:

- NF ES C 61643 -11: 20 11 Dispositivos de protección contra sobretensiones de baja tensión - Parte 11: dispositivos de protección contra sobretensiones conectados a los sistemas de energía de baja tensión - Requisitos y métodos de ensayo.
- NF EN 61643 C -12: 2008 Dispositivos de protección contra sobretensiones de baja tensión- Parte 12: dispositivos de protección contra sobretensiones conectados a los sistemas de distribución de energía de baja tensión - Selección y principios de aplicación.
- NF EN 61643 C -21: 2000 Dispositivos de protección contra sobretensiones de baja tensión - Parte 21: dispositivos de protección contra sobretensiones conectados a redes de telecomunicaciones y señalización - Requisitos de funcionamiento y métodos de prueba.
- NF EN 61643 C -22: 2000 Dispositivos de protección contra sobretensiones de baja tensión- Parte 22: dispositivos de protección contra sobretensiones conectados a redes de telecomunicaciones y señalización - Selección y principios de aplicación.
- NF ES C 15-100: 2 002 Instalaciones eléctricas de BT.
- NF EN C 17- 102: 2011 sistemas de protección contra rayos por avance de cebado.
- UTE C 17- 108: 2004 Evaluación de Riesgos simplificado.

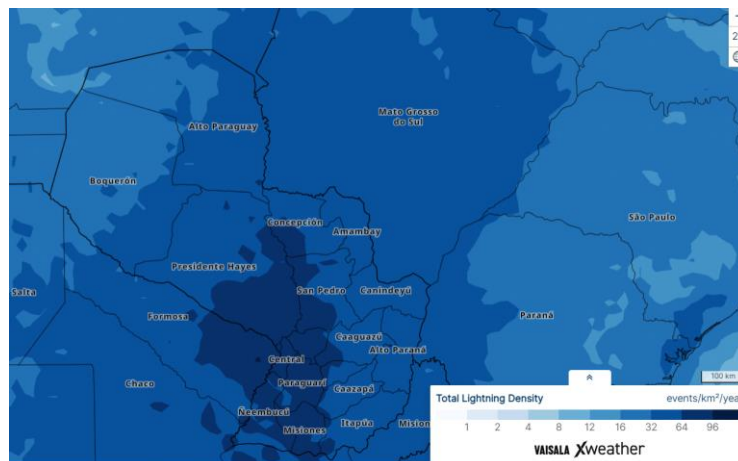
II. Evaluación de Riesgos: Evaluación de la densidad de rayos

En el diseño de un sistema de protección contra rayos, la evaluación del riesgo rayo que conduce al valor de la frecuencia de relámpagos en la zona, es un factor decisivo. Este es un análisis de modelización matemática de la estructura, su posición, situación, dimensiones y entorno.



Nivel Isoceránico en el mundo (fuente vaisala.com)

Para cada estructura, y cada elemento, los datos deben ser recogidos, dependiendo de la zona del proyecto.



Nivel isoceránico de Paraguay (fuente vaisala.com)

VALOR	DESIGNACION	VALOR
L, W, H	Dimensiones de la estructura	L = 186 m W = 119 m Hmax = 10 m
Ng	Densidad de impactos (No de descargas de rayo /Kilómetro cuadrado/año)	20

III. Estudio de evaluación de riesgo de rayos

Este estudio se basa en la norma IEC 62305-2 o NFC 17-102.

Ha sido realizado con el software IONEXPERT 3000 desarrollado por Francia PARATONNERRES.

France Paratonnerres - ION-EXPERT 3000

R1 = 1,090E-03 R2 = 1,089E-03 R3 = 1,089E-03 R4 = 1,308E-03

Edificio | Calculos | Analisis del riesgo

Fecha: 27/6/2024

Descripcion del proyecto: Estudio de riesgo edificio Q

Superficie equivalente de exposicion: L (m): 186,00 H (m): 10,00 Superficie (m²): 22.134,00 Ad = 43261
W (m): 119,00 Alturamax (m): 10,00 Valor Ng: 20

Tipo de localizacion del edificio: aislado Sitio sujeto a una reduccion del 40%: sí

Natura del sotano: DESCONOCIDO Peligros especificos: ningun riesgo Proteccion contra el incendio: manual / automatica
Intervencion de los bomberos: menos de 10 minutos Riesgo de incendio: Ordinario Tipo de protecciones: aislamiento electrico del conducto

Descripcion de la zona:

tipo de suelo interior: hormigon Tipo de superficie en parte alta del suelo, en el perimetro del edificio: tierra
Occupacion: Al interior del edificio
Utilizacion principal (Lf): Edificios civiles
Tipo de productos almacenados o manufacturados (Lo): Ningun riesgo

Informacion
Tipo de red: TN-C
Tension de funcionamiento: 440V
Numero de lineas: Trifasico + Neutro

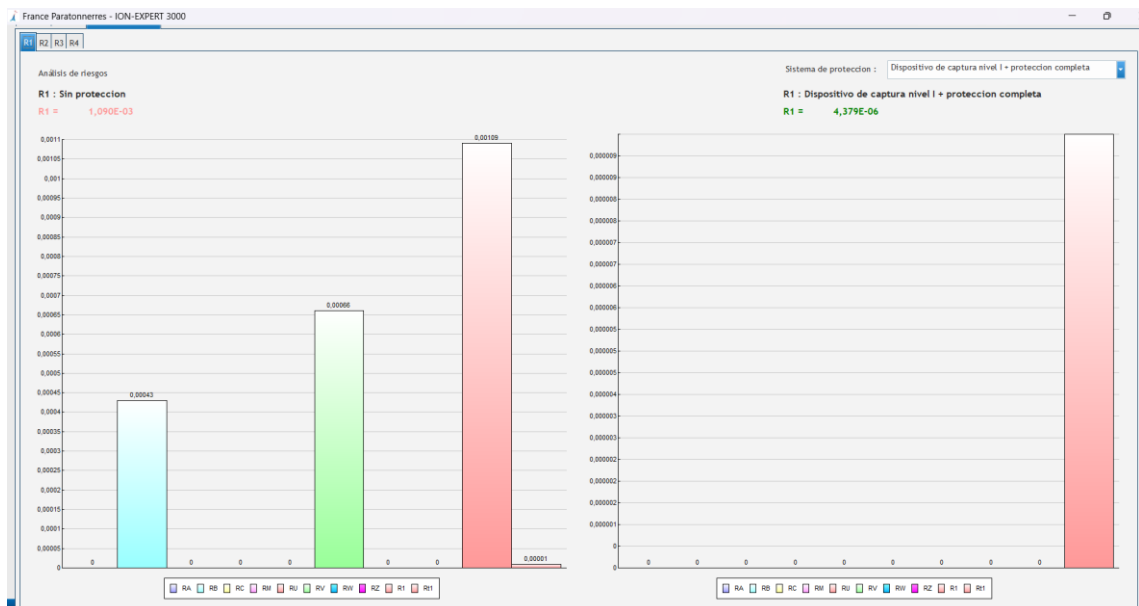
Los riesgos económicos tolerables (R4)
Los riesgos económicos tolerables (R4): 1 pérdida en 10 años

Linea de potencia aerea BT y su red interno

Longitud de la línea: 1.000 Altura de la línea: 0 Altura (m) de la estructura conectada en la extremidad del servicio: 0 Altura (m) de la estructura conectada en la extremidad del servicio: 0
Transformador: Ninguno Mantenimiento de las redes internas: 1.5
Factor de emplazamiento de la línea: Proteccion contra sobretensiones coordinadas: Ningunos protectores contra sobretensiones coordinadas
Factor de entorno de la línea: Blindaje de línea: 1
Precauciones de instalacion de cables: Cable con blindaje, con resistencia del blindaje $5 < R_s < 20$ O/km Tipo de servicio:

Para el proyecto Edificio Q, el estudio da un riesgo de pérdida humana R1 de 1,090e-3 (mayor que el tolerable).

Estos son los resultados generados por ordenador para el proyecto Edificio Q:



Mediante la aplicación de una protección contra rayos de nivel I, el riesgo R1 se reduce por debajo del riesgo tolerable: R1 = 4,379e-6

Conclusión Evaluación de Riesgos de la IONEXPERT 3000:

A - El nivel de protección requerido: Nivel de protección I.

B- También se requiere la protección SPD - Nivel de protección I.

III. Estudio técnico: Propuesta de diseño de protección contra rayos

1. Diseño de protección contra impacto directo de rayo - Elección de la tecnología:

El sistema de protección contra rayos debe ser diseñado teniendo en cuenta la disposición del edificio y toda la información necesaria indicada por el cliente (contenido del centro comercial, el tipo de equipo a ser instalado).

El diseño SPDA (sistema de protección contra descargas atmosféricas) se basa en los siguientes criterios:

- Reducción significativa del riesgo de daños debido a descargas atmosféricas (véase el preámbulo)
- Diseño de protección contra rayos económicamente logrado; el costo de un SPDA cada vez impacta más en el costo global del proyecto (cobre de 50 mm² por conductores de bajada).

Por lo tanto, un SPDA rentable con un estudio completo debe ser presentado, en correlación con las necesidades reales del proyecto.

El 95% de los recursos mundiales de cobre se han consumido durante el siglo XX y la disponibilidad de dichos recursos es ahora evaluada en no más de 25 años.

El desarrollo sostenible prescribe absolutamente que se utilicen los recursos de cobre con responsabilidad y conscientemente, así como la duración de la vida del sistema, la falta de obsolescencia programada es muy recomendable.

A continuación, los diferentes sistemas de protección disponibles:

Figura 1: Punta Franklin simple 30 kgs / coeficiente de costo en base 100 =400

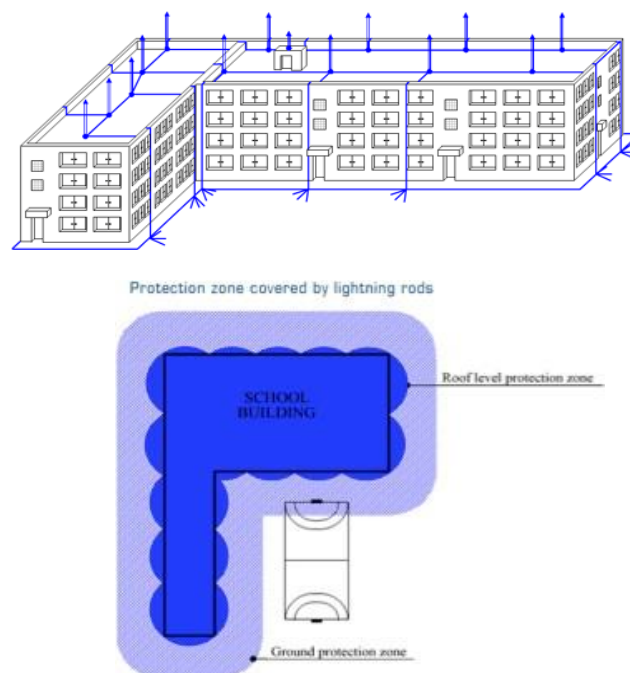


Figura 2: Jaula de Faraday 300 kg / costo eficiente en base 100 = 1000

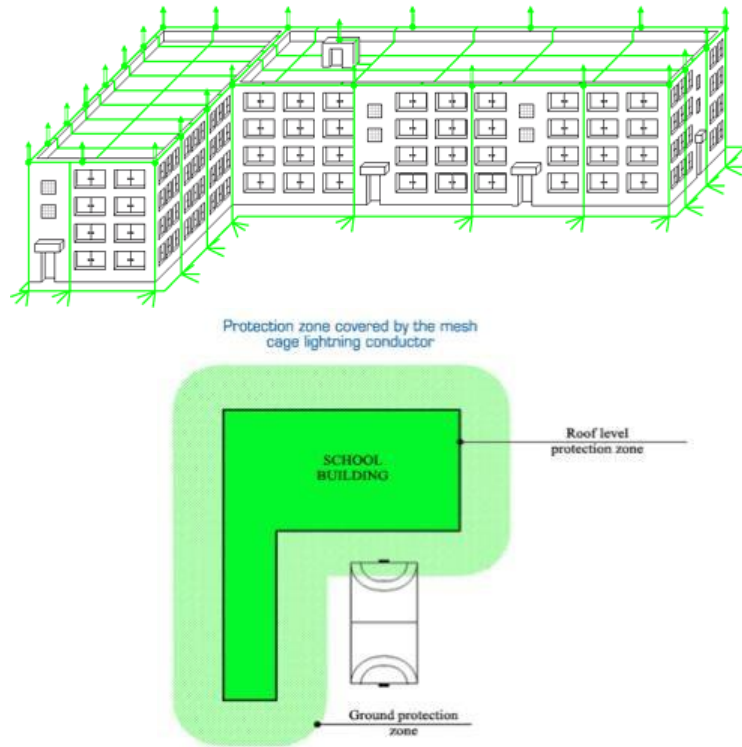
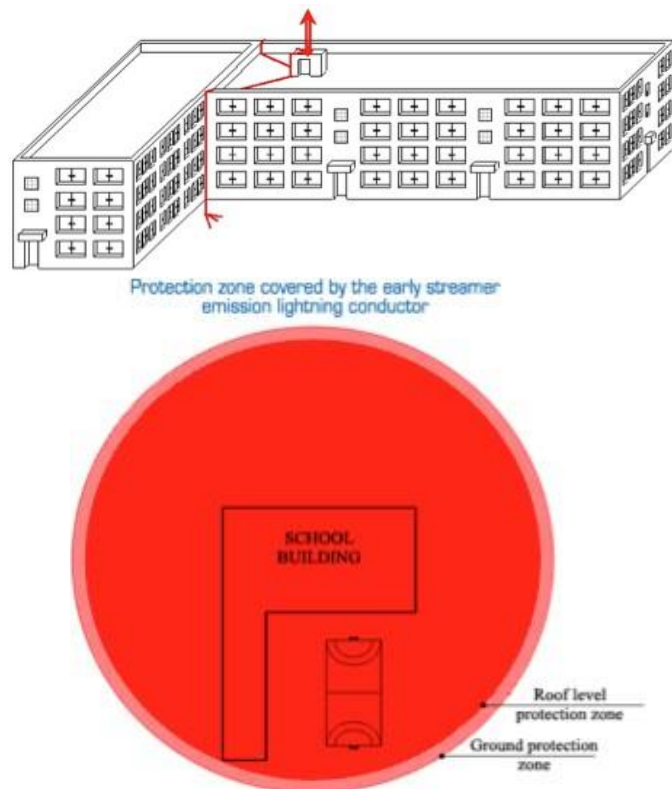


Figura 3. Tipo ESE 50 kg / costo eficiente en base 100 = 100)



Atención: Todos los productos como sistemas "disipadores" o, sistemas "repulsores" están excluidos de toda norma nacional e internacional, y por lo tanto no se consideran en nuestro estudio.

2. Propuesta de sistema de protección contra impacto directo de rayos:

a) Terminal aérea tecnología ESE (FRANCE PARATONNERRES).

Esta tecnología tiene experiencia en resultados de más de 50 años, y más de 30 años de investigación están mejorando el conocimiento de las propiedades físicas de los rayos. Este tipo de pararrayos proporciona una fuerte ionización alrededor del dispositivo de captura fijada en la parte superior de las estructuras, y por lo tanto está ofreciendo una captura fácil y avanzada de los rayos.

Por tanto, los ESE están proporcionando un radio de protección mayor que las Punta Franklin, y son, por tanto, ampliamente utilizados, por su eficiencia. Los ESE son capaces de proporcionar protección contra los rayos a las áreas circundantes, tales como estacionamientos, estadios, áreas abiertas, mientras que una jaula de Faraday convencional protege solamente la estructura del edificio.

b) Diseño del radio de protección ESE

El ESE aporta un radio de protección calculado con la formulación de la norma EN NFC 17-102:

$$R_p(h) = \sqrt{2rh - h^2 + \Delta(2r + \Delta)} \quad \text{for } h \geq 5 \text{ m} \quad (1)$$

and

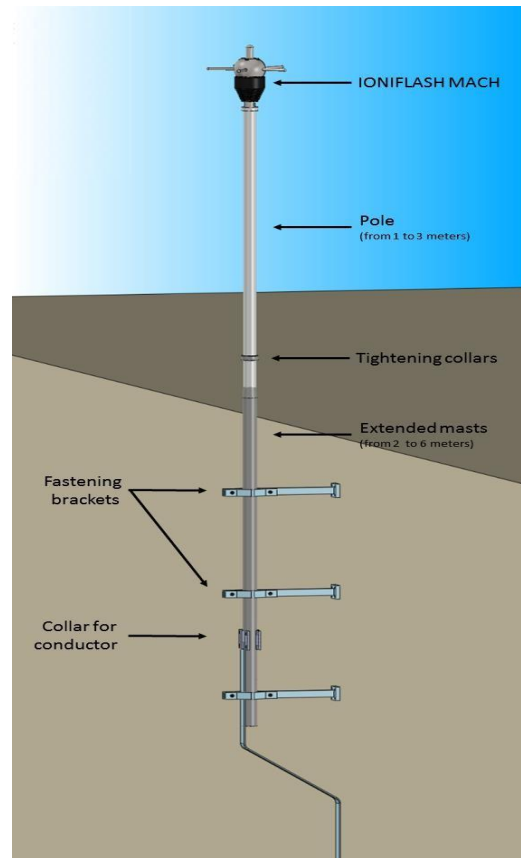
$$R_p = h \times R_p(5) / 5 \quad \text{for } 2 \text{ m} \leq h \leq 5 \text{ m} \quad (2)$$

where

- $R_p(h)$ (m) is the protection radius at a given height h
- h (m) is the height of the ESEAT tip over the horizontal plane through the furthest point of the object to be protected
- r (m) 20 m for protection level I
30m for protection level II
45m for protection level III
60m for protection level IV
- Δ (m) $\Delta = \Delta T \times 10^6$
Field experience has proved that Δ is equal to the efficiency obtained during the ESEAT evaluation tests

Fuente: NFC 17-102 (2011)

Basado en un estudio de evaluación de riesgos de impacto de un rayo del proyecto XXXXXX, un IONIFLASH MACH 45 según la norma NFC 17-102: 2011 con un tiempo de avance de cebado de 45 us tiene una protección del radio de **89 m** para un primer plano de referencia en $h = 5 \text{ m}$ para un nivel de protección **IV**.



- c) El conductor de bajada debe cumplir con la configuración y la sección transversal mínima mencionada en la norma IEC 62305/3 tabla 6 (IEC 62561), y se fija al edificio / mástil, con 3 puntos de fijación por metro. Cada pararrayos debe tener dos bajadas.
- d) Los conductores de bajada deben estar conectados al mástil de acero inoxidable 304 L por medio de un collar de fijación.
- e) El conductor de bajada debe correr por el mástil 304L, y tomar el camino más corto directo por la parte exterior de la estructura para la toma de tierra. Los conductores de bajada deben evitar las esquinas agudas, y preferiblemente, estar situados en partes opuestas de la estructura.
- f) Componentes metálicos situados a una distancia desde el conductor hacia abajo, inferior a la distancia de separación definida, deben estar conectados a dicho conductor, por recomendación de IEC 62305-3 / 6,3.

g) Las fijaciones necesarias son:



- grapa de plástico aislada.
- Uniones equipotenciales han de ser realizadas (banda de cobre estañado 30 x 2 mm) entre los conductores de bajada y las partes metálicas por debajo de la distancia de separación.

h) Comprobación / seguimiento de los LPS:

La parte inferior de cada conductor de bajada debe ser protegido de cuñas accidentales o de cualquier daño por una funda de protección 304L de acero inoxidable fijada al edificio.

En la parte superior de esta protección, de acuerdo con la norma NF EN C17102-2011 5.3.8, 8.2 nota 2, e IEC 62561/6 "impactos de rayos pueden ser registrados por un contador del rayo instalado en una de las bajantes".

A continuación, una junta de control se aplicará sobre la parte superior de protección de acero inoxidable (por lo general de 2 metros sobre el nivel del suelo), con el fin de que los conductores de bajada pueden ser desconectados del sistema de puesta a tierra, para un control regular del valor de la resistencia de tierra.

Una señalización de peligro amarilla debe instalarse cerca de la junta de control para evitar la proximidad de la gente durante el período de tormenta.



El **FLASH Report[®]** contador de impulso tipo rayo asegura todo el SPDA, garantizando el registro de las descargas de rayos.

La utilidad de este dispositivo es proporcionar, de forma permanente a la persona a cargo de la continuidad del funcionamiento del sitio, los datos inmediatos de una descarga, por la comunicación a un teléfono inteligente a través de un sistema de comunicación **Bluetooth[®]** a través de la aplicación "FPT", o directamente en la pantalla.

Este contador también está diseñado para una fácil instalación en cualquier tipo de conductor de bajada y es conforme a la norma EN 62561-6 última revisión.

Su memoria flash de 20 años, o 100 eventos proporciona una seguridad de la información que se puede transferir desde el teléfono inteligente a cualquier otro soporte digital.

Características de I FLASH REPORT contador de impulso tipo rayo:

- Grabación de datos sobre la caída de rayo (fecha, hora, intensidad de corriente).
- Memorización histórica de impacto de rayos y datos de copia de seguridad (20 años y 100 piezas de datos)
- Desvío remoto a un SMARTPHONE a través de una conexión Bluetooth (sistema de comunicación).
- Advertencia visual cuando se excede la fecha de mantenimiento de la instalación de protección contra rayos
- Comprobación del correcto funcionamiento del contador en modo de autocomprobación
- Consulta de eventos a través de botones táctiles
- Visualización en un monitor digital con luz de fondo
- Carcasa impermeable y resistente (IP67)
- 5 años duración de la batería aproximadamente



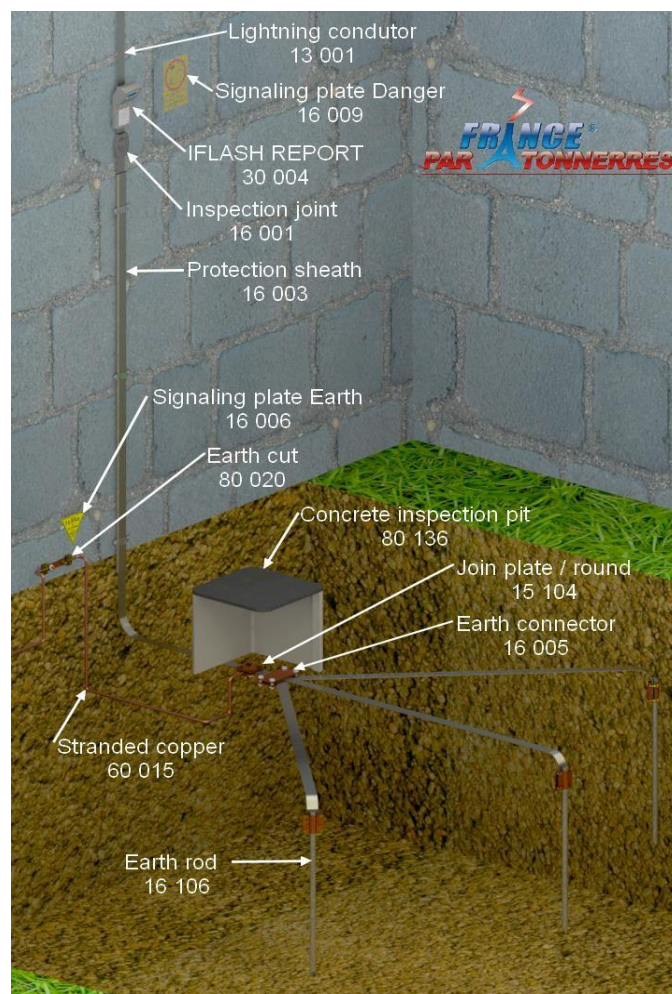
i) Sistema de puesta a tierra:

Los conductores deben estar conectados a tierra correctamente, usando el sistema " tipo B ", según NF EN 17-102: 2011 e IEC 62305 parte 3: sistema de " comprende o bien un anillo conductor externo a la estructura a proteger, en contacto con el suelo durante por lo menos 80% de su longitud total, o de otra manera un electrodo de tierra de cimientos. El conductor de anillo debe ser enterrado a una profundidad de al menos 50 cm y a una distancia de aproximadamente 1 metro de la pared externa.

La medida de la resistividad previa al diseño serán los datos esenciales para determinar el sistema adecuado para instalar. La resistencia de este sistema de puesta a tierra debe ser inferior a 10 ohmios.

Una desconexión de puesta a tierra, en una fosa de inspección, debe vincular el sistema de puesta a tierra eléctrica a los dos sistemas de puesta a tierra del rayo.

A continuación, un ejemplo de sistema de puesta a tierra tipo pata de ganso:



j) Conexiones equipotenciales: IEC 62305-3 requisitos para las conexiones equipotenciales se indica en el párrafo 6.2 Para evitar diferencias de potencial peligrosas entre todos los equipos una conexión de baja impedancia es requerida. Además, una red de este tipo de unión también reduce el campo electromagnético, la creación de interferencias y daños a la red de datos.

2. Diseño de protección contra rayos indirecta:

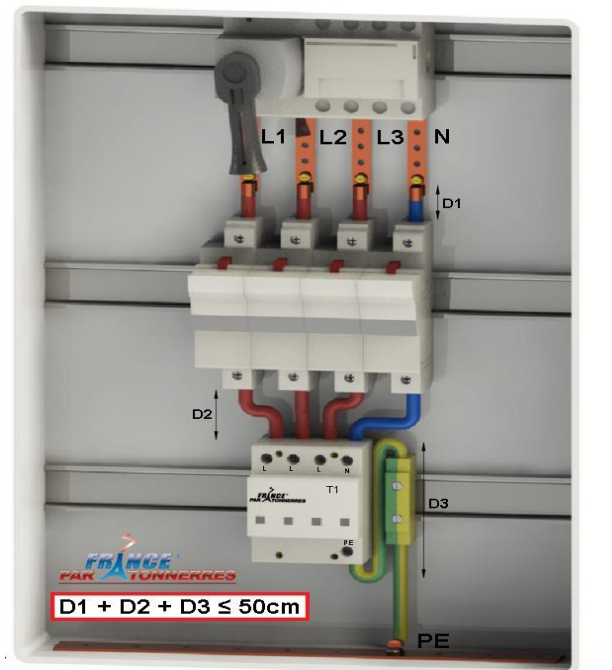
La nueva serie de normas internacionales IEC requieren que cuando se implementa una protección directa, la protección indirecta se asocia con el fin de proteger totalmente el proyecto.

El diseño de LPS indirecta se realiza con dispositivos de protección contra sobretensiones para proteger:

- Los sistemas de suministro de energía, tales como (primer tablero eléctrico, segunda placas divisorias ...)
- líneas de telecomunicaciones
- líneas de datos
- Sistemas de distribución de baja tensión

Una prescripción de protección Clase I tetrapolar. El SPD de clase I tendrá que respetar una corriente de impulso de al menos **12,5kA** y un nivel de protección más bajo que hasta 2,5kV.

El siguiente diagrama muestra el establecimiento de un tipo de limitador 1 de la fuente de alimentación de una estructura:







La línea de comunicación de emergencia debe estar protegido por un SPD de clase II (en los tableros de subdivisión).

Por otra parte, una línea telefónica para la comunicación de emergencia debe estar protegida por un SPD de clase III.

3. Lista de suministros para los LPS:

10 245	IONIFLASH MACH GN 60	U	1	
11037	Mástil de 6 m	u	1	
12 013	Soporte	u	2	
16 001	Caja-registro	u	2	
30 004	Contador de impactos	u	2	
14 001	Grampas de sujeción de cables	u	1 00	
16 008	Señalización de aluminio (riesgo de rayos)	u	2	
16 006	Placa de señalización	u	2	

16 106	Jabalina 2 m homologada	u	6	
16 004	Caja de inspección de PAT	u	2	
60014	Conductor de cobre desnudo de 50mm ²	metro	50	
80 020	Clema seccionadora	u	2	

Las imágenes y cantidades son a título informativo.

ANEXO 1:

Características de superioridad de los ESE:

IONIFLASH dispositivo **Mach[®]** ha sido el producto escogido por su eficacia superior debido a:

- Una **continuidad eléctrica** a partir de la extremidad (punta) hasta que la tierra, permitiendo el nivel de seguridad más alto si, y cuando se produce una descarga. Muchos de los dispositivos no tienen una continuidad eléctrica lo que a menudo causa la explosión del dispositivo, segundos impactos, arcos eléctricos, incendios, daños graves...
- La **falta de componentes electrónicos frágiles** en su construcción, proporcionando el nivel más alto de confiabilidad, y Case Test para comprobar en cualquier momento.
- La **distancia entre electrodos de seguridad** doble, principal y auxiliar, logrado para que trabajar y garantizar la protección en condiciones climáticas extremas, y con un rango de detección adaptado a la frecuencia del rayo (0 a 10 MHz)
- **Producto de los últimos años de investigación y experimentos científicos** con su última patente internacional (2012)
- **Garantizado por 10 años**, con una duración de 35 años de vida.
- **Cumpliendo con todas las normas vigentes**
- **Huella de carbono más bajo (33 kg de CO2), menor peso 2,5 kg, más rápida y segura instalación**



ANEXO 2: Compromisos del dispositivo IONIFLASH Mach[®]

- **El fabricante está certificado ISO 9001/2008**
- **El proceso de gestión de la producción y estudio cuenta con certificado QUALIFOUDRE**
- **La ESE es probado en 100kA, y de acuerdo con la forma de onda normalizada 8/20 y 10/350 us.**
- **El tiempo de avance de cebado del ESE es comprobado en laboratorio independiente, con el fin de certificar el cumplimiento del ESE con zona de protección definido en las normas (EN NFC 17-102 e IEC 62305 - método de la esfera rodante).**
- **El ESE se produce con más alto nivel de acero inoxidable 316 L, para evitar daños prematuros corrosivo.**
- **Todos los componentes y piezas de repuesto de la ESE cumplen con la norma IEC 62305.**
- **El ESE debe garantiza una continuidad eléctrica total entre la extremidad y la tierra, a través del conductor de bajada.**
- **El ESE probado en condiciones de lluvia para determinar el comportamiento de aislamiento en condiciones naturales.**
- **Ninguna energía externa debe ser necesaria para el funcionamiento de la ESE.**
- **La fiabilidad del ESE debe es la evidencia de la prueba, en el tiempo de avance de cebado para asegurar la emisión del trazador ascendente, cuando se produce el impacto de rayo, y para confirmar un comportamiento permanente y constante durante toda la duración de la tormenta.**

ANEXO 3:

MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS ESE:

1. Generalidad:

El sistema de protección contra rayos debe estar diseñado en plena conformidad y el cumplimiento de las normas internacionales mencionadas en esta oferta técnica.

2. Comprobación de la instalación

Sistemas de protección contra rayos son sometidos a verificación:

- Inicialmente una vez que el LPS se ha instalado
- Periódicamente de acuerdo a la tabla 7 (Extracto de NF EN C17102 / 2011)
- Siempre que la estructura protegida es modificada, reparada, o cuando la estructura ha sido alcanzada por un rayo.

NOTA 1. Para los niveles de protección 1 y 2, una inspección completa se lleva a cabo cuando la estructura ha sido alcanzada por un rayo.

Nivel de protección	Inspección visual (año)	inspección completa (año)	Sistemas críticos inspección completa (año)
I y II	1	2	1
III y IV	2	4	1

NOTA. Sistemas de protección contra rayos utilizados en aplicaciones que involucran estructuras con un riesgo de explosión se deben inspeccionar visualmente cada 6 meses. Pruebas eléctricas de la instalación debe realizarse una vez al año.

Una excepción aceptable para el programa de ensayo anual sería de realizar la prueba en un ciclo de 14 a 15 mes se considera beneficioso para llevar a cabo las pruebas de resistencia de tierra en diferentes épocas del año para obtener una indicación de las variaciones estacionales.

ANEXO 4:

SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

- **Extracto de IEC 62305 Parte 3 - Sección de los componentes - Tabla 6**

Table 6 – Material, configuration and minimum cross-sectional area of air-termination conductors, air-termination rods, earth lead-in rods and down-conductors^a

Material	Configuration	Cross-sectional area mm ²
Copper, Tin plated copper	Solid tape	50
	Solid round ^b	50
	Stranded ^b	50
	Solid round ^c	178
Aluminium	Solid tape	70
	Solid round	50
	Stranded	50
Aluminium alloy	Solid tape	50
	Solid round	50
	Stranded	50
	Solid round ^c	178
Copper coated aluminium alloy	Solid round	50
Hot dipped galvanized steel	Solid tape	50
	Solid round	50
	Stranded	50
	Solid round ^c	178
Copper coated steel	Solid round	50
	Solid tape	50
Stainless steel	Solid tape ^d	50
	Solid round ^d	50
	Stranded	70
	Solid round ^c	178

^a Mechanical and electrical characteristics as well as corrosion resistance properties shall meet the requirements of the future IEC 62561 series.

^b 50 mm² (8 mm diameter) may be reduced to 25 mm² in certain applications where mechanical strength is not an essential requirement. Consideration should in this case, be given to reducing the spacing between the fasteners.

^c Applicable for air-termination rods and earth lead-in rods. For air-termination rods where mechanical stress such as wind loading is not critical, a 9,5 mm diameter, 1 m long rod may be used.

^d If thermal and mechanical considerations are important then these values should be increased to 75 mm².

ANEXO 5:

- **Extracto de la norma IEC 62305 Parte 3 - Especificaciones toma de tierra
Tabla 7**

Table 7 – Material, configuration and minimum dimensions of earth electrodes^{a, e}

Material	Configuration	Dimensions		
		Earth rod diameter mm	Earth conductor mm ²	Earth plate mm
Copper Tin plated copper	Stranded		50	
	Solid round	15	50	
	Solid tape		50	
	Pipe	20		
	Solid plate			500 x 500
	Lattice plate ^c			600 x 600
Hot dipped galvanized steel	Solid round	14	78	
	Pipe	25		
	Solid tape		90	
	Solid plate			500 x 500
	Lattice plate ^c			600 x 600
	Profile	^d		
Bare steel ^b	Stranded		70	
	Solid round		78	
	Solid tape		75	
Copper coated steel	Solid round	14 ^f	50	
	Solid tape		90	
Stainless steel	Solid round	15 ^f	78	
	Solid tape		100	

^a Mechanical and electrical characteristics as well as corrosion resistance properties shall meet the requirements of the future IEC 62561 series.

^b Shall be embedded in concrete for a minimum depth of 50 mm.

^c Lattice plate constructed with a minimum total length of the conductor of 4,8 m.

^d Different profiles are permitted with a cross-section of 290 mm² and a minimum thickness of 3 mm, e.g. cross profile.

^e In case of a Type B arrangement foundation earthing system, the earth electrode shall be correctly connected at least every 5 m with the reinforcement steel.

^f In some countries the diameter may be reduced to 12,7 mm.