ODRQ ingenieria de logros

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 12 ENTRE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Y EL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

BLOQUE 1

Calle 44 No 45-67. **UNIDAD CAMILO TORRES** 2° piso Oficina 203
Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 10260
Correo electrónico: convensgc_fabog@unal.edu.co
Bogotá, Colombia, Suramérica

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
SISTEMA DE PROTECCION DE RAYOS

Bogotá, D.C. Noviembre de 2017

ODRQ ingenieria de logros

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVO

3. NORMAS DE DISEÑO

4. MANEJO DEL RIESGO

   4.1 CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA

   4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

   4.3 EVALUACIÓN DE RIESGO

   4.4 PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN.

5. SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA

6. MARCA Y CALIDAD

INTRODUCCIÓN

El estudio presentado a continuación corresponde al análisis de riesgo para reducir las pérdidas debidas a rayos a través de un procedimiento que permite la selección de medidas de protección apropiadas que deben adoptarse para reducirse el riesgo a un límite tolerable o por debajo de él. En el estudio de debe entre otras cosas clasificar la estructura, determinar el riesgo de daño, el nivel de protección requerido, y seleccionar el tipo de protección externa contra descargas atmosférica cuando el riesgo tolerable así lo requiera.

En el caso que se requiere un sistema de protección externa se procede a dimensionar los elementos y dispositivos necesarios para interceptar el rayo y conducirlo adecuadamente a la tierra por medio del método electro-geométrico, para cumplir con lo establecido en el RETIE evitando la circulación de corrientes peligrosas para los equipos, las instalaciones y las personas.

Ningún Sistema protege totalmente contra la acción del rayo, sin embargo la aplicación de estas normas reducirá de forma significativa el riesgo de los daños producidos por el rayo.

2. OBJETIVO

Definir y determinar la metodología para el análisis de riesgo de acuerdo con la norma NTC – 4552-2 “Manejo del Riesgo” y de acuerdo a este análisis seleccionar medidas de protección adecuadas para reducir las pérdidas debidas a rayos del proyecto **CENTRO DE EXCELENCIA ESTUDIOS DE LA TIERRA, de la ciudad de Bogotá**.

3. NORMAS DE DISEÑO

El diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas del Proyecto CENTRO DE EXCELENCIA ESTUDIOS DE LA TIERRA fue realizado teniendo en cuenta las recomendaciones generales de las siguientes normas nacionales e internacionales:

- IEC 62305-1 Principios generales y definiciones fundamentales de la protección contra el rayo.
- IEC 62305-2 Manejo del Riesgo

- IEC 62305-3 Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida
- RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- NTC 4552-1 Protección contra Rayos. Principios Generales
- NTC 4552-2 Protección contra Rayos. Manejo del riesgo
- NTC 4552-3 Protección contra Rayos. Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida

4. MANEJO DEL RIESGO

El proyecto CENTRO DE EXCELENCIA ESTUDIOS DE LA TIERRA, se encuentra ubicado en la Diagonal 53 No. 34-53, Bogotá, para su protección contra descargas atmosféricas, se debe definir lo siguiente:

4.1 Clasificación de la estructura

4.1.1 Uso de la estructura

La estructura es una edificación que se utilizará para servicio institucional, Edificio de educativo, con la totalidad de área transitable; de acuerdo con estas características es necesario realizar una evaluación de riesgo para lo cual se deben conocer los diferentes tipos de fallas que se pueden originar a consecuencia de una descarga atmosférica; ya sea directa, cercana a la edificación o a sus acometidas de servicios.

Ellos son:
1. Lesiones o pérdidas de vidas humanas.
2. Falla inaceptable de servicio público.
3. Pérdida de valores irremplazables de patrimonio de la humanidad.
4. Pérdida que no implican algún elemento humano, cultural o social.
5. Pérdida como el tipo 4 pero que no envuelven equipo electrónico indispensable.

4.2 Características de la estructura

Ubicación específica:	Diagonal 53 No. 34-53, Bogotá
Altura Aproximada:	70 mts.
Tipo de estructura:	Material prefabricado en concreto con malla entre los muros, columnas reforzadas en acero y techo en materiales prefabricados como concretos o fibras.
Uso:	Edificios Educativo y de laboratorios
Ambiente:	Urbano.
Localización relativa:	Objeto rodeado de objetos de menor altura.
Dimensiones:	Largo: *86* m Ancho: 40 m Alto: 60 m

Densidad de descargas a tierra: 1 rayos/km^2.año

4.3 Evaluación de riesgo

Para evaluar cada uno de los riesgos según lo establecido en la norma NTC 4552-2 es necesario seguir un procedimiento:

- Conocer los riesgos y evaluar los componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en una estructura.

Tabla 4.3

Fuente de daño	Descargas sobre la estructura S1			Descargas cercanas a la estructura S2	Descargas sobre las acometidas de servicios S3			Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4
Componente de riesgo	R_A [3]	R_B	R_C [4]	R_M [4]	R_U [5]	R_V [5]	R_W [4,5]	R_Z [4,5]
Riesgo para cada tipo de pérdida								
R_1	X	X	X[1]	X[1]	X	X	X[1]	X[1]
R_2		X	X	X		X	X	X
R_3		X				X		
R_4	X[2]	X	X	X	X[2]	X	X	X

[1] Únicamente para estructuras con riesgo de explosión, y para hospitales u otras estructuras en donde la falla de sistemas internos ponga en peligro la vida humana

[2] Únicamente para propiedades en donde pueda haber pérdida de animales

[3] Únicamente se calcula para exteriores

[4] Únicamente se calcula si existe equipo sensible

[5] Se debe calcular para cada tipo de acometida de servicios (alimentación eléctrica y telecomunicaciones)

R_A: Componente relacionada con las lesiones a seres vivos causados por tensiones de paso y contacto en las zonas con un radio de cobertura de 3 m fuera de la estructura.

NOTA 1 La componente de riesgo causado por tensiones de paso dentro de la estructura debido a descargas sobre la misma, no se considera en esta norma.

NOTA 2 En estructuras especiales, las personas pueden estar en peligro por descargas directas sobre las estructuras (por ejemplo en el último nivel de estacionamiento de garaje o estadios). Estos casos también pueden ser considerados usando los principios de esta norma.

R_B: Componente relacionada con los daños físicos causados por chispas peligrosas dentro de las estructura causando fuego o explosión.

R_C: Componente relacionada con la falla de sistemas internos causado por IER (Impulsos Electromagnéticos del Rayo).

R_M: Componente relacionada con la falla de sistemas internos causados por IER.

R_U: Componente relacionada con la lesiones en seres vivos causado por tensiones de contacto dentro de la estructura, debido a corrientes de rayo que fluyen por una línea entrante a la estructura.

R_V: Componente relacionada con los daños físicos (fuego o explosión por chispas entre las instalaciones externas y partes metálicas generalmente al punto de entrada de la línea a la estructura) debido a corrientes de rayo transmitida a través de la acometida de servicios.

R_W: Componente relacionada a fallas de sistemas internos causados por sobretensiones inducidas sobre las acometidas y transmitida a la estructura.

R_Z: Componente relacionada a fallas de sistemas internos causados por sobretensiones inducidas sobre las líneas de acometida y transmitida a la estructura.

NOTA 3 Las acometidas de servicios a tener en cuenta en esta valoración son únicamente las que entran en la estructura. Descargas próximas a tubos metálicos no son consideradas como fuentes de daño siempre y cuando dichos tubos estén equipotencializados a la barra equipotencial. Si la unión equipotencial no es provista esta amenaza debe ser considerada.

Siendo R1 – Riesgo de pérdida de vida humana
R2 – Riesgo de pérdida del servicio a público
R3 – Riesgo de pérdida de patrimonio cultural
R4 – Riesgo de pérdida de valor económico.

4.4 Procedimiento para evaluar la necesidad de protección.

- Identificar el objeto a proteger y sus características (Ver Cap. 4.2)

- Identificar todos los tipos de pérdida en los objetos y riesgos pertinentes correspondientes a R:

De acuerdo a la tabla 4.3 se definen los riesgos R1 a R4 por lo tanto:

R1 = RA + RB + RU(Potencia) + RU(comunicaciones) + RV(Potencia) + RV(comunicaciones)

R2 = RB + RV(Potencia) + RV(comunicaciones)

R3 = RB + RV(Potencia) + RV(comunicaciones)

R4 = (no se evalúa, teniendo en cuenta que no se tienen valores de pérdidas económicas)

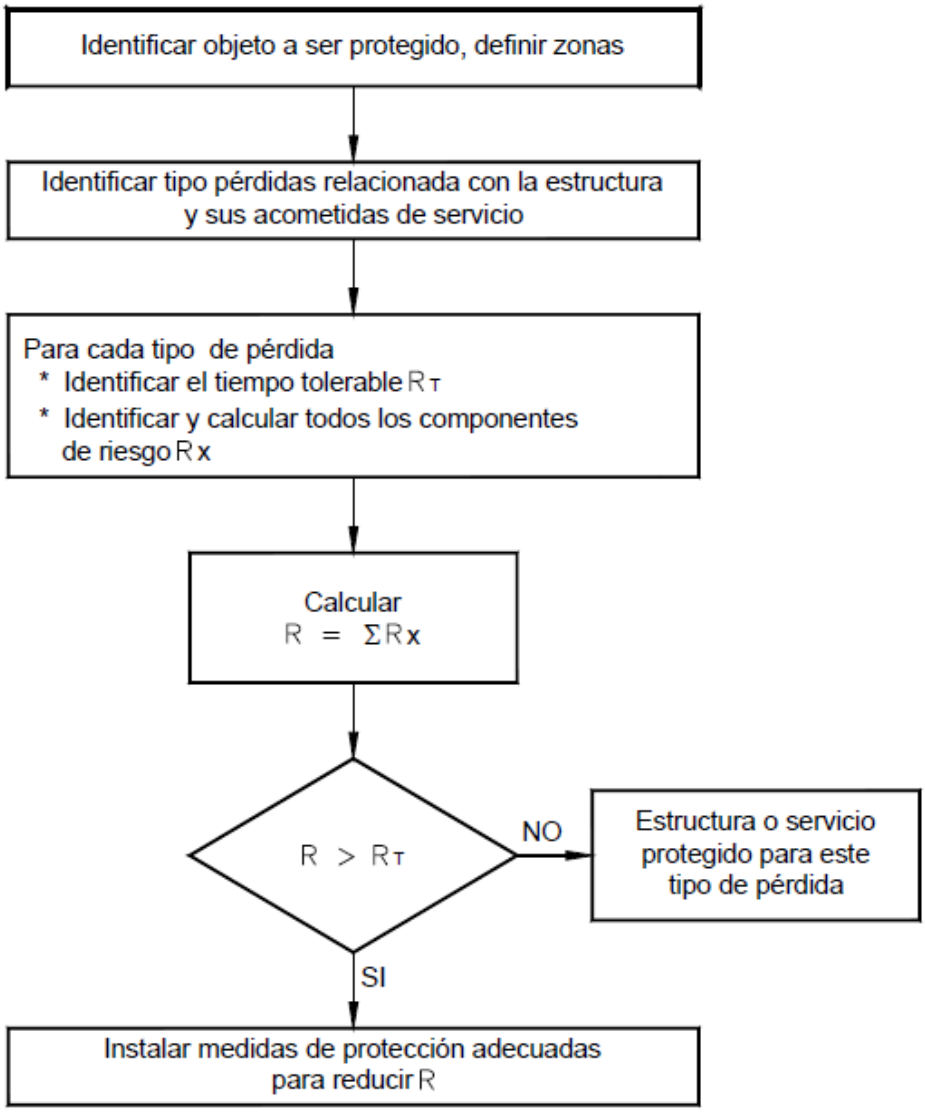
- Evaluar la necesidad de protección, por comparación de riesgo R1, R2, y R3 para una estructura con un riesgo tolerable R_T.

La siguiente tabla contiene los valores representativos de riesgo tolerable R_T donde descargas eléctricas atmosféricas involucran pérdida de vida humana y pérdida de valores sociales y culturales:

Tabla 4.4

Tipo de pérdida	R_T (y^{-1})
Pérdida de vidas o lesiones permanentes	10^{-5}
Pérdida de servicio público	10^{-3}
Pérdida de patrimonio Cultural	10^{-3}

- Se consideran la evaluación de los riesgos R1, R2, y R3 para una estructura como requisito para protección contra rayos, por lo tanto se debe seguir la siguiente metodología tomada de la NTC 4552-2:



Se realiza el análisis de riego con el software de la IEC 62305-2 para el cual se tienen los resultados del análisis de riesgo anexo los cuales nos obligan a implementar las siguientes acciones:

Sistema de protección contra fuego mínimo con extintores automáticos
Sistema de protección interno (SPI).
Sistema de protección Externo Clase IV
Sistema de puesta a tierra

Las acciones implementadas para minimizar el riesgo tolerable R1 “Pérdida de vidas humanas” R2 “Pérdida de servicio público” y R3 “Pérdida de patrimonio cultural” están por debajo de los riesgos tolerables permitidos, por lo cual se está cumpliendo con lo especificado en la norma.

4.5 Sistema de protección externa

4.5.1 Necesidad del sistema de protección contra descargas atmosféricas

El apantallamiento es la medida preventiva que se instala para atenuar los efectos que pudieran tener las sobretensiones sobre los equipos o instalaciones que se desea proteger.

4.5.2 Determinación de los niveles de protección

El propósito de seleccionar un nivel de protección, es el de reducir, por debajo del máximo nivel tolerable, el riesgo de daño debido al impacto directo de las descargas atmosféricas en la estructura o en el volumen a ser protegido.

No existe un sistema 100% efectivo y por eso se establecen riesgos aceptables de daño y en función de ellos una eficiencia del sistema.

4.5.3 Método para diseño de SIPRA

Según lo establecido en el RETIE, el diseño debe realizarse aplicando el método electrogeométrico (Articulo 16. Requisitos de protección contra rayos), por lo tanto se aplicó el método de la esfera rodante usado para identificar el espacio protegido (edificación o

parte de ésta considerada como protegida por SIPRA contra los efectos electromagnéticos asociados a las descargas atmosféricas) de la estructura.

El radio de la esfera se escoge de acuerdo al nivel de protección seleccionado para el SPDA y se observa en la tabla 4.5.3 tomada de la norma NTC 4552-3.

Tabla 4.5.3.

Nivel de Protección	Radio de la Esfera (r_{sc}) [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

Para el caso de éste proyecto, se tendrá una esfera con un radio de atracción igual a 55 metros teniendo en cuenta que el nivel de protección es nivel IV y atendiendo la tabla de la IEC.

4.5.4 Componentes del sistema de protección contra descargas atmosféricas SPDA.

El sistema externo de protección contra rayos compuesto por tres elementos fundamentales; un sistema de captación (pararrayos tipo Franklin), un sistema de conductor bajante y un sistema de puesta a tierra que se encuentran unidos equipotencialmente:

- **Sistema de Captación:** Son la totalidad de elementos o piezas metálicas, situados encima, al lado, lateralmente o cerca de la instalación que se trata de proteger y que sirven como puntos para la descarga atmosférica. Generalmente, se deben localizar en las esquinas, puntos expuestos sobresalientes de la estructura y en los bordes. Teniendo en cuenta las características de este proyecto, se utilizará el método de la esfera rodante con el propósito de aumentar la eficiencia del sistema y reducir impactos directos sobre la estructura. Para éste sistema se tienen: conductores, barras metálicas, mástiles, Puntas Franklin, etc.

El apantallamiento para el proyecto CENTRO DE EXCELENCIA ESTUDIOS DE LA TIERRA, tiene puntas de captación en material de pararrayo en acero, con una base de Bronce; cumpliendo con los diámetros mínimos contemplados en la tabla 4.5.4 de características de los terminales de captación y bajantes.[1]

Tabla 4.5.4. Parámetros del rayo de acuerdo al nivel de protección.

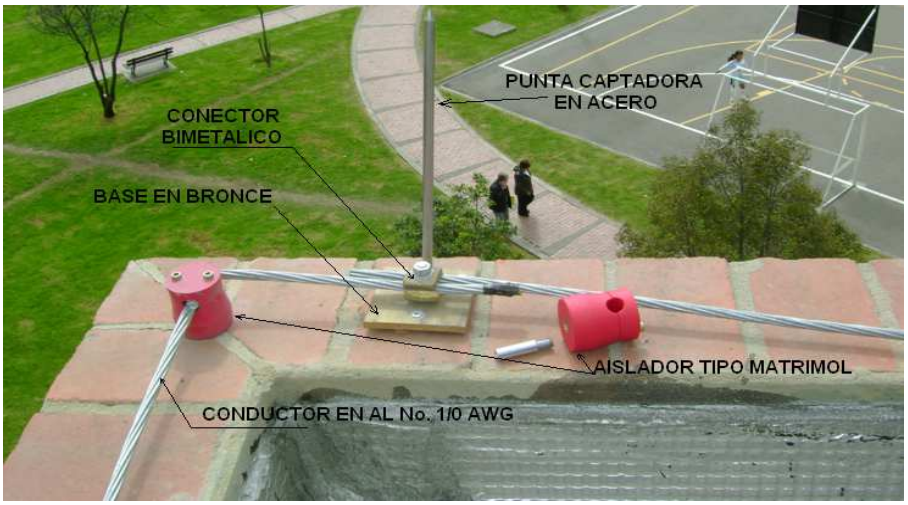
[1] RETIE, Tabla 38, Articulo 18. Requisitos de protección contra rayos.

MATERIAL	CONFIGURACIÓN	ÁREA MÍNIMA [1] (mm^2)	DIÁMETROS Y ESPESORES MÍNIMOS [2]
Cobre	Cinta sólida	50	2 mm min. de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm min. de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro
Aluminio	Cinta sólida	70	3 mm min. de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm min. de diámetro por hilo
Aleación de aluminio 6201	Cinta sólida	50	2,5 mm min. de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm min. de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro
Acero galvanizado en caliente	Cinta sólida	50	2,5 mm min. de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm min. de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro Espesor mínimo de la capa: 50 µm.
Acero inoxidable	Cinta sólida	50	2,5 mm min. de grosor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	70	1,7 mm min. de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro
Bronce	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Tubo	50	4 mm de grosor
	Varilla	200	16 mm de diámetro

1. *Si aspectos térmicos y mecánicos son importantes, estas dimensiones se pueden aumentar a 60 mm^2 para cinta sólida y a 78 mm^2 para alambre.*
2. *En las dimensiones de grosor, ancho y diámetro se admite una tolerancia de ±10 %.*
3. *No se deben utilizar terminales de captación o pararrayos con elementos radiactivos.*

Las puntas de captación empleadas en el proyecto serán de 100 cm y 40cm perpendiculares a 90º sobre el cuarto de máquinas 150 cm. a 90º sobre los bordes o alrededores de la cubierta.

Todos los captadores estarán interconectados en la cubierta formando un anillo equipotencial a través de un conductor de Aluminio AL, 8 mm de diámetro, el anillo será continuo a través de toda la cubierta; en los captores su conexión se realizará a través del conector bimetálico y el recorrido del anillo a través de la cubierta será utilizando aisladores para una fijación fuerte y firme del conductor, como lo indica la siguiente figura:



Los sistemas captadores y los bajantes deberán fijarse firmemente para que las fuerzas electrodinámicas o esfuerzos mecánicos accidentales (por ejemplo, vibraciones, etc.) no hagan que los conductores se rompan o se suelten.

- Sistema de conducción: Su función es conducir la corriente de la descarga atmosférica desde el sistema de captación al sistema de Puesta a tierra. Cada una de las bajantes debe terminar en un electrodo de puesta a tierra, estar separadas un mínimo de 10 m y siempre buscando que se localicen en las partes externas de la edificación. Se deben tener en cuenta las áreas mínimas establecidas en la tabla 4.5.4 sacada del RETIE.

La cantidad de bajantes para el Edificio corresponde a la plasmada en planos y fue diseñada con las siguientes características:

Usar como bajante un conductor de aluminio 8 mm continúo desde el electrodo de puesta a tierra hasta el anillo equipotencial de la cubierta; ésta conductor debe ser exclusivo, e irá dentro de un ducto de 3/4” PVC el cual se debe dejar fundido en el concreto de la estructura, además se debe soldar en diferentes puntos el acero de la estructura (columnas y mallas de las paredes) a esta bajante. “Cuando es usada una varilla en particular del refuerzo de acero como bajante, se debe tener cuidado con la ruta a tierra para asegurar que la varilla que está

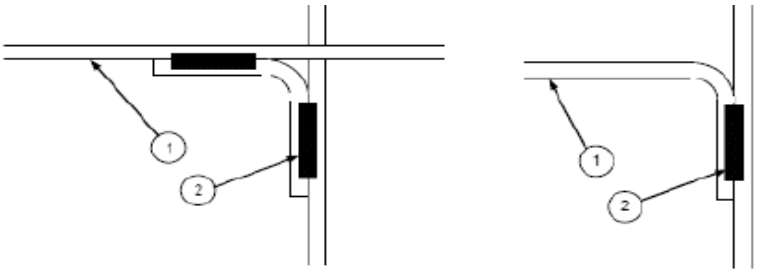
localizada en la misma posición sea usada en toda la vía de bajada, de éste modo se proporciona una continuidad eléctrica directa"[2]
Los bajantes se deberán instalar rectas y verticales para obtener el trayecto más corto y el más directo posible a tierra. Se evitará formar bucles y lazos.

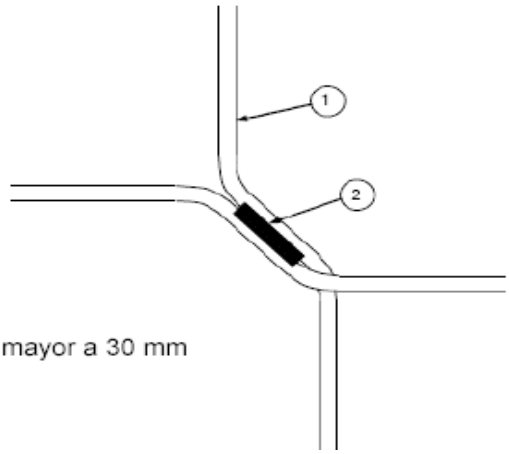
"Las soldaduras dentro del concreto deben ser de mínimo 30 mm de longitud. Las varillas pasantes deben ser dobladas al menos 50 mm en paralelo antes de soldar.

Cuando las varillas soldadas necesiten ser metidas dentro del concreto no es suficiente soldar los puntos de cruce con soldadura de unos pocos milímetros. Tales uniones frecuentemente se rompen cuando el concreto es vertido.

La siguiente figura muestra la correcta soldadura de los conductores unidos a las varillas de refuerzo del concreto reforzado:"[3]

[2] NTC 4552-3, Protección contra Rayos. Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida.
[3] Anteproyecto NTC 384/06, parte 3, Pag. 60



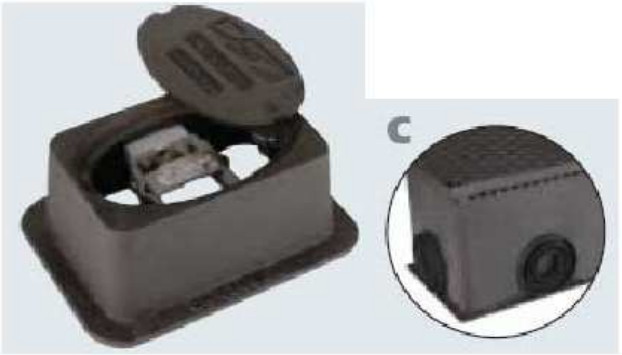


1) barras de refuerzo

2) la sodadura debe tener una longitud mayor a 30 mm

Conexión de bajantes a el sistema de puesta a tierra y cajas de inspección: Cada una de las bajantes deben unirse al sistema de puesta a tierra a través de un conector bimetálico el cual debe encontrarse en una caja de inspección de dimensiones aproximadas de 0.3 x 0.3 m.

Conector bimetálico



Cajas de inspección

- Sistema de Puesta a tierra para protección contra rayos: La puesta a tierra de protección contra rayos, debe cumplir con los requisitos del Artículo 15°, Capítulo II del RETIE. Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puestas a tierra, deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conector certificado para tal uso, en el caso del proyecto CENTRO DE EXCELENCIA ESTUDIOS DE LA TIERRA, la unión de los electrodos de puesta a tierra con la red equipotencial se hará con cable de Cu No. 2/0 AWG enterrado a lo largo de la conexión equipotencial.

4.5.5 Dispositivos de protección contra sobre tensiones

Como complemento del sistema externo de protección contra rayos se debe instalar un sistema de protección contra sobre tensiones para lo cual se deben instalar descargadores de sobre tensión en los tableros principales y secundarios cumpliendo con los requisitos del Articulo 20.14 numeral 20.14.2 del RETIE. Para este caso, se tiene dispuesto en todos los tableros generales de acometidas el uso de DPS's Clase I+II; en onda 10/350 µs para corrientes de rayo y en onda 8/20 µs para corrientes por sobretensiones en la red.

4.5.6 Generalidades del proyecto

- Este diseño de protección contra descargas atmosféricas se ejecutó de acuerdo a los planos arquitectónicos plasmados en los planos T-BL1-01, T-BL1-02, T-BL1-03, T-BL1-04 y T-BL1-05, T-BL1-06, T-BL2-01, T-BL2-02, T-BL2-03, T-BL3-01, T-BL3-02, T-BL3-03 y las condiciones entregadas, cualquier cambio que se realice implicará reevaluar el diseño de acuerdo a las nuevas condiciones.
- En el caso que se ubiquen elementos metálicos sobre la cubierta tales como antenas, chimeneas, entre otros, deben ser aterrizados al sistema de puesta a tierra y protegidos por el sistema de captación agregando si se requiere puntas tipo franklin de una altura superior al elemento a proteger.
- El sistema de protección contra descargas atmosféricas tiene como objetivo la protección de las estructuras y equipos asociados, por lo tanto, en caso de que la cubierta se use como un lugar donde se concentran y circulan personas, debe señalarse la prohibición para la circulación y tránsito de personas en los momentos que exista tormenta eléctrica.
- Los sistemas de puesta a tierra requieren un mantenimiento programado según lo indica el RETIE, de manera que se verifiquen las conexiones, se realice medición del

sistema de puesta a tierra y demás actividades que garanticen el buen funcionamiento del sistema.

- Las puntas tipo Franklin del sistema de captación con una esfera rodante de radio igual a 55 m que se encuentren distribuidas a lo largo de un tramo plano, no deben estar distanciadas a una distancia mayor a la mencionada en planos teniendo en cuenta que si se supera esta distancia la esfera se estará apoyando sobre la estructura.
- La obra correspondiente al apantallamiento del proyecto deberá realizarse bajo estas especificaciones técnicas y atender además todo lo especificado en la norma NTC-4552-1, 2 y 3.

"La protección se debe basar en la aplicación de un Sistema Integral de Protección, conducente a mitigar los riesgos asociados con la exposición directa e indirecta a los rayos. En general, una protección contra rayos totalmente efectiva no es técnica ni económicamente viable."[4]

7. MARCA Y CALIDAD

Todos los materiales y equipos estipulados en estas especificaciones están limitados a productos regularmente manufacturados y recomendados por los fabricantes.

Para la ejecución del sistema de apantallamiento se recomiendan las marcas de materiales más adelante indicadas, las cuales tienen las características y calidad suficientes para cumplir con los requisitos del proyecto. No obstante, al momento de ejecución de las obras, el contratista deberá verificar que los materiales a utilizar estén homologados por las autoridades competentes y que cumplan con las reglamentaciones vigentes y sean conformes con RETIE.

MATERIAL	MARCA
Cable o Alambrón	CENTELSA, DEHN.
DPS	OBO BETTERMAN, DEHN, LEGRAND, SCHNEIDER

[4] RETIE, Artículo 16, Numeral 16.2: Diseño e implementación de un sistema de protección contra rayos.

Elementos de fijación y soportería	OBO BETTERMAN, DEHN
Tubería PVC	COLMENA o similar homologado.
Tubería EMT	COLMENA o similar homologado.
Sistema de captación	OBO BETTERMAN, DEHN

Las marcas mencionadas en estas especificaciones constituyen un indicativo de la calidad de los materiales y equipos requeridos para el cumplimiento del contrato. La sustitución de los materiales y equipos por los de otros fabricantes, podrá ser aceptada por el Propietario o la Interventoría, siempre y cuando se someta a su consideración y aprobación escrita, con la debida anticipación, características completas de los equipos y materiales a sustituir.

Elaboró:

Ing. Jonatan Duque L.
M.P. CN 205-119414.