

Escala de riesgo de muerte para distintas fuentes de daño

Probabilidades de muerte de un individuo por año de exposición	
Fumar 10 cigarrillos por día	1 en 400
accidentes varios	1 en 2000
accidentes de tráfico	1 en 8000
.....	
rayos directos	1 en 2000000 (5×10^{-7})

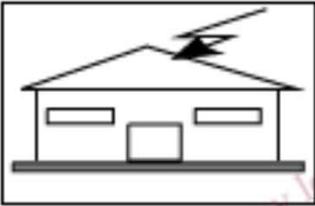
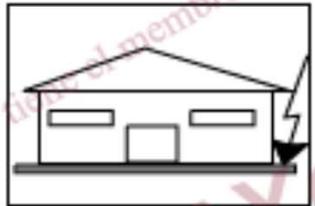
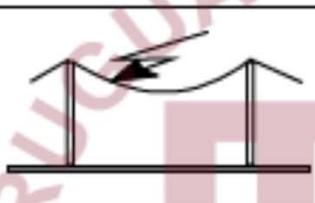
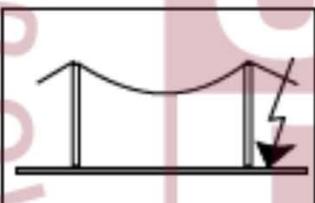
En un año, considerando la población de Uruguay – 3.286.314 –

- 8216 - muertes por fumar 10 cigarrillos por día
- 1643 - muertes por accidentes varios
- 411 - muertes por accidentes de tráfico
- 1 - muerte por rayo directo.

Riesgo de pérdidas por daños causados por rayos Dentro de una estructura - IEC 62305-2

VALORES DE RIESGO TOLERABLE de PÉRDIDAS		
Tipos de pérdidas		R_x
L1	Pérdida de vida o lesiones	$R1 < 10^{-5}$
L2	Pérdida de servicios públicos	$R2 < 10^{-3}$
L3	Pérdida de patrimonio cultural	$R3 < 10^{-4}$
L4	Pérdidas económicas	$R4 < 10^{-3}$

Table 1 – Sources of damage, types of damage and types of loss according to the point of strike

Lightning flash		Structure	
Point of strike	Source of damage	Type of damage	Type of loss
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S2	D3	L1 ^b , L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S4	D3	L1 ^b , L2, L4

^a Only for properties where animals may be lost.
^b Only for structures with risk of explosion and for hospitals or other structures where failures of internal systems immediately endangers human life.

Riesgo de pérdidas anuales: $R_{x,y,z} = N_x \cdot P_y \cdot L_z$

N_x: Número de sucesos peligrosos

N_G (impactos a tierra/km²/año) . A_{ex} (área equivalente de captación). 10⁻⁶

P_y: Probabilidad de daños por sucesos peligrosos

Definida para cada fuente de daño y cada tipo de daño

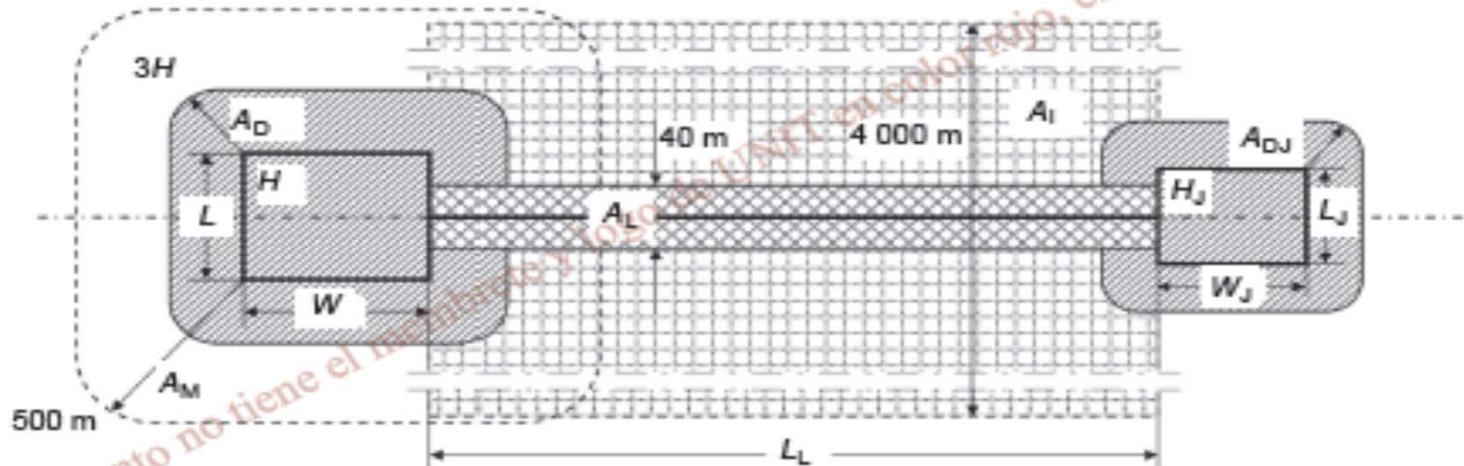
L_z: cantidad de pérdidas: la fracción que se pierde, en relación al total expuesto (personas, servicios, etc), cuando se producen daños, en un suceso peligroso.

Definidas para cada tipo de pérdida y cada tipo de daño

Riesgo de pérdidas anuales

Del total expuesto, es la fracción que puedo perder en un año o el inverso del período de en que puedo perder el total expuesto.

Área equivalente de captación



S1: impacto directo en la estructura

$$A_{e1} = A_D \cdot C_{\text{localización,D}}$$

S2: impacto cercanos a la estructura

$A_{e2} = A_M$: superficie del suelo alrededor de la estructura a 500m de perímetro

S3: impacto directo en una línea y en estructuras adyacentes

$$A_{e3} = A_L(40 \cdot L_L) \cdot C_{\text{Instalación}} \cdot C_{\text{entorno,L}} \cdot C_{\text{Tipo de línea}} + A_{DJ} \cdot C_{\text{localización,DJ}} \cdot C_{\text{Tipo de línea}}$$

S4: impacto cercano a una línea

$$A_{e4} = A_L(4000 \cdot L_L) \cdot C_{\text{Instalación}} \cdot C_{\text{Entorno,L}} \cdot C_{\text{Tipo de línea}}$$

Factores que afectan el cálculo de las áreas equivalentes

C_D y C_{DJ} : Factor de localización relativa de la estructura	
Estructura rodeada por objetos más altos	0.25
Estructura rodeada por objetos de la misma altura o menores	0.5
Estructura aislada: sin otros objetos en las proximidades	1
Estructura aislada en la parte superior de una colina	2

C_T: Tipo de línea	
Línea de potencia de BT, línea de datos o de telecomunicaciones	1
Línea de potencia de AT (con transformador AT/BT)	0.2

Diapositiva 6

A1

Anapaula, 14/07/2015

Factores que afectan el calculo de las áreas equivalentes

CI: Factor de instalación	
Aérea	1
Enterrada	0.5
Cables enterrados con trazado dentro de una malla de tierra (p. ej dentro de canal armado y interconectado a la malla)	0.01

CE: Factor de entorno de la línea	
Rural	1
Suburbano	0.5
Urbano	0.1
Urbano con edificios altos (de más de 20m)	0.01

Diapositiva 7

A1

CT = tipo de línea

Anapaula, 14/07/2015

TIPO DE FUENTE (Sx)	Número sucesos peligroso (Nx)	TIPO DE DAÑO (Dy)	PROBABILIDAD DE DAÑO (Py)	CANTIDAD DE PERDIDAS ANUALES (Lz)			
				VIDA O LESIONES	SERVICIOS PUBLICOS	PATRIMONIO CULTURAL	ECONOMICAS
				L1	L2	L3	L4
S1	$N_G \cdot A_{e1} \cdot 10^{-6}$	D1 – seres vivos	PA	LA1			LA4 ^(a)
		D2 – estructuras	PB	LB1	LB2	LB3	LB4
		D3 - sistemas	PC	LC1 ^(b)	LC2		LC4
S2	$N_G \cdot A_{e2} \cdot 10^{-6}$	D3 - sistemas	PM	LM1 ^(b)	LM2		LM4
S3	$N_G \cdot A_{e3} \cdot 10^{-6}$	D1 – seres vivos	PU	LU1			LU4 ^(a)
		D2 – estructuras	PV	LV1	LV2	LV3	LV4
		D3 - sistemas	PW	LW1 ^(b)	LW2		LW4
S4	$N_G \cdot A_{e4} \cdot 10^{-6}$	D3 - sistemas	PZ	LZ1 ^(b)	LZ2		LZ4

Ej. Componente de riesgo:

Riesgo de pérdidas de vida o lesiones, anuales, por D1 debido a S1 $RA1 = N1 \times PA \times LA1$



Factor que afecta las probabilidades de daños P_A y P_B

Probabilidad de que una descarga en la estructura produzca daños físicos y en seres vivos

medidas de protección		
	NIVEL SPR	
Estructura no protegida por SPR	----	1
Estructura protegida por SPR	IV	0.2
	III	0.1
	II	0.05
	I	0.02
Estructura con captosres diseñados con nivel SPR I y con armaduras metálicas continuas o armaduras de hormigón como conductores de bajada		0.01
Estructura con techo metálico como componentes naturales y con armaduras metálicas continuas o armaduras de hormigón como conductores de bajada		0.001

Factor que afecta las probabilidades de daños P_C , P_M , P_W y P_Z

Probabilidad de que una descarga produzca daños en los sistemas internos

Nivel de protección para el que se han diseñado los DPS	
Sin protección coordinada de DPS	1
Con protección coordinada Nivel III - IV	0.05
Con protección coordinada Nivel II	0.02
Con protección coordinada Nivel I	0.01
I+ (mayores corrientes nominales y tensión residual mas baja que lo indicado para nivel I)	0.005 – 0.001

Un sistema coordinado DPS es efectivo si se cuenta con un SPR, o en estructuras con armaduras que actúen como tal, siempre que se cumpla con la equipotencialización y puesta a tierra según la norma.

Factor que afecta la probabilidad de daños P_M

Probabilidad de que una descarga cercana a la estructura produzca fallas en los sistemas internos

Tipo de cableado interno	
Cable sin apantallar – sin precauciones de cableado para evitar bucles ^a	1
Cable sin apantallar – con precauciones de cableado para evitar grandes bucles ^b	0.2
Cable sin apantallar – con precauciones de cableado para evitar bucles ^c	0.01
Cables apantallados y cables en conductos metálicos ^d	0.0001

a: bucles de conductores con diferentes trazados en edificios grandes (área del bucle del orden de 50 m²)

b: bucles creados en el mismo conducto o bucles con diferentes trazados en edificios pequeños (área del bucle del orden de 10 m²)

c: bucles de conductores en el mismo cable (área del bucle del orden de 0,5 m²)

d: Pantallas y conductos metálicos conectados en ambos extremos a una barra equipotencial con los equipos conectados a la misma barra equipotencial.

Factor que afecta la probabilidad de daños P_U y P_V

Probabilidad de que una descarga directa en la línea produzca daños en la estructura o en los seres vivos

Conexión equipotencial y nivel de protección para el que se diseñaron los DPS de entrada – 62305-3	
Sin DPS	1
Con protección en la entrada Nivel III - IV	0.05
Con protección en la entrada Nivel II	0.02
Con protección en la entrada Nivel I	0.01
I+ (mayores corrientes nominales y tensión residual mas baja que lo indicado para nivel I)	0.005 – 0.001

L_{A1} y L_{U1} : Pérdidas de vida o lesiones permanentes por daños tipo D1 (choque eléctrico)

TIPO DE DAÑO	Pérdidas Típicas
D1	$L_{A1} = L_{U1} = r_t \cdot L_T \cdot t_z / 8760$

L_T : valor medio (%) víctimas por daño D1 en un evento peligroso: 0,01
 t_z : número anual de horas que las personas están en la zona

r_t : factor de reducción según el tipo de suelo

Tipo de superficie	Resistencia de contacto (kΩ)	r_t
Agrícola, hormigón	$R \leq 1$	10^{-2}
Mármol, cerámica	$1 < R \leq 10$	10^{-3}
Grava, moqueta, alfombra	$10 < R < 100$	10^{-4}
Asfalto, linóleo, madera	$100 \leq R$	10^{-5}

L_{B2} y L_{V2} : Pérdidas de servicios públicos por daños tipo D2 (daños físicos en la estructura)

TIPO DE DAÑO	Pérdidas Típicas
D2	$L_{B2} = L_{V2} = r_p \cdot r_f \cdot L_F$

L_F : valor medio (%) número de usuarios no servidos por daño D2 en un evento peligroso

Tipo de daño	Valor típico de las pérdidas		Tipo de estructura
D2 Daños físicos	L_F	0.1	Gas, agua, electricidad
		0.01	TV, líneas de telecomunicación

L_{B2} y L_{V2} : Pérdidas de servicios públicos por daños tipo D2 (daños físicos en la estructura)

$$L_{B2} = L_{V2} = r_p \cdot r_f \cdot L_F \cdot t_z / 8760$$

r_p : factor de reducción según medidas contra incendio

Medidas	r_t
Sin medidas de protección contra incendio	1
Con una de las siguientes medidas: extintores; instalaciones fijas de extinción manuales; instalaciones manuales de alarma; compartimentos a prueba de fuego; vías de evacuación	0.5
Con una de las siguientes medidas: instalaciones fijas de extinción automáticas; instalaciones automáticas de alarma ^a	0.2

^a Solo si está protegido contra sobretensiones y si los bomberos pueden llegar en 10 min.

L_{B2} y L_{V2} : Pérdidas de servicios públicos por daños tipo D2 (daños físicos en la estructura)

$$L_{B2} = L_{V2} = r_p \cdot r_f \cdot L_F \cdot t_z / 8760$$

r _f : factor de reducción según riesgo de incendio o explosión		
Riesgo	Nivel de riesgo	r _f
Explosión	Zonas 0, 20, y explosivos sólidos	1
	Zonas 1, 21	0.1
	Zonas 2, 22	0.001
Fuego	Alto	0.1
	Normal	0.01
	Bajo	0.001
Explosión o fuego	Ninguno	0

L_{C4} , L_{M4} , L_{W4} y L_{Z4} Pérdidas económicas por daños tipo D3 (daños en los sistemas)

TIPO DE DAÑO	Pérdidas Típicas
D3	$L_{C4} = L_{M4} = L_{W4} = L_{Z4} = L_O \cdot c_s/c_t$

L_O : valor medio (%) cosas dañadas por daño D3 en un evento peligroso: 0
 c_s : valor sistemas y actividades relacionadas
 c_t : valor total de la estructura y actividades

Tipo de daño	Valor típico de las pérdidas	Tipo de estructura
D3 Fallo de los sistemas internos	0.1	Riesgo de explosión
	0.01	Hospitales, industrias, oficinas, hoteles, comercio
	0.001	Museos, agricultura, escuelas, iglesias, evento público
	0.0001	Otros