

*Protección contra las  
descargas eléctricas  
atmosféricas*

# *Sobretensiones en las instalaciones eléctricas*

**Permanentes**

**Transitorias**

**Más del 10% Un**

**Miles de voltios**

**Maniobras de red  
Corte de neutro**

**Impacto directo  
Inducidas**

# *Sobretensiones en las instalaciones eléctricas*

**Permanentes**

**Transitorias**

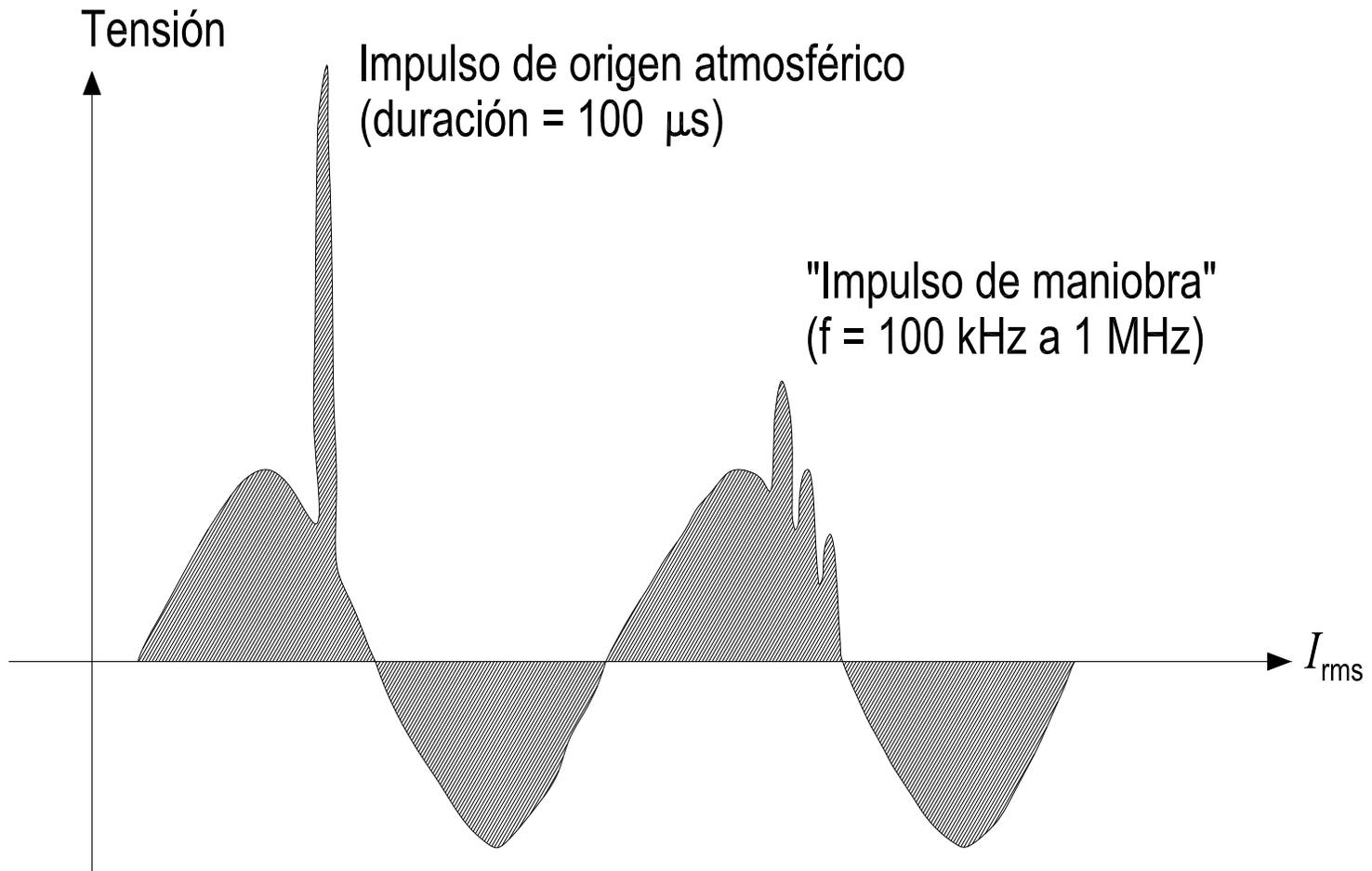
**Origen interno**

**Origen externo**

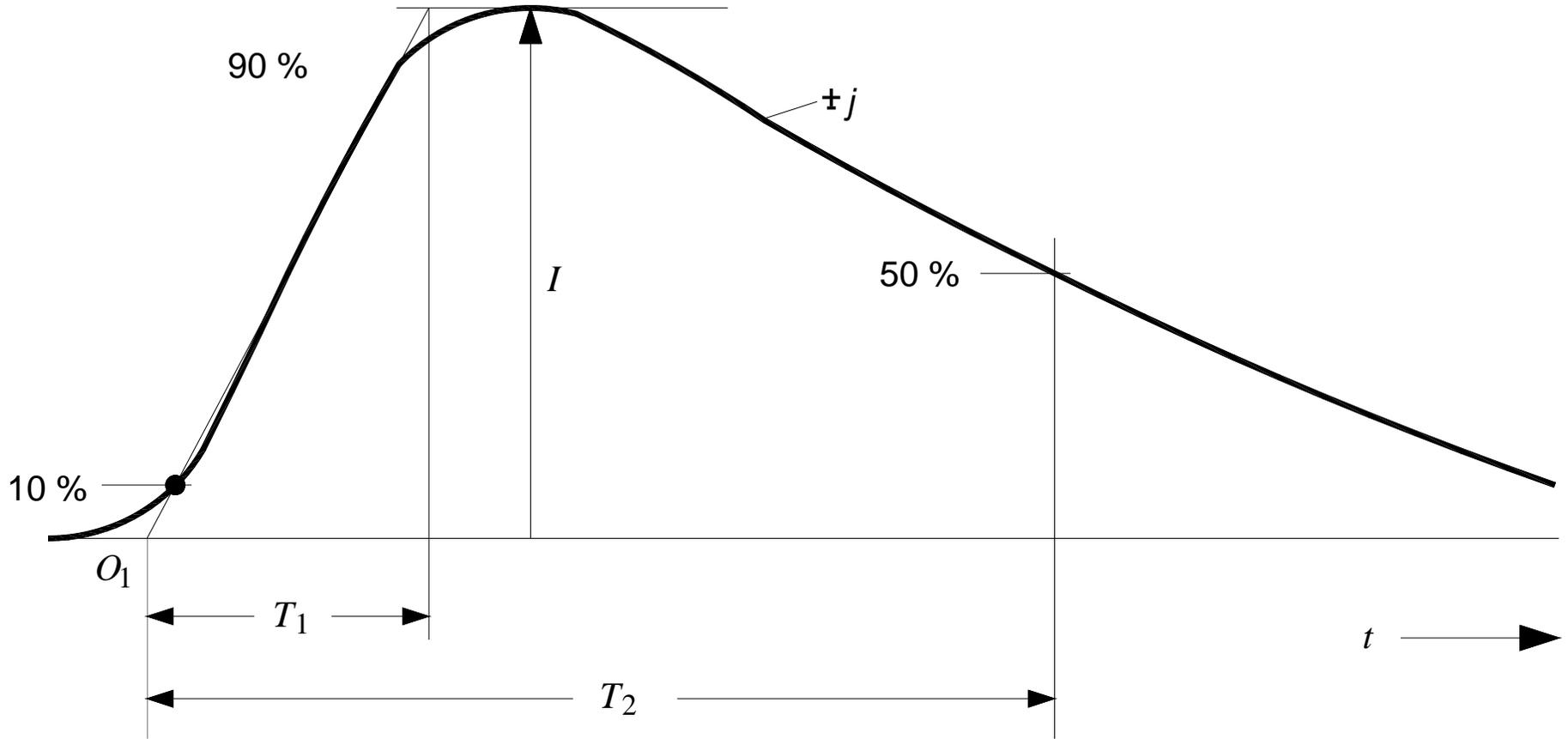
**SEMP**

**NEMP  
LEMP**

# Formas de onda



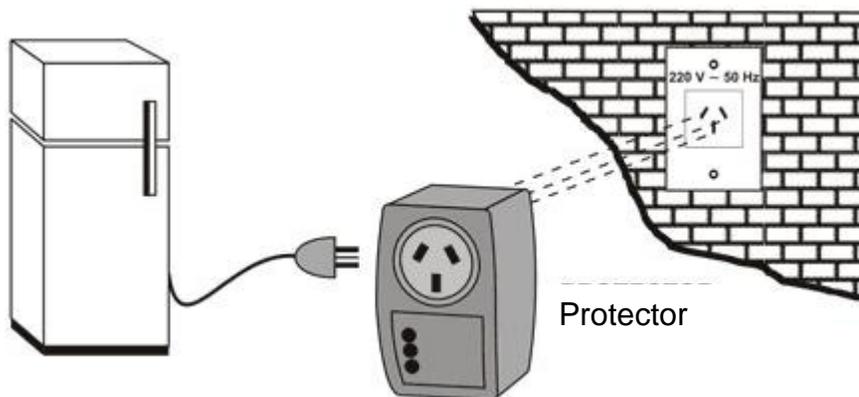
# Formas de onda



# *Protección contra sobretensiones permanentes*

**Protectores de baja  
y alta**

**Protectores de  
sobretensión**



# *Protección contra las descargas eléctricas atmosféricas*

**AEA 90364-7-771**

**AEA 90364-4-443**

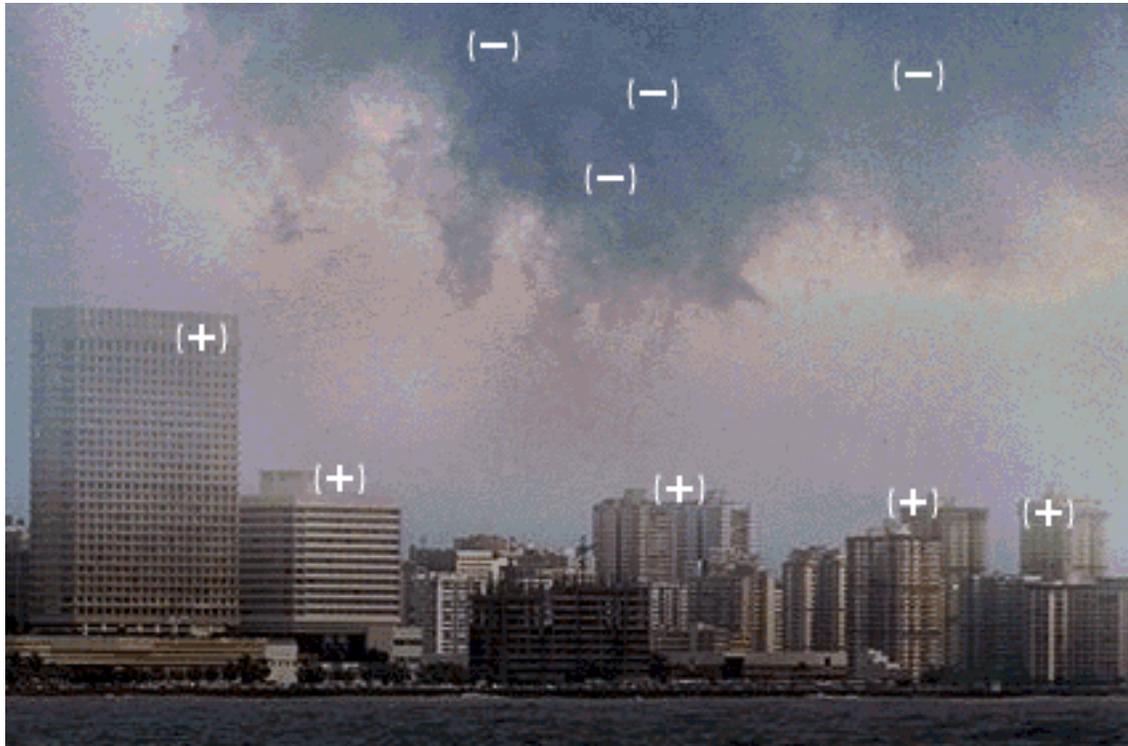
**AEA 90364-5-534**

**AEA 92305-1 Aspectos generales**

**AEA 92305-2 Evaluación del riesgo**

**IRAM 2427 (IRAM 2184)**

*Proceso de formación del rayo*













































BERTRAND KULIK/CATERS NEWS AGENCY

## *Los tips fundamentales para la protección contra rayos*

**Ningún sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas puede impedir la formación de rayos**

**Además, tales sistemas no garantizan en forma absoluta la protección de la vida, los bienes y las estructuras; pero sí reducirán en forma significativa el riesgo de los daños producidos por el rayo**

## *Los tips fundamentales para la protección contra rayos*

**Si no pueden ejecutarse todas las medidas de protección necesarias y previstas en los documentos técnicos, es preferible no realizar el sistema de protección contra rayos**

**En caso de proyectar un sistema de protección contra rayos para una estructura compleja se sugiere consultar con un especialista**

Tipo de estructura de acuerdo a función y/o contenido	Efectos de la descarga
Hábitat doméstico	Perforación de instalaciones eléctricas, incendio y daños materiales Daños normalmente limitados a objetos expuestos al punto de impacto o al camino de la corriente de descarga Falla de los equipos eléctricos y electrónicos y sistemas instalados (ej. equipos de TV, computadoras, módems, teléfonos, etc.)
Granjas	Riesgo primario de incendio y tensiones de paso peligrosas, así como también daño material Riesgo secundario debido a la pérdida de alimentación, y peligro de muerte de animales debido a la falla del control electrónico de la ventilación y los sistemas de suministro de comida, etc.
Teatro, hotel, escuela, centro comercial, área de deportes	Daño a las instalaciones eléctricas (ej. iluminación) susceptibles de provocar el pánico Falla de las alarmas de incendio resultando en medidas tardías de combate de incendios
Banco, compañía de seguros, compañía comercial, etc.	Ídem arriba, más problemas resultantes de la pérdida de comunicación, falla de computadoras y pérdida de información
Hospital, geriátrico, prisión	Ídem arriba, más problemas con la gente en terapia intensiva y las dificultades de rescatar personas con movilidad reducida
Industria	Efectos complementarios en función del contenido de la fábrica, en un rango desde daño mínimo a inaceptable y pérdida de la producción
Museos y sitios arqueológicos, iglesia	Pérdida de herencia cultural irreemplazable
Telecomunicaciones, centrales eléctricas	Pérdida inaceptable de servicios al público
Fábrica de pirotecnia, municiones	Consecuencias de incendio y explosión a la planta y sus alrededores
Planta química, refinerías, planta nuclear, laboratorios y plantas bioquímicas	Incendio y mal funcionamiento de la planta con consecuencias en detrimento al medio ambiente local y global

Tipo de servicio	Efectos de la descarga
Línea de telecomunicación	<p>Daño mecánico a la línea, fusión de pantallas y conductores, rotura de la aislación del cable y del equipo, resultando en una falla primaria con pérdida inmediata del servicio.</p> <p>Fallas secundarias en los cables de fibra óptica, con daño en el cable pero sin pérdida del servicio.</p>
Líneas de alimentación	<p>Daños a los aisladores de las líneas aéreas de baja tensión, perforación de la aislación del cable de línea, rotura de la aislación del equipo de línea y de transformadores con la consecuente pérdida del servicio.</p>
Cañerías de agua	<p>Daños a los equipos de control eléctricos y electrónicos susceptibles de causar pérdidas de servicio.</p>
Cañerías de gas	<p>Perforación de bridas no metálicas susceptibles de causar pérdidas de servicio.</p>
Cañerías de combustible	<p>Daños a los equipos de control eléctricos y electrónicos susceptibles de causar pérdidas de servicio.</p>

# *IRAM 2184*

## *Protección de las estructuras contra las descargas eléctricas atmosféricas*

### *Parte 1*

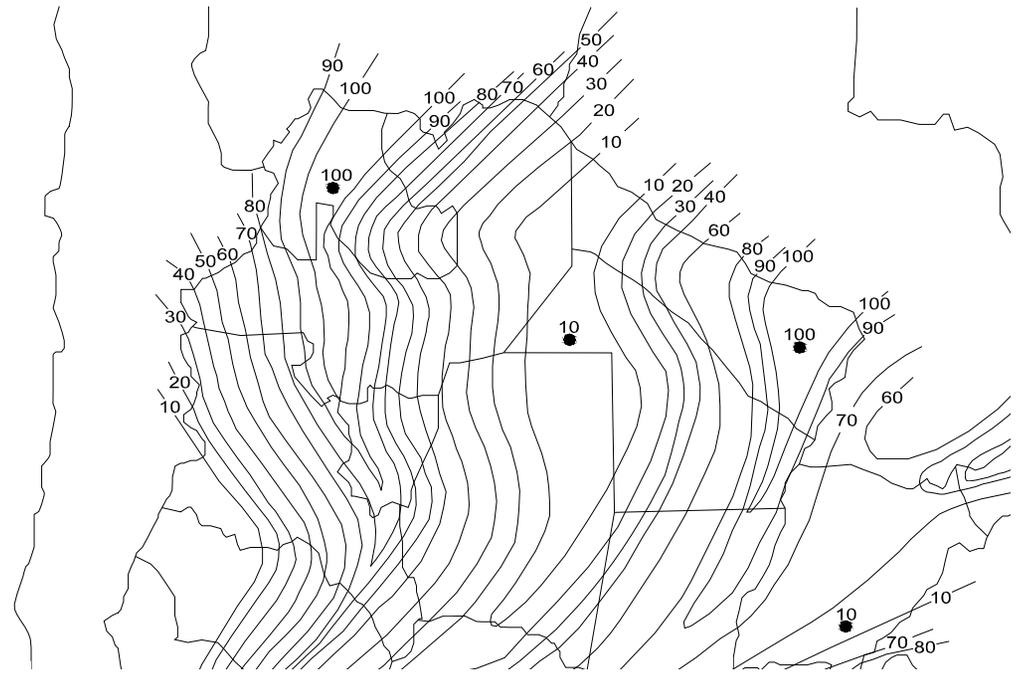
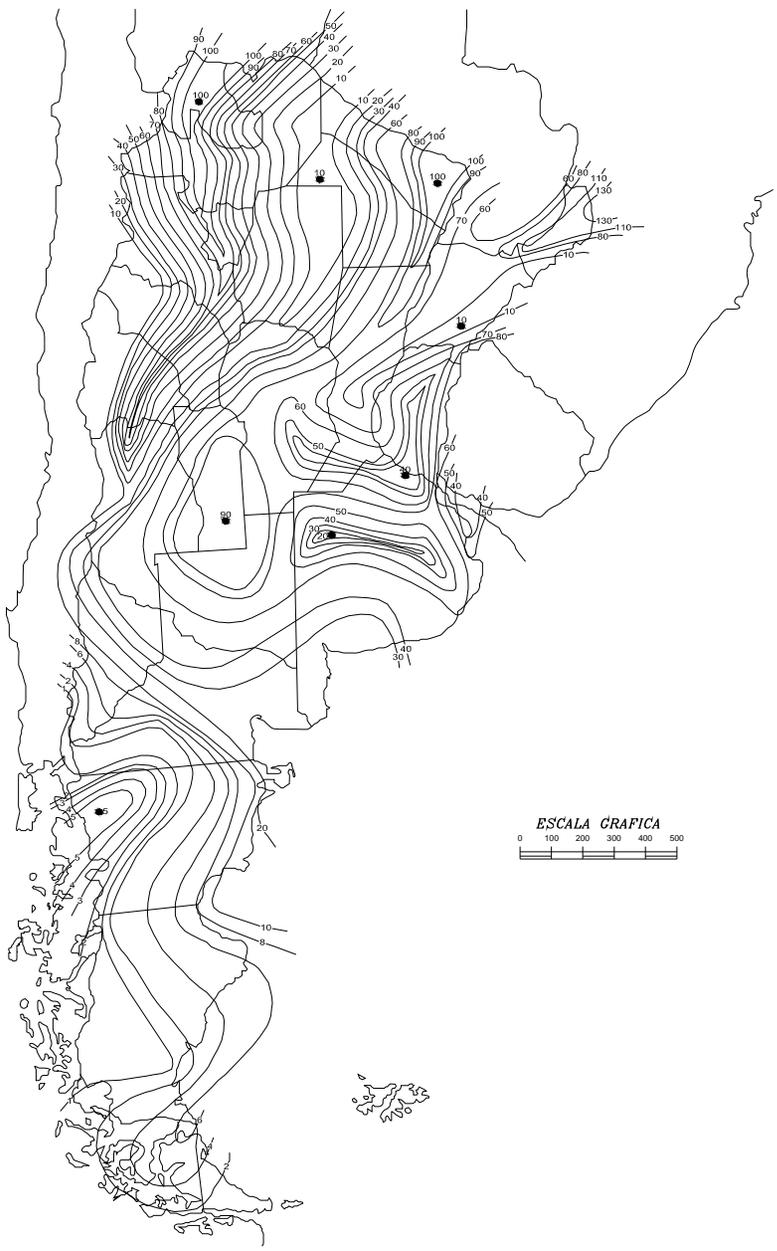
#### *Principios generales*

#### *Parte 1 Sección 1*

#### *Elección de niveles de protección para sistemas de protección contra el rayo (sPCR)*

## *Densidad de rayos a tierra*

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} \left[ \frac{\text{rayos a tierra}}{\text{km}^2 \cdot \text{año}} \right]$$



## *Densidad de rayos a tierra*

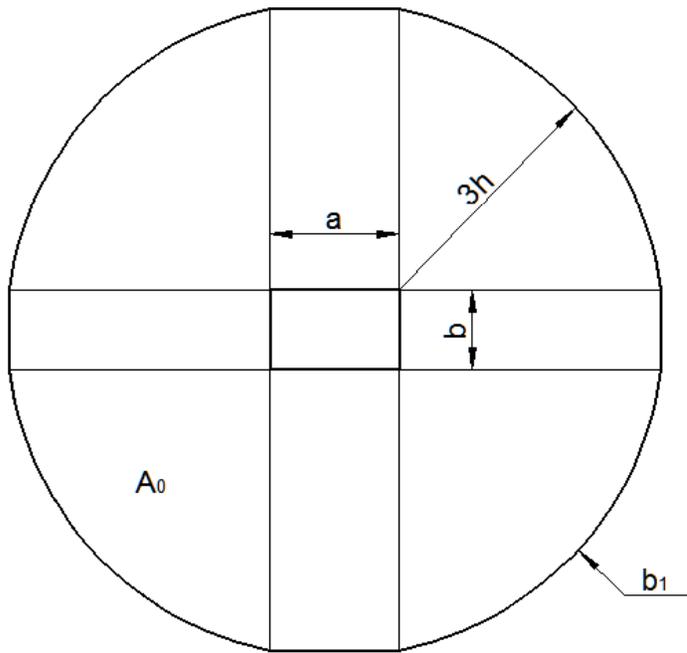
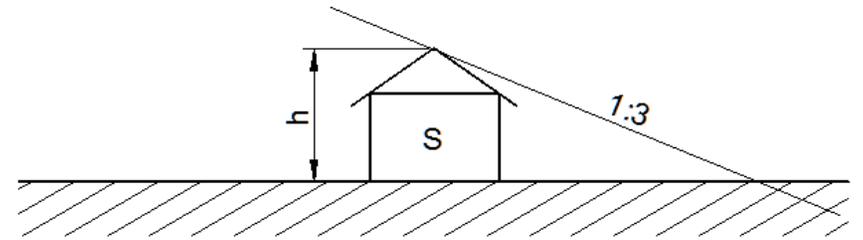
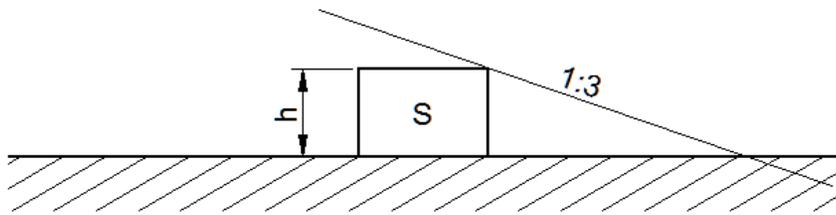
$$N_{\text{gg}} \approx 0,1 T_{\text{d}}$$

$$N_{\text{gg}} \approx 0,12 T_{\text{d}}$$

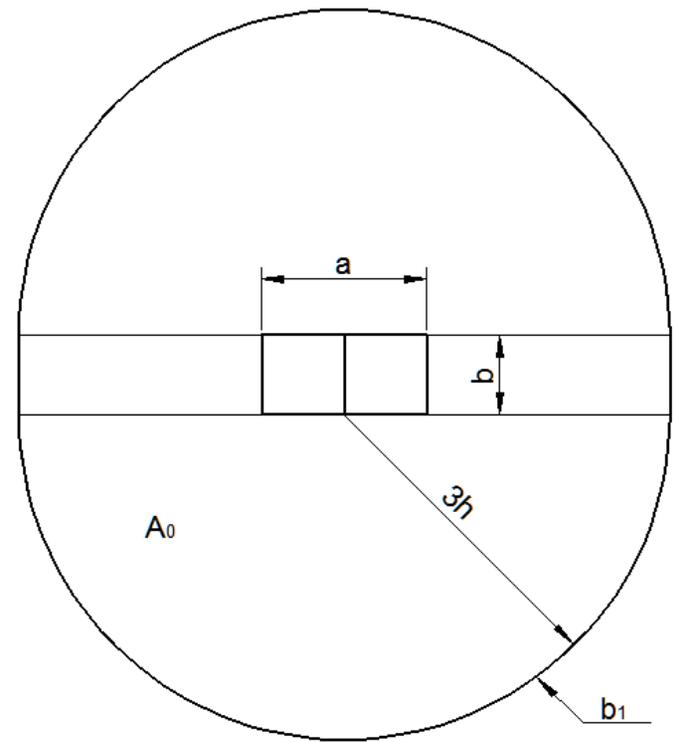
$$N_{\text{gg}} \approx \frac{1}{6} T_{\text{d}}$$

## *Frecuencia de rayos a la estructura*

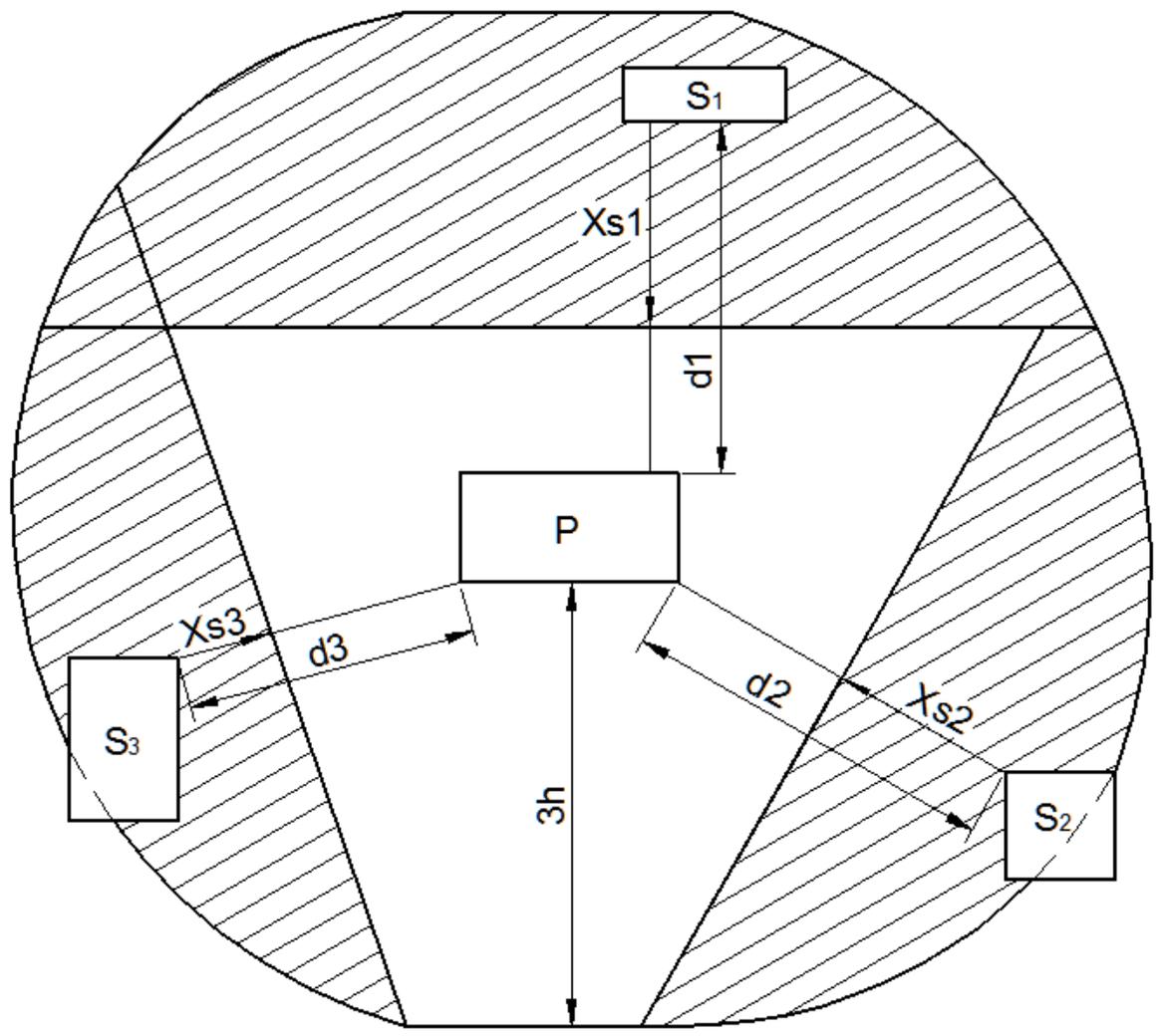
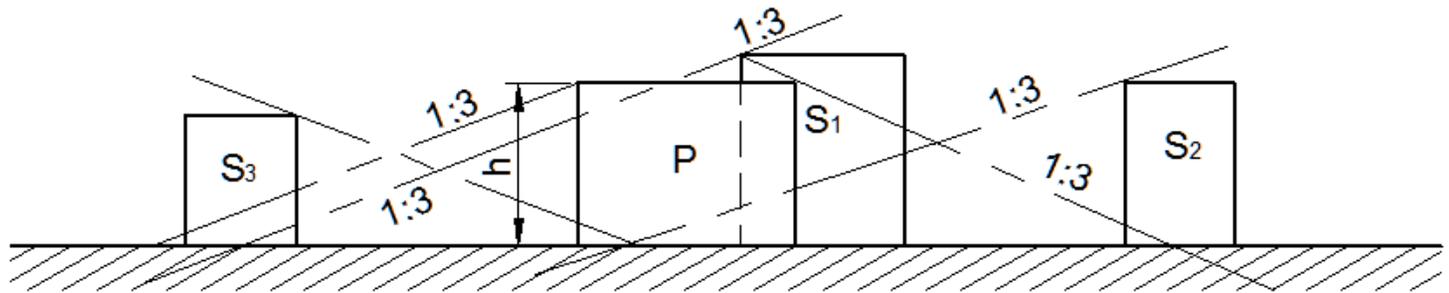
$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} \left[ \frac{\text{rayos directos}}{\text{año}} \right]$$



A



B



## *Frecuencia aceptada de rayos a la estructura*

$$N_c = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{C} \left[ \frac{\text{rayos}}{\text{año}} \right]$$

$$C = C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5$$

*Coeficiente  $C_2$  - Tipo de construcción de la estructura*

		Techado o tejado		
		Metálica	Común	Inflamable
Estructura	Metálica	0,5	1	2
	Común	1	1	2,5
	Inflamable	2	2,5	3

## *Coeficiente $C_3$ - Contenido de la estructura*

Contenido de la estructura	Coeficiente
Sin valor o no inflamable	0,5
De valor común o normalmente inflamable	2
De gran valor o particularmente inflamable	5
De valor excepcional, irremplazable o muy inflamable, explosivo	10

## *Coeficiente $C_4$ - Ocupación de la estructura*

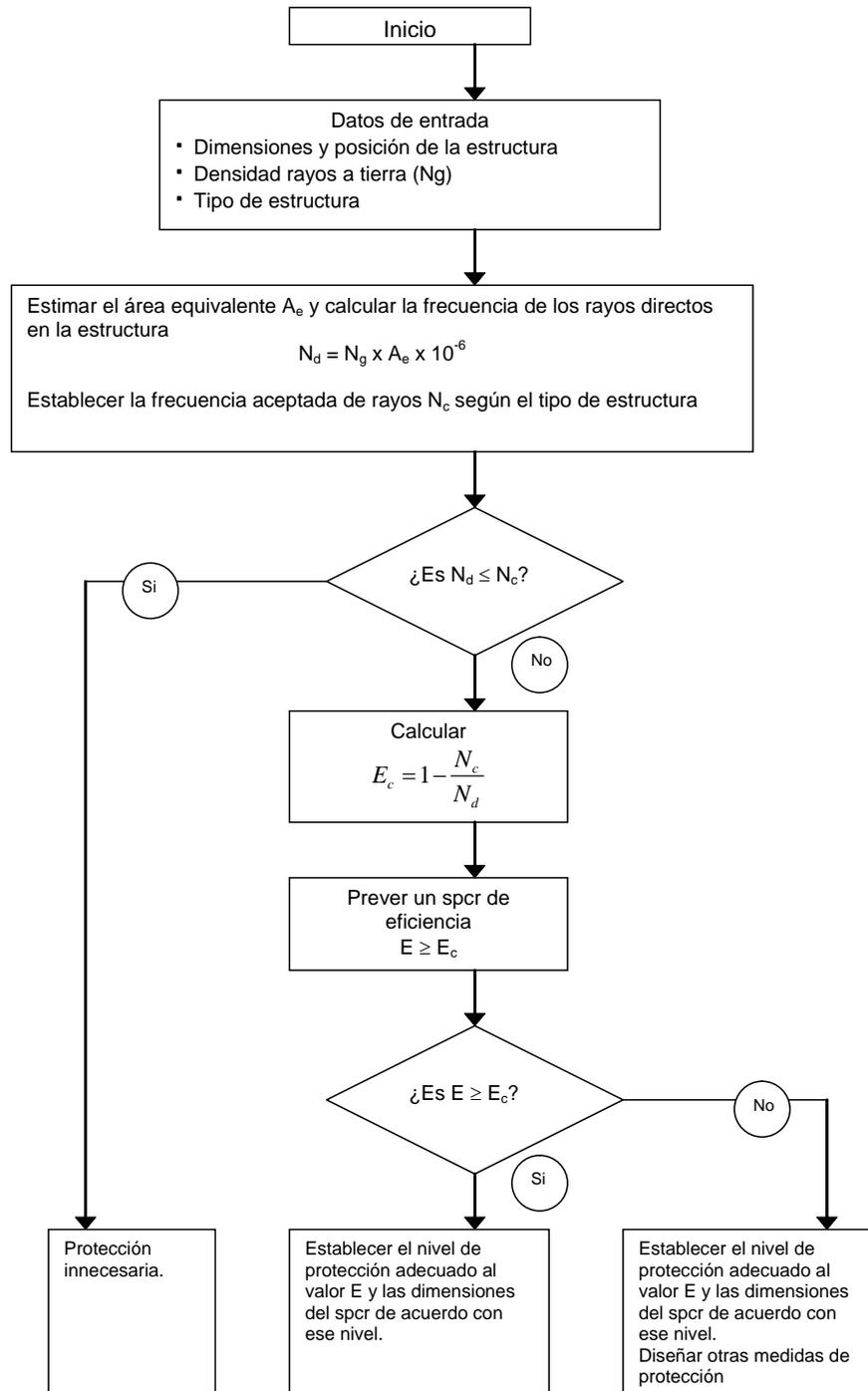
Ocupación de la estructura	Coeficiente
No ocupada	0,5
Normalmente ocupada	3
De evacuación difícil o con riesgo de pánico	7

## *Coeficiente $C_5$ - Consecuencias sobre el entorno*

Consecuencia de un impacto de rayo	Coeficiente
Sin necesidad de continuidad en el servicio y con algunas consecuencias sobre el entorno	1
Con necesidad de continuidad en el servicio y con algunas consecuencias sobre el entorno	5
Con varias consecuencias para el entorno	10

## *Cálculo de la eficiencia del socr*

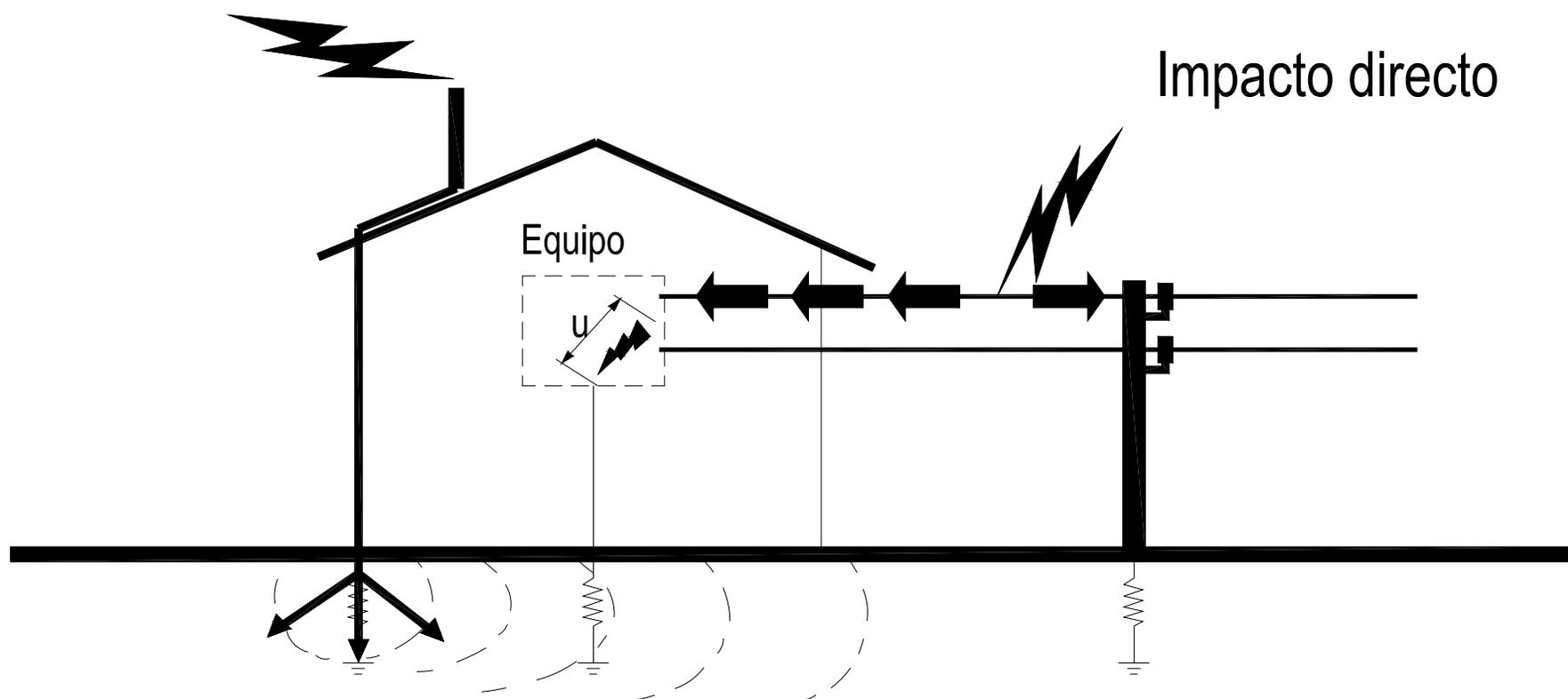
$$E_c = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$



## *Eficiencia del socr*

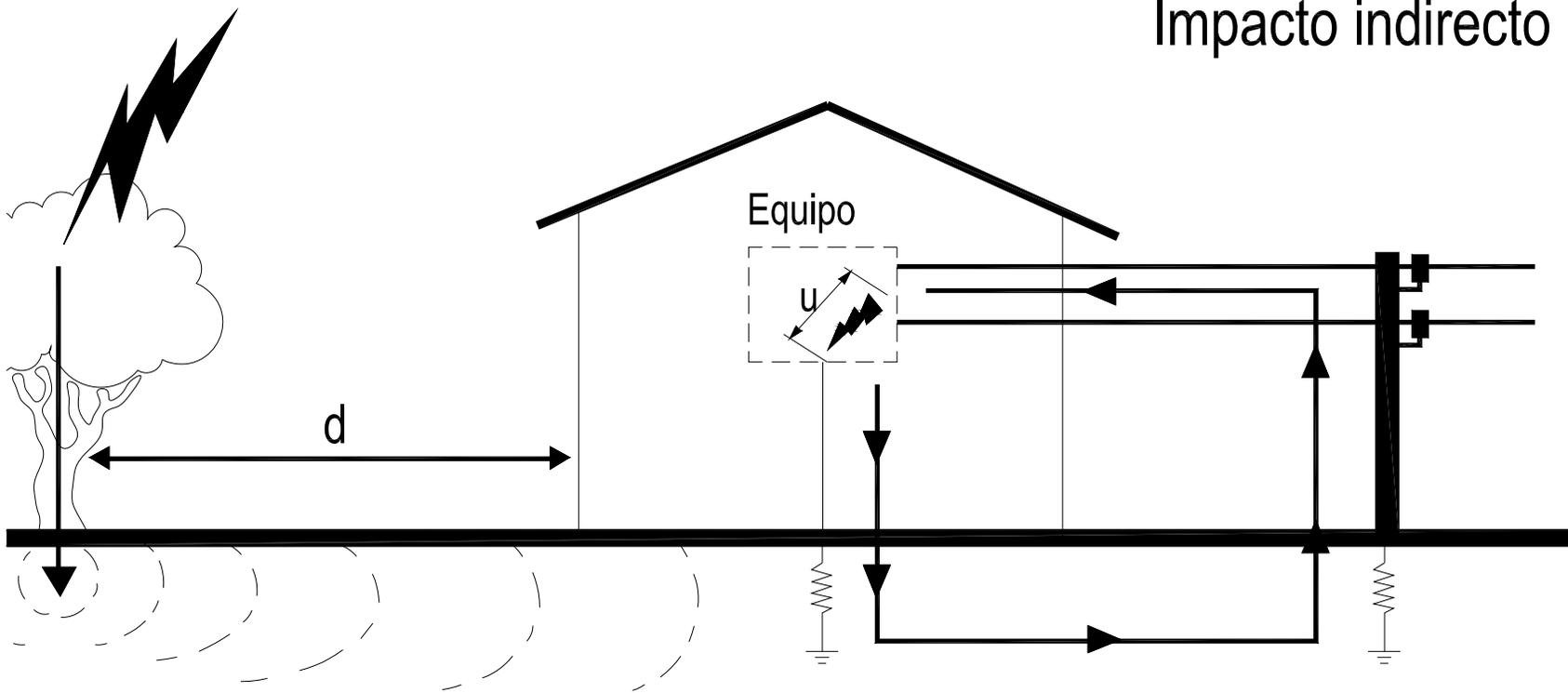
Nivel de protección	Eficiencia del socr
I	0,98
II	0,95
III	0,9
IV	0,8

# *Tipos de impacto*



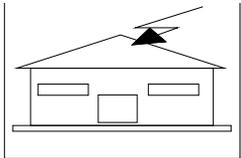
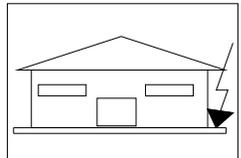
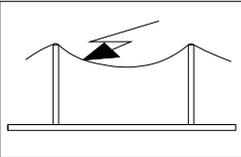
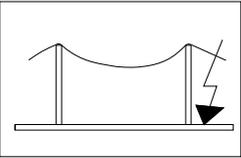
# *Tipos de impacto*

Impacto indirecto



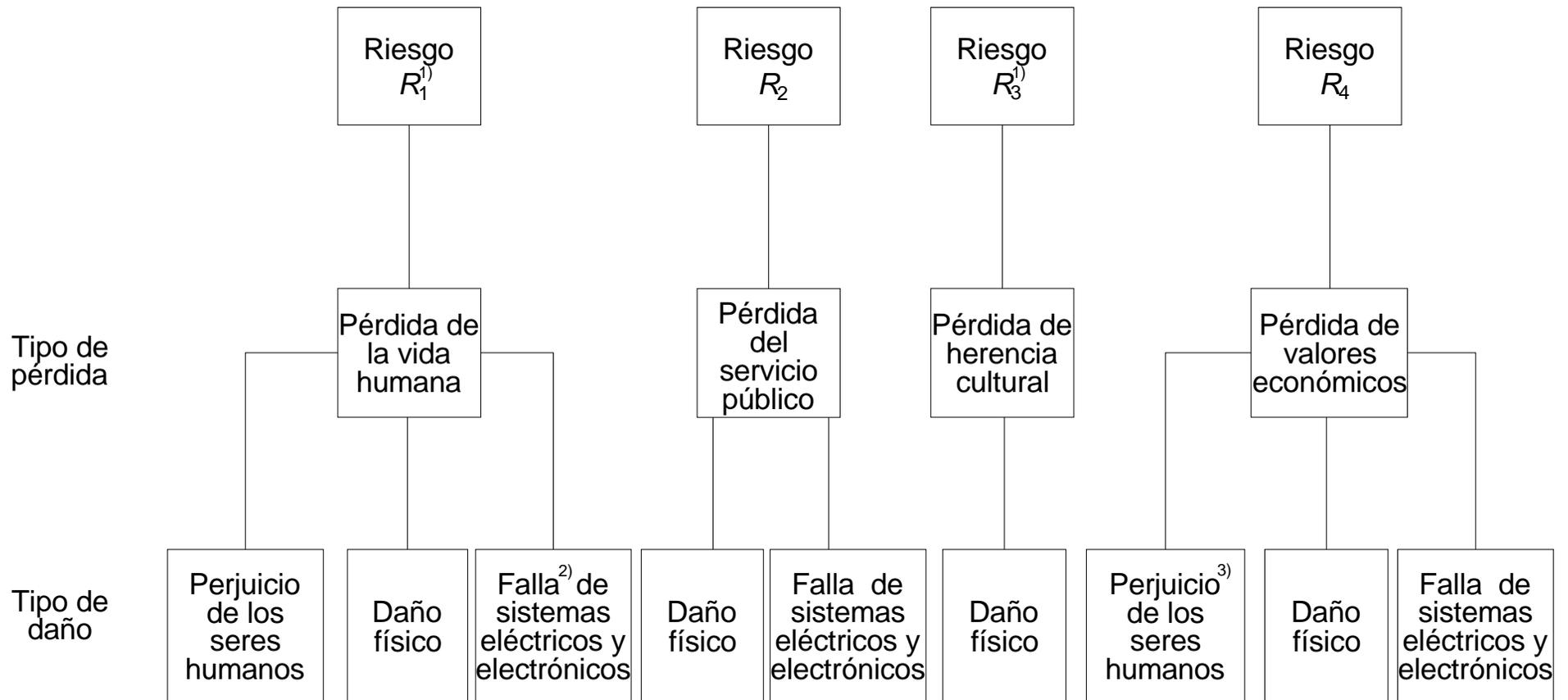
# AEA 92305

Fuente del daño	
S1	Impacto directo a la estructura
S2	Impacto cercano a la estructura
S3	Impactos directos a los servicios conectados a la estructura
S4	Impactos cercanos a los servicios conectados a la estructura
Tipo de daño	
D1	Lesiones a seres vivos por tensiones de contacto y de paso
D2	Daño físico (incendio, explosión, destrucción mecánica, etc.)
D3	Falla de los servicios internos
Tipo de pérdida	
L1	Pérdida de vida humana
L2	Pérdida de servicio al público
L3	Pérdida de herencia cultural
L4	Pérdida de valor económico

Punto de Impacto		Fuente del daño	Tipo de daño	Tipo de pérdida
Estructura		S1	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
Cercano a una estructura		S2	D3	L1*, L2, L4
Servicio conectado a la estructura		S3	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
Cercano a un servicio		S4	D3	L1*, L2, L4

\* Sólo para estructuras con riesgo de explosión y para hospitales u otras estructuras donde la falla de los sistemas internos pone en peligro inmediatamente la vida humana.

\*\* Sólo para propiedades donde pueden perderse animales.

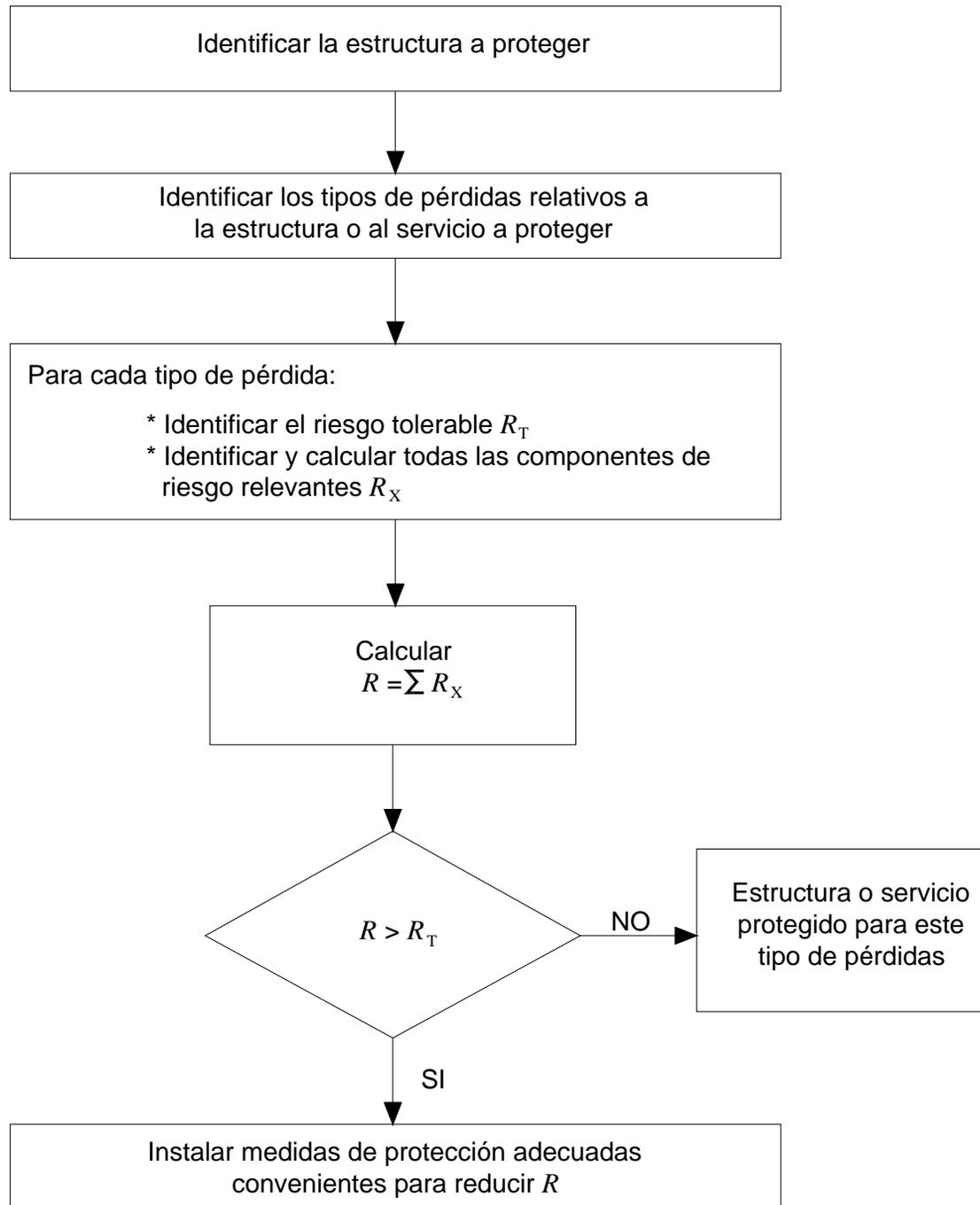


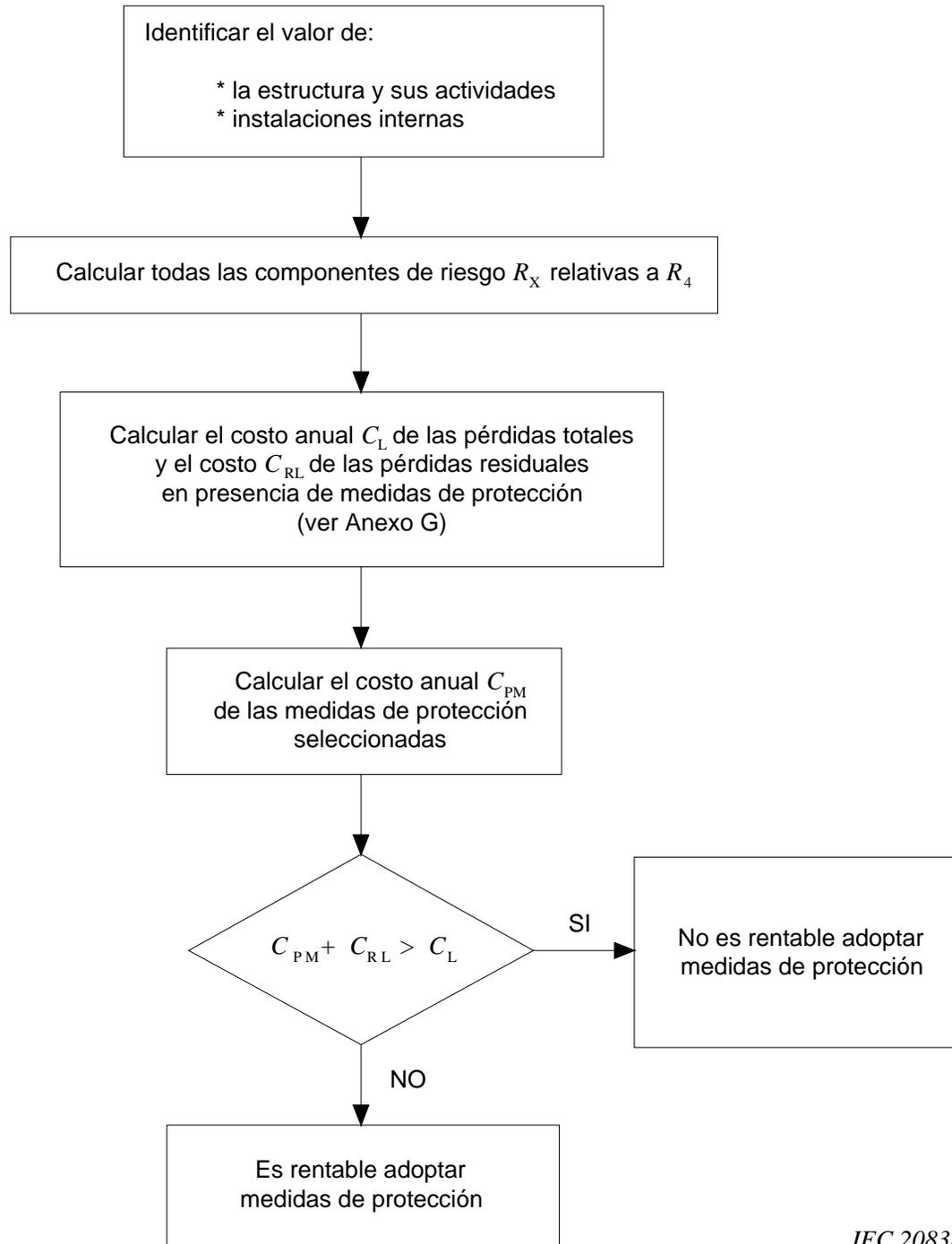
Fuente de daño	Impacto de rayo sobre una estructura S1			Impacto de rayo cercano a una estructura S2	Impacto de rayo a una línea conectada a la estructura S3			Impacto de rayo cercano a una línea conectada a la estructura S4
	$R_A$	$R_B$	$R_C$		$R_M$	$R_U$	$R_V$	
Componente de riesgo								
Riesgo para cada tipo de pérdida								
$R_1$	*	*	* 1)	* 1)	*	*	* 1)	* 1)
$R_2$		*	*	*		*	*	*
$R_3$		*				*		
$R_4$	* 2)	*	*	*	* 2)	*	*	*
<p>1) Sólo para estructuras con riesgo de explosión, y para hospitales u otras estructuras donde fallas de los sistemas internos ponen en peligro de manera inmediata la vida humana.</p> <p>2) Sólo para las propiedades donde se pueden extraviar animales.</p>								

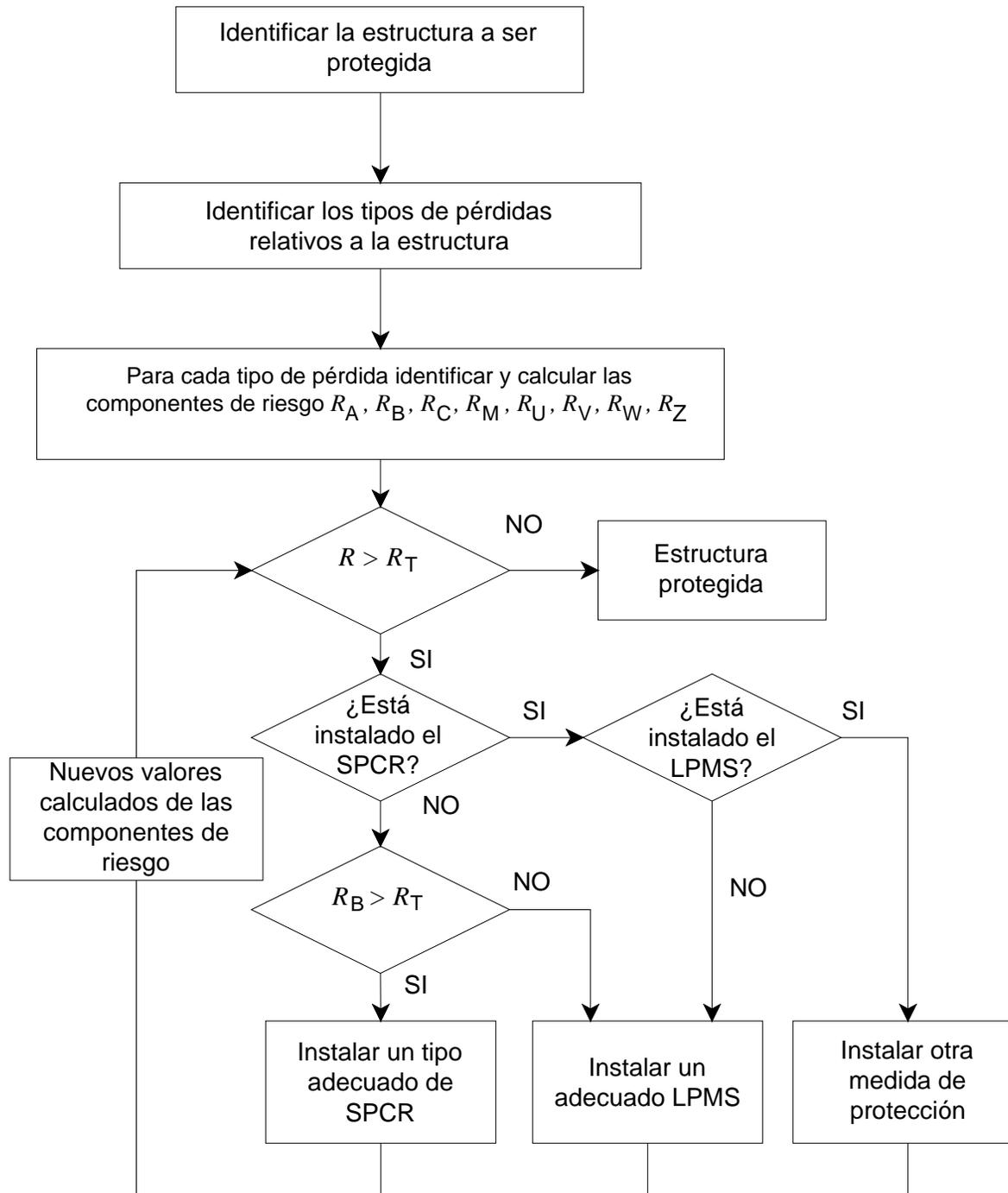
Características de la estructura o de los sistemas internos	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
Medidas de protección								
Área equivalente de exposición	X	X	X	X	X	X	X	X
Resistividad de la superficie del suelo	X							
Resistividad del suelo					X			
Restricciones físicas, aislación, nota de advertencia, equipotencialización del suelo	X				X			
Sistema de protección contra las descargas eléctricas atmosféricas	X <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
Protección coordinada de descargadores de sobretensión			X	X			X	X
Blindaje espacial			X	X				
Blindaje de las líneas externas					X	X	X	X
Blindaje de las líneas internas			X	X				
Precauciones en la traza de líneas			X	X				
Red equipotencial			X					
Precauciones contra incendio		X				X		
Sensibilidad al fuego		X				X		
Peligro especial		X				X		
Tensión resistida al impulso			X	X	X	X	X	
<p>1) En el caso de un sistema de protección contra el rayo "natural" o normalizado con conductores de bajada con un espaciado menor que 10 m, o donde se provee la restricción física, se desprecia el riesgo definido por lesiones a seres humanos causado por tensiones de contacto y de paso.</p> <p>2) Sólo para los sistemas de protección contra rayos, exteriores mallados.</p> <p>3) Debido a la unión equipotencial.</p>								

Es responsabilidad de la autoridad de aplicación con competencia en el tema establecer el valor del riesgo tolerable

<b>Tipos de pérdida</b>	$R_T (y^{-1})$
Pérdida de vida humana o lesiones permanentes	$10^{-5}$
Pérdida del servicio al público	$10^{-3}$
Pérdida de herencia cultural	$10^{-3}$



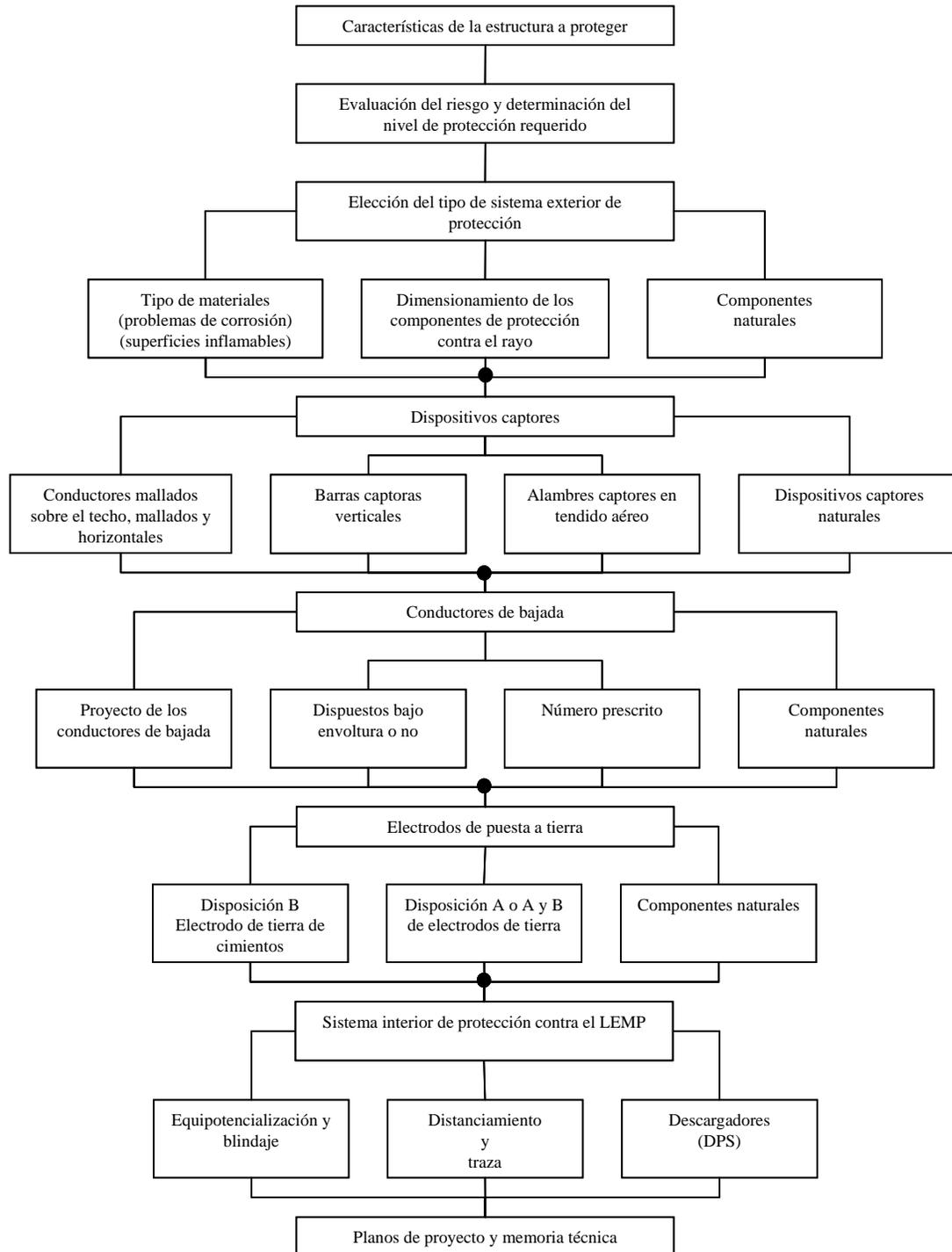




# LPMS

(Acrónimo de Lightning Protection Measures System)

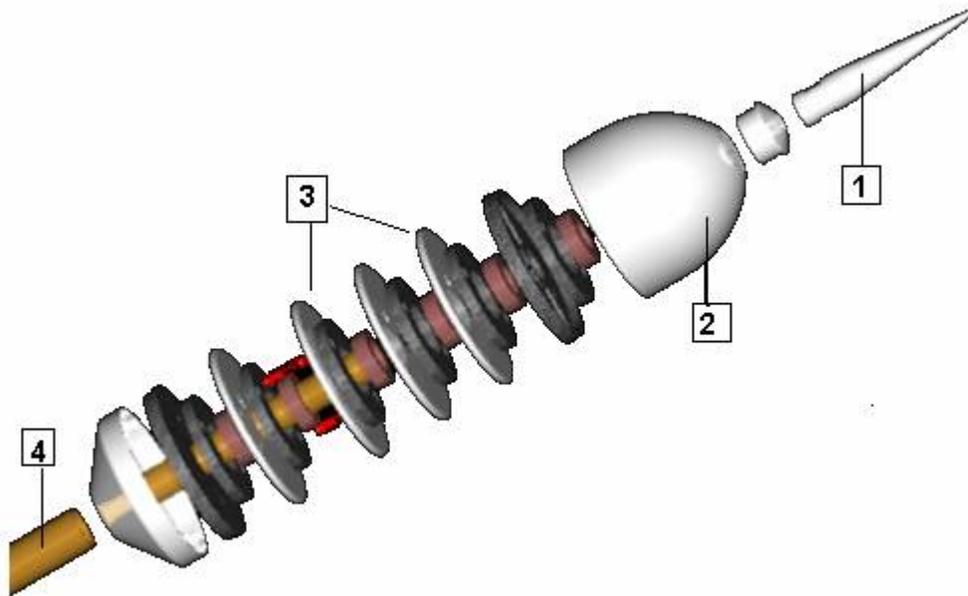
- i. Sistema externo o primario, conformado por los dispositivos captadores, los conductores de bajada y el sistema de puesta a tierra.
  
- ii. Sistema interno o secundario, consistente en la equipotencialidad de todas las masas y la adecuada ubicación, instalación y coordinación de los DPS.



# *Tipos de captores*

- ❑ Barras simples (incluidos mástiles)
- ❑ Cubiertas
- ❑ Conductores mallados

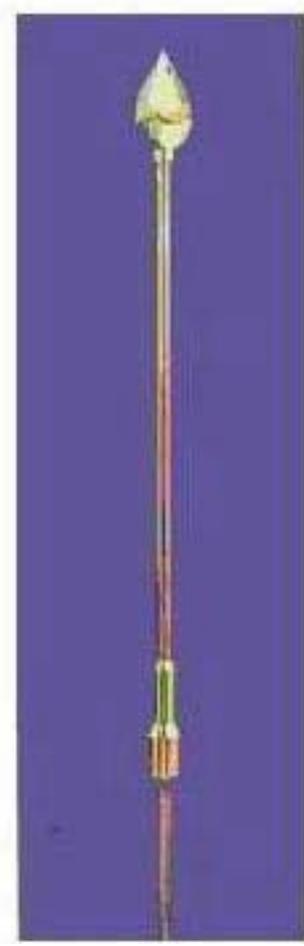
# *Barras simples*



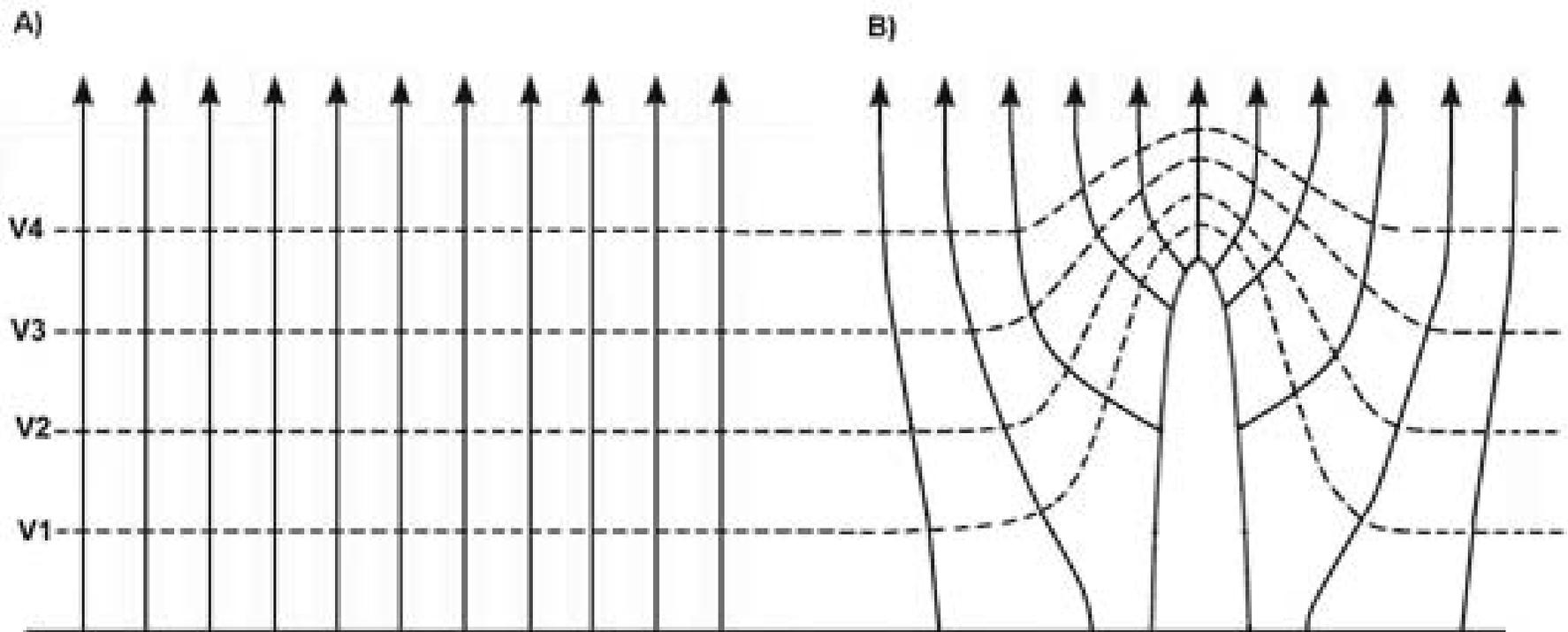
# *Barras simples*



# *Barras simples*



# *Barras simples*



# *Cubiertas*

Nivel de protección	Materiales	Espesor $t$ (mm)
I al IV	Fe	4
	Cu	5
	Al	7
	Acero-cobre	4

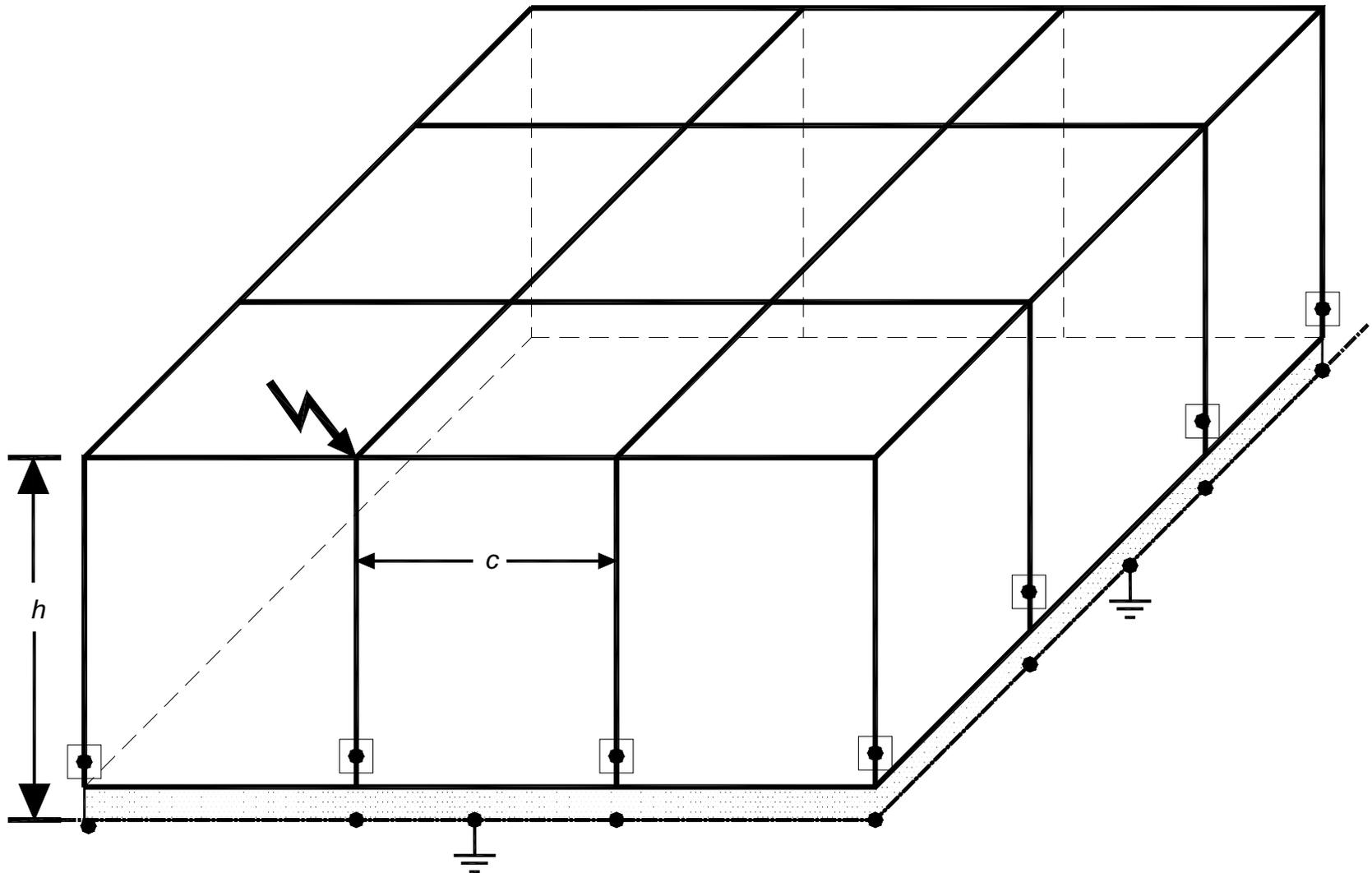
# Cubiertas

Nivel de protección	Material	Espesor <sup>a</sup> t [mm]	Espesor <sup>b</sup> t' [mm]
I a IV	Plomo	-	2,0
	Acero (inoxidable o galvanizado)	4	0,5
	Titanio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Aluminio	7	0,65
	Zinc	-	0,7

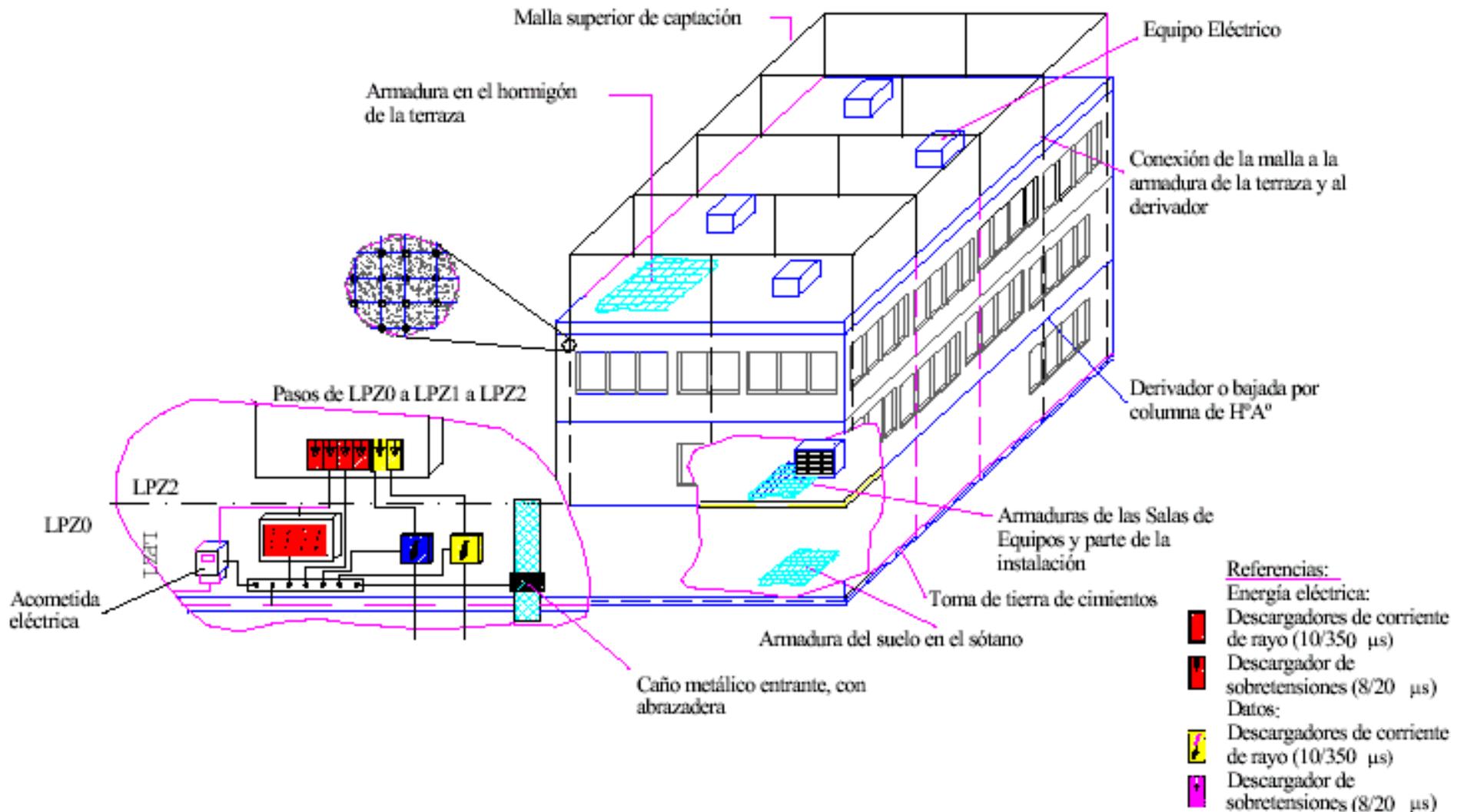
<sup>a</sup> t en caso de problemas de perforación, puntos calientes o inflamación.

<sup>b</sup> t' solamente para las chapas metálicas si no es necesario proteger contra problemas de perforación, puntos calientes o inflamación.

# *Conductores mallados*



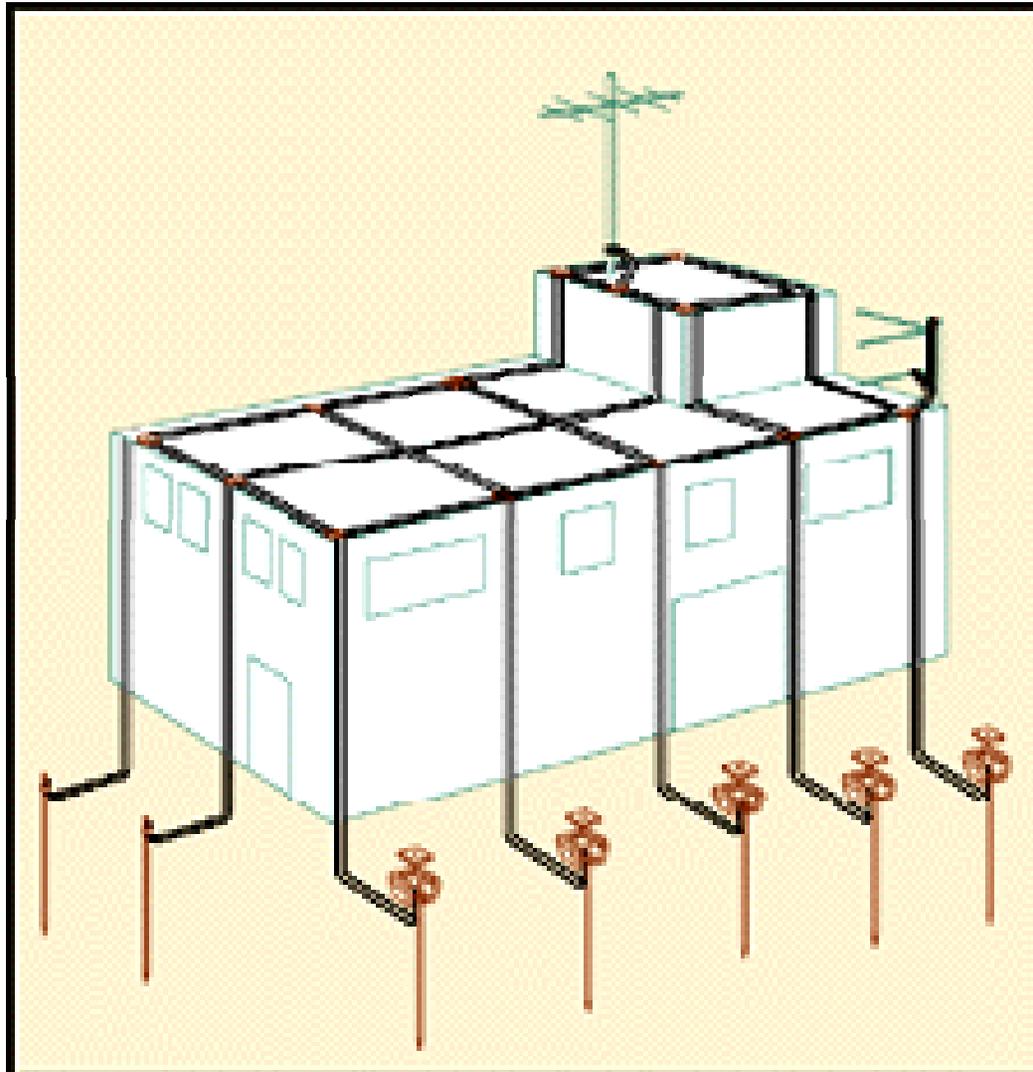
# Conductores mallados



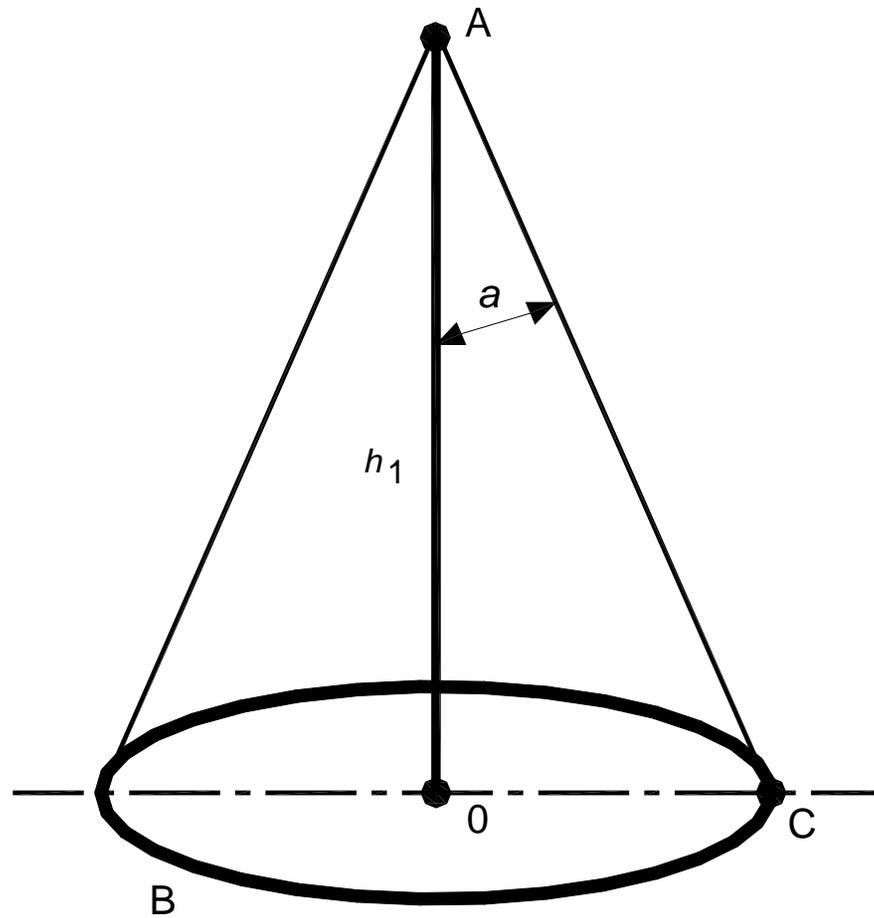
# *Conductores de bajada*

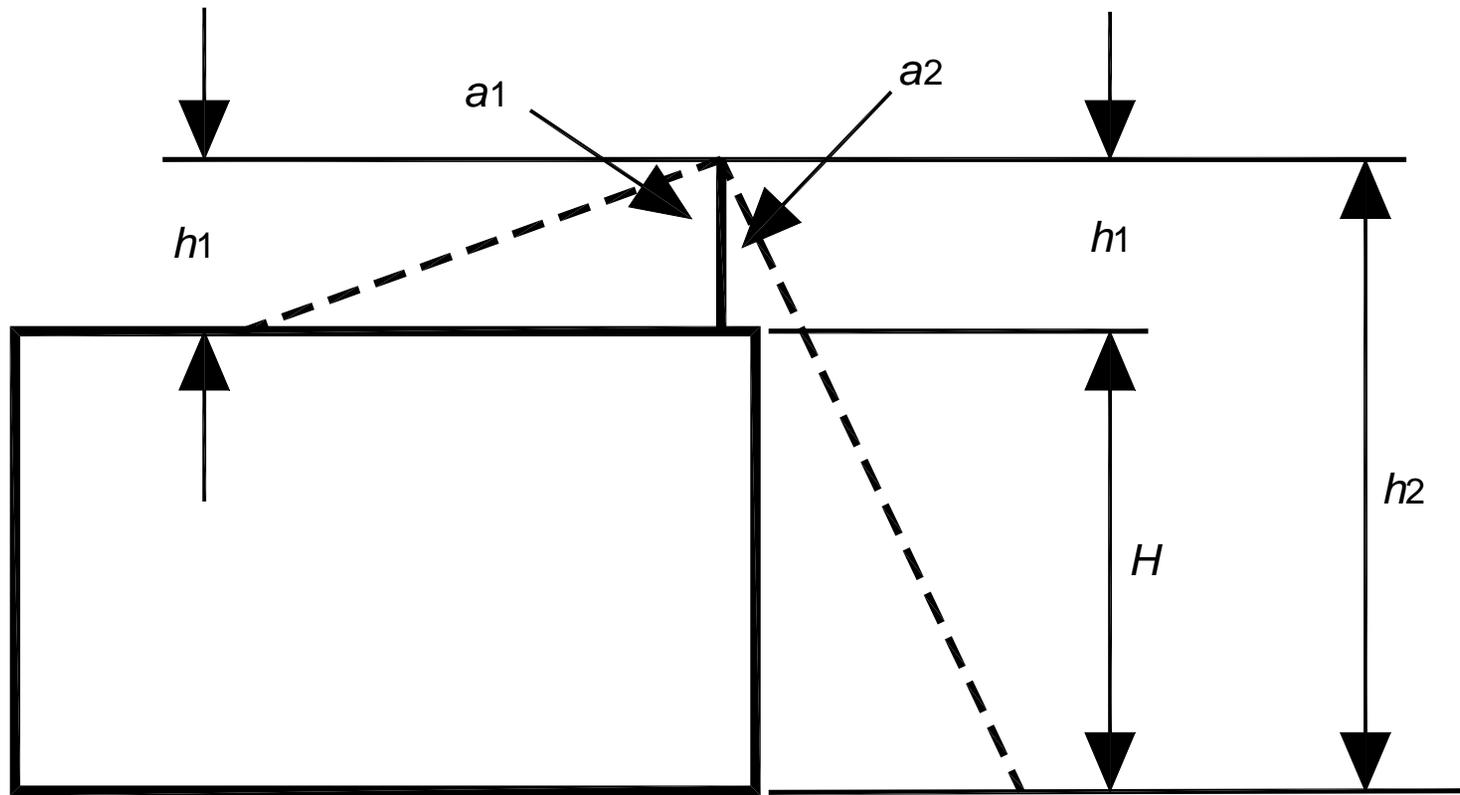
<b>Nivel de protección</b>	<b>Distancia habitual [m]</b>
I	10
II	10
III	15
IV	20

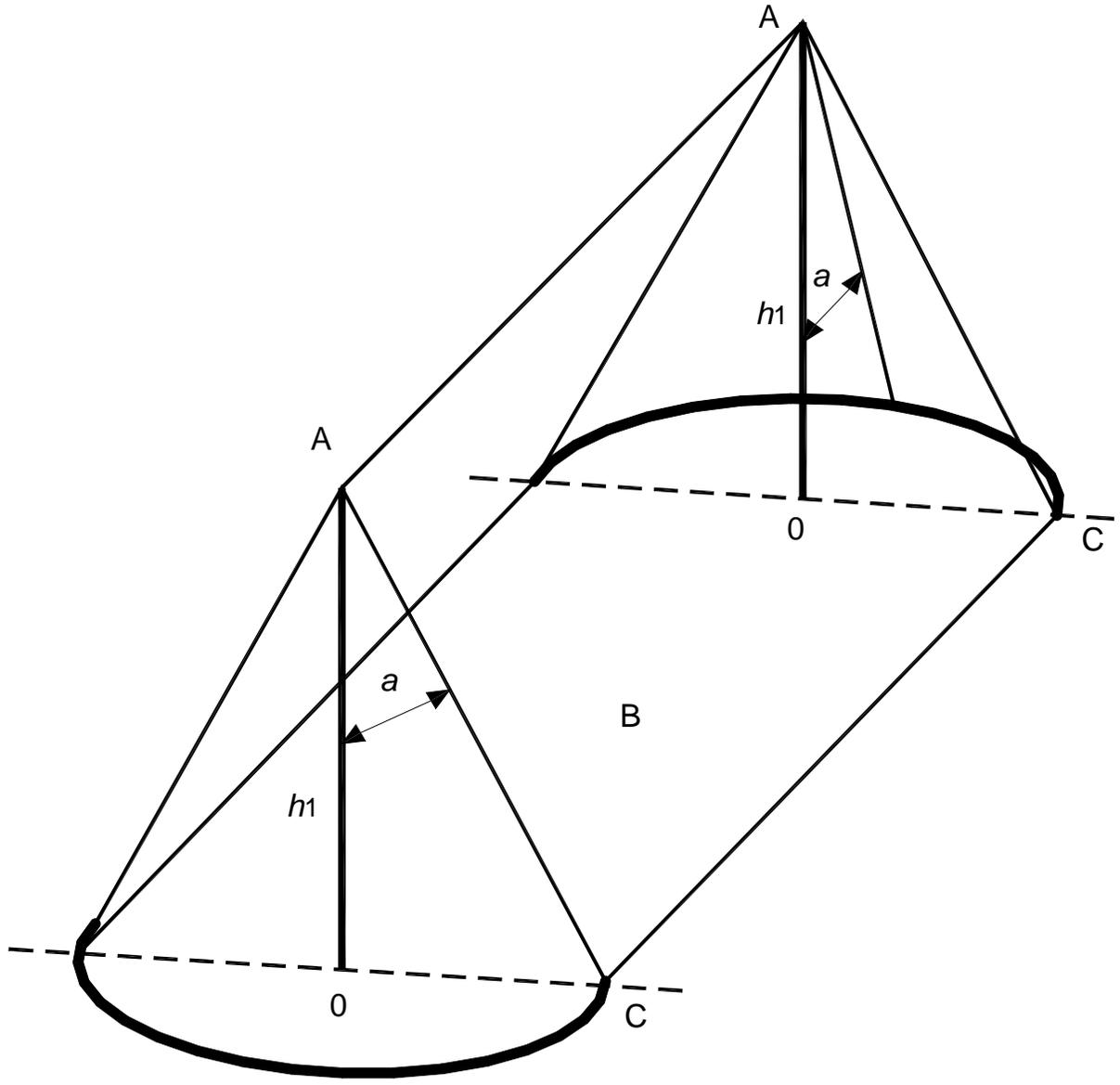
# *Conductores de bajada*

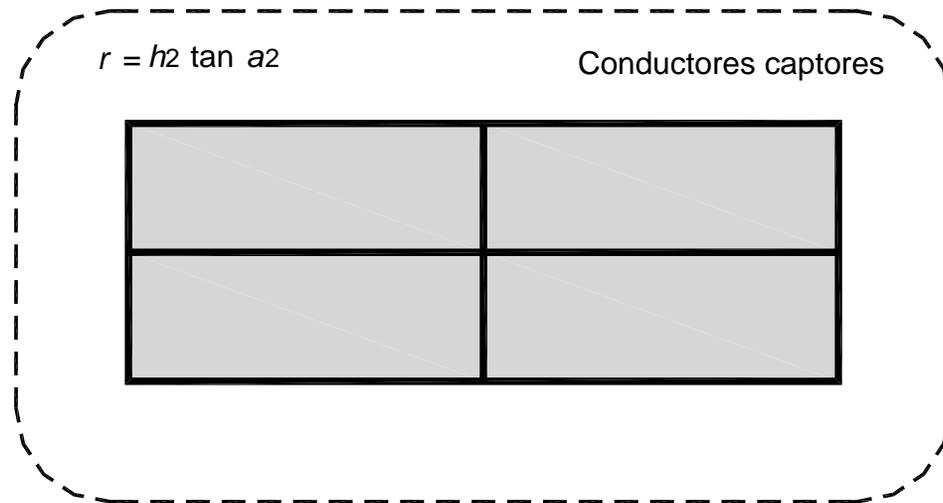
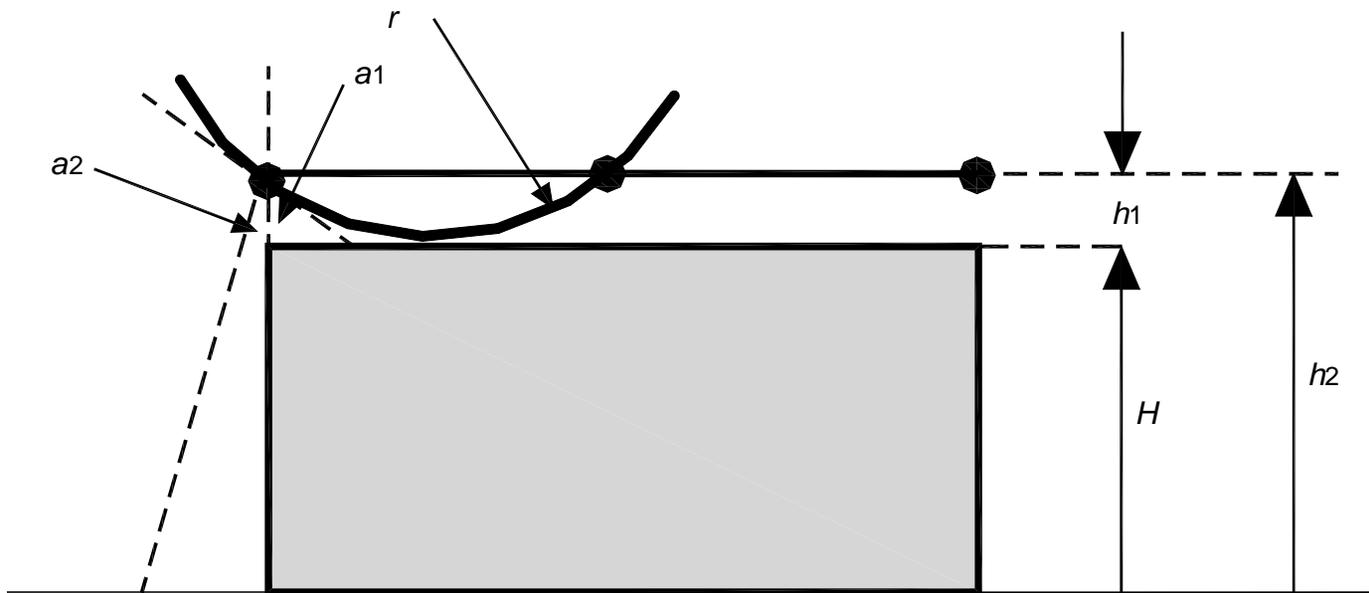


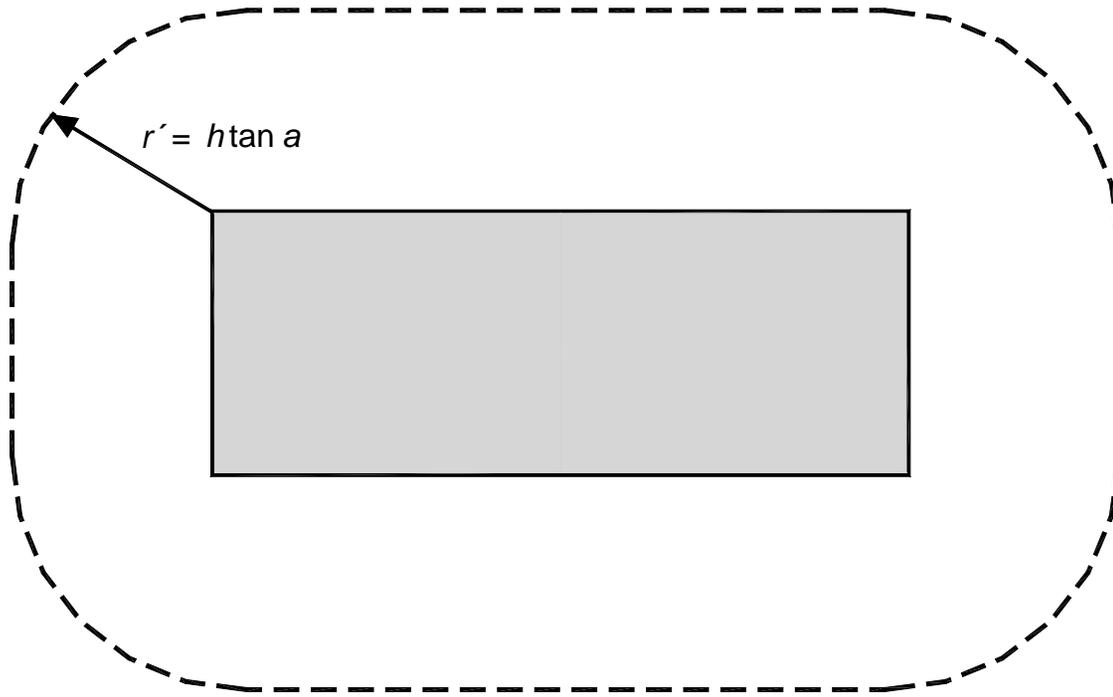
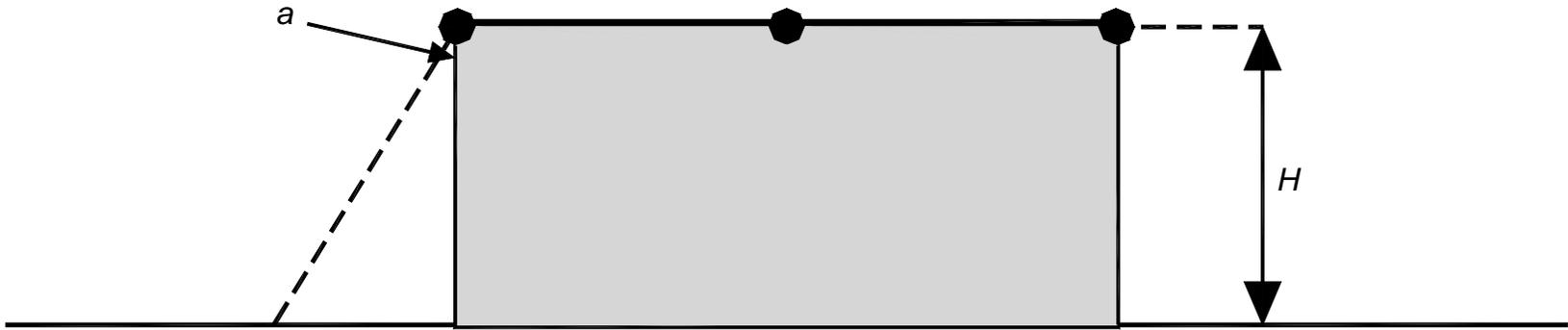
# *Volúmenes protegidos*

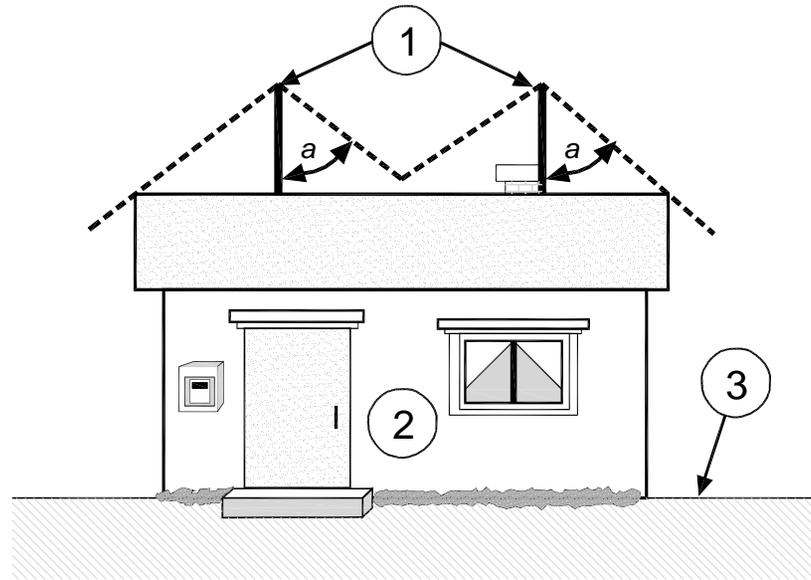
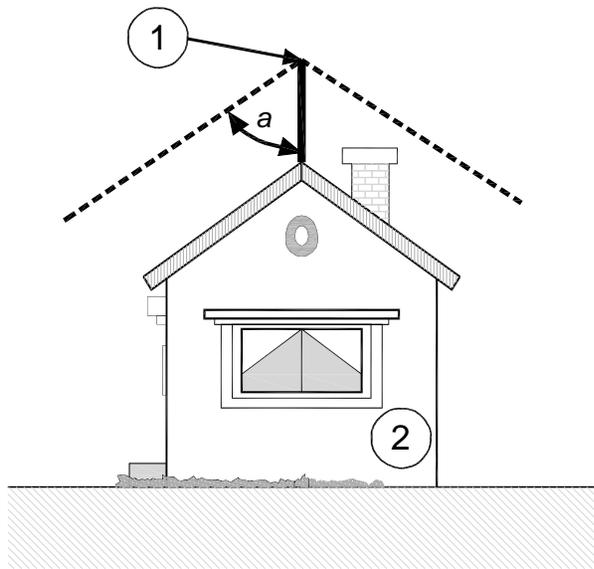
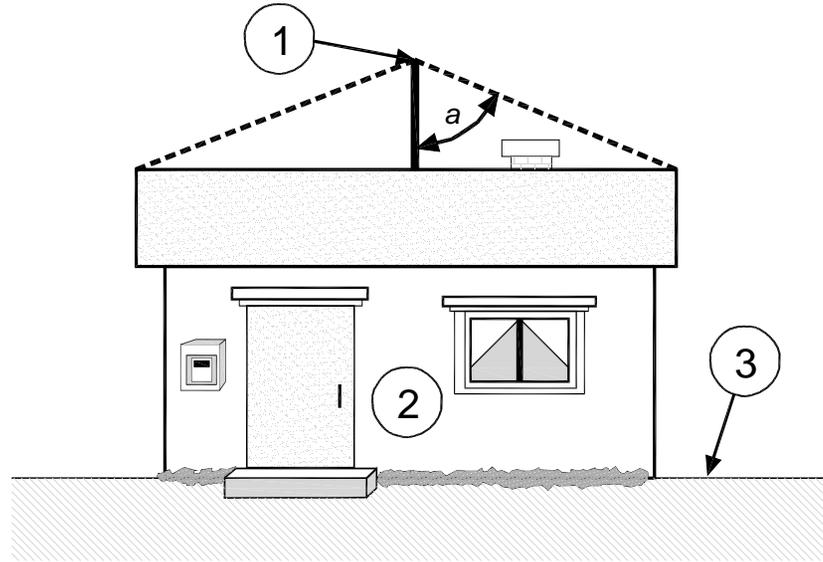
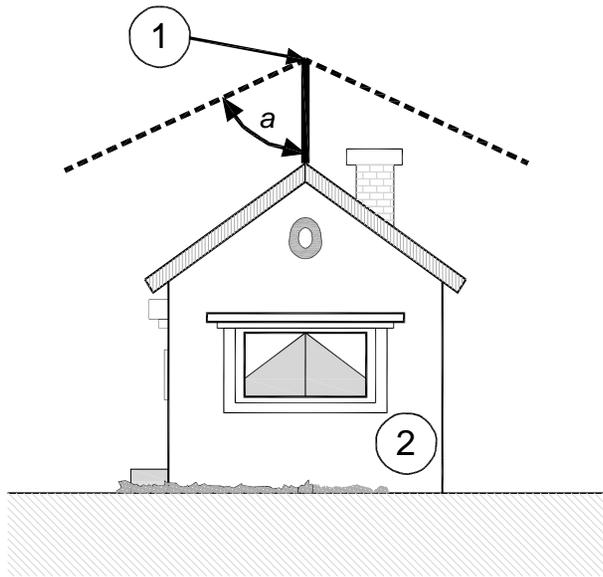


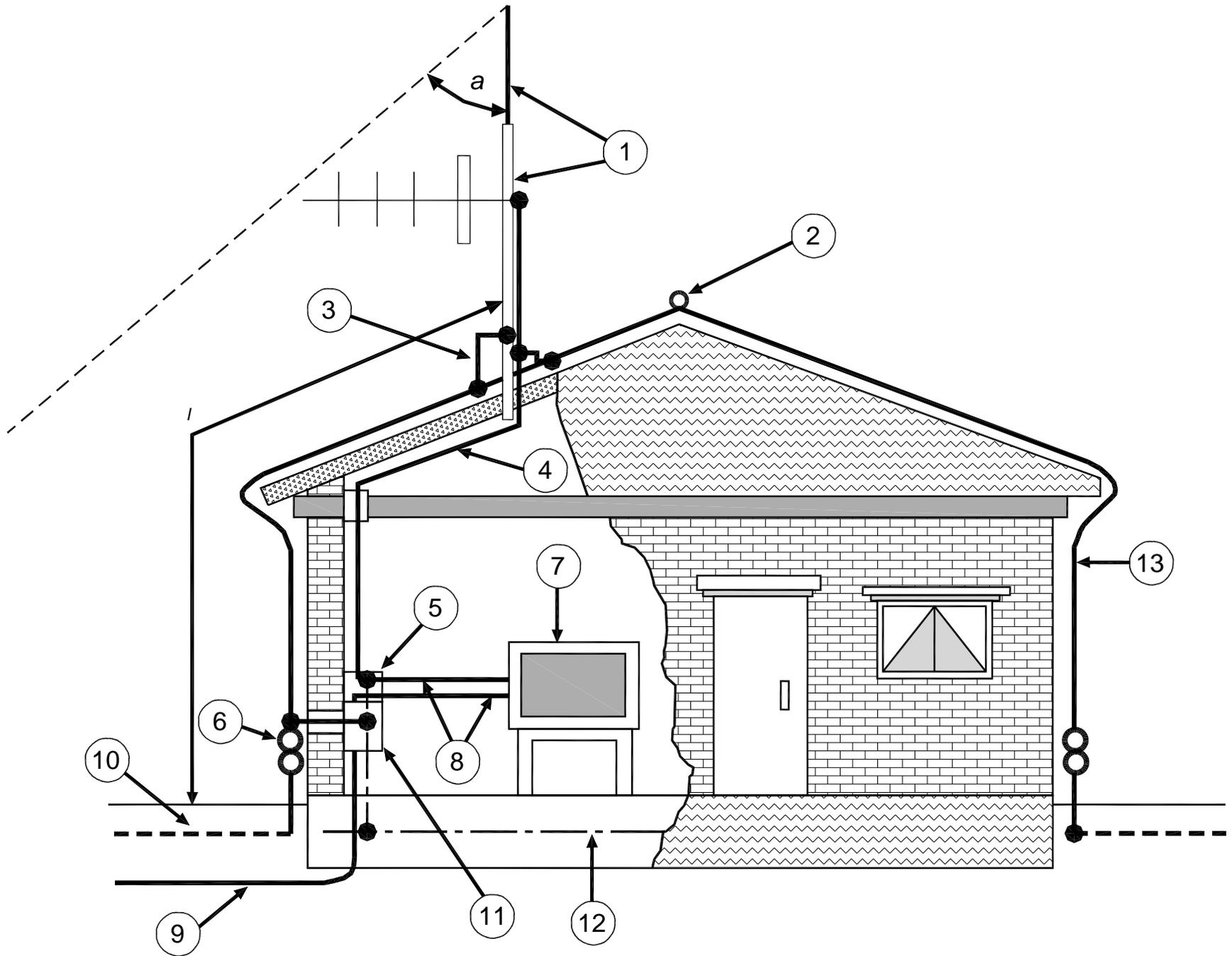


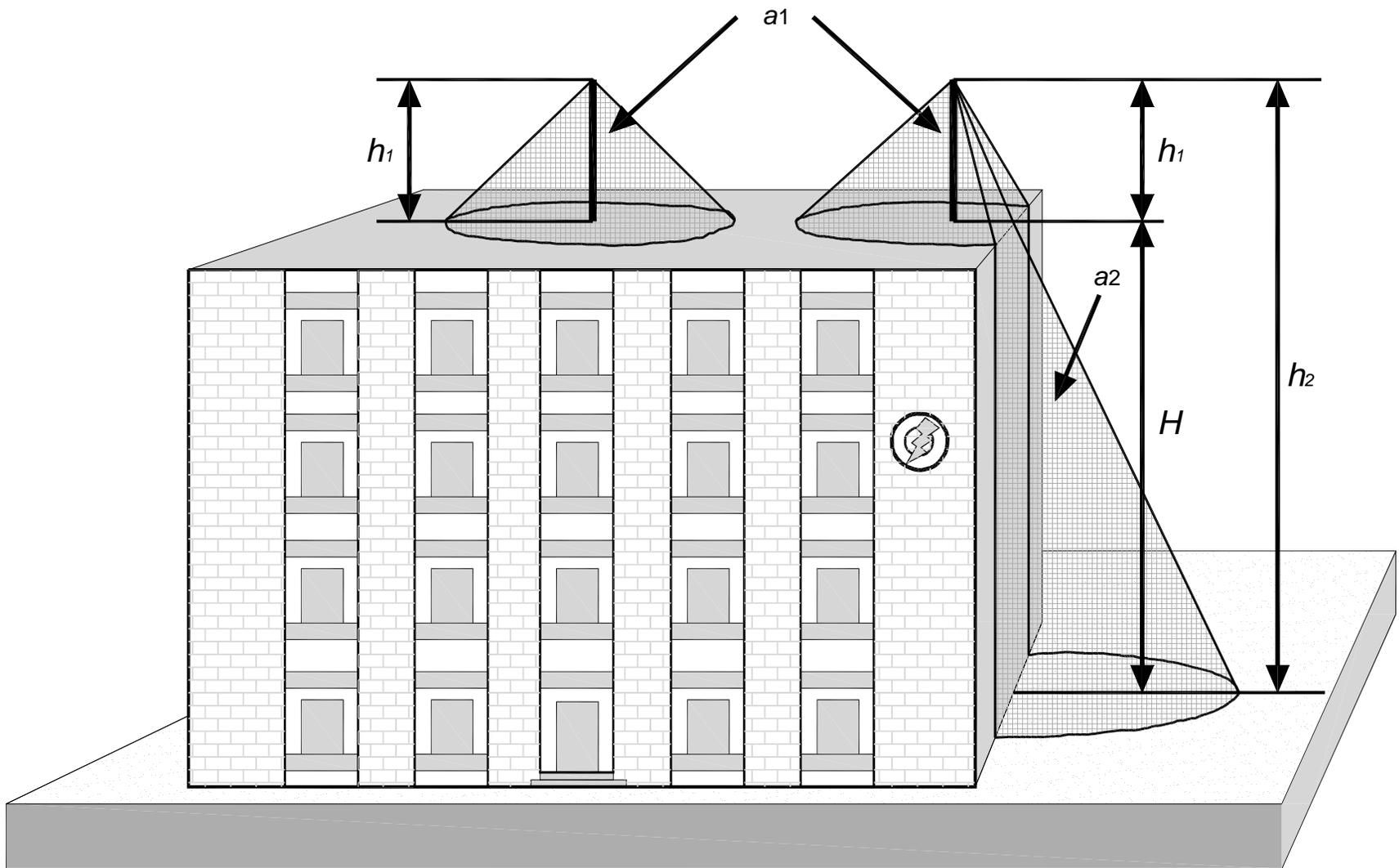


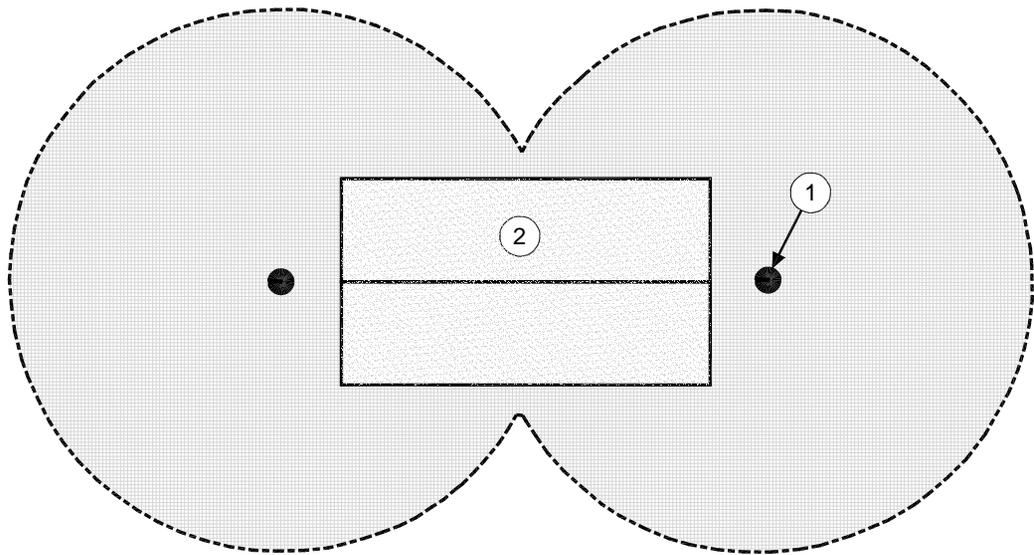
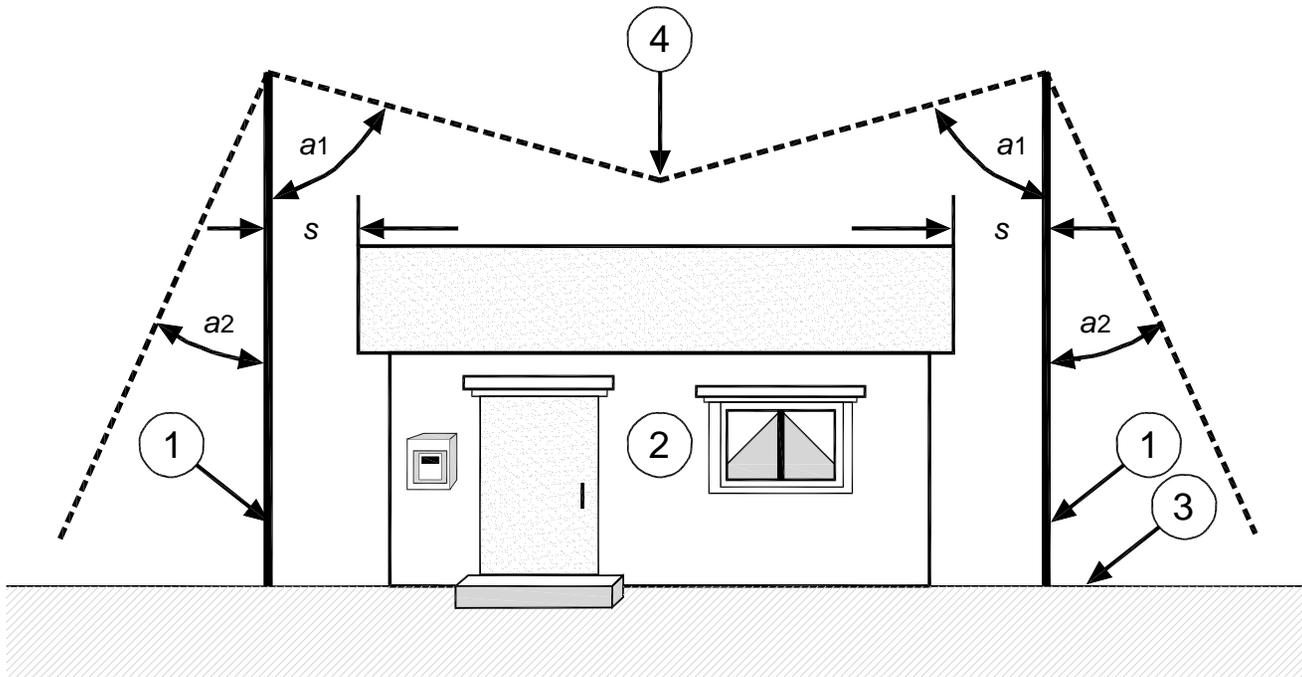


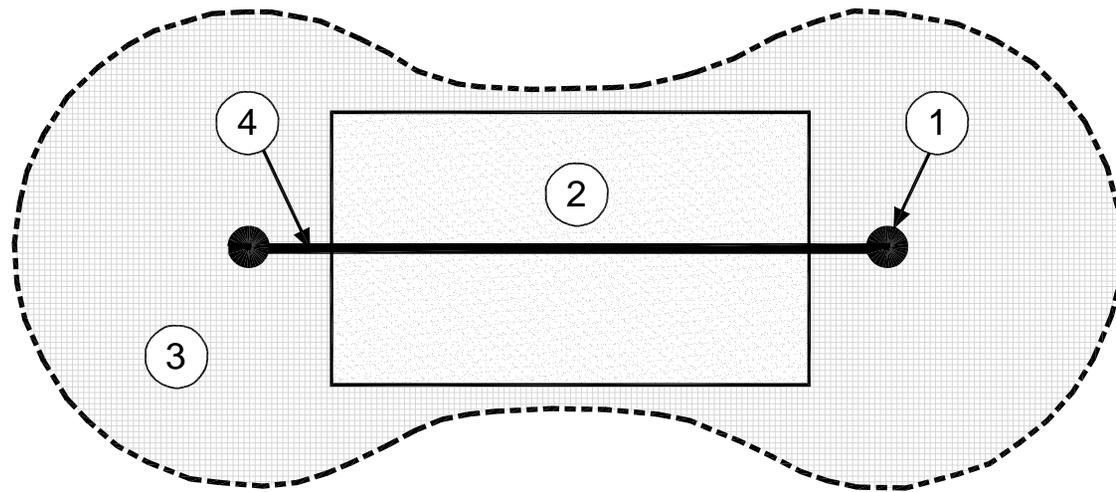
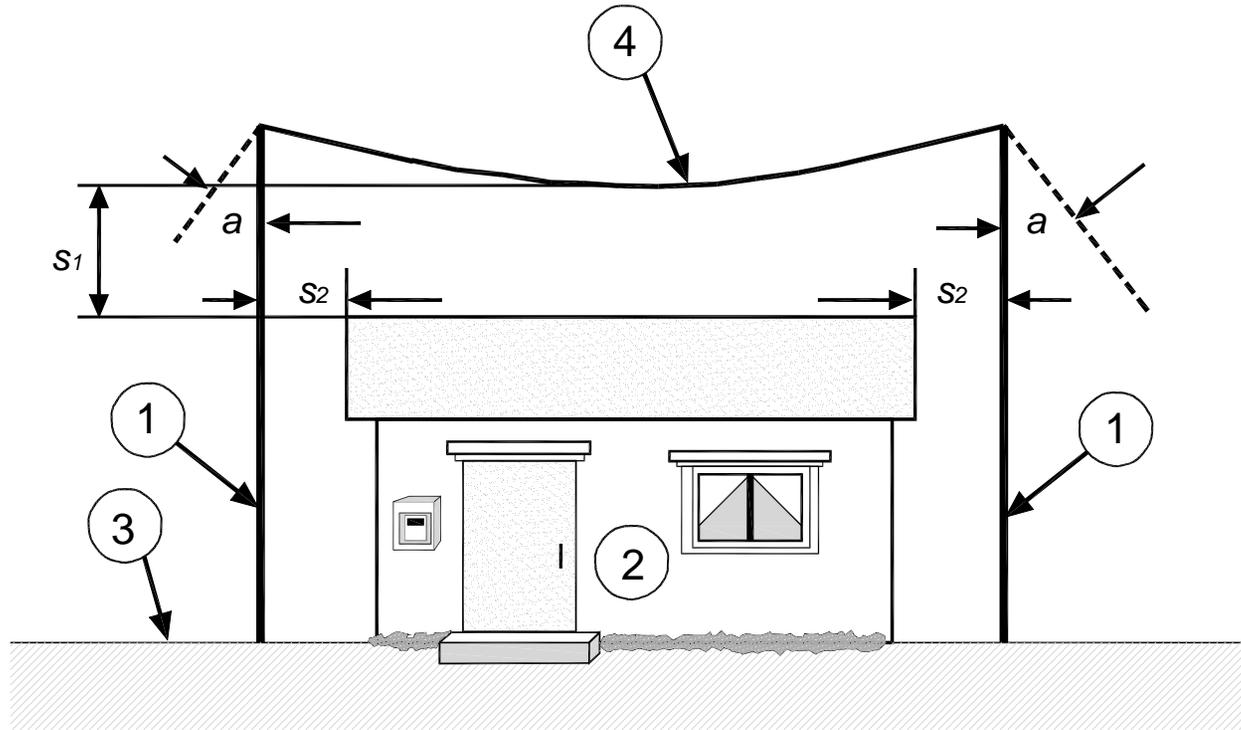


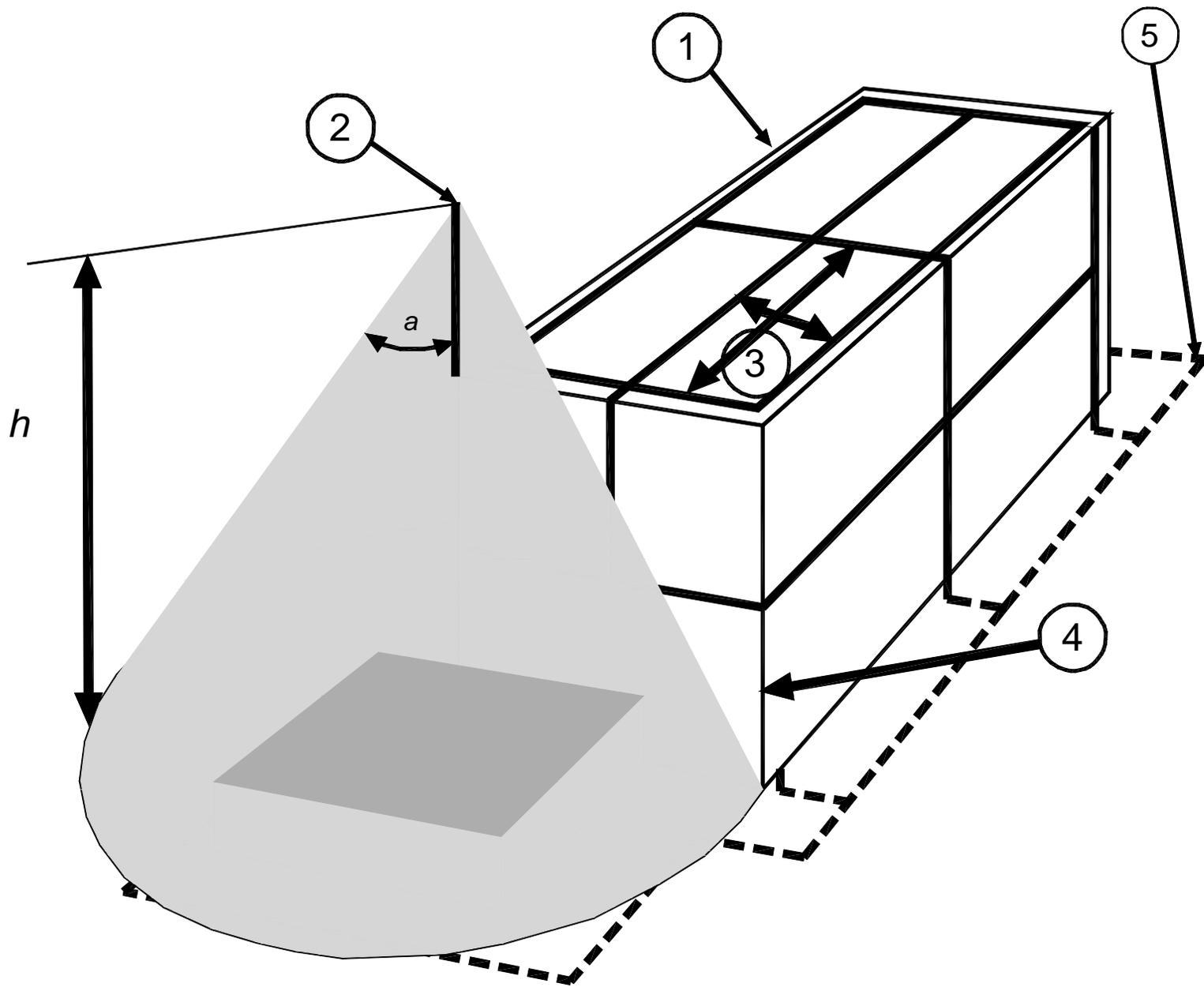


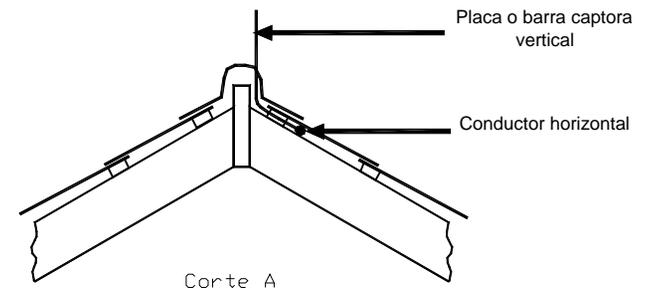
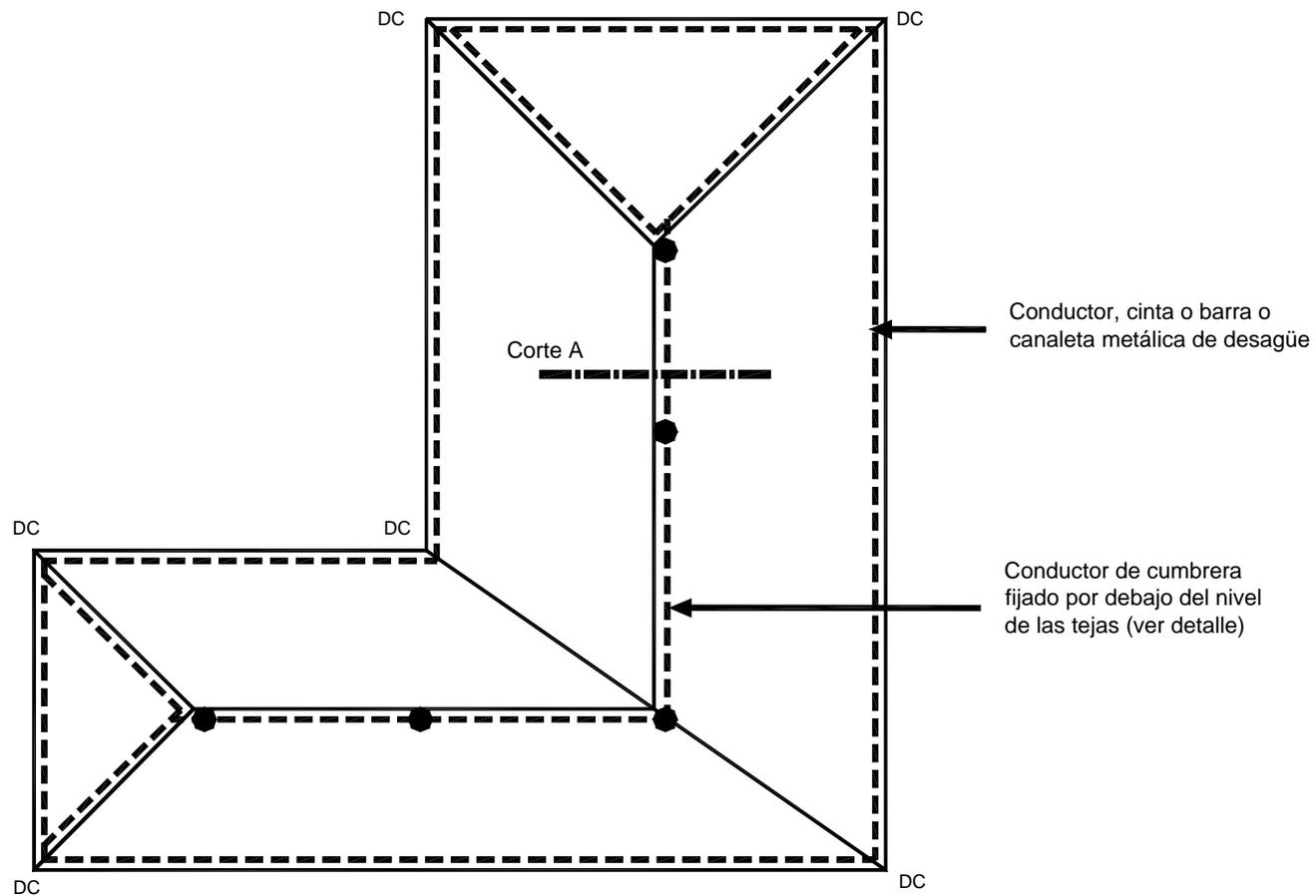












- Conductor enmascarado
- Barras (captoras) desnudas, verticales dispuestas a intervalos cortos, cumpliendo con el ángulo de protección o el método de la esfera rodante ficticia (ver Tabla 2)
- DC Conductor de bajada

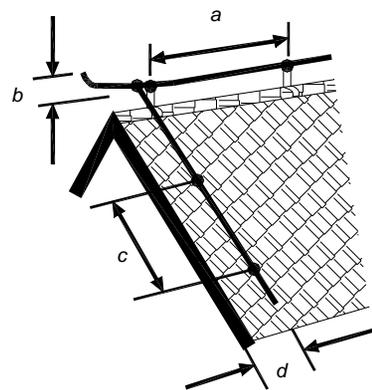


Figura E.23a - Instalación de un conductor captor sobre la cumbrera de un techo a dos aguas y de un conductor de bajada

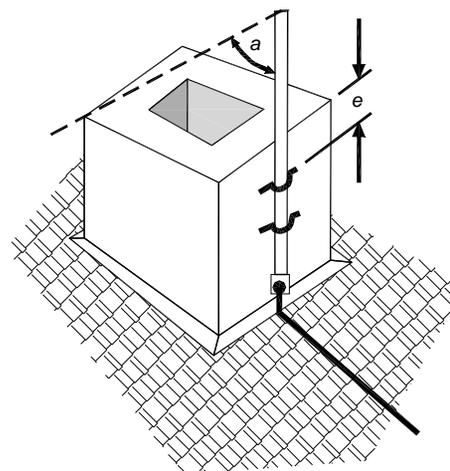


Figura E.23b - Instalación de una barra captora para la protección de una chimenea por el método del ángulo de protección

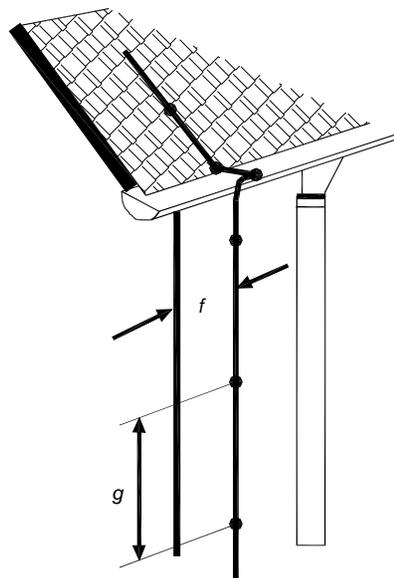


Figura E.23c - Instalación de un conductor de bajada con conexión a la cañería de desagüe

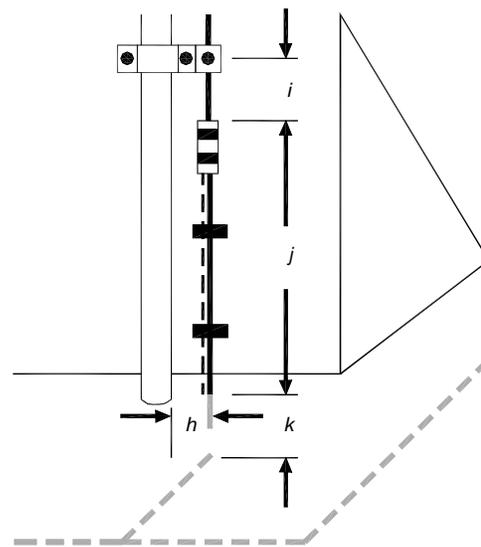
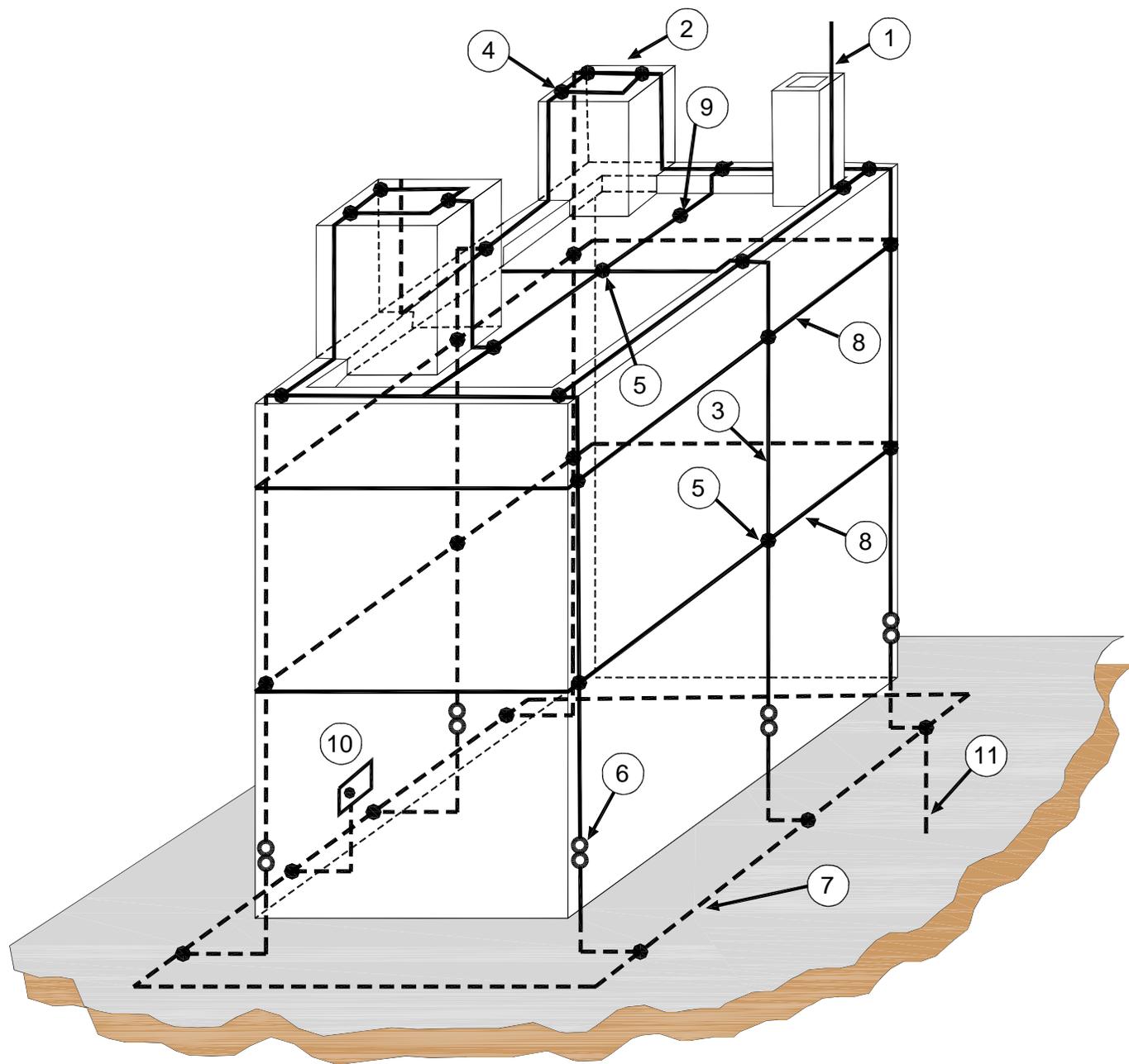
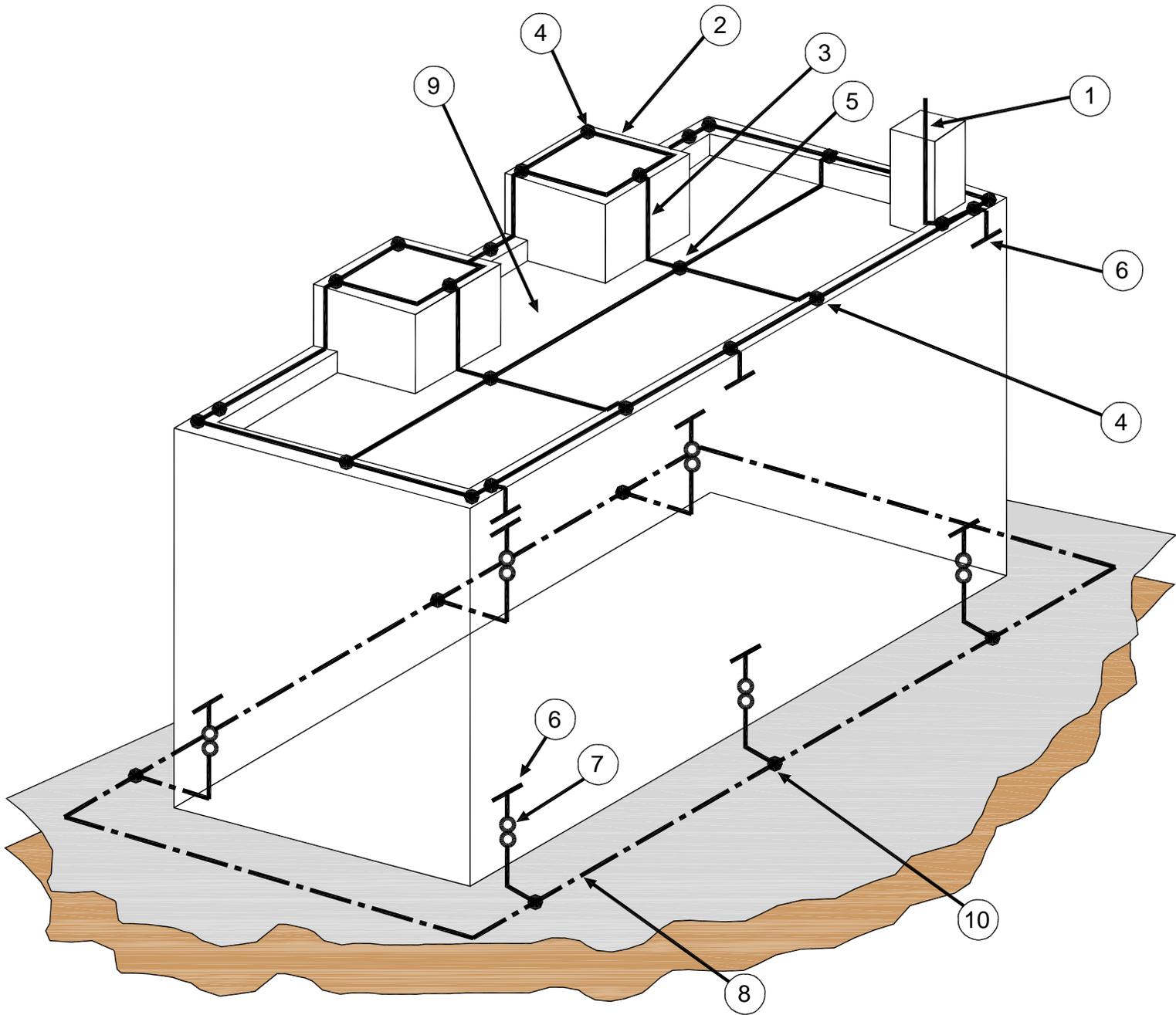
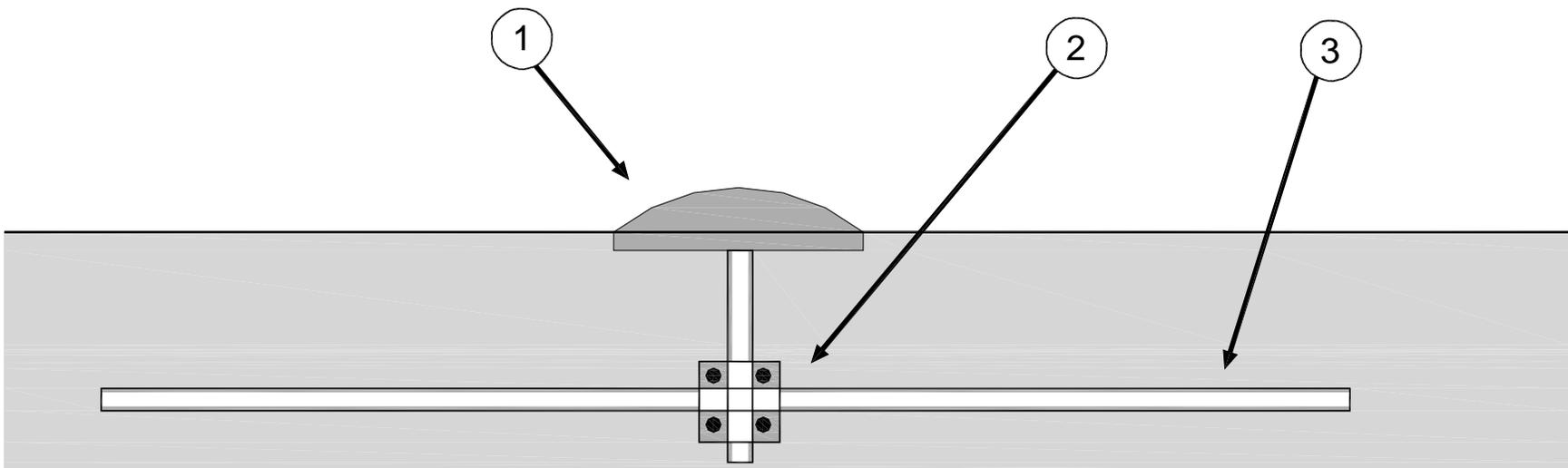


Figura E.23d - Instalación de un borne de prueba sobre un conductor de bajada y conexión a una cañería de desagüe



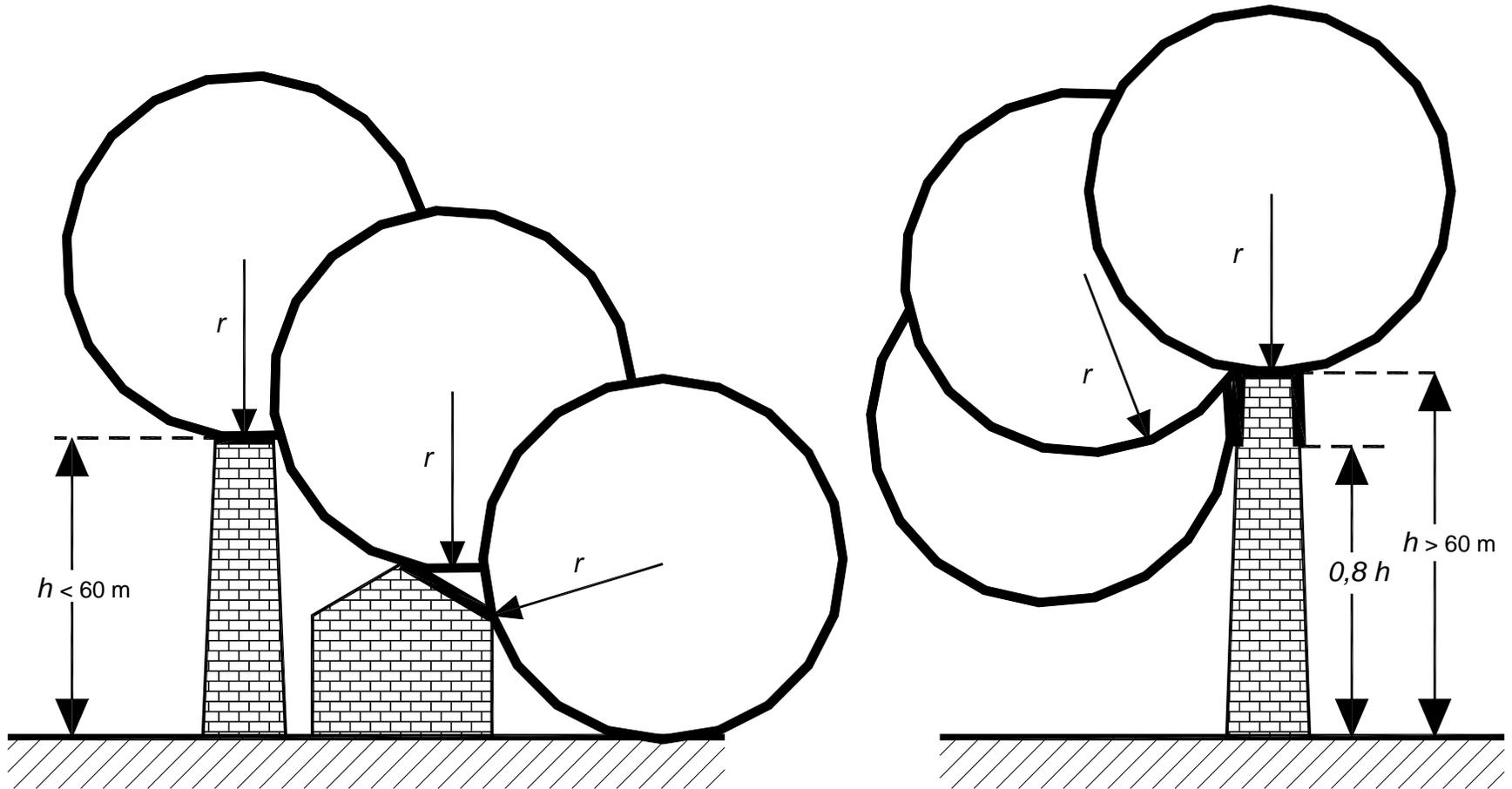




# Niveles de protección

Nivel de protección	Probabilidad	$I_p$ (kA)	Dimensiones de las mallas (m)	h (m) R (m)		20	30	45	60
						$\alpha$			
I	99%	2,8	5 x 5	20	20	25	---	---	---
II	97%	5,2	10 x 10	30	30	35	25	---	---
III	91%	9,6	15 x 15	45	45	45	35	25	---
IV	84%	14,7	20 x 20	60	60	55	45	35	25

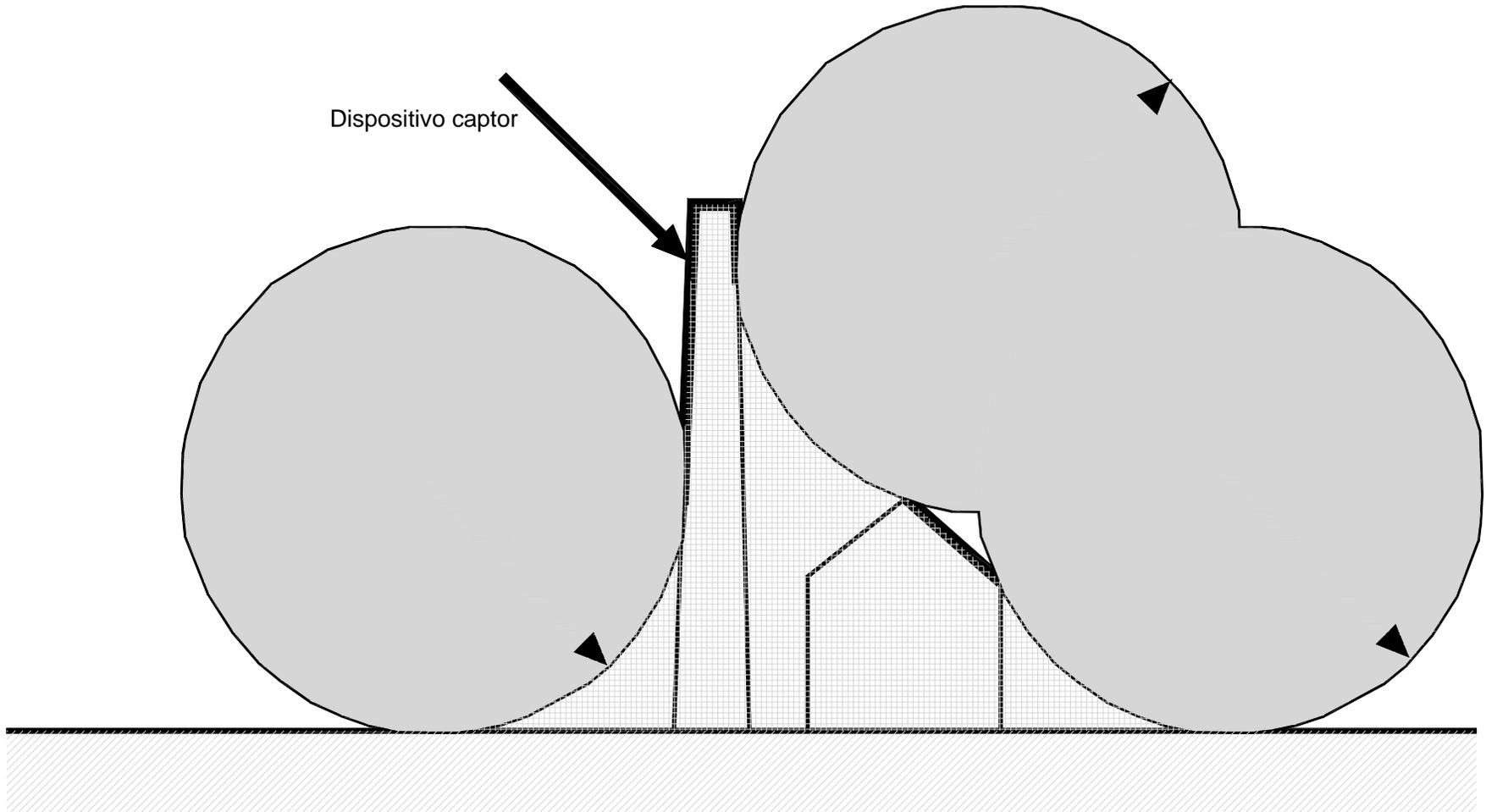
# Ubicaciones de captores







Dispositivo captor





#### **E.4.2.2.1**

#### **El arquitecto**

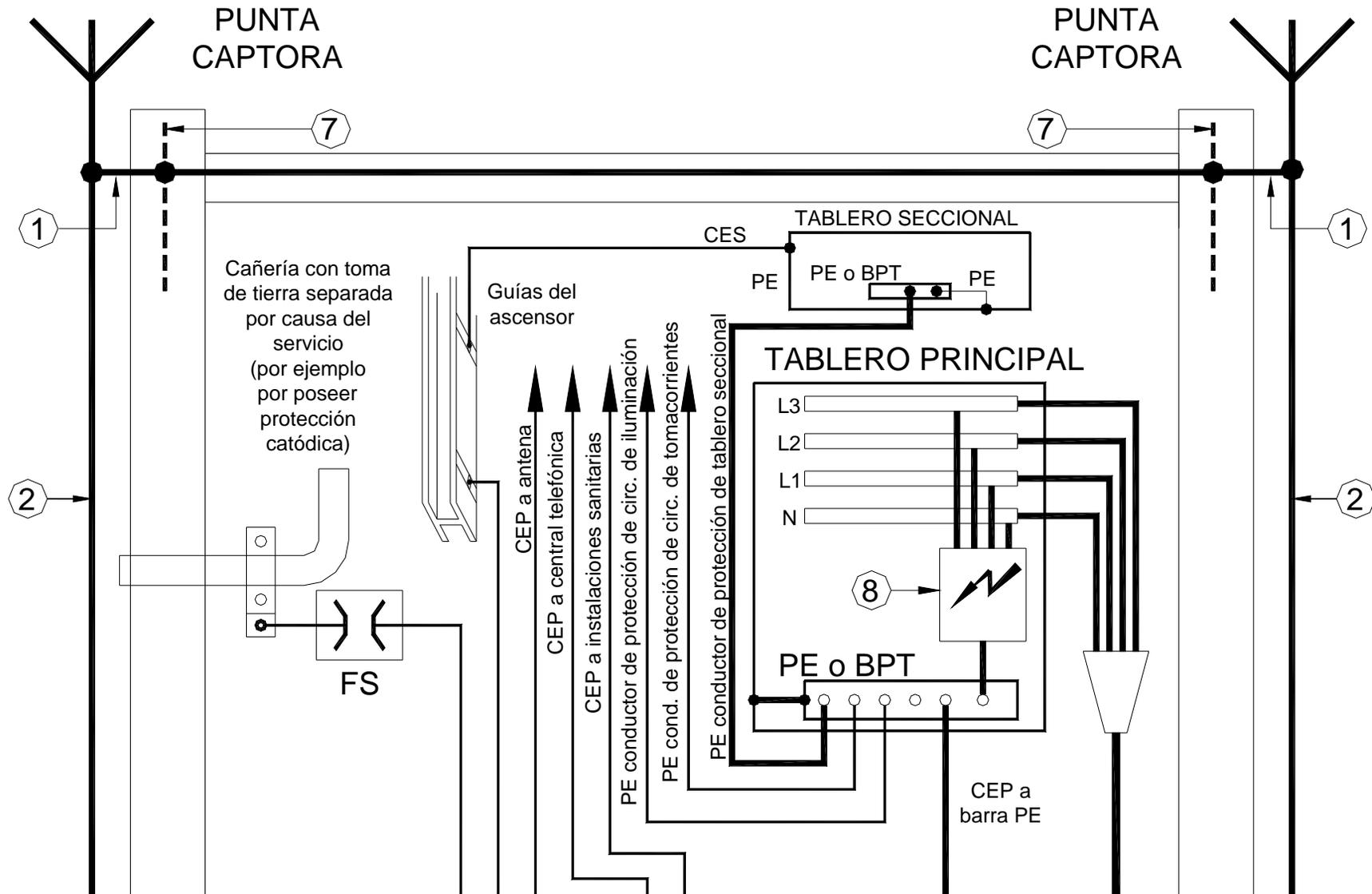
Es conveniente obtener el acuerdo con el arquitecto en los siguientes puntos:

- El recorrido de todos los conductores del sistema de protección.
- Los materiales componentes del sistema de protección.
- Los detalles de los desagües, las canaletas, rieles y otros materiales.
- Los detalles de los equipos, aparatos, instalaciones susceptible de ser situadas en la proximidad de la estructura, que requieran el desplazamiento de las instalaciones de protección o una equipotencialización con el mismo debido a la distancia de separación; como ejemplo de éstas pueden citarse: los sistemas de alarma, de seguridad, de telecomunicación interna, de tratamiento de datos y señales de radio o televisión.
- La extensión de cualquier servicio formado por elementos conductores enterrados que puedan influir sobre la red de puesta a tierra y necesitan de una distancia de seguridad con respecto al sistema de protección contra el rayo.
- Las zonas de puesta a tierra y de puesta a tierra de referencia.
- La extensión de los trabajos y reparto de responsabilidades para la fijación primaria del sistema de protección a la estructura, por ejemplo aquellas que afecten la resistencia al agua de los materiales, especialmente en el caso de los techos.
- Los materiales conductores a utilizar en la estructura, particularmente cualquier parte metálica continua que pueda tener que equipotencializarse al SPCR, por ejemplo cañerías o conductos metálicos de servicios entrantes, salientes o incluidos en la estructura, las armaduras metálicas de refuerzo del hormigón, puntales metálicos.
- El impacto visual del SPCR.
- El impacto del SPCR sobre la constitución de la estructura.
- La ubicación de los puntos de conexión con la armadura de acero, particularmente donde entran elementos conductores desde el exterior (cañerías, pantallas de cables, etc.).
- La conexión de un SPCR a los SPCR de edificios adyacentes.

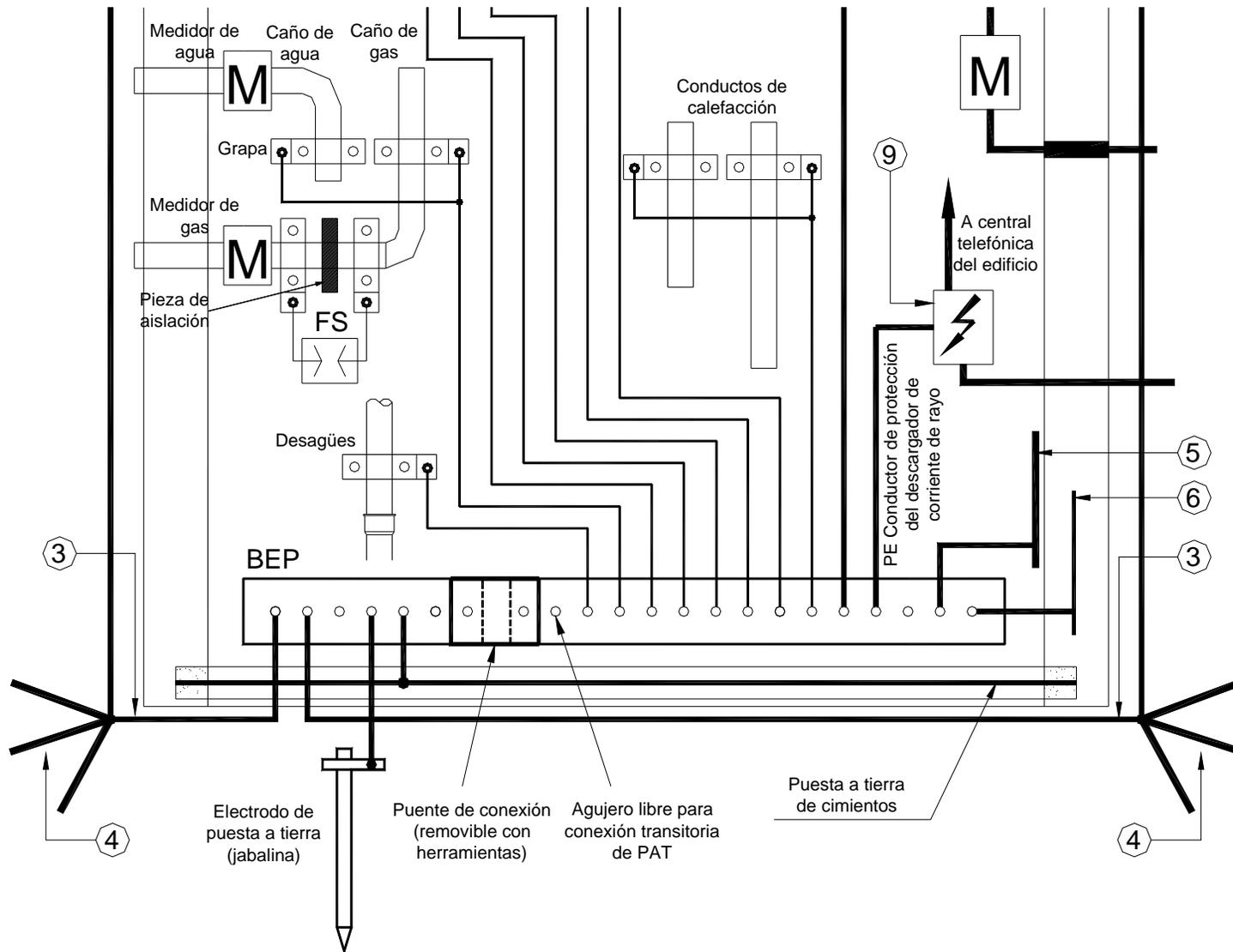
# Protección contra sobretensiones

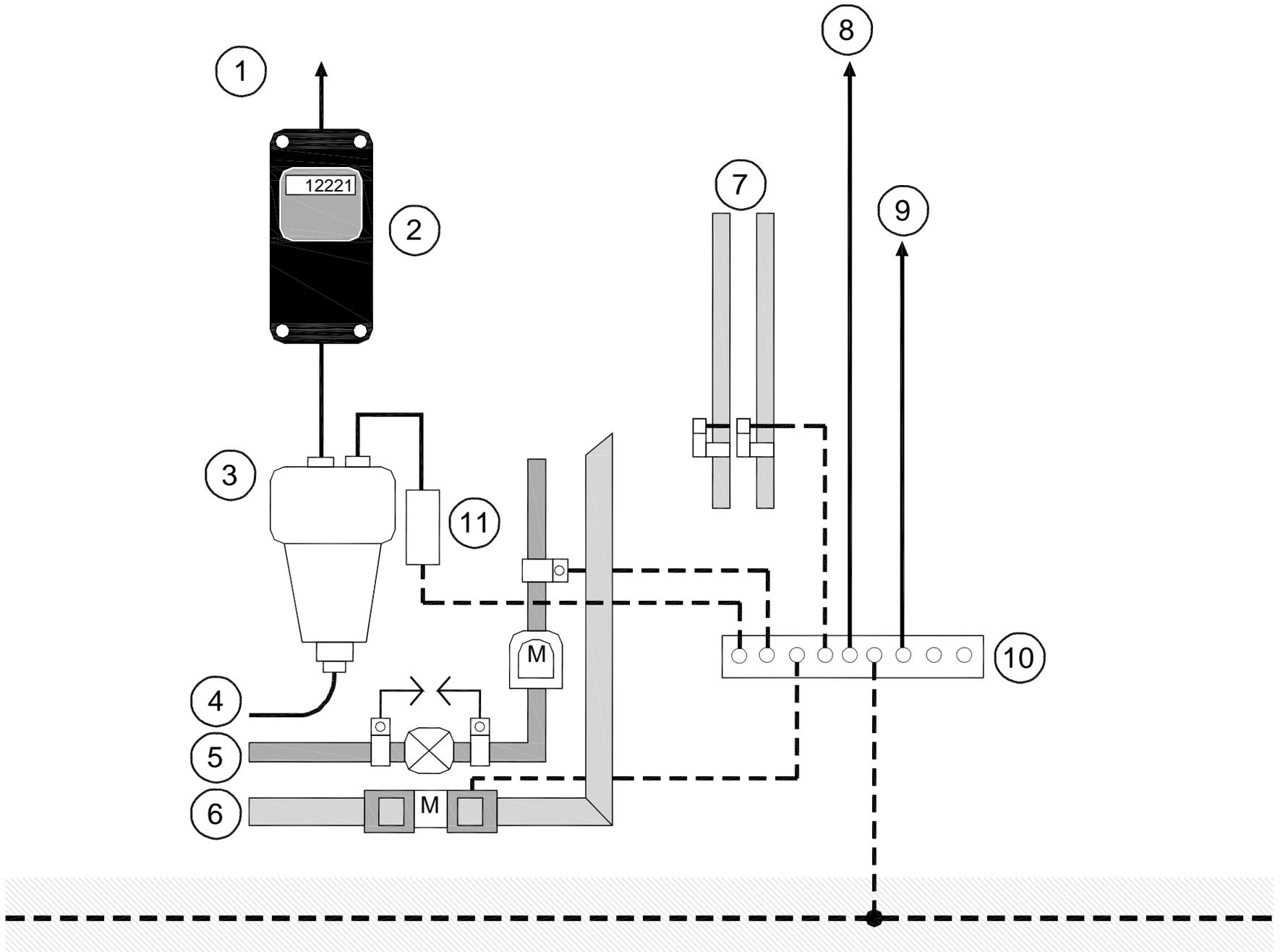
Características de alimentación del inmueble o tipo de inmuebles a alimentar	Nivel cerámico	
	AQ ≤ 25 días por año (AQ1)	AQ > 25 días por año (AQ2)
Inmueble equipado con pararrayos (sistema externo o primario)	Obligatorio	Obligatorio
Inmueble alimentado en BT por una red totalmente aérea o parcialmente aérea	No obligatorio	Obligatorio
Inmueble alimentado en BT por una red totalmente subterránea	No obligatorio	No obligatorio
Inmuebles que son afectados por la salida de servicio de la instalación (instalación indisponible) y/o inmuebles en los que se ve afectada la seguridad de las personas por la salida de servicio de equipos vinculados con la seguridad	Según el análisis de riesgo	Obligatorio

# Equipotencialización típica



# Equipotencialización típica





# Tensiones resistidas al impulso

## **Categoría I – Hasta 1,5 kV**

Equipos destinados a ser conectados a las instalaciones eléctricas fijas de los inmuebles, cuando las medidas de protección son tomadas en el exterior de los equipos con el fin de limitar las sobretensiones transitorias a un nivel específico.

Ejemplos de tales equipos son:  
aquellos que contienen circuitos electrónicos particularmente sensibles,  
puestos de trabajo de informática,  
electrodomésticos de programación electrónica, etc.

# Tensiones resistidas al impulso

## **Categoría II – Hasta 2,5 kV**

Equipos destinados a ser conectados a las instalaciones eléctricas fijas de los inmuebles, proporcionando un grado normal de disponibilidad (continuidad de servicio), como generalmente se le exige a los equipos y aparatos de uso corriente.

Ejemplos de tales equipos son:  
electrodomésticos de programación mecánica,  
las herramientas portátiles y otras cargas análogas, etc.

# Tensiones resistidas al impulso

## **Categoría III – Hasta 4 kV**

Equipos destinados a ser conectados a las instalaciones eléctricas fijas de los inmuebles, aguas abajo del tablero principal, para proporcionar un alto grado de disponibilidad.

Ejemplos de tales equipos son:

Tableros de distribución, aparatos de maniobra y protección, cables, cajas de conexión, materiales de empleo industrial y materiales tales como los motores fijos con una conexiones permanentes.

# Tensiones resistidas al impulso

## **Categoría IV – Hasta 6 kV**

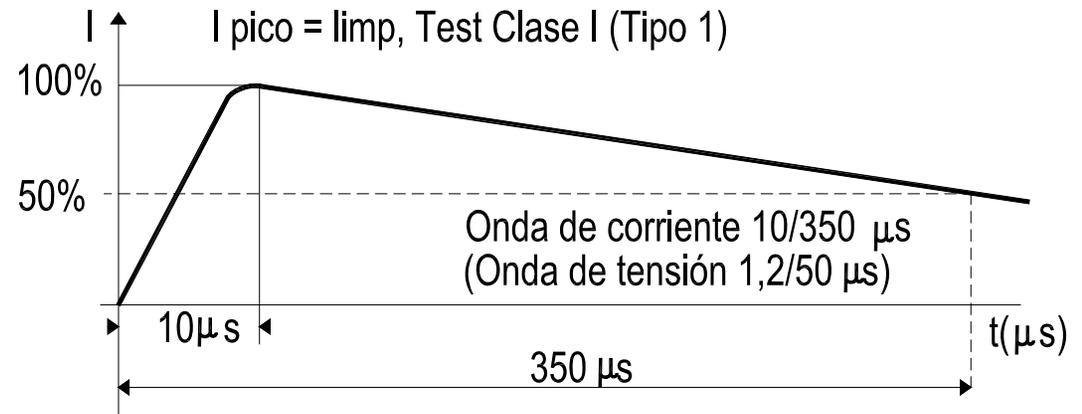
Equipos empleados en el origen de la instalación eléctrica del inmueble, aguas arriba del tablero de distribución principal.

Ejemplos de tales equipos son:  
medidores o contadores de energía,  
interruptores principales,  
dispositivos de telemedición, etc.

# Ondas normalizadas de ensayo

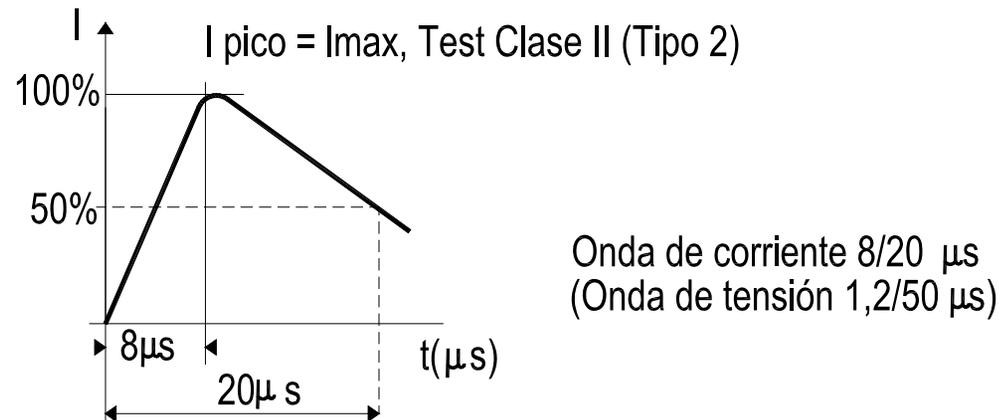
## IMPACTOS DIRECTOS:

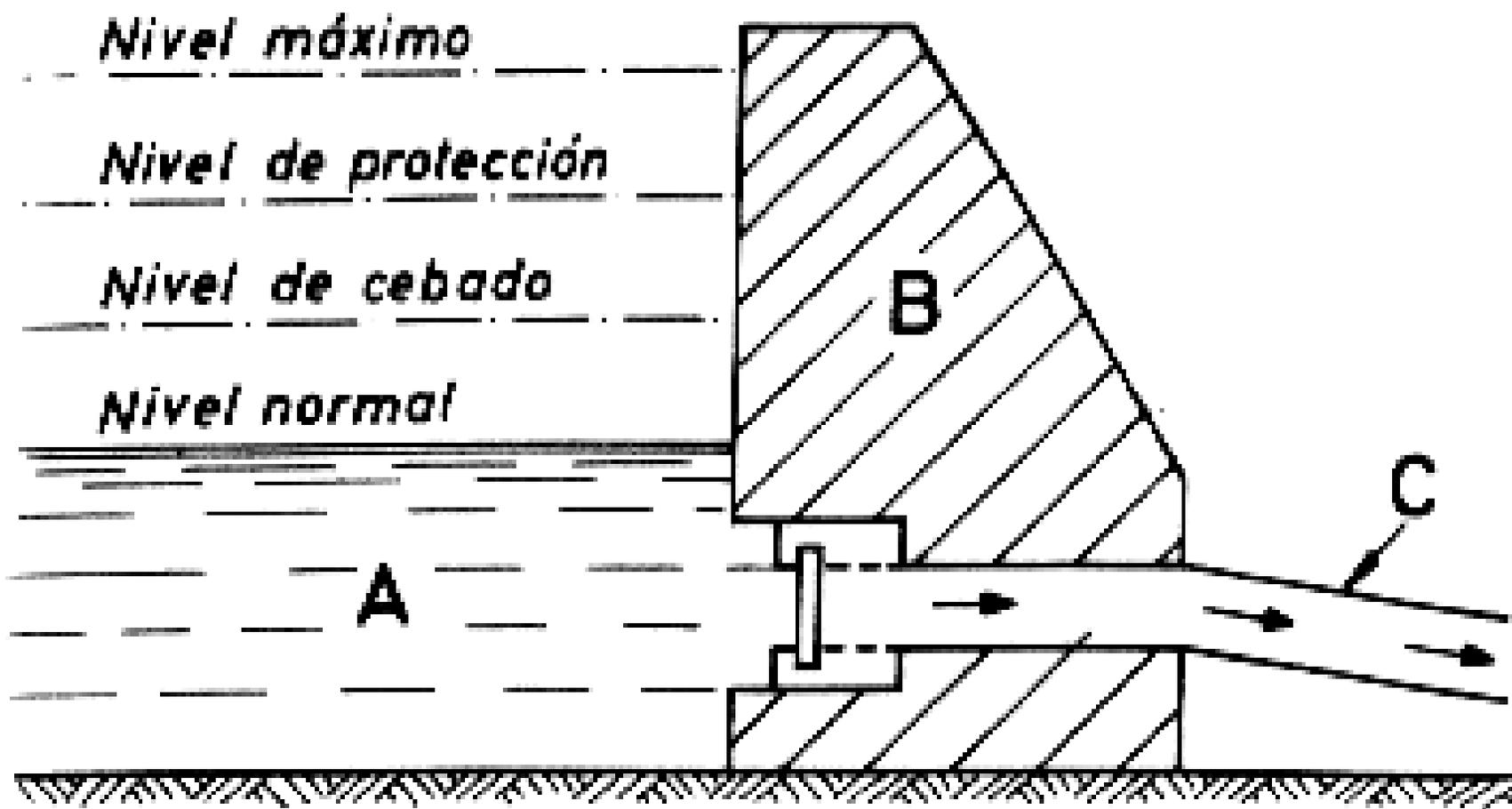
Onda 10/350  $\mu\text{s}$  - Equipos con alta capacidad de descarga



## IMPACTOS INDIRECTOS:

Onda 8/20  $\mu\text{s}$  - Equipos con capacidad de descarga media - alta





# DPS conforme a IEC 61643-1

Clase I		Clase II	
$I_{imp}$ (10/350)	(kA)	$I_{imp}$ (8/20)	(kA)
$I_n$ (8/20)	(kA)	$I_n$ (8/20)	(kA)
$U_p$	(V)	$U_p$	(V)
$U_c$	(V)	$U_c$	(V)

# DPS conforme a IEC 61643-1

## **Máxima corriente de impulso ( $I_{imp}$ )**

**Valor de cresta de corriente que soporta el limitador con una onda de ensayo 10/350  $\mu$ s. Esta magnitud se utiliza para clasificar a los limitadores clase I. La misma magnitud para los clase II, pero con una onda de ensayo 8/20  $\mu$ s.**

## **Corriente de descarga nominal ( $I_n$ )**

**Valor de cresta de corriente que soporta el limitador con una onda de ensayo 8/20  $\mu$ s. El dispositivo puede soportar esta magnitud 20 veces.**

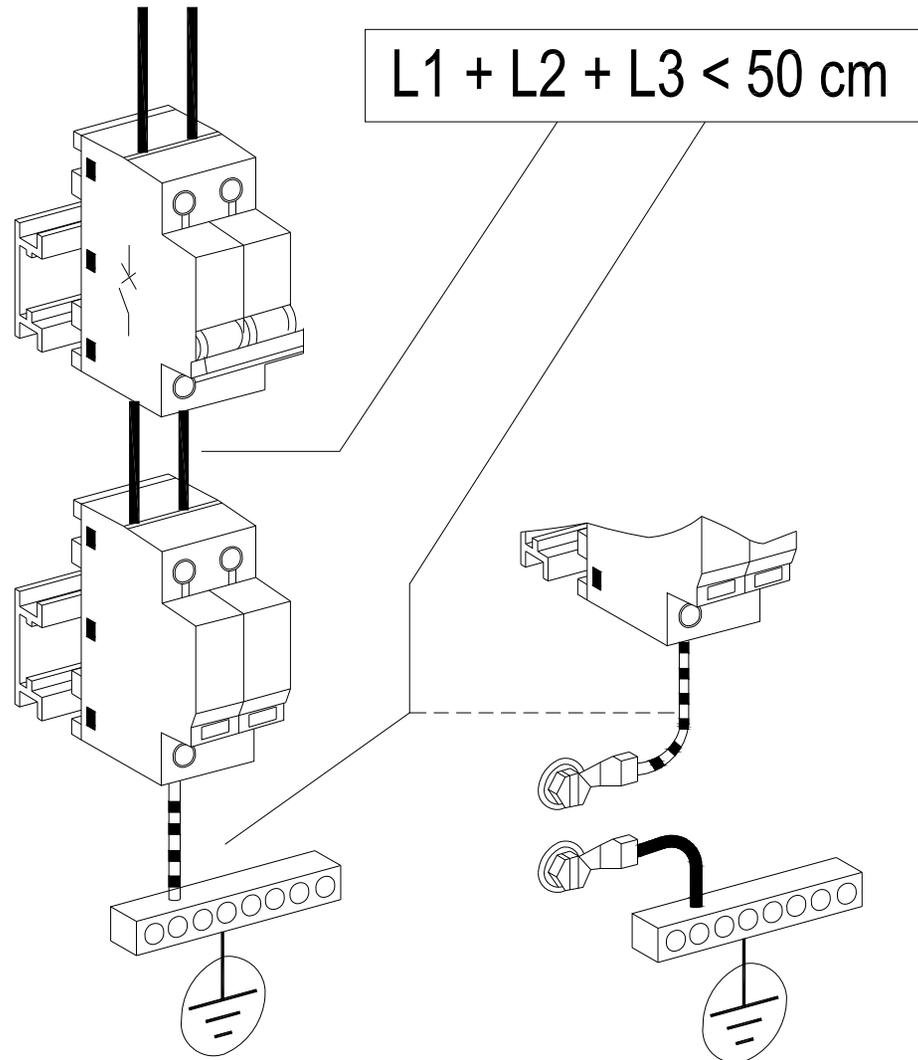
## **Nivel de Protección ( $U_p$ )**

**Caracteriza a la tensión residual presente en los bornes del limitador cuando por él circula la corriente nominal  $I_n$ .**

## **Tensión máxima en régimen permanente ( $U_c$ )**

**Máxima tensión RMS o continua que puede soportar el limitador en régimen permanente.**

# Ubicación de DPS



# Ubicación de DPS

