

**CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA
INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL - COTECMAR**



CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 025 DE 2023

**CONSULTORÍA INTEGRAL DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS NUEVAS
EDIFICACIONES QUE APALANCARÁN LA PRODUCCIÓN FUTURA DE
BUQUES, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DESCRITAS EN
EL ANEXO DENOMINADO “ALCANCE” DE LA INVITACIÓN ABIERTA**

DISEÑO ELÉCTRICO

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

SEPTIEMBRE DE 2024

REVISIÓN Y APROBACIÓN		
Documento:	DISEÑO ELÉCTRICO - SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	
CONSULTORÍA		
ELABORADO POR:	Nombre:	ARMANDO CANO SILVA M.P.VL-205-3357
	Firma	
	Fecha	Septiembre de 2024
INTERVENTORÍA		
REVISADO Y APROBADO POR:	Nombre:	Arq. M.P. .
	Firma	
	Fecha	Septiembre de 2024

TRAZABILIDAD DE REVISIONES Y VERSIONES		
Versión	Fecha de modificación	Observaciones
V1	Septiembre 06 de 2024	Emisión inicial
V2	Octubre de 2024	Ajustes solicitados por interventoría

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	OBJETIVO Y ALCANCE	8
2.1.	ALCANCE	8
2.2.	OBJETIVOS	8
3.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	9
4.	DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEMORIAS DE CÁLCULO	13
4.1.	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA (DDT)	14
4.2.	EVALUACIÓN DE RIESGO - CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA LP2 EXISTENTE	15
4.2.1.	EVALUACIÓN DEL RIESGO LP2 (EXISTENTE) SIN MEDIDAS	16
4.2.2.	EVALUACIÓN DEL RIESGO LP2 (EXISTENTE) CON MEDIDAS	19
4.3.	EVALUACIÓN DE RIESGO - CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA LP2 SECCIÓN 1	22
4.3.1.	EVALUACIÓN DEL RIESGO LP2 SEC1 SIN MEDIDAS	23
4.3.2.	EVALUACIÓN DEL RIESGO LP2 SEC1 CON MEDIDAS	26
4.4.	EVALUACIÓN DE RIESGO – CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA LP3	30
4.4.1.	EVALUACIÓN DE RIESGO PARA LP3 SIN MEDIDAS	31
4.4.2.	EVALUACIÓN DE RIESGO PARA LP3 CON MEDIDAS	34
4.5.	SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNO CONTRA RAYOS (SPCRE)	36
4.5.1.	SISTEMA DE CAPTACIÓN LP2(EXISTENTE)	37
4.5.2.	SISTEMA DE CAPTACIÓN LP2 SEC1	38
4.5.3.	SISTEMA DE CAPTACIÓN LP3	39
4.5.4.	SISTEMA DE BAJANTES LP2 (EXISTENTE)	41
4.5.5.	SISTEMA DE BAJANTES LP2 SEC1	42
4.5.6.	SISTEMA DE BAJANTES LP3	44
4.6.	PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS	45
4.6.1.	RESISTIVIDAD DEL TERRENO Y RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	47
4.6.2.	DISPOSICIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	57
4.7.	SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA (SPI)	58
4.7.1.	DPS PARA TABLERO PRINCIPALES	59
4.7.2.	DPS PARA EQUIPOS SENSIBLES IMPORTANTES	59
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1.	RECOMENDACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	61
5.2.	RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO	61
5.3.	GUÍA GENERAL DE SEGURIDAD PERSONAL DURANTE TORMENTAS ELÉCTRICAS PARA EL EDIFICIO	62
6.	LIMITACIONES	65
7.	BIBLIOGRAFÍA	66

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del Municipio de Cartagena de indias, Departamento de Bolívar a partir del mapa de Colombia.	9
Ilustración 2. Ubicación del proyecto, municipio de Cartagena de Indias, municipio de Medellín, municipio de Bucaramanga y Municipio de Cúcuta.	10
Ilustración 3. Ubicación del proyecto, Municipio de Cartagena de indias y Municipio de barranquilla.	11
Ilustración 4. Ubicación del proyecto, Planta COTECMAR, Vía a Mamonal.	12
Ilustración 5. Mapa Isoceráunico de Colombia.....	14

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Características de la estructura LP2 existente	15
Tabla 2 Evaluación del riesgo LP2 existente sin medidas	16
Tabla 3 Riesgo por rayos para LP2 existente sin medidas de protección.....	18
Tabla 4 Evaluación del riesgo LP2 existente con medidas	19
Tabla 5 Riesgo por rayos para LP2 existente con medidas de protección.....	21
Tabla 6 Características de la estructura LP2 Sección 1	22
Tabla 7 Evaluación del riesgo LP2 sección1 sin medidas.....	23
Tabla 8 Riesgo por rayos para LP2 sección 1 sin medidas de protección	25
Tabla 9 Evaluación del riesgo LP2 sección1 con medidas	26
Tabla 10 Riesgo por rayos para LP2 sección 1 con medidas de protección.....	28
Tabla 11 Características de la estructura LP3	30
Tabla 12 Evaluación del riesgo LP3 sin medidas.....	31
Tabla 13 Riesgo por rayos para LP3 sin medidas de protección	33
Tabla 14 Evaluación del riesgo LP3 con medidas.....	34
Tabla 15 Riesgo por rayos para LP3 con medidas de protección.....	36
Tabla 16 Resultados de la medición sentido 1.....	48

Tabla 17 Resultados de la medición sentido 2.....	50
Tabla 18 Cálculo de conductores y bajantes LP2 existente	54
Tabla 19 Cálculo de conductores y bajantes LP2 sección 1	55
Tabla 20 Cálculo de conductores y bajantes LP3	56
Tabla 21 Condiciones de tensiones de paso y de toque.....	58

1. INTRODUCCIÓN

Acorde con la información de las estadísticas Colombia está situada en una de las zonas de mayor incidencia de rayos en el mundo, esto nos lleva a tener que considerar el estudio de evaluación de riesgo por descargas atmosféricas y a partir de allí diseñar e implementar un sistema de protección contra descargas atmosféricas para las diferentes estructuras que conforman el proyecto.

Un sistema para protección externa contra rayos está compuesto de un sistema de captación que pueden ser cables o varillas usadas como elemento externo de captación, un bajante a tierra que sirva como camino de la manera más directa a la energía hacia el suelo y de un sistema de puesta a tierra, cuya función es disipar la energía de la descarga ocasionada por el rayo.

No existe aún un método que evite la formación de descargas atmosféricas, pero el hombre se protege de estas, desviando, por un camino de bajo riesgo, la corriente de las descargas eléctricas para evitar lesiones a las personas, daños a las instalaciones y a los equipos.

Cabe anotar que un sistema de protección contra rayos diseñado e instalado siguiendo los lineamientos de las normas vigentes al respecto, no puede garantizar la protección absoluta de personas, estructura u objetos contenidos en ella. Sin embargo, la aplicación adecuada de estas normas, reducirá de forma significativa el riesgo de los daños producidos por el rayo en la estructura protegida.

En consecuencia, es importante entender que una protección perfecta, 100% efectiva es técnica y económicamente imposible y que toda protección se diseña sobre el cálculo de un porcentaje de eficiencia de protección de origen estadístico.

Este documento contiene la metodología propuesta por las normas NTC 4552-2 y IEC 62305-2 para la determinación del nivel de riesgo contra descargas atmosféricas, y la NTC 4552-3 y IEC 62 305-3 para el diseño del apantallamiento (Sistema de protección externo), de acuerdo con el nivel de riesgo encontrado para las diversas estructuras que componen la planta de COTECMAR, ubicada en el sector de Mamonal, Cartagena de Indias, Bolívar.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

2.1. ALCANCE

El alcance de este Informe son los lineamientos tenidos en cuenta en la elaboración del DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, para la ampliación de la Planta de COTECMAR, ubicada en la zona de Mamonal en Cartagena de Indias, Departamento de Bolívar.

2.2. OBJETIVOS

El objeto de este proyecto es realizar el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas para la ampliación de las instalaciones de la CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL – COTECMAR, ubicada en el municipio de Cartagena de Indias, en la zona industrial de Mamonal, Departamento del Bolívar.

En el desarrollo del proyecto se tiene en cuenta las condiciones y requerimientos establecidos en las normas:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas **RETIE**
- Protección contra Rayos, NTC 4552-1,-2,-3
- Protection of structures against lightning, IEC 62 305-1-2-3.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en el Departamento de Bolívar, en el municipio de Cartagena de Indias, en la zona industrial de Mamonal, a una altura aproximada de 1 m.s.n.m

A continuación, se presenta la localización del proyecto.

Ilustración 1. Ubicación del Municipio de Cartagena de indias, Departamento de Bolívar a partir del mapa de Colombia.



Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Colombia_-_Bolívar_-_Cartagena_de_Indias.svg

Ilustración 2. Ubicación del proyecto, municipio de Cartagena de Indias, municipio de Medellín, municipio de Bucaramanga y Municipio de Cúcuta.



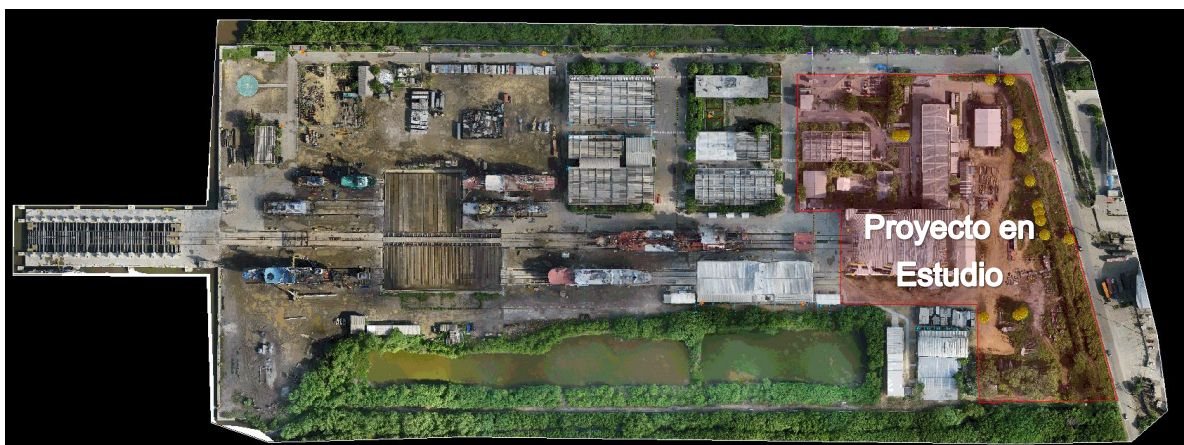
Fuente: Adaptación a partir de Google Earth

Ilustración 3. Ubicación del proyecto, Municipio de Cartagena de indias y Municipio de barranquilla.



Fuente: Adaptación a partir de Google Earth

Ilustración 4. Ubicación del proyecto, Planta COTECMAR, Vía a Mamonal.



Fuente: Adaptación a partir de Google Earth.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO Y MEMORIAS DE CÁLCULO

Para el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas se siguió el procedimiento establecido en las siguientes normas:

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas **RETIE**
Protección contra Rayos, Serie NTC 4552-1,-2,-3
Protection of structures against lightning, IEC 62 305-1-2-3.

Un diseño del SIPRA óptimo tanto técnico como económico es posible solo si los pasos en el diseño y la construcción de este son coordinados con el diseño y la construcción de la estructura a proteger. En particular, el diseño de la estructura en sí misma debe utilizar las partes metálicas de la estructura como partes del SIPRA.

En el diseño de la clase y ubicación del SIPRA para estructuras existentes deben tenerse en cuenta las restricciones de la situación existente.

La documentación del diseño de un SIPRA deberá contener toda la información necesaria para asegurar una completa y correcta instalación.

La protección externa en una edificación tiene como objetivo interceptar los impactos directos de rayo que se dirijan a la estructura, incluyendo aquellos que impacten al costado de ésta, para conducir de manera segura la corriente de rayo desde el punto de impacto a tierra.

El sistema de protección externo también tiene como función dispersar dicha corriente a tierra sin causar daños térmicos o mecánicos ni chispas peligrosas que puedan dar inicio a incendios o explosiones.

La protección externa se compone por tres partes fundamentales: el sistema de captación, los conductores bajantes y el sistema de puesta a tierra.

El primer paso en el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas corresponde a la evaluación del riesgo por descargas atmosférica.

El propósito de la evaluación del nivel de riesgo es establecer la necesidad de utilizar un sistema de protección contra rayos en una estructura o instalación dada y para determinar las acciones que permitan disminuir el riesgo a un nivel tolerable.

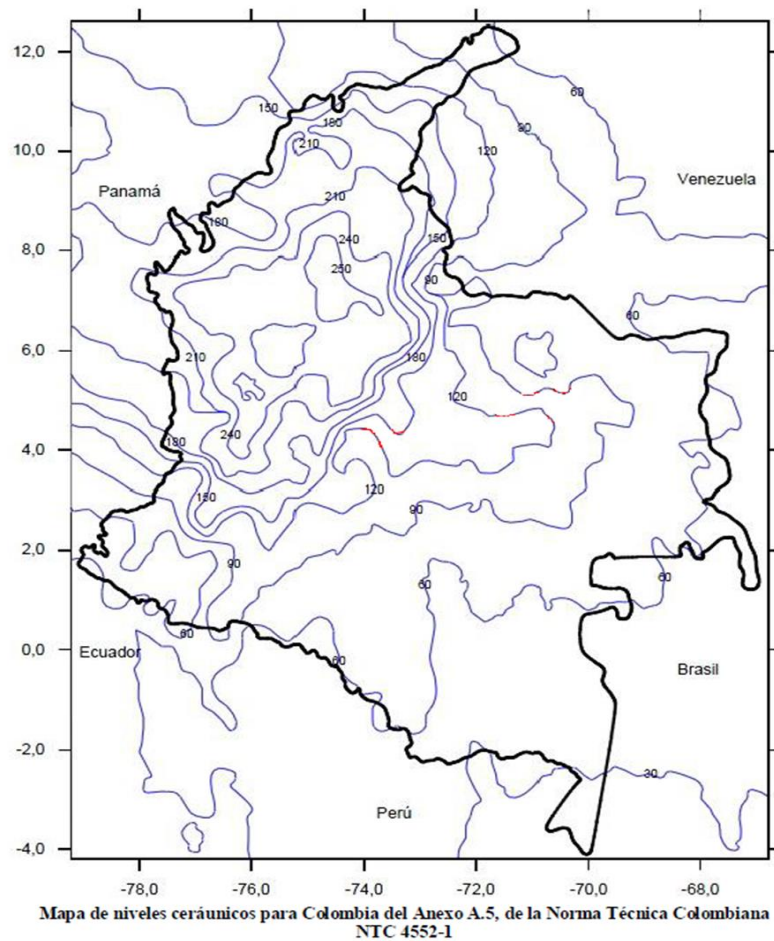
Debe evaluarse el nivel de riesgo de la estructura o servicio, considerando las características constructivas de esta, sus dimensiones, sus contenidos, el sitio donde se ubica el proyecto y el nivel Cerámico de la zona geográfica.

Aquí se evaluará cada una de las estructuras y edificios que componen la planta de Cotecmar, sede Mamonal en Cartagena de Indias departamento de Bolívar.

4.1. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA (DDT)

DETERMINACION DEL DDT				
DDT=	0,0017*NC^1,56			
NC:	150	Nivel Ceraunico Cartagena		
DDT=	4,21843426	Descargas/Km2 al año		
Iabs>40KA para Colombia				

Ilustración 5. Mapa Isoceraúnico de Colombia



4.2. EVALUACIÓN DE RIESGO - CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA LP2 EXISTENTE

Tabla 1 Características de la estructura LP2 existente

DESCRIPCION	VALOR	UND
LP2 (EXISTENTE)		
Longitud de la estructura	83,21	MTS
Anchura de la estructura	49,49	MTS
Altura de la estructura	26,5	MTS
Altura de la estructura más sobresaliente	26,5	MTS
Área	4.118,06	M2
Riesgo de incendio	Normal (Estructura con contenido de materiales como plásticos, papel o madera).	
Tipo de cubierta	Teja de metálica sobre estructura metálica.	
Tipo de estructura	Mampostería y columnas de concreto.	
Tipo de cable interno	No apantallado.	
Ubicación de la estructura	Estructura rodeada por otras de igual o menor altura: Edificios, redes eléctricas de MT y árboles.	
Ambiente	Con edificios de altura mayor o igual a 25m.	
Nivel Ceráunico	150 días de tormenta/año	
Clase de SIPRA	Ninguno	
Protección contra fuego	Sistemas Automáticos.	
Protección externa	DPS en arranque de red subterránea.	
Línea que llega a la estructura	Subterránea	
Existencia de transformador MT/BT	Si	
Riesgos especiales para la vida	Estructura de nivel de pánico Medio al evacuar.	
Sistemas críticos	No existen sistemas eléctricos de seguridad críticos.	
Prestación de Servicios esenciales	No	
Uso de la estructura	Planta de producción industrial.	

4.2.1. EVALUACIÓN DEL RIESGO LP2 (EXISTENTE) SIN MEDIDAS

Tabla 2 Evaluación del riesgo LP2 existente sin medidas

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.3

Fichero Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 83

Anchura de la estructura (m): 50

Altura del plano del tejado (m)*: 27

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 27

* Medido desde la tierra

Área de colección (m2): 46.308 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal

Eficacia del apantallamiento: Media

Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar

Factor ambiental: Urbano

Nº de días de tormenta: 150 días/yeer

Densidad anual equivalente de rayos: 15.0 flashes/km2

Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Tipo de cable externo: No apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3

Tipo de cable externo: No apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Sin SPCR

Protección contra incendios: Sin medidas

Protección contra sobretensiones: Sin protección

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio

Por incendios: Otras estructuras

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esencial

Por sobretensiones: No hay servicios esencial

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Propiedad comercial

Por sobretensiones: Otras estructuras

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	Riesgo calculado (RA)	Riesgo imp. directo (RA)	Riesgo imp. indirecto (RA)	Riesgo calculado (RA)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	1,74E-04	2,47E-04	4,21E-04
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	2,29E-04	1,62E-03	2,35E-03

IEC

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinen el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Calcular

Tooltips: ON Database: v1.0.3 | Map: SPANISH 10/03/2024

Calculador del índice de riesgo de IEC. Resultados calculados...

Impactos de rayo a las áreas de colección

Categorías de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura. 3,47E-07

RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura. 1,74E-04

RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura. 0,00E+00

RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas. 4,93E-07

RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas. 2,47E-04

RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas. 0,00E+00

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura. 0,00E+00

RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas. 0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura. 6,95E-04

RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura. 3,47E-05

RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura. 3,66E-04

RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas. 9,86E-04

RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas. 4,93E-05

RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas. 2,19E-04


**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**
**CEI
IEC**

62305-2
 Edition-1
 2005-01
Dimensiones de la estructura:
 Longitud de la estructura (m): 83
 Anchura de la estructura (m): 50
 Altura del plano del tejado (m)*: 27
 Área de colección (m2): 46.308 m2
Características de la estructura:
 Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
 Eficacia del apantallamiento: Media
 Tipo de cableado interno: No apantallado
Influencias ambientales:
 Situación respecto a los alrededores: Altura similar
 Factor ambiental Urbano
 N° de días de tormenta: 150 days/year
 Densidad anual equivalente de rayos: 15,0 flashes/km2
Medidas de protección:
 Clase de SPCR: Sin SPCR
 Protección contra incendios: Sin medidas
 Protección contra sobretensiones: Sin protección
Líneas de conducción eléctrica:**Línea eléctrica:**
 Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 Tipo de cable externo: No apantallado
 Existencia de transformador MT/BT: Transformador
Otros servicios aéreos:
 Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado
Otros servicios enterrados:
 Número de servicios conducidos: 3
 Tipo de cable externo: No apantallado
Tipos de las pérdidas:**Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:**
 Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
 Por incendios: Otras estructuras
 Por sobretensiones: No aplica
Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:
 Por incendios: No hay servicios esenciales
 Por sobretensiones: No hay servicios esenciales
Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:
 Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Propiedad comercial
 Por sobretensiones: Otras estructuras
 Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años
Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	1,74E-04	2,47E-04	4,21E-04
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	7,29E-04	1,62E-03	2,35E-03

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3 NC

 IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
 Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Tabla 3 Riesgo por rayos para LP2 existente sin medidas de protección

RIESGO POR RAYOS PARA LP2 (EXISTENTE) sin medidas de protección.			
Tipos de pérdidas	R_T	$R_{\text{CALCULADO}}$	NIVEL DEL RIESGO
Pérdidas de vida humana o daños permanentes.	1×10^{-5}	4.21×10^{-4}	MAYOR que el tolerable. Necesita Apantallamiento.
Pérdidas de servicio público	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas de patrimonio cultural	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas económicas	1×10^{-3}	2.35×10^{-3}	MAYOR que el tolerable. Necesita Apantallamiento.

Como se observa las pérdidas de vidas humanas y las pérdidas económicas **CALCULADAS** son mayores que las **TOLERABLES**.

En consecuencia, es necesario evaluar con medidas.

4.2.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO LP2 (EXISTENTE) CON MEDIDAS

Tabla 4 Evaluación del riesgo LP2 existente con medidas

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.3
 Archivo Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 83

Anchura de la estructura (m): 50

Altura del plano del tejado (m)*: 27

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 27

* Medido desde la tierra

Área de colección (m2): 46.308 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal

Eficacia del apantallamiento: Media

Tipo de cableado interno: Apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar

Factor ambiental: Urbano

Nº de días de tormenta: 150 days/year

Densidad anual equivalente de rayos: 15.0 flashes/km2

Ver mapa isocronico Ver Mapa

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Tipo de cable externo: Apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3

Tipo de cable externo: Apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPQR: Nivel IV

Protección contra incendios: Sistemas automáticos

Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio

Por incendios: Otras estructuras

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esencial

Por sobretensiones: No hay servicios esencial

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Propiedad comercial

Por sobretensiones: Otras estructuras

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	Riesgo calculado (RA)	Riesgo imp. directo (RA)	Riesgo imp. indirecto (RA)	Riesgo calculado (RA)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	7,29E-06	1,49E-06	8,79E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	2,88E-05	1,54E-05	4,43E-05

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

IEC

Cálculos

Calculador del índice de riesgo de IEC. Resultados calculados...

Impactos de rayo a las áreas de colección

Categorías de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura. 3,47E-07

RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura. 6,95E-06

RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura. 0,00E+00

RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas. 1,48E-08

RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas. 1,48E-06

RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas. 0,00E+00

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura. 0,00E+00

RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas. 0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura. 0,00E+00

RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura. 2,78E-05

RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura. 1,04E-06

RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura. 3,66E-06

RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas. 0,00E+00

RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas. 5,92E-06

RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas. 1,48E-06

RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas. 4,38E-06


**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**
**CEI
IEC**

62305-2
 Edition-1
 2005-01
Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 83
 Anchura de la estructura (m): 50
 Altura del plano del tejado (m): 27
 Área de colección (m²): 48.308 m²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
 Eficacia del apantallamiento: Media
 Tipo de cableado interno: Apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar
 Factor ambiental: Urbano
 N° de días de tormenta: 150 days/year
 Densidad anual equivalente de rayos: 15,0 flashes/km²

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Nivel IV
 Protección contra incendios: Sistemas automáticos
 Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Líneas de conducción eléctrica:**Línea eléctrica:**

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 Tipo de cable externo: Apantallado
 Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3
 Tipo de cable externo: Apantallado

Tipos de las pérdidas:**Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:**

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
 Por incendios: Otras estructuras
 Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
 Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Propiedad comercial
 Por sobretensiones: Otras estructuras
 Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	Tolerable Risk Rt	Direct Strike Risk Rd	Indirect Strike Risk Ri	Calculated Risk R
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	7,29E-06	1,49E-06	8,79E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	2,88E-05	1,54E-05	4,43E-05

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3 NC

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
 Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Tabla 5 Riesgo por rayos para LP2 existente con medidas de protección

RIESGO POR RAYOS PARA LP2(EXISTENTE), con las siguientes medidas de protección: SPCR NIVEL IV, SISTEMAS MANUALES CONTRA INCENDIO y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES.			
Tipos de pérdidas	R_T	$R_{\text{CALCULADO}}$	NIVEL DEL RIESGO
Pérdidas de vida humana o daños permanentes	1×10^{-5}	8.79×10^{-6}	Bajo
Pérdidas de servicio público	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas de patrimonio cultural	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas económicas	1×10^{-3}	4.43×10^{-5}	Bajo
CONCLUSIÓN: La estructura en estudio, por sus características constructivas, de uso, concentración de personas, estructuras circundantes, tipo de redes de servicios que llegan y equipos instalados, requiere medidas de protección NIVEL IV . Por tanto necesita un apantallamiento Nivel IV, Sistemas Manuales contra incendio y Protecciones de sobretensión coordinadas.			

4.3. EVALUACIÓN DE RIESGO - CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA LP2 SECCIÓN 1

Tabla 6 Características de la estructura LP2 Sección 1

DESCRIPCION	VALOR	UND
LP2 SEC1-SEC 2		
Longitud de la estructura	52	MTS
Anchura de la estructura	49,8	MTS
Altura de la estructura	26,72	MTS
Altura de la estructura más sobresaliente	26,72	MTS
Área	2.589,60	M2
Riesgo de incendio	Normal (Estructura con contenido de materiales como plásticos, papel o madera).	
Tipo de cubierta	Teja de metálica sobre estructura metálica.	
Tipo de estructura	Mampostería y columnas de concreto.	
Tipo de cable interno	No apantallado.	
Ubicación de la estructura	Estructura rodeada por otras de igual o menor altura: Edificios, redes eléctricas de MT y árboles.	
Ambiente	Con edificios de altura mayor o igual a 25m.	
Nivel Cerámico	150 días de tormenta/año	
Clase de SIPRA	Ninguno	
Protección contra fuego	Sistemas Automáticos.	
Protección externa	DPS en arranque de red subterránea.	
Línea que llega a la estructura	Subterránea	
Existencia de transformador MT/BT	Si	
Riesgos especiales para la vida	Estructura de nivel de pánico Medio al evacuar.	
Sistemas críticos	No existen sistemas eléctricos de seguridad críticos.	
Prestación de Servicios esenciales	No	
Uso de la estructura	Planta de producción industrial.	

4.3.1. EVALUACIÓN DEL RIESGO LP2 SEC1 SIN MEDIDAS

Tabla 7 Evaluación del riesgo LP2 sección1 sin medidas

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.3

Fichero Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 52

Anchura de la estructura (m): 50

Altura del plano del tejado (m)*: 27

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 27

* Medido desde la tierra

Área de colección (m2): 46.308 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal

Eficacia del apantallamiento: Media

Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar

Factor ambiental: Urbano

Nº de días de tormenta: 150 days/year

Densidad anual equivalente de rayos: 15.0 flashes/km2

Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Tipo de cable externo: No apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3

Tipo de cable externo: No apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Sin SPCR

Protección contra incendios: Sin medidas

Protección contra sobretensiones: Sin protección

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio

Por incendios: Otras estructuras

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esencial

Por sobretensiones: No hay servicios esencial

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Propiedad comercial

Por sobretensiones: Otras estructuras

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	Riesgo asociado (D)	Riesgo imp. directo (D)	Riesgo imp. indirecto (D)	Riesgo calculado (D)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	1,74E-04	2,47E-04	4,21E-04
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	7,29E-04	1,62E-03	2,35E-03

Cálculos

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Toolpr: ON Database: v1.0.31 Map: SPANISH 10/03/2024

Calculador del índice de riesgo de IEC. Resultados calculados...

Impactos de rayo a las áreas de colección

Categorías de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	3,47E-07
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	1,74E-04
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	0,00E+00
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	4,93E-07
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	2,47E-04
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	6,95E-04
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	3,47E-05
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	3,66E-04
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	9,86E-04
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	4,93E-05
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	2,13E-04

Imprimir...



NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

**CEI
IEC**

62305-2
Edition-1
2005-01

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 52
 Anchura de la estructura (m): 50
 Altura del plano del tejado (m)*: 27
 Área de colección (m²): 46.308 m²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
 Eficacia del apantallamiento: Media
 Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar
 Factor ambiental Urbano
 N° de días de tormenta: 150 days/year
 Densidad anual equivalente de rayos 15,0 flashes/km²

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Sin SPCR
 Protección contra incendios: Sin medidas
 Protección contra sobretensiones: Sin protección

Lineas de conducción eléctrica:**Línea eléctrica:**

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 Tipo de cable externo: No apantallado
 Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3
 Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:**Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:**

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
 Por incendios: Otras estructuras
 Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
 Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Propiedad comercial
 Por sobretensiones: Otras estructuras
 Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	1,74E-04	2,47E-04	4,21E-04
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	7,29E-04	1,62E-03	2,35E-03

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3 NC

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
 Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Tabla 8 Riesgo por rayos para LP2 sección 1 sin medidas de protección

RIESGO POR RAYOS PARA LP2 SEC1 sin medidas de protección.			
Tipos de pérdidas	R_T	$R_{\text{CALCULADO}}$	NIVEL DEL RIESGO
Pérdidas de vida humana o daños permanentes.	1×10^{-5}	4.21×10^{-4}	MAYOR que el tolerable. Necesita Apantallamiento.
Pérdidas de servicio público	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas de patrimonio cultural	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas económicas	1×10^{-3}	2.35×10^{-3}	MAYOR que el tolerable. Necesita Apantallamiento.

Como se observa las pérdidas de vidas humanas y las pérdidas económicas **CALCULADAS** son mayores que las **TOLERABLES**.

En consecuencia, es necesario evaluar con medidas.

4.3.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO LP2 SEC1 CON MEDIDAS

Tabla 9 Evaluación del riesgo LP2 sección1 con medidas

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.3

Archivo Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 52

Anchura de la estructura (m): 50

Altura del plano del tejado (m)*: 27

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 27

* Medido desde la tierra

Área de colección (m²): 46.308 m²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal

Eficacia del apantallamiento: Media

Tipo de cableado interno: Apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar

Factor ambiental: Urbano

Nº de días de tormenta: 150 days/year

Densidad anual equivalente de rayos: 15.0 flashes/km²

Ver mapa isocronico

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Tipo de cable externo: Apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3

Tipo de cable externo: Apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Nivel IV

Protección contra incendios: Sistemas automáticos

Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio

Por incendios: Otras estructuras

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esencial

Por sobretensiones: No hay servicios esencial

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Propiedad comercial

Por sobretensiones: Otras estructuras

Tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	Riesgo calculado (Pa)	Riesgo imp. directo (Pa)	Riesgo imp. indirecto (Pa)	Riesgo calculado (Pa)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	7,29E-06	1,49E-06	8,79E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	2,88E-05	1,54E-05	4,43E-05

IEC

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Cálculos

Impactos de rayo a las áreas de colección	Categorías de las pérdidas
Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:	
RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	3,47E-07
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	6,95E-06
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	0,00E+00
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	1,48E-08
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,48E-06
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00
Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:	
RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00
Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:	
RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
Tipo 4 - Pérdidas económicas:	
RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	2,78E-05
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	1,04E-06
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	3,66E-06
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	5,92E-06
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	1,48E-06
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	4,38E-06

Imprimir...

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD****CEI
IEC
62305-2**
Edition-1
2005-01**Dimensiones de la estructura:**

Longitud de la estructura (m): 52
Anchura de la estructura (m): 50
Altura del plano del tejado (m)*: 27
Área de colección (m2): 46.308 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
Eficacia del apantallamiento: Media
Tipo de cableado interno: Apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar
Factor ambiental: Urbano
Nº de días de tormenta: 150 days/year
Densidad anual equivalente de rayos: 15,0 flashes/km2

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Nivel IV
Protección contra incendios: Sistemas automáticos
Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Líneas de conducción eléctrica:**Línea eléctrica:**

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
Tipo de cable externo: Apantallado
Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3
Tipo de cable externo: Apantallado

Tipos de las pérdidas:**Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:**

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
 Por incendios: Otras estructuras
 Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
 Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Propiedad comercial
 Por sobretensiones: Otras estructuras
 Por tensión de paso/contacto Sin riesgo de shock
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	7,29E-06	1,49E-06	8,79E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	2,88E-05	1,54E-05	4,43E-05

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3 NC

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
 Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Tabla 10 Riesgo por rayos para LP2 sección 1 con medidas de protección

RIESGO POR RAYOS PARA LP2 SEC1, con las siguientes medidas de protección: SPCR NIVEL IV, SISTEMAS MANUALES CONTRA INCENDIO y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES.

Tipos de pérdidas	R_T	$R_{CALCULADO}$	NIVEL DEL RIESGO
Pérdidas de vida humana o daños permanentes	1×10^{-5}	8.79×10^{-6}	Bajo
Pérdidas de servicio público	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas de patrimonio cultural	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas económicas	1×10^{-3}	4.43×10^{-5}	Bajo

CONCLUSIÓN: La estructura en estudio, por sus características constructivas, de uso, concentración de personas, estructuras circundantes, tipo de redes de servicios que llegan y equipos instalados, requiere medidas de protección **NIVEL IV**. Por tanto necesita un apantallamiento Nivel IV, Sistemas Manuales contra incendio y Protecciones de sobretensión coordinadas.

4.4. EVALUACIÓN DE RIESGO – CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA LP3

Tabla 11 Características de la estructura LP3

DESCRIPCION	VALOR	UND
LP3		
Longitud de la estructura	79	MTS
Anchura de la estructura	26	MTS
Altura de la estructura	11	MTS
Altura de la estructura más sobresaliente	12	MTS
Área	12405	M2
Riesgo de incendio	Normal (Estructura con contenido de materiales como plásticos, papel o madera).	
Tipo de cubierta	Teja de metálica sobre estructura metálica.	
Tipo de estructura	Mampostería y columnas de concreto.	
Tipo de cable interno	No apantallado.	
Ubicación de la estructura	Estructura rodeada por otras de igual o menor altura: Edificios, árboles.	
Ambiente	Con edificios de altura mayor o igual a 25m.	
Nivel Ceráunico	150 días de tormenta/año	
Clase de SIPRA	Ninguno	
Protección contra fuego	Sistemas Automáticos.	
Protección externa	DPS en arranque de red subterránea.	
Línea que llega a la estructura	Subterránea	
Existencia de transformador MT/BT	Si	
Riesgos especiales para la vida	Estructura de nivel de pánico Medio al evacuar.	
Sistemas críticos	No existen sistemas eléctricos de seguridad críticos.	
Prestación de Servicios esenciales	No	
Uso de la estructura	Planta de producción industrial.	

4.4.1. EVALUACIÓN DE RIESGO PARA LP3 SIN MEDIDAS

Tabla 12 Evaluación del riesgo LP3 sin medidas

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.3
 Archivo Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 79

Anchura de la estructura (m): 26

Altura del plano del tejado (m)*: 11

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 12

* Medido desde la tierra

Área de colección (m²): 12.405 m²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal

Eficacia del apantallamiento: Media

Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura menor

Factor ambiental: Urbano

Nº de días de tormenta: 150 days/year

Densidad anual equivalente de rayos: 15.0 flashes/km²

Ver mapa isocetéunico [Ver Mapa](#)

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Tipo de cable externo: No apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3

Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio

Por incendios: Otras estructuras

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esencial

Por sobretensiones: No hay servicios esencial

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Propiedad comercial

Por sobretensiones: Otras estructuras

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económic.: 1 en 1000 años

Medidas de protección:

Clase de SPQR: Sin SPQR

Protección contra incendios: Sin medidas

Protección contra sobretensiones: Sin protección

Riesgos calculados:

	Riesgo estructura (m)		Riesgo imp. estructura (m)		Riesgo imp. estructura (m)		Riesgo estructura (m)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	=>	2,33E-05	+	1,62E-04	=	1,86E-04
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	=>	9,77E-05	+	1,36E-03	=	1,45E-03

Resultados del área de colección:

Ad - Área de colección de impactos directos a la estructura	12.405 m ²
Nd - número medio de impactos directos a la estructura por año	0,047 flashes/year
Am - Área de colección de la estructura afectada por sobretensiones inducidas por impactos indirectos.	250.904 m ²
Nm - núm. de impactos directos a tierra o a objetos cercanos a la estructura conectados a tierra que inducen sobretensiones	3,717 flashes/year
Ac1 - área de colección de las líneas aéreas a impactos directos.	34.812 m ²
NL1 - número medio de impactos directos por año a las líneas aéreas que sean potencialmente peligrosos	0,131 flashes/year
AI1 - área de colección de la línea aérea a los impactos indirectos	1.000.000 m ²
NI1 - número medio impactos directos anuales a la tierra cercana a la línea aérea que pueda causar daños por sobretensiones	1,500 flashes/year
Ac2 - área de colección de la línea enterrada a impactos directos	21.623 m ²
NL2 - número esperado de impactos directos anuales a la línea enterrada que sean potencialmente peligrosos	0,081 flashes/year
AI2 - área de colección de la línea enterrada a impactos indirectos.	559.017 m ²
NI2 - número de impactos indirectos anuales a la tierra cercana a la línea enterrada que induzcan sobretensiones peligrosas	0,839 flashes/year



Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Impactos de rayo a las áreas de colección		Categorías de las pérdidas
Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:		
RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.		4,65E-08
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura		2,33E-05
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.		0,00E+00
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.		0,00E+00
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.		3,24E-07
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.		1,62E-04
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.		0,00E+00
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.		0,00E+00
Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:		
RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.		0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura		0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura		0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.		0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.		0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.		0,00E+00
Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:		
RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura		0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.		0,00E+00
Tipo 4 - Pérdidas económicas:		
RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura		0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura		9,30E-05
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura		4,65E-06
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura		3,72E-04
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.		0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.		6,49E-04
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.		3,24E-05
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.		3,03E-04



NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

**CEI
IEC**
62305-2
Edition-1
2005-01

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 79
 Anchura de la estructura (m): 26
 Altura del plano del tejado (m)*: 11
 Área de colección (m2): 12.405 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
 Eficacia del apantallamiento: Media
 Tipo de cableado interno: No apantallado

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 Tipo de cable externo: No apantallado
 Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura menor
 Factor ambiental: Urbano
 N° de días de tormenta: 150 days/year
 Densidad anual equivalente de rayos: 15,0 flashes/km2

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Sin SPCR
 Protección contra incendios: Sin medidas
 Protección contra sobretensiones: Sin protección

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3
 Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:**Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:**

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
 Por incendios: Otras estructuras
 Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
 Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Propiedad comercial
 Por sobretensiones: Otras estructuras
 Por tensión de paso/contacto Sin riesgo de shock
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	2,33E-05	1,62E-04	1,86E-04
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	9,77E-05	1,36E-03	1,45E-03

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3 NC

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
 Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Tabla 13 Riesgo por rayos para LP3 sin medidas de protección

RIESGO POR RAYOS PARA LP3 sin medidas de protección.			
Tipos de pérdidas	R_T	$R_{CALCULADO}$	NIVEL DEL RIESGO
Pérdidas de vida humana o daños permanentes.	1×10^{-5}	1.86×10^{-4}	MAYOR que el tolerable. Necesita Apantallamiento.
Pérdidas de servicio público	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas de patrimonio cultural	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas económicas	1×10^{-3}	1.45×10^{-3}	MAYOR que el tolerable. Necesita Apantallamiento.

4.4.2. EVALUACIÓN DE RIESGO PARA LP3 CON MEDIDAS

Tabla 14 Evaluación del riesgo LP3 con medidas

IEC Risk Assessment Calculator Version 1.0.3

Fichero Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 79

Anchura de la estructura (m): 26

Altura del plano del tejado (m)*: 11

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 12

* Medido desde la tierra

Área de colección (m²): 12.405 m²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal

Eficacia del apantallamiento: Media

Tipo de cableado interno: Apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura menor

Factor ambiental: Urbano

Nº de días de tormenta: 150 days/year

Densidad anual equivalente de rayos: 15.0 flashes/km²

Ver mapa isocerámico Ver Mapa

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Tipo de cable externo: Apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: Apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3

Tipo de cable externo: Apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Nivel IV

Protección contra incendios: Sistemas automáticos

Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC82305-4

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio

Por incendios: Otras estructuras

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esencial

Por sobretensiones: No hay servicios esencial

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Propiedad comercial

Por sobretensiones: Otras estructuras

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	Riesgo calculado (Pa)	Riesgo imp. directo (Pa)	Riesgo imp. indirecto (Pa)	Riesgo calculado (Pa)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	9,77E-07	7,86E-07	1,76E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	3,86E-06	1,25E-05	1,63E-05

Cálculos

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Toolkits: ON Database: v1.0.31 Map: SPANISH 8/07/2024

Calculador del índice de riesgo de IEC. Resultados calculados...

Impactos de rayo a las áreas de colección

Categorías de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	4,65E-08
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	9,30E-07
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	0,00E+00
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	7,78E-09
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	7,78E-07
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	3,72E-06
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	1,40E-07
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	3,72E-06
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	3,11E-06
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	7,78E-07
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	4,85E-06



NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

**CEI
IEC**
62305-2
Edition-1
2005-01

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 79
 Anchura de la estructura (m): 26
 Altura del plano del tejado (m)*: 11
 Área de colección (m2): 12.405 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
 Eficacia del apantallamiento: Media
 Tipo de cableado interno: Apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura menor
 Factor ambiental: Urbano
 N° de días de tormenta: 150 days/year
 Densidad anual equivalente de rayos: 15,0 flashes/km2

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Nivel IV
 Protección contra incendios: Sistemas automáticos
 Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Líneas de conducción eléctrica:**Línea eléctrica:**

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 Tipo de cable externo: Apantallado
 Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: Apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 3
 Tipo de cable externo: Apantallado

Tipos de las pérdidas:**Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:**

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
 Por incendios: Otras estructuras
 Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
 Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Propiedad comercial
 Por sobretensiones: Otras estructuras
 Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	9,77E-07	7,86E-07	1,76E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	3,86E-06	1,25E-05	1,63E-05

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3 NC

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
 Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse, junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Tabla 15 Riesgo por rayos para LP3 con medidas de protección

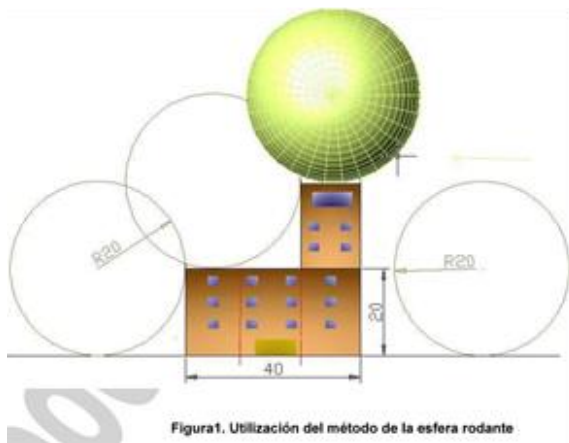
RIESGO POR RAYOS PARA LP3, con las siguientes medidas de protección: SPCR NIVEL IV, SISTEMAS MANUALES CONTRA INCENDIO y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES.			
Tipos de pérdidas	R_T	$R_{\text{CALCULADO}}$	NIVEL DEL RIESGO
Pérdidas de vida humana o daños permanentes	1×10^{-5}	1.76×10^{-6}	Bajo
Pérdidas de servicio público	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas de patrimonio cultural	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas económicas	1×10^{-3}	3×10^{-5}	Bajo
CONCLUSIÓN: La estructura en estudio, por sus características constructivas, de uso, concentración de personas, estructuras circundantes, tipo de redes de servicios que llegan y equipos instalados, requiere medidas de protección NIVEL IV . Por tanto necesita un apantallamiento Nivel IV, Sistemas Manuales contra incendio y Protecciones de sobretensión coordinadas.			

4.5. SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNO CONTRA RAYOS (SPCRE)

El SPCRE comprende básicamente el sistema de captación, las bajantes y la puesta a tierra de pararrayos. Para el diseño del apantallamiento, utilizamos los principios del modelo electro geométrico, con los cuales se determina la ubicación efectiva de los terminales de captación y el cubrimiento que ellos ofrecen.

Según el RETIE el procedimiento a utilizar para diseñar el apantallamiento, se basa en la metodología desarrollada por Gilman y Whitehead, conocido como el modelo electro geométrico, según el cual se ubican los terminales de captación dentro de la estructura de manera que sean más atractivos a los rayos que las estructuras. Esto se logra determinando la llamada distancia de impacto del rayo a una estructura u objeto.

Un corolario del método electro geométrico corresponde al método de la esfera rodante (Rolling Ball) que consiste en imaginar una esfera de radio igual a la distancia de impacto rodando sobre los volúmenes de las estructuras a proteger contra rayos. La distancia de impacto depende del Nivel de Riesgo y los parámetros del rayo asociados a este. Todas las estructuras que logre tocar la esfera estarán expuestas a descargas directas. El propósito es que las únicas estructuras que toque la esfera sean los dispositivos de protección o apantallamiento.



Como vimos antes, el análisis de riesgo realizado mediante la metodología de IEC 62 305-2 para LP2(EXISTENTE), da como resultado la necesidad de construir apantallamiento NIVEL IV para las diferentes estructuras que comprenden la ampliación de COTECMAR sede MAMONAL, ubicada en Cartagena de Indias Bolívar.

4.5.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN LP2(EXISTENTE)

Tiene la función de interceptar los rayos que puedan impactar directamente sobre la estructura.

En los edificios de gran área con lados opuestos separados más de 25m, en general se requiere la instalación de puntas sobre el techo. Ya que las puntas en sistemas no aislados deben equipotencializarse entre ellas a nivel del techo para transportar efectiva y eficientemente las corrientes del rayo, se consideró el uso de la estructura metálica portante del techo como sistema de transporte de las corrientes, eliminando el uso de alambrón o cable, con excepción de:

El edificio LP2(EXISTENTE), las puntas que van sobre el techo deben fijarse

firmeramente a la estructura metálica portante del techo, conectando la punta captora mediante conector especial a elementos metálicos que tengan más de 2.5 mm de espesor si son de acero o 3.0 mm si son de aluminio; se perforarán las tejas y en forma técnica debe cubrirse la perforación para evitar goteras.

El constructor deberá realizar una medición con equipo certificado según procedimiento de norma, para verificar la continuidad eléctrica de las estructuras metálicas portantes del techo, lo cual garantiza que se transportan adecuadamente las corrientes del rayo.

Esta evaluación contendrá como mínimo el resultado de la inspección visual para garantizar que al menos una ruta de descarga de la corriente del rayo tenga espesores iguales o mayores a la norma, que las uniones están soldadas o pernadas y bien ajustadas, y que la resistencia eléctrica medida, sea igual o menor a los valores de norma. Deberá presentarse el informe correspondiente.

Las puntas estarán unidas a la estructura metálica con alambra de Aluminio 8mm de diámetro, mediante grapas certificadas para este uso, las cuales aparecen en el listado de materiales.

El proyecto queda plantado en los siguientes términos:

SISTEMA DE CAPTACIÓN PARA LP2(EXISTENTE), CONSTRUIDO CON PUNTAS TIPO FRANKLIN Y ALAMBRA DE ALUMINIO:

Utilizaremos como sistema de captación 40 puntas de Aluminio de 5/8" de diámetro y 1,0 m de longitud y un anillo perimetral en alambra de aluminio de 8mm, instaladas según se muestra en los planos.

La estructura metálica portante del techo se equipotencializará al anillo perimetral mediante grapa especial.

4.5.2. SISTEMA DE CAPTACIÓN LP2 SEC1

Tiene la función de interceptar los rayos que puedan impactar directamente sobre la estructura.

En los edificios de gran área con lados opuestos separados más de 25m, en general se requiere la instalación de puntas sobre el techo. Ya que las puntas en sistemas no aislados deben equipotencializarse entre ellas a nivel del techo para transportar efectiva y eficientemente las corrientes del rayo, se consideró el uso de la estructura

metálica portante del techo como sistema de transporte de las corrientes, eliminando el uso de alambción o cable, con excepción de:

El edificio LP2 SEC1, las puntas que van sobre el techo deben fijarse firmemente a la estructura metálica portante del techo, conectando la punta captora mediante conector especial a elementos metálicos que tengan más de 2.5 mm de espesor si son de acero o 3.0 mm si son de aluminio; se perforarán las tejas y en forma técnica debe cubrirse la perforación para evitar goteras.

El constructor deberá realizar una medición con equipo certificado según procedimiento de norma, para verificar la continuidad eléctrica de las estructuras metálicas portantes del techo, lo cual garantiza que se transportan adecuadamente las corrientes del rayo.

Esta evaluación contendrá como mínimo el resultado de la inspección visual para garantizar que al menos una ruta de descarga de la corriente del rayo tenga espesores iguales o mayores a la norma, que las uniones están soldadas o pernadas y bien ajustadas, y que la resistencia eléctrica medida, sea igual o menor a los valores de norma. Deberá presentarse el informe correspondiente.

Las puntas estarán unidas a la estructura metálica con alambción de Aluminio 8mm de diámetro, mediante grapas certificadas para este uso, las cuales aparecen en el listado de materiales.

El proyecto queda planteado en los siguientes términos:

SISTEMA DE CAPTACIÓN PARA LP2 SEC1-SEC2, CONSTRUIDO CON PUNTAS TIPO FRANKLIN Y ALAMBRÓN DE ALUMINIO:

Utilizaremos como sistema de captación 15 puntas de Aluminio de 5/8" de diámetro y 1,0 mt de longitud y un anillo perimetral en alambción de aluminio de 8mm, instaladas según se muestra en los planos.

La estructura metálica portante del techo se equipotencializará al anillo perimetral mediante grapa especial.

4.5.3. SISTEMA DE CAPTACIÓN LP3

Tiene la función de interceptar los rayos que puedan impactar directamente sobre la estructura.

En los edificios de gran área con lados opuestos separados más de 25m, en general se requiere la instalación de puntas sobre el techo. Ya que las puntas en sistemas no aislados deben equipotencializarse entre ellas a nivel del techo para transportar efectiva y eficientemente las corrientes del rayo, se consideró el uso de la estructura metálica portante del techo como sistema de transporte de las corrientes, eliminando el uso de alambción o cable, con excepción de:

El edificio LP3, las puntas que van sobre el techo deben fijarse firmemente a la estructura metálica portante del techo, conectando la punta captora mediante conector especial a elementos metálicos que tengan más de 2.5 mm de espesor si son de acero o 3.0 mm si son de aluminio; se perforarán las tejas y en forma técnica debe cubrirse la perforación para evitar goteras.

El constructor deberá realizar una medición con equipo certificado según procedimiento de norma, para verificar la continuidad eléctrica de las estructuras metálicas portantes del techo, lo cual garantiza que se transportan adecuadamente las corrientes del rayo.

Esta evaluación contendrá como mínimo el resultado de la inspección visual para garantizar que al menos una ruta de descarga de la corriente del rayo tenga espesores iguales o mayores a la norma, que las uniones están soldadas o pernadas y bien ajustadas, y que la resistencia eléctrica medida, sea igual o menor a los valores de norma. Deberá presentarse el informe correspondiente.

Las puntas estarán unidas a la estructura metálica con alambción de Aluminio 8mm de diámetro, mediante grapas certificadas para este uso, las cuales aparecen en el listado de materiales.

El proyecto queda plantado en los siguientes términos:

SISTEMA DE CAPTACIÓN PARA LP3, CONSTRUIDO CON PUNTAS TIPO FRANKLIN Y ALAMBRÓN DE ALUMINIO:

Utilizaremos como sistema de captación 24 puntas de Aluminio de 5/8" de diámetro y 0,60 m de longitud y un anillo perimetral en alambción de aluminio de 8mm, instaladas según se muestra en los planos.

La estructura metálica portante del techo se equipotencializará al anillo perimetral mediante grapa especial.

4.5.4. SISTEMA DE BAJANTES LP2 (EXISTENTE)

El objetivo de los bajantes es derivar la corriente del rayo que incide sobre la estructura e impacta en los terminales de captación y se diseñan con estricto cumplimiento de la norma IEC 62 305-3. En general el sistema se diseña así:

El número de bajantes de cada edificio concilia las recomendaciones de la norma y el cálculo de las distancias de seguridad para evitar chispas peligrosas.

Se utilizan conductores redondos de Aluminio de 8mm de diámetro, como bajantes, hasta una altura de 3m, a esta altura se instalará la transición para llegar a la puesta a tierra con conductor de cobre calibre 1/0 desnudo.

La transición se compone de una caja FS de 6"x6"x4, en cuyo interior se instala una grapa paralela bimetálica, tendrá un letrero indicando "PELIGRO BAJANTE DE PARARRAYOS ¡NO TOCAR!"



La ubicación indicada en los planos, salvo que se tengan dificultades que ofrezca la arquitectura del edificio. Estas bajantes deben instalarse a una distancia mínima indicada en los cálculos del Tabla 6 para los distintos edificios, de estructuras metálicas aterrizadas, puertas o ventanas metálicas, equipos eléctricos y sistemas puestos a tierra; se recomienda como medida general a utilizar, 30cm de separación mínima entre las bajantes y estructuras metálicas aterrizadas. En caso de no poder cumplirse deben ser equipotencializadas mediante alambión de aluminio o DPS.

Los conductores bajantes van soportados a los muros exteriores, técnicamente cada 1.2 m. Estos soportes deben ser certificados y probados para corrientes del rayo, y montados como se indica en los detalles de construcción.

En el tramo que va desde el nivel del piso hasta una altura de 3 m, el bajante debe tener una protección de aislamiento eléctrico; esta protección eléctrica consiste en aislar el cable con termoencogible probado a 100 KV con onda 1.2 / 50 us. El tramo más cercano al suelo, en longitud de 3.0 m se construirá con cable de Cu 1/0.

Para facilitar las mediciones de la resistencia de puesta a tierra y la continuidad del apantallamiento, debe dejarse una junta de inspección por cada bajante; para ello se usará una grapa bimetálica que permita la desconexión de estas; esta se instalará a 3.0 metros del piso, tal como se indica en los planos.

Cada bajante termina conectada a una varilla de cobre del sistema del sistema de puesta a tierra.

Tabla 6. Distancia de separación promedio para conductores bajantes

Tipo de Nivel de Protección	Distancia Típica Promedio [m]
I	10
II	10
III	15
IV	20

Para LP2(EXISTENTE), se diseñan 12 bajantes tipo “A”, acorde a la NTC 4552-3.

4.5.5. SISTEMA DE BAJANTES LP2 SEC1

El objetivo de los bajantes es derivar la corriente del rayo que incide sobre la estructura e impacta en los terminales de captación y se diseñan con estricto cumplimiento de la norma IEC 62 305-3. En general el sistema se diseña así:

El número de bajantes de cada edificio concilia las recomendaciones de la norma y el cálculo de las distancias de seguridad para evitar chispas peligrosas.

Se utilizan conductores redondos de Aluminio de 8mm de diámetro, como bajantes, hasta una altura de 3m, a esta altura se instalará la transición para llegar a la puesta a tierra con conductor de cobre calibre 1/0 desnudo.

La transición se compone de una caja FS de 6”x6”x4, en cuyo interior se instala una grapa paralela bimetálica, tendrá un letrero indicando “PELIGRO BAJANTE DE

PARARRAYOS ¡NO TOCAR!"



La ubicación indicada en los planos, salvo que se tengan dificultades que ofrezca la arquitectura del edificio. Estas bajantes deben instalarse a una distancia mínima indicada en los cálculos del Tabla 6 para los distintos edificios, de estructuras metálicas aterrizadas, puertas o ventanas metálicas, equipos eléctricos y sistemas puestos a tierra; se recomienda como medida general a utilizar, 30cm de separación mínima entre las bajantes y estructuras metálicas aterrizadas. En caso de no poder cumplirse deben ser equipotencializadas mediante alambión de aluminio o DPS.

Los conductores bajantes van soportados a los muros exteriores, técnicamente cada 1.2 m. Estos soportes deben ser certificados y probados para corrientes del rayo, y montados como se indica en los detalles de construcción.

En el tramo que va desde el nivel del piso hasta una altura de 3 m, el bajante debe tener una protección de aislamiento eléctrico; esta protección eléctrica consiste en aislar el cable con termoencogible probado a 100 KV con onda 1.2 / 50 us. El tramo más cercano al suelo, en longitud de 3.0 m se construirá con cable de Cu 1/0.

Para facilitar las mediciones de la resistencia de puesta a tierra y la continuidad del apantallamiento, debe dejarse una junta de inspección por cada bajante; para ello se usará una grapa bimetálica que permita la desconexión de estas; esta se instalará a 3.0 metros del piso, tal como se indica en los planos.

Cada bajante termina conectada a una varilla de cobre del sistema del sistema de puesta a tierra.

Para LP2 SEC1, se diseñan 4 bajantes tipo "A" acorde a la NTC 4552-3.

4.5.6. SISTEMA DE BAJANTES LP3

El objetivo de los bajantes es derivar la corriente del rayo que incide sobre la estructura e impacta en los terminales de captación y se diseñan con estricto cumplimiento de la norma IEC 62 305-3. En general el sistema se diseña así:

El número de bajantes de cada edificio concilia las recomendaciones de la norma y el cálculo de las distancias de seguridad para evitar chispas peligrosas.

Se utilizan conductores redondos de Aluminio de 8mm de diámetro, como bajantes, hasta una altura de 3m, a esta altura se instalará la transición para llegar a la puesta a tierra con conductor de cobre calibre 1/0 desnudo.

La transición se compone de una caja FS de 6"x6"x4, en cuyo interior se instala una grapa paralela bimetálica, tendrá un letrero indicando "PELIGRO BAJANTE DE PARARRAYOS ¡NO TOCAR!"



La ubicación indicada en los planos, salvo que se tengan dificultades que ofrezca la arquitectura del edificio. Estas bajantes deben instalarse a una distancia mínima indicada en los cálculos del Tabla 6 para los distintos edificios, de estructuras metálicas aterrizadas, puertas o ventanas metálicas, equipos eléctricos y sistemas puestos a tierra; se recomienda como medida general a utilizar, 30cm de separación mínima entre las bajantes y estructuras metálicas aterrizadas. En caso de no poder cumplirse deben ser equipotencializadas mediante alambión de aluminio o DPS.

Los conductores bajantes van soportados a los muros exteriores, técnicamente cada 1.2 m. Estos soportes deben ser certificados y probados para corrientes del rayo, y montados como se indica en los detalles de construcción.

En el tramo que va desde el nivel del piso hasta una altura de 3 m, el bajante debe tener una protección de aislamiento eléctrico; esta protección eléctrica consiste en aislar el cable con termoencogible probado a 100 KV con onda 1.2 / 50 us. El tramo más cercano al suelo, en longitud de 3.0 m se construirá con cable de Cu 1/0.

Para facilitar las mediciones de la resistencia de puesta a tierra y la continuidad del apantallamiento, debe dejarse una junta de inspección por cada bajante; para ello se usará una grapa bimetálica que permita la desconexión de estas; esta se instalará a 3.0 metros del piso, tal como se indica en los planos.

Cada bajante termina conectada a una varilla de cobre del sistema del sistema de puesta a tierra.

Tabla 6. Distancia de separación promedio para conductores bajantes

Tipo de Nivel de Protección	Distancia Típica Promedio [m]
I	10
II	10
III	15
IV	20

Para LP3, se diseñan 13 bajantes tipo “A” acorde a la NTC 4552-3.

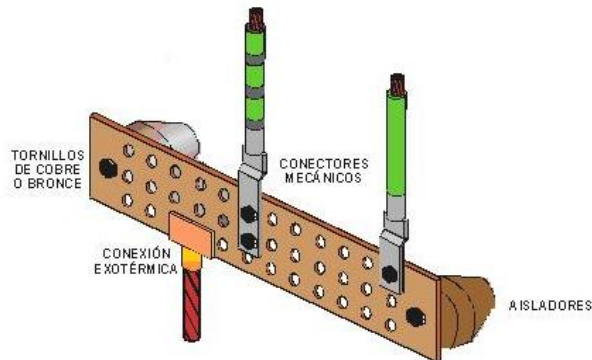
4.6. PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

El Sistema de Puesta a tierra es una parte fundamental del sistema de protección contra rayos que contribuye de forma sustancial a la seguridad del personal, de las instalaciones y de los equipos en caso de la incidencia de un rayo, ya que provee una equipotencialidad a los equipos y estructuras y ofrece una trayectoria de baja impedancia a la corriente del rayo, permitiendo su dispersión y disipación en el terreno sin causar daño.

Para todos los edificios se construirá un sistema de puesta a tierra Tipo A en la configuración que aparece en los planos, El conductor de tierra debe ir enterrado a 0.5 m de profundidad, medidos descontando la capa de concreto, y a una distancia promedio de 1.0 m de los edificios y estructuras.

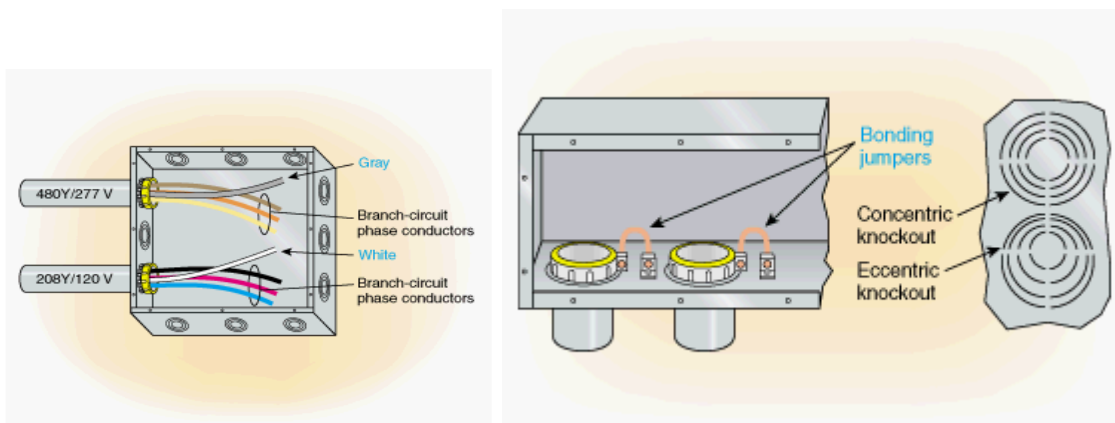
Para la protección de las instalaciones eléctricas y electrónicas se debe garantizar la interconexión a tierra de todos los sistemas; con ello se obtiene un potencial

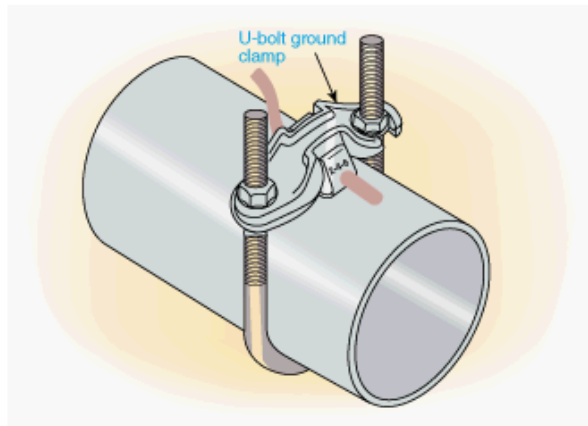
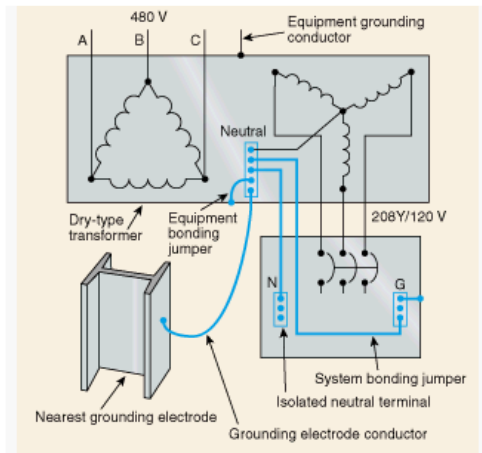
común y se logra que las instalaciones se eleven al mismo potencial, evitando accidentes y daños en los equipos eléctricos y electrónicos, debido a las peligrosas diferencias de potencial y los arcos que pueden aparecer en las instalaciones. Por ello debe construirse colas de equipotencialización que van desde el sistema de tierra hasta barrajes estratégicamente dispuestos al interior de los edificios para conectar allí los tableros eléctricos principales.



Cada conductor bajante del sistema de apantallamiento deberá llegar a una varilla de tierra.

Es imprescindible que todas las partes metálicas no portadoras de corriente, como ductos, tubos conduit, tanques, vigas, columnas de la estructura metálica y bandejas portacables, se deben conectar directamente al sistema de puesta a tierra para garantizar el mismo potencial (Barraje de equipotencialización).





La varilla de tierra más próxima a la malla de tierra de potencia o a otra malla de tierra, se conectará a ella mediante cable de Cu 1/0. En el punto donde se deriva una cola de equipotencialización, se debe construir un registro de tierra de 40x40 cm.

4.6.1. RESISTIVIDAD DEL TERRENO Y RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

4.6.1.1 CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Cumpliendo con las disposiciones del RETIE en el capítulo 15 con respecto a las tensiones de paso, de contacto y transferidas, se entrega el siguiente cálculo para el sistema de puesta a tierra:

Para las conexiones se debe emplear soldadura exotérmica y conectores que cumplen con las recomendaciones de las normas IEC 60364-5-54 / 542.3.2 o la IEEE-837, con el objeto de reducir las resistencias de contacto.

A esta malla se debe conectar al chasis del transformador mediante terminal de ponchar o conector certificado.

La resistencia de puesta a tierra debe ser menor o igual a 10 Ω y garantizar que las tensiones de paso y contacto sean inferiores a las máximas admisibles exigidas por el RETIE.

4.6.1.2 MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO

CARACTERISTICAS DE LA MEDICIÓN.

Marca y modelo:	Metrel - MI 2088
Resolución :	0.01; 0.1; 1; 10 Ω
Precisión:	$\pm(2 \% + 3 D) \dots (0 - 2 \text{ k}\Omega)$
Tensión y frecuencia de prueba:	40 V(d.c.) / 125 Hz
Frecuencia:	120 Hz
Método utilizado:	Tetraelectródico de Wenner

RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Identificación

Fecha: enero 19 de 2024

Lugar de Medición: Proyecto COTECMAR PLANTA MAMONAL, Municipio de Cartagena de Indias, Bolívar.

Tabla 16 Resultados de la medición sentido 1

Medición	a (m)	Dirección	Valor medido (Ω m)	Σ	Cumple
				Promedio (Ω m)	
1	1	0°	3,22	1,99	SI
2	2	0°	2,2		
3	3	0°	1,69		
4	4	0°	1,94		
5	5	0°	1,26		
6	6	0°	1,64		

1. REGISTRO FOTOGRAFICO



Punto: P1, distancia: 1metro



Punto: P1, distancia: 2 metro



Punto: P1, distancia: 3 metro



Punto: P1, distancia: 4 metro

**Punto: P1, distancia: 5 metro****Punto: P1, distancia: 6 metro***Tabla 17 Resultados de la medición sentido 2*

Medición	a (m)	Dirección	Valor medido (Ω m)	Σ	Cumple
				Promedio (Ω m)	
1	1	90°	3,58	2,23	SI
2	2	90°	2,32		
3	3	90°	1,14		
4	4	90°	2,04		
5	5	90°	2,11		
6	6	90°	2,16		
		PROMEDIO TOTAL=		2,11	

1. REGISTRO FOTOGRAFICO**Punto: P2, distancia: 1 metro****Punto: P2, distancia: 2 metro**

**Punto: P2, distancia: 3 metro****Punto: P2, distancia: 4 metro****Punto: P2, distancia: 5 metro****Punto: P2, distancia: 6 metro**

Del análisis de resultados obtenemos que para los cálculos del sistema de puesta a tierra debe utilizarse el valor de **2,11 Ohm-m**.

Con estos valores se diseña la malla de puesta a tierra.

Todos los valores de resistencia de puesta a tierra cumplen la Norma del rayo y RETIE ya que son inferiores a **10 Ω** .

La resistencia de puesta a tierra deberá ser evaluada por el constructor una vez esté construido el apantallamiento.

CÁLCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA IEEE 80-2000		
Desarrollado por Ingeniero Gustavo A García Chávez. MP 76205-16600		
NOMBRE DEL PROYECTO:	COTECMAR MAMONAL	
Selección del Conductor del electrodo de puesta a tierra		
Nivel de tensión en el secundario	220,0	Voltios
Corriente de falla a tierra 3Ø referida al primario lo (Dato suministrado or O.R.)	7.911,0	Amperios
Corriente de falla a tierra 1Ø referida al primario lo (Dato suministrado por O.R.)	3.110,0	Amperios
Tension Nominal primaria (Dato suministrado por O.R.)	13.200,0	Voltios
Factor X/R (Dato suministrado por el Operador de Red)	1,26	Operador de Red
Factor de asimetría de la corriente de corto Tabla 10 IEEE 80	1,03	
Constante del Material (Tabla 23 del RETIE)	7,06	Cobre duro con soldadura exoterm
Tiempo de despeje de la falla de protecciones en el primario en Segundos	0,500	
Area calculada del conductor en mm²	8,07	mm²
Area del conductor seleccionado en mm²	67,44	2/0
Verificación Area del Conductor seleccionado	CUMPLE	
Longitud de las varillas	2,4	240 cms
Diámetro de la varilla en metros	0,01588	5/8" Ø
Diámetro del Conductor seleccionado (d)	0,0105	Metros
Profundidad del conductor de la malla 0,25<h<2,5 metros	0,60	
Condición para aceptación de modelo d<0,25h	PROSIGA	
Tipo de suelo donde se construye la malla		
Resistividad aparente del terreno uniforme (ρ) (Ω*metro)	10	Organico humedo
Resistividad de la capa superficial ρs Ω/Metro	1.200	Polvillo de grava
Refuerzo del aislamiento del suelo		
Espesor de la capa superficial (Entre 0,01 y 0,30 Metros)	0,2	Metros
Cs (Coeficiente en función del terreno y del espesor la capa superficial)	0,8	
Voltaje de paso y de toque tolerables		
Constante en funcion del peso de la persona Cp	0,157	Persona 70 Kgrs o más
Voltaje de paso=(1000+6*Cs*ρs)*Cp/√ts	1.501	Voltios
Voltaje de toque=(1000+1,5*Cs*ρs)*Cp/√ts	542	Voltios
Forma de la Malla		
Largo de la Malla en Metros	15	Metros
Ancho de la Malla	10	Metros
Area calculada de la malla	150	Metros ²
Número de conductores en paralelo a lo largo de la malla (Número entero)	7	
Número de conductores en paralelo a lo ancho de la malla (Número entero)	5	
Longitud de contrapesos en metros	0	
Espaciamiento de la cuadrícula D>1,5 metros	2,5	
Longitud del conductor de la malla calculado	155	Metros
Valor de la Resistencia de la malla de Tierra		
Proteccion contra rayos	10	Ω (Ohmios)
La malla tiene varilla?	Si	
Numero de electrodos utilizados	7	
Rg Resistencia de puesta a Tierra calculada con varillas	0,34	CUMPLE
Cálculo del máximo potencial de tierra para malla con varillas		
Factor de division de corriente de corto (Sf=Zth/(Zth+Rg))	0,5	
Máximo potencial de tierra (Voltios)	529	CUMPLE
Se requiere modificar la malla?	PROSIGA	
Tensiones de Malla, de Paso y de Toque calculados en la malla		
Em = Voltaje de malla	59	CUMPLE
Es = Voltaje de paso Calculado	85	CUMPLE
Para el tiempo de interrupcion la tension máxima de toque aceptable por RETIE es	164	Voltios CUMPLE
Comprobación del Diseño de la malla	SU DISEÑO ES CORRECTO	

4.6.1.3 CÁLCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LA BAJANTE Y DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA LP2(EXISTENTE).

Debe calcularse el calibre de los conductores bajantes y de la puesta a tierra para garantizar que, durante el tiempo de despeje de la corriente de IMPULSO de una eventual descarga directa, estos conductores la soporten, sin que se produzca una elevación de la temperatura a niveles destructivos.

Ver tabla 2 para el cálculo de los calibres de las bajantes y del sistema de tierra.

Tabla 18 Cálculo de conductores y bajantes LP2 existente

CÁLCULO DE CONDUCTORES DE BAJANTES Y SISTEMA DE TIERRA PROYECTO COTECMAR LP2 EXISTENTE			
1-PARAMETROS DEL RAYO			
Corriente pico absoluta promedio para Colombia(KA):			44,3
Nivel de protección contra rayo:			NPR-IV
Maxima corriente de pico (KA)			100
Mínima corriente de pico (KA)			30
Carga Q:			50
Energía Especifica(W/R):			2500
Tipo de Electrodo de Puesta a Tierra:			Varilla de Cobre
2-CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE BAJANTES Y MALLA PERIMETRAL			
El calibre mínimo para bajantes según RETIE es de 50 mm ² (Art.16), que corresponde a un conductor No:			1/0
(se selecciona Alambres de Al de 8mm-Tabla 16.1 RETIE)			
Corriente de falla a tierra (KA):			44,3
Constante del conductor de Acero:			28,96
Constante del conductor Cu:			7,06
Tiempo de despeje de falla a tierra o de disipación del rayo (S):			0,0032
CONDUCTOR DE BAJANTE Y CONDUCTORES EN TEJADO			
Área del conductor en (mm ²):			35,50
Esta área corresponde aproximadamente a un conductor de diámetro:			6,72 mm
El conductor seleccionado para bajantes :			8 mm
CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA			
Área del conductor en (mm ²):			20,3
Esta área corresponde aproximadamente a un conductor de diámetro:			Cu 4 AWG
El conductor seleccionado de puesta a tierra No. :		9,36	Cu 1/0 AWG
3-VOLTAJE DE CONTACTO Y DE PASO			
Aplicando la metodología de la serie IEC, para puesta a tierra en disposición tipo B:			
Resistividad aparente de capa superficial (GRAVA, 15cm de espesor, 3 m alrededor de la varilla o cable enterrado)	ρ_s :		5000
Resistividad del terreno para terreno sin tratamiento(Ω -m)	ρ :		2,11
Espesor de la capa superficial(m)	h_s :		0,15
Tiempo de despeje de falla a tierra o de disipación del rayo (S):	t_c :		0,0032
Número de bajantes:	N :		12
Impedancia convencional de tierra del sistema de puesta a tierra relativa al NPR IV:	Z :		4,1
Coefficiente en función del número de bajantes	K_c :		0,3284
El Voltaje de paso es tolerable si cumple con la siguiente condición de seguridad:	$\rho_s \geq$	$140 \cdot K_c \cdot Z_t$	
Resultado:El Voltaje de paso si es tolerable	$5000 \geq$	188,48	
El Voltaje de toque es tolerable si cumple con la siguiente condición de seguridad:	$\rho_s \geq$	$400 \cdot K_c \cdot Z_t - 250$	
Resultado:El Voltaje de toque si es tolerable	$5000 \geq$	288,53	
4-DISTANCIA MINIMA, EN EL SUELO, ENTRE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA Y OTROS CONDUCTORES			
Distancia mínima en metros (D)	D :		0,9
Longitud de cable 2/0 enterrado	L :		265
5-RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA			
Resistencia de puesta a tierra de una bajante (Ω)	R :		0,0118
Resistencia de Sistema de puesta a tierra CONDUCTOR HORIZONTAL 1/0 (Ω)	R_H :		0,021
Resistencia de puesta a tierra de 12 bajantes (Ω)	R_v :		0,140
Resistencia de puesta a tierra para LP2(Existente)(Ω)	R_{spt} :		0,018
6-AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LA BAJANTE POR EL PASO DE LA CORRIENTE DEL RAYO			
Para una varilla de acero de 19mm por la corriente del rayo Nivel IV			1°C
Para una varilla de acero de 19mm por la corriente del rayo Nivel I(Maximo)			1,3°C

4.6.1.4 CÁLCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LA BAJANTE Y DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA LP2 SEC1

Tabla 19 Cálculo de conductores y bajantes LP2 sección 1

CÁLCULO DE CONDUCTORES DE BAJANTES Y SISTEMA DE TIERRA PROYECTO COTECMAR LP2-1			
1-PARAMETROS DEL RAYO			
Corriente pico absoluta promedio para Colombia(KA):			44,3
Nivel de protección contra rayo:			NPR-IV
Maxima corriente de pico (KA)			100
Minima corriente de pico (KA)			30
Carga Q:			50
Energía Especifica(W/R):			2500
Tipo de Electrodo de Puesta a Tierra:			Varilla de Cobre
2-CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE BAJANTES Y MALLA PERIMETRAL			
El calibre mínimo para bajantes según RETIE es de 50 mm ² (Art.16), que corresponde a un conductor No:			1/0
(se selecciona Alambres de Al de 8mm-Tabla 16.1 RETIE)			
Corriente de falla a tierra (KA):			44,3
Constante del conductor de Acero:			28,96
Constante del conductor Cu:			7,06
Tiempo de despeje de falla a tierra o de disipación del rayo (S):			0,0032
CONDUCTOR DE BAJANTE Y CONDUCTORES EN TEJADO			
Area del conductor en (mm ²):			35,50
Esta area corresponde aproximadamente a un conductor de diametro:			6,72
El conductor seleccionado para bajantes :			8 mm
CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA			
Area del conductor en (mm ²):			20,3
Esta area corresponde aproximadamente a un conductor de diametro:			Cu 4 AWG
El conductor seleccionado de puesta a tierra No. :		9,36	Cu 1/0 AWG
3-VOLTAJE DE CONTACTO Y DE PASO			
Aplicando la metodología de la serie IEC, para puesta a tierra en disposición tipo B:			
Resistividad aparente de capa superficial (GRAVA, 15cm de espesor, 3 m alrededor de la varilla o cable enterrado)	ps:		5000
Resistividad del terreno para terreno sin tratamiento(Ω -m)	p:		2,11
Espesor de la capa superficial(m)	hs:		0,15
Tiempo de despeje de falla a tierra o de disipación del rayo (S):	tc:		0,0032
Numero de bajantes:	N:		4
Impedancia convencional de tierra del sistema de puesta a tierra relativa al NPR IV:	Z:		4,1
Coficiente en funcion del numero de bajantes	Kc:		0,3975
El Voltaje de paso es tolerable si cumple con la siguiente condicion de seguridad:	ps>=	140*Kc*Zt	
Resultado:El Voltaje de paso si es tolerable	5000>=	228,19	
El Voltaje de toque es tolerable si cumple con la siguiente condicion de seguridad:	ps>=	400*Kc*Zt-250	
Resultado:El Voltaje de toque si es tolerable	5000>=	401,97	
4-DISTANCIA MINIMA, EN EL SUELO, ENTRE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA Y OTROS CONDUCTORES			
Distancia minima en metros (D)	D:		0,9
Longitud de cable 2/0 enterrado	L:		70
5-RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA			
Resistencia de puesta a tierra de una bajante (Ω)	R=		0,0152
Resistencia de Sistema de puesta a tierra CONDUCTOR HORIZONTAL 1/0 (Ω)	RH=		0,067
Resistencia de puesta a tierra de 12 bajantes (Ω)	Rv=		0,851
Resistencia de puesta a tierra para LP2S1-LP2S2(Ω)	Rspt=		0,062
6-AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LA BAJANTE POR EL PASO DE LA CORRIENTE DEL RAYO			
Para una varilla de acero de 19mm por la corriente del rayo Nivel IV			1°C
Para una varilla de acero de 19mm por la corriente del rayo Nivel I(Maximo)			1,3°C

4.6.1.5 4.3.3.2.3-CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LA BAJANTE Y DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA LP3

Tabla 20 Cálculo de conductores y bajantes LP3

CALCULO DE CONDUCTORES DE BAJANTES Y SISTEMA DE TIERRA PROYECTO COTECMAR LP3			
1-PARAMETROS DEL RAYO			
Corriente pico absoluta promedio para Colombia(KA):			44,3
Nivel de proteccion contra rayo:			NPR-IV
Maxima corriente de pico (KA)			100
Minima corriente de pico (KA)			30
Carga Q:			50
Energia Especifica(W/R):			2500
Tipo de Electrodo de Puesta a Tierra:			Varilla de Cobre
2-CALCULO DEL CONDUCTOR DE BAJANTES Y MALLA PERIMETRAL			
El calibre minimo para bajantes según RETIE es de 50 mm2(Art.16), que corresponde a un conductor No:			1/0
(se selecciona Alambreon de Al de 8mm-Tabla 16.1 RETIE)			
Corriente de falla a tierra (KA):			44,3
Constante del conductor de Acero:			28,96
Constante del conductor Cu:			7,06
Tiempo de despeje de falla a tierra o de disipacion del rayo (S):			0,0032
CONDUCTOR DE BAJANTE Y CONDUCTORES EN TEJADO			
Area del conductor en (mm2):			35,50
Esta area corresponde aproximadamente a un conductor de diametro:			6,72
El conductor seleccionado para bajantes :			8 mm
CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA			
Area del conductor en (mm2):			20,3
Esta area corresponde aproximadamente a un conductor de diametro:			Cu 4 AWG
El conductor seleccionado de puesta a tierra No. :		9,36	Cu 1/0 AWG
3-VOLTAJE DE CONTACTO Y DE PASO			
Aplicando la metodologia de la serie IEC,para puesta a tierra en disposicion tipo B:			
Resistividad aparente de capa superficial (GRAVA,15cm de espesor,3 m alrededor de la varilla o cable enterrado)	ps:		5000
Resistividad del terreno para terreno sin tratamiento(Ω -m)	p:		2,11
Espesor de la capa superficial(m)	hs:		0,15
Tiempo de despeje de falla a tierra o de disipacion del rayo (S):	tc:		0,0032
Numero de bajantes:	N:		10
Impedancia convencional de tierra del sistema de puesta a tierra relativa al NPR IV:	Z:		4,1
Coefficiente en funcion del numero de bajantes	Kc:		0,3720
El Voltaje de paso es tolerable si cumple con la siguiente condicion de seguridad:	ps>=	140*Kc*Zt	
Resultado:El Voltaje de paso si es tolerable	5000>=	213,53	
El Voltaje de toque es tolerable si cumple con la siguiente condicion de seguridad:	ps>=	400*Kc*Zt-250	
Resultado:El Voltaje de toque si es tolerable	5000>=	360,08	
4-DISTANCIA MINIMA,EN EL SUELO,ENTRE ELECTRODOSDE PUESTA A TIERRA Y OTROS CONDUCTORES			
Distancia minima en metros (D)	D:		0,9
Longitud de cable 2/0 enterrado	L:		243
5-RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA			
Resistencia de puesta a tierra de una bajante (Ω)	R=		0,0096
Resistencia de Sistema de puesta a tierra CONDUCTOR HORIZONTAL 1/0 (Ω)	RH=		0,023
Resistencia de puesta a tierra de 12 bajantes (Ω)	Rv=		0,166
Resistencia de puesta a tierra para LP3(Ω)	Rspt=		0,020
6-AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LA BAJANTE POR EL PASO DE LA CORRIENTE DEL RAYO			
Para una varilla de acero de 19mm por la corriente del rayo Nivel IV			1°C
Para una varilla de acero de 19mm por la corriente del rayo Nivel I(Maximo)			1,3°C

4.6.2. DISPOSICIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Para los edificios se utilizará una disposición de tierra **Tipo A** construido con cable de cobre desnudo 1/0 y varilla de cobre de 5/8" x 2.4m.

El cable de tierra debe ser enterrado a una profundidad mínima de 0,5 metros. En cuanto a los conductores de Cu, se utilizarán exclusivamente uniones exotérmicas para las conexiones bajo tierra, que garanticen una temperatura de fusión igual o superior a la del conductor. Estos sistemas de tierra deben ser interconectados entre sí, como se indica en los planos, para obtener una gran malla equipotencializada. Las mallas de potencia deben ser equipotencializadas a la malla de pararrayos más cercana. COTECMAR indicará donde se encuentran estas mallas de potencia y entregará la información al constructor quien deberá conectarlas como se dijo antes.

En los planos se presentan detalles constructivos, y en el Presupuesto los materiales y las cantidades de obra requeridas para la construcción del sistema de tierra, sin incluir lo correspondiente a la equipotencialización con las mallas de potencia.

4.6.2.1 VERIFICACIÓN DE CONDICIONES DE TENSIONES DE PASO Y DE TOQUE.

Los voltajes de paso y de toque pueden ser peligrosos para la vida. Un SPCR diseñado y construido de acuerdo a las normas minimiza estos voltajes a niveles tolerables.

Para asegurar el mínimo riesgo debe garantizarse niveles adecuados de tensiones de paso y de toque; de acuerdo a la norma IEC, se deben cumplir unas condiciones de seguridad, considerando la resistividad superficial del terreno, la impedancia al impulso del suelo que depende del NPR (Nivel de protección contra el rayo). Los resultados de estos cálculos se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 21 Condiciones de tensiones de paso y de toque

3-VOLTAJE DE CONTACTO Y DE PASO			LP3	LP2-1	LP2 (existente)
Aplicando la metodología de la serie IEC, para puesta a tierra en					
espesor, 3 m alrededor de la varilla o cable enterrado)			ps:	5000	5000
Resistividad del terreno para terreno sin tratamiento (Ω -m)			ρ :	2,11	2,11
Espesor de la capa superficial (m)			hs:	0,15	0,15
Tiempo de despeje de falla a tierra o de disipación del rayo (S):			tc:	0,0032	0,0032
Numero de bajantes:			N:	10	4
Impedancia convencional de tierra del sistema de puesta a			Z:	4,1	4,1
Coeficiente en función del número de bajantes			Kc:	0,3637	0,3725
condición de seguridad:			ps>=	140*Kc*Zt	140*Kc*Zt
Resultado: El Voltaje de paso si es tolerable			5000>=	208,74	213,84
condición de seguridad:			ps>=	400*Kc*Zt-250	400*Kc*Zt-250
Resultado: El Voltaje de toque si es tolerable			5000>=	346,41	360,97

4.7. SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA (SPI)

El rayo como fuente de daño es un fenómeno de alta energía. Las descargas liberan muchos cientos de mega-julios de energía. Cuando se compara con los mili-julios de energía que pueden ser suficientes para producir daños en los equipos electrónicos sensibles y en los sistemas eléctricos y electrónicos que se encuentran en las estructuras, está claro que serán necesarias medidas adicionales de protección para proteger estos equipos.

La protección externa contra rayos es inocua frente a perturbaciones causadas por el impulso electromagnético del rayo que impacta en las cercanías de la estructura y contra las perturbaciones causadas por impactos directos en las redes eléctricas, telefónicas, etc. que alimentan la estructura, por ello debe realizarse un estudio y diseño complementario que cubra este aspecto de la protección. A continuación, se harán algunas recomendaciones con relación a la protección interna.

Para evitar chispas o arcos eléctricos que puedan ser originados por sobretensiones debidas a una descarga directa o indirecta sobre la estructura, al igual que por tensiones inducidas por impactos directos o lejanos, se deben alejar una distancia de seguridad específica o equipotencializar a las bajantes y/o a al sistema de puesta a tierra las acometidas de servicio, pantallas de cables y otras partes metálicas normalmente no energizadas, como las siguientes:

- Las partes metálicas de la estructura
 - Las instalaciones metálicas
 - Las partes conductoras externas y líneas de servicio conectadas a la estructura, como servicios de Agua, Energía, Gas, Teléfonos y TV.
- Los sistemas eléctricos y electrónicos dentro de la estructura a ser protegida.

Los medios de interconexión pueden ser:

- Cables conductores donde no exista continuidad eléctrica por unión natural.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones cuando la unión con conductores no es conveniente.

Debe instalarse barrajes equipotenciales para conectar todas las pantallas de cables, estructuras metálicas, etc. con el sistema de puesta a tierra. Los conductores que llevan corriente (Fases) en cambio de red aérea a subterránea y tableros principales y secundarios, deben conectarse a los barrajes equipotenciales mediante dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias, DPS.

4.7.1. DPS PARA TABLERO PRINCIPALES

Con el fin de minimizar daños sobre el sistema eléctrico y los equipos, se recomienda instalar un DPS Clase I de las siguientes características mínimas, en cada uno de los tableros de distribución principal:

- Tensión Nominal: 440 V.
- Máxima tensión de operación continua: 280 V.
- Clasificación según norma IEC61643-1: Clase I
- Valor de cresta de corriente del rayo: 50 KA (10/350 μ s) y 50 KA (8/20 μ s), por polo.
- Descarga total: 125 KA (10/350 μ s) y 125 KA (8/20 μ s).
- Coordinado con otras protecciones.
- Nivel de Tensión de protección: menor a 1.3 Kv
- Capacidad de extinción de Corriente consecutiva. 25 KA
- Temperatura de operación: -40°C a 85°C
- Tiempo de respuesta: menor a 100 ns.

Sugerencia: DPS Clase I MCD 50-B 3+1 marca OBO.

4.7.2. DPS PARA EQUIPOS SENSIBLES IMPORTANTES

Se recomienda instalar DPS clase II y/o III para proteger de sobretensiones equipos sensibles tales como computadores, sistemas de circuito cerrado de TV, telefonía mediante cables BCH, etc. Para ello es necesario consultar con el proveedor de los equipos la protección recomendada o en su defecto, consultar sobre las características de voltaje, conexiones, sistema de control, etc., para definir el DPS adecuado en el momento que se requiera.

Se recomienda instalar un DPS Clase II de las siguientes características mínimas, en cada uno de los tableros de distribución

- Tensión Nominal: 460 V 0 220 V.

-
- Clasificación según norma IEC 61643-1: Clase II
 - MCOV: 280 V rms. o 150V rms, según que el tablero sea a 460V o 220V.
 - Intensidad nominal de descarga: 20 KA (8/20 μ s, por polo)
 - Máxima intensidad de descarga: 40 KA (8/20 μ s, por polo).
 - Coordinado con otras protecciones.
 - Nivel de Tensión de protección: menor a 1.3 Kv
 - Temperatura de operación: -40°C a 85°C
 - Tiempo de respuesta: menor a 25 ns.

Sugerencia: DPS Clase II V 20-C/3 - 280 o V 20-C/3 - 150 marca OBO (Con señalización acústica o remota).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. RECOMENDACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

De acuerdo con el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas mostrado en los planos, el montador deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

-De acuerdo al Art 16 de RETIE, "el diseño de la protección contra rayos debe realizarse aplicando el método electrogeométrico.", por tal razón, todos aquellos sistemas no convencionales tales como pararrayos radiactivos, entre otros, que utilizan una metodología diferente al modelo electrogeométrico quedan sin validez y por ende no está avalado su uso.

-La distancia mínima entre los conductores enterrados o varillas de puesta a tierra y otros conductores debe ser la que se indica en la Tabla 2

-El radio de curvatura de los conductores del sistema de apantallamiento en ningún caso debe ser inferior a 0.2 metros.

-Se realizará un recubrimiento con una capa de grava de mínimo 15 cm o asfalto de 5 cm, hasta una distancia de 3,0 m de la bajante de pararrayo; en su defecto instalar avisos con el siguiente texto: "Ante la evidencia de lluvia o tormenta eléctrica alejarse del área y ponerse a cubierto dentro del edificio.

5.2. RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO

Después de realizada la instalación, recomendamos realizar labores de mantenimiento periódicas con el fin de mantener el correcto funcionamiento del SIPRA y garantizar la protección tanto a los equipos como al personal que labora en este edificio. Esta inspección la debe guiar un especialista en protección contra rayos de acuerdo a las recomendaciones de la norma NTC 4552-3.

El SIPRA debe ser inspeccionado durante su instalación, después de concluir la instalación y regularmente de acuerdo con la siguiente Tabla E.2-Máximo período entre inspecciones de un SIPRA-NTC 4552-3:

El mantenimiento debe incluir las siguientes actividades:

-Realizar mediciones de resistencia de puesta a tierra cada año, o cuando se modifique el SIPRA o se instalen nuevos equipos al sistema, que requieran de ciertas condiciones especiales, en este caso determinadas por el fabricante.

Las medidas de resistencia de la puesta a tierra deben ser menores a 10 ohm.

-Realizar pruebas de continuidad, especialmente en las partes del SIPRA que serán visibles para la inspección durante la instalación inicial y no estarán disponibles después para la inspección visual.

-Revisión cada año del estado físico de los conectores con los cuales se realizan las derivaciones y las interconexiones del sistema de puesta a tierra. Estos elementos por tener ajuste mecánico tipo perno, generan regularmente capas de óxido las cuales presentan resistencia al buen contacto entre los conductores. Igualmente se debe verificar su ajuste.

-Inspección visual cada 1 o 2 años de todo el sistema. Esta comprende:

-Asegurarse que el proyecto está de acuerdo con la norma:

-El SIPRA está en buenas condiciones;

No hay pérdida de conexión o roturas accidentales en los conductores ni en sus conexiones,

Ninguna parte del sistema se ha debilitado por corrosión, en especial a nivel del suelo,

Todas las conexiones de tierra están intactas;

No ha habido adiciones o alteraciones en la estructura protegida que requieran protección adicional,

No hay daños en los DPS o fallo en sus fusibles,

Los conductores equipotenciales y las conexiones dentro de la estructura están intactos.

5.3. GUÍA GENERAL DE SEGURIDAD PERSONAL DURANTE TORMENTAS ELÉCTRICAS PARA EL EDIFICIO

Durante una tormenta eléctrica son evidentes los peligros a los que se exponen no solo las edificaciones y los sistemas eléctricos y electrónicos, sino las personas. Es

por ello que se deben conocer algunas recomendaciones para tener en cuenta durante una tormenta.

El riesgo de ser alcanzado por un rayo es mayor para las personas que trabajan, juegan, caminan o permanecen al aire libre durante una tormenta eléctrica; por ello deben instalarse y verificarse periódicamente la existencia de avisos que ordenen a las personas, ante la evidencia de lluvia o tormenta eléctrica, que despejen áreas descubiertas.

En la zona central colombiana (Cundinamarca, Antioquia; Boyacá, Santander, Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y los llanos) la actividad de rayos es más intensa durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre.

La actividad de rayos se presenta generalmente en las zonas descritas entre las 2 y las 6 de la tarde.

Cuando se tengan indicios de tormenta eléctrica es recomendable, como medida de protección, tener en cuenta las siguientes instrucciones:

1. Deben estar aterrizados y protegidos adecuadamente los equipos sensibles de uso eléctrico, electrónico, telefónico o de comunicaciones contra sobretensiones de acuerdo con los criterios y recomendaciones presentadas en la norma, de lo contrario desconéctelos retirando el enchufe del tomacorriente evitando así el uso de ellos.
2. Busque refugio en el interior de vehículos, edificaciones y estructuras que ofrezcan protección contra rayos.
3. A menos que sea absolutamente necesario, no salga al exterior ni permanezca a la intemperie durante una tormenta eléctrica.
4. Permanezca en el interior del vehículo, edificación o estructura hasta que haya desaparecido la tormenta.

Protéjase de los rayos en:

- Contenedores totalmente metálicos.
- Refugios protegidos o refugios subterráneos.
- Automóviles y otros vehículos cerrados con carrocería metálica.

-Viviendas y edificaciones con un sistema adecuado de protección contra rayos.

Los siguientes sitios ofrecen poca o ninguna protección contra rayos:

- Edificaciones no protegidas alejadas de otras viviendas.
- Tiendas de campaña y refugios temporales en zonas despobladas.
- Vehículos descubiertos o no metálicos.

Aléjese de estos sitios en caso de tormenta eléctrica:

- Terrenos deportivos y campo abierto.
- Piscinas, playas y lagos.
- Cercanía a líneas de transmisión eléctrica, cables aéreos, vías de ferrocarril, tendedores de ropa, cercas ganaderas, mallas eslabonadas y vallas metálicas.
- Árboles solitarios.
- Torres metálicas: de comunicaciones, de líneas de alta tensión, de perforación, etc.

Si debe permanecer en una zona de tormenta:

- Busque zonas bajas.
- Evite edificaciones sin protección adecuada y refugios elevados.
- Prefiera zonas pobladas de árboles, evitando árboles solitarios.
- Busque edificaciones y refugios en zonas bajas.

Si se encuentra aislado en una zona donde se esté presentando una tormenta:

- No se acueste sobre el suelo.
- Junte los pies.
- No escampe bajo un árbol solitario.

6. LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones dadas en este estudio se basaron en el análisis e interpretación de la información proporcionada por COTECMAR, en lo referente a planos de las estructuras y edificios, dimensiones, geometría y uso de las estructuras. Si durante el uso de las estructuras o edificios se presentan variaciones en las características de estas, se debe verificar las implicaciones derivadas de estos cambios en el Sistema de Protección Externo.

Elaboro:



Ing. ARMANDO CANO SILVA

MAT PROF:VL-205-3357

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE
2. Protección contra Rayos, NTC 4552-1,-2,-3
3. Protection of structures against lightning, IEC 62 305-1-2-3.