



Instalaciones fijas de pararrayos

1. INTRODUCCIÓN

Como fenómeno físico, el rayo se puede definir como una descarga eléctrica que se produce en las zonas bajas de la atmósfera, cuando ésta se encuentra en unas condiciones eléctricas determinadas.

Los rayos producidos durante las tormentas eléctricas causan, de modo directo o indirecto, frecuentes daños a personas y bienes. De hecho, una estimación estadística permite asegurar que este agente meteorológico produce aproximadamente un 10 por 100 de los incendios notificados.

Esta guía ilustra los procedimientos y prácticas para proteger a personas y materiales (que no sean explosivos ni que impliquen generación o transporte de electricidad) frente a los peligros asociados a este meteoro.

2. FORMACIÓN DEL METEORO

Los rayos y relámpagos se producen debido a una estratificación de la nube, de carácter tripolar. Esto supone una distribución en capas, de forma que dos superiores e inferiores, cargadas positivamente, limitan una capa central de carga negativa.

La carga electrostática de las nubes está motivada y originada por el movimiento de ascensión de la corriente de aire con una gran velocidad y las gotas de agua que caen.

El valor del campo eléctrico en tierra cuando no existen nubes tormentosas es de 0,1 kv/m, aumentando hasta valores de 10 a 20 kv/m en presencia de ellas. Esta situación origina que desde la nube hacia tierra se creen pequeños efluvios llamados "trazadores descendentes".

Por este motivo se produce un fenómeno parecido pero en sentido ascendente en aquellos lugares o puntos de mayor riesgo, que predominan con respecto a su entorno y con una agudeza pronunciada.

Cuando se unen ambos trazadores (ascendente y descendente), se origina el denominado "punto de discriminación", y seguidamente el "punto de impacto", momento en que es perforado el dieléctrico del aire por el arco que forma la caída del rayo a tierra.

Debido a las propias características del fenómeno, su intensidad y el tiempo de duración no permiten fijar valores exactos. Como datos de referencia decir que la intensidad de la corriente eléctrica oscila entre 10.000 y 50.000 amperios, con una diferencia de potencial variable entre 100.000 y 1.000.000 de voltios, y todo ello, producido en un tiempo entre 5 y 800 microsegundos. En un instante, toda esa energía electrostática se transforma en electromagnética (radiación visible, acústica y térmica).

3. FORMAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CAÍDA DEL RAYO

Los sistemas de protección contra rayos se basan en una idea muy sencilla: interceptar la descarga antes de que alcance determinado objeto, permitiendo que la corriente pueda entrar en tierra o salir de ella sin causar daños en su recorrido.

Esto es posible gracias a la propiedad que poseen los cuerpos conductores de electricidad cuando su forma termina en punta para dejar pasar fácilmente cargas eléctricas. El fundamento físico de este efecto es la creación, en la inmediata proximidad de una punta conductora, de un campo eléctrico muy intenso, ionizando los gases atmosféricos circundantes. El efecto de ionización se propaga de la punta al electrodo opuesto (la nube en nuestro caso), formando una canal conductor ininterrumpido, originándose la descarga eléctrica por este canal.

3.1 Componentes principales de la instalación

- **Terminales aéreos:** Los edificios se protegen colocando terminales metálicos aéreos en la parte superior o saliente, con conductores que conectan entre sí los terminales y la tierra. Estos terminales aéreos pueden ser pasivos o activos dependiendo de si carecen o no de algún sistema capaz de crear el canal conductor o camino trazador previo, que atraiga el rayo.





- **Conductores:** Son los elementos metálicos (principalmente cobre) que permiten el paso de la corriente eléctrica.

Los tramos verticales descendentes a tierra deben ser robustos y proporcionar un paso razonablemente directo.

Hay que tener especial precaución contra la corrosión electrolítica de estos conductores.

- **Puesta a tierra:** Son unas conexiones primordiales para los sistemas de protección contra el rayo. Debido a su gran importancia, su desarrollo ha de ser de mayor extensión.

La puesta a tierra comprende todo un conjunto de elementos metálicos; de sección adecuada, unidos a un electrodo o grupo de ellos, con objeto de eliminar diferencias de potenciales peligrosas.



Debido al carácter de impulso de la corriente del rayo y para asegurar el camino más fácil posible a tierra es importante ocuparse de la forma y dimensiones de la toma de tierra, así como el valor de su resistencia. A fin de facilitar la dispersión de la corriente del rayo en tierra en un espacio de tiempo muy corto, se deberá asegurar una mínima superficie de contacto del electrodo de tierra en el terreno.

Las tomas de tierras cumplirán los criterios siguientes:

- Se realizará una toma de tierra por cada conductor de bajada.
- La resistencia será inferior y lo más próxima posible a 10Ω . Se debe medir este valor sobre la tierra aislada de todo otro elemento de naturaleza conductora.
- El valor de impedancia de onda o inductancia será lo más baja posible, para minimizar la fuerza contraelectromotriz que se añade al potencial óhmico en el momento de la descarga del rayo. Es conveniente por ello evitar las tomas de tierra constituidas por un único elemento de gran longitud, horizontal o vertical.

Las tomas de tierra se realizarán y dispondrán conforme a las indicaciones anteriores, siguiendo la norma **UNE 21.186, «Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante Pararrayos con dispositivo de cebado»**, así como aquellas de la instrucción **MI BT039 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**.

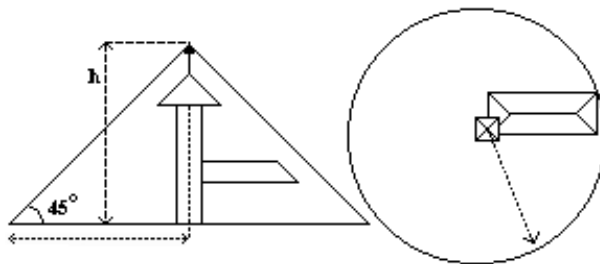
3.2 Sistemas de captación

Sistemas pasivos

- **Pararrayos de punta Franklin.** Este sistema cubre un cono de eje vertical, con vértice en la cabeza de captación, con un ángulo de apertura de 90° y cuya base tiene un radio igual a la altura de la instalación.

Cuando varios pararrayos están unidos a distancias inferiores a 20 m, el cable de unión actúa como pararrayos continuo, cuya zona protegida es el volumen del prisma que se forma, aunque presenta falta de cobertura cuando dicha altura es excesiva.

Este sistema ha dejado de utilizarse en las nuevas instalaciones.



- **Sistema Jaula Faraday.** Cuando un volumen metálico de paredes con perfecta continuidad eléctrica es sometida a una descarga eléctrica, en su interior no se produce ninguna acción inductiva eléctrica, funcionando como una pantalla electrostática.

La forma de proteger un edificio utilizando este sistema se efectúa construyendo una malla tupida, reticular en todo su volumen, de forma que ningún punto quede a más de 9 m de un cable conductor. La zona protegida es el volumen cubierto por la malla.

Este sistema presenta problemas de ejecución y de estética en algunos edificios, siendo muy escasa su utilización.

Sistemas activos

- **Pararrayos radiactivo.** Este sistema fue ampliamente utilizado hasta su prohibición, debido al peligro de las emisiones radiactivas que se podrían producir en caso de rotura de la envoltura del material radiactivo y la dispersión del mismo al exterior con el consiguiente riesgo de contaminación.



En España está totalmente prohibida su utilización, debiéndose sustituir todos aquellos sistemas que aún se conservan. La sustitución de estos pararrayos debe realizarla personal especializado y debidamente autorizado, no debiendo manipularse ni sustituirse de forma no experta.

- **Pararrayos piezoeléctrico.** Se basan en el efecto que origina al presionar un cristal de cuarzo, que por sus características y propiedades dan lugar a una diferencia de potencial que provoca la ionización buscada.

Para que este sistema sea efectivo es necesario que exista viento que haga oscilar el vástago que sirve de soporte al pararrayos. Por este motivo pueden existir períodos de inactividad de la acción protectora, razón por la cual no son frecuentes ni eficaces su instalación.

Actualmente ha quedado fuera de servicio.

- **Pararrayos con corona solar.** Dispone de un sistema de electrodos y con dispositivo electrónico productor de ionización. Para la alimentación del condensador dispone de un panel solar y un acumulador de energía con una autonomía de 20 días en ausencia total del sol.
- **Pararrayos con dispositivo de cebado y condensador electroatmosférico.** Este sistema dispone de un acumulador capacitivo que funciona como un condensador natural en función del campo eléctrico circundante. Además cuentan con un sistema de cebado que consiste en un transfor-generator de impulsos eléctricos de alta tensión.

El campo eléctrico ambiental es la única fuente de alimentación externa. Este sistema es totalmente autónomo y es el más utilizado en la actualidad.

3.3 Principales volúmenes protegidos

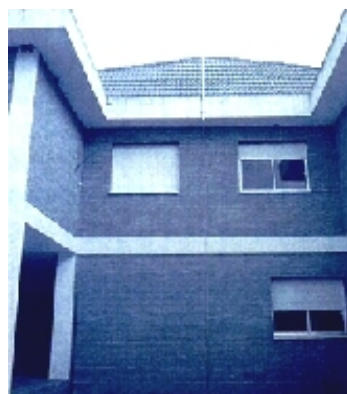
- **Edificios con estructura de acero**

Dichos edificios se protegerán instalando terminales aéreos en las partes altas y conectándolas a la estructura, la cual se conecta a tierra por su extremo inferior. Estas estructuras son a su vez eléctricamente continuas por sus interconexiones metálicas.

Es necesario conectar a tierra aproximadamente uno de cada dos pilares de acero del perímetro y que los puntos de puestas a tierra no disten más de 18 metros como media.

- **Edificios de hormigón armado**

Estos edificios deberán tener las armaduras conectadas eléctricamente de manera conveniente y éstas a su vez conectadas a tierra. De esta manera tienen el mismo comportamiento que los edificios de estructuras metálicas respecto a la protección contra el rayo. Si las armaduras fuesen eléctricamente discontinuas, los daños que el rayo pueda provocar en dichas discontinuidades son muy destructivos, provocando grietas en los puntos de apoyo de los forjados y las vigas.



- **Depósitos para almacenamiento de gases o líquidos combustibles e inflamables**

Dichos depósitos a presión atmosférica pueden incendiarse por acción del rayo, debido a la inflamación de los vapores desprendidos por los depósitos.

Estos depósitos se realizarán conforme a los reglamentos en vigor, conectándose todos a tierra. Sin embargo ésta no es suficiente para constituir una protección contra las descargas atmosféricas. Por lo tanto, es necesario un estudio complementario en profundidad, debiéndose instalar un pararrayos sobre un mástil, poste, pilar o cualquier estructura exterior al perímetro de seguridad, de forma que domine las instalaciones a proteger.

- **Estructuras ubicadas en puntos elevados**

Los restaurantes situados en puntos elevados, los refugios, las estaciones de teleféricos, etc..., están particularmente expuestos a la caída de rayos.

Tanto la instalación de pararrayos, como las uniones equipotenciales y las tomas de tierra deben ser especialmente cuidadosas.

- **Puestas a tierra de masas metálicas**

Todas las partes metálicas que formen parte de los edificios y de sus accesorios, tales como máquinas de climatización, antenas de radio o TV, deben conectarse eléctricamente al sistema de pararrayos.

- **Chimeneas de fábricas**

Por su gran altura y la ionización del aire que producen los humos y los gases calientes, las chimeneas de las fábricas son los puntos de impacto preferentes de la descarga.

Se instalará el pararrayos en la parte alta de la chimenea, preferentemente de material adaptable a un ambiente corrosivo y a la temperatura de los desechos, y ubicado del lado del viento dominante.

● Edificios religiosos

Los campanarios, torres o minaretes son los puntos de impacto preferentes de la descarga debido a su prominencia.

La o las principales prominencias serán provistas de un pararrayos unido al suelo por una bajante directa realizada a lo largo de la torre principal.

Se realizará una segunda bajante recorriendo en horizontal el tejado de la nave siempre que:

- La altura del campanario sea superior a 40 m.
- Por su longitud la nave salga de la zona de protección.

● Protección Interna

La instalación de pararrayos en líneas de energía, comunicación y edificios en general, así como en aparatos de electrodomésticos, se instalarán según las normas UNE 21 186/96, DIN 57 185/VDE 0/85, ya que son las más completas y exigentes para interiores de edificios. Estos pararrayos deben instalarse en postes de patio, en la entrada de interior y exterior de la acometida eléctrica según reglamento, conduciendo a tierra las sobrecargas inducidas por las descargas del rayo.



A fin de evitar contactos peligrosos al tocar aparatos eléctricos en funcionamiento se conectan entre sí todos los sistemas conductores de un edificio (tubería de agua, calefacción, etc.), uniéndose también al conductor de protección de la línea de corriente de alta intensidad. Además, la instalación del pararrayos se conectará a los otros elementos metálicos de la construcción por medio de conductores o de vías de chispas. Todo este conjunto de medida se conoce como «compensación de potencial para protección contra rayos».

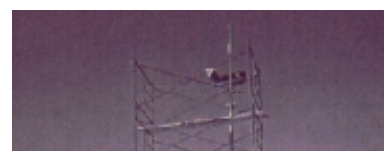
● Protección de transformadores aéreos o en interior

Para la protección de transformadores en general, tanto aéreos como de interior, contra sobreesfuerzos peligrosos (de origen interno o atmosférico) se utilizarán descargadores o pararrayos de autoválvulas en las entradas de líneas.

Las características eléctricas de estos dispositivos, está en función de las probables intensidades de corriente a tierra que pueda preverse en caso de sobretensión. La instalación de éstos se realizará de acuerdo al **Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación**.

4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN

La legislación española se basa en la NTE-IPP/1973 para la instalación de pararrayos, aunque en la práctica los instaladores utilizan también otras normas como las UNE 21 186/96 y UNE 21 185/95, de mayor exactitud y actualización, así como otras compatibles con la española y de fiabilidad



aceptable, como son la alemana (DIN 57 185/VDE 0185), americana (NFPA) y británica (CP/326) sobre todo en lo referente a las protecciones interiores.

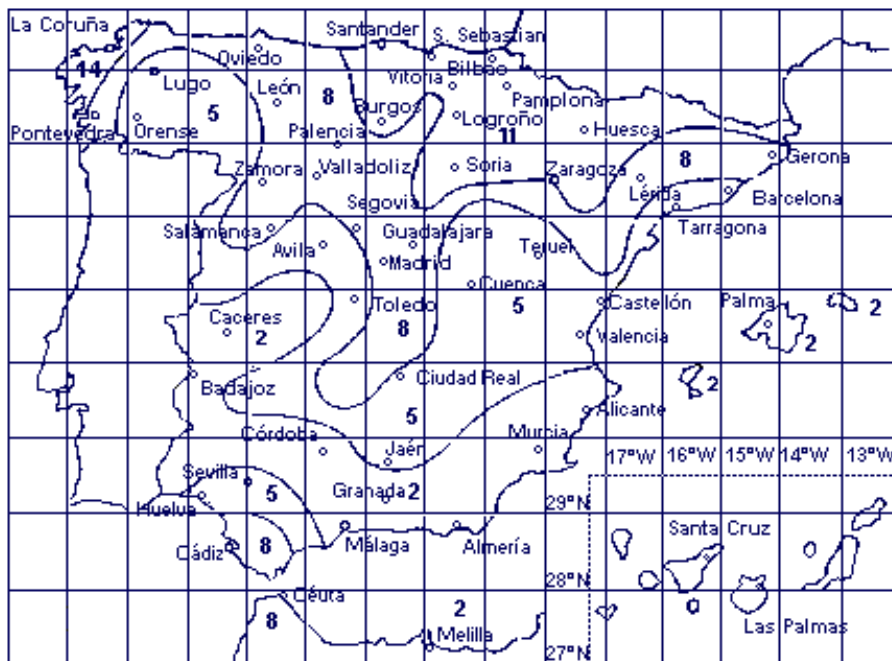


La puesta a tierra se realizará conforme el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (IT 039).

Según la NTE-IPP/1973, se instalarán pararrayos en aquellas edificaciones cuyo índice de riesgo sea superior a **27 unidades**. Este índice es función de las coordenadas geográficas en que se encuentre el edificio, tipo de estructura, cubierta y condiciones topográficas.

Se obtiene mediante la suma: **a + b + c**.

a. Se determina por las coordenadas geográficas del emplazamiento en el mapa adjunto.



b. En función del tipo de estructura, cubierta y altura del edificio.

Tipo de estructura	Tipo de cubierta	Altura del edificio en metros																				
		4	9	12	15	18	20	22	24	26	28	30	31	33	34	36	38	39	40	42	43	44
Metálica o de hormigón armado	No metálica	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	Metálica	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
De ladrillo, hormigón, en masa o mampostería	No metálica	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	Metálica	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
De madera	No metálica	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
Cualquiera	De ramaje vegetal	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22						

c. En función del tipo de edificio y su entorno como las condiciones topográficas y la altitud de los árboles y edificios

circundantes.

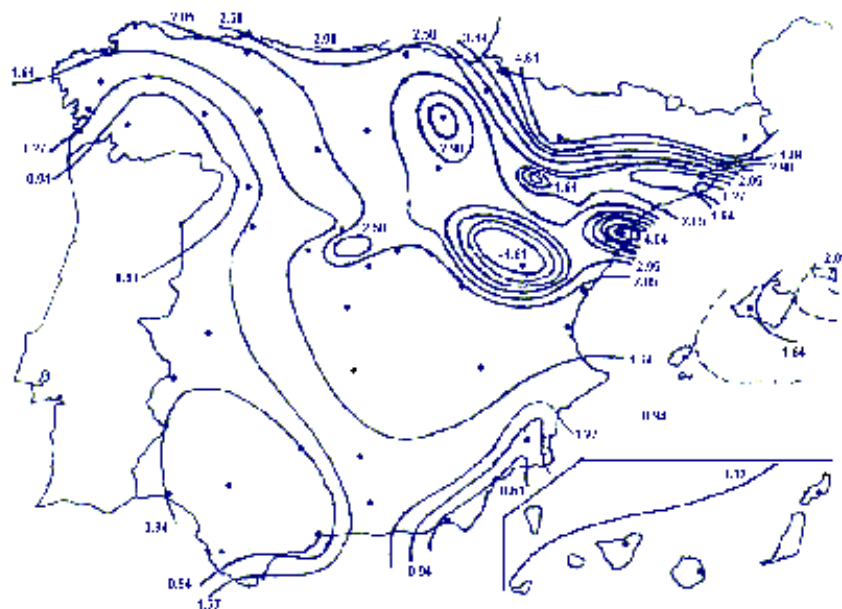
Condiciones topográficas		Árboles y edificios circundantes		Tipo de edificio		
Terreno	Altitud	Altura respecto del edificio	Número	Vivienda unifamiliar	Bloques de viviendas u oficinas	Otros edificios
Llano	Cualquiera	Igual o mayor	abundante	0	5	8
		Igual o mayor	escaso	3	8	11
		Menor	cualquiera	8	13	16
Ondulado	Cualquiera	Igual o mayor	abundante	4	9	12
		Igual o mayor	escaso	7	12	15
		Menor	cualquiera	12	17	20
Montañoso	300 a 900 m	Igual o mayor	abundante	6	11	14
		Igual o mayor	escaso	9	14	17
		Menor	cualquiera	14	19	22
	Sup. a 900 m	Igual o mayor	abundante	8	13	16
		Igual o mayor	escaso	11	16	19
		Menor	cualquiera	16	21	24

El anexo B la Norma UNE 21 186/96, «Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado», desarrolla una guía de evaluación de riesgo, con un procedimiento de cálculo para determinar la necesidad o no de la instalación del pararrayos en determinada estructura y del nivel de seguridad que se debe alcanzar.

La evaluación del riesgo tiene en cuenta el riesgo de impacto y los siguientes factores:

1. Entorno del edificio.
2. Naturaleza de la estructura del edificio.
3. Valor de su contenido.
4. Ocupación humana y riesgo de pánico.
5. Consecuencias que tendrían sobre el entorno los daños del edificio.

Mapa de densidad de impactos



5. VERIFICACIÓN, MANTENIMIENTO Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN

El mantenimiento de cualquier sistema de protección contra la caída de rayo es indispensable. Ciertos componentes pueden perder su eficacia con el transcurso del tiempo, debido a la corrosión, inclemencias atmosféricas, golpes mecánicos e impactos del rayo. El mantenimiento de la instalación se realizará siguiendo la NTE-IPP y la Norma UNE 21186. El mantenimiento de las tomas de tierra se realizará conforme el Reglamento Electrotécnico para baja tensión (IT.039).

Las características mecánicas y eléctricas de un sistema de protección contra el rayo deben ser mantenidas y verificadas.

Se tendrá en cuenta las siguientes medidas de seguridad:

- En caso de riesgo de tormenta se suspenderá toda tarea o trabajos en dichas instalaciones, cuando la seguridad del proceso así lo permita.
- Se utilizará cinturón de seguridad y calzado antideslizante para realizar trabajos en altura. Así como guantes de protección para la instalación de cables.
- Verificación inicial:
 - Asegurar que la instalación del pararrayos esté al menos 2 metros por encima de cualquier elemento de la zona a proteger.



- Naturaleza, sección, trayectoria, emplazamiento y continuidad eléctrica de los conductores de bajada.
- Fijación mecánica de las diferentes elementos de la instalación.
- Resistencia de las tomas de tierra.
- Verificación periódica:
 - En función del nivel de seguridad, la instalación será verificada cada año, no superándose en ningún caso los 3 años.
 - Será verificada cuando se produzca cualquier modificación o reparación de la estructura protegida, o tras cualquier impacto de rayo.

6. CONCLUSIONES

Las consideraciones más importantes a tomar en cuenta para la instalación de un pararrayos son las siguientes:

- El terminal aéreo de un pararrayos debe de superar como mínimo dos metros la cota máxima de la estructura a proteger.
- El radio de cobertura será determinado por la longitud resultante desde la ubicación del material aéreo de captación hasta el punto más desfavorable de la estructura a proteger, con un margen de seguridad de un +10%, con un radio máximo de 100 metros.
- Las bajantes a tierra serán lo más vertical posible, no efectuando curvas con radios superiores a 20 cm, ni cambios de dirección con ángulos inferiores a 90°.
- Los materiales cumplirán las normas UNE, asegurándose el nivel de protección adecuado, que en muchos casos evitarán costes innecesarios de reparación.
- Una instalación proyectada de forma incorrecta, con deficiencias en los materiales o mal realizada, entraña un peligro mayor que si no existiese dicha protección.

- La resistencia óhmica de la toma de tierra será la menor posible.
- Una vez realizada la toma de tierra del pararrayos es conveniente unificarla con la red perimetral, cuando ésta exista, para buscar una equipotencialidad compensada con toda la red de puesta a tierra.
- El mantenimiento de la instalación consistirá en una revisión periódica anual e inmediatamente después de que se haya producido una descarga eléctrica atmosférica.
- La documentación necesaria que debe avalar cualquier pararrayos debe ser: un certificado de normalización en base a la normativa vigente en cada país, así como la justificación del radio de acción por el fabricante.

A continuación se incluye un cuadro con los efectos que pueden llegar a desencadenarse por un rayo, mostrando lo importante que es contar con un sistema de protección que minimice y anule todos estos daños.

Tipo de estructura	Efectos del rayo
Casa particular	Perforación de las instalaciones eléctricas, incendio y daños materiales que se limitan normalmente a los objetos próximos al punto de impacto o de paso de la descarga.
Granja	Riesgos de incendio y de chispas peligrosas. Riesgo de corte de corriente: muerte del ganado debido a la pérdida de control de la ventilación y de la distribución de los alimentos. Riesgo de tensión de paso.
Bancos, compañías de seguros, sociedades comerciales, centros de salud.	Como los anteriores, más problemas con pacientes en cuidados intensivos y dificultad de auxilio a las personas impedidas.
Industrias	Efectos adicionales dependiendo del contenido de las fábricas, desde daños menores hasta cuantiosos y a la pérdida de producción.
Museos y emplazamientos arqueológicos	Pérdidas irremplazables de patrimonio cultural.

[volver arriba](#)