

INSPECCIÓN DE LA PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS PARA EL EDIFICIO DE CIENCIAS AMBIENTALES

DANIEL FELIPE CEBALLOS HURTADO
DANIEL FELIPE ORTIZ PEÑA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2013

INSPECCIÓN DE LA PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS EN EL EDIFICIO DE CIENCIAS AMBIENTALES

DANIEL FELIPE CEBALLOS HURTADO
DANIEL FELIPE ORTIZ PEÑA

CARLOS ALBERTO RIOS PORRAS
DOCENTE PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2013

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Fecha:

DEDICATORIA

Daniel Felipe Ortiz Peña: Dedicado principalmente a Dios que siempre há estado a mi lado, a mis padres por brindarme su aliento cada día de mi vida y su apoyo incondicional, a mi hermano que siempre há estado apoyandome en todo momento, por el tiempo que me brindarán apoyo durante mi carrera y por ser incondicionales en todas las circunstancias que se presentarán.

Daniel Felipe Ceballos Hurtado: a Dios por guiarme cada día para poder hacer realidad este sueño. A mis padres por depositar su confianza en mí y brindarme su apoyo incondicional. A mis hermanos porque al igual que mis padres son el motor que impulsa mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ingeniero Carlos Albertos Rios Porras, director de este proyecto por su ayuda y su entrega en el transcurso de este proceso.

Al Ingeniero Jorge Humberto Sanz y los electricistas de mantenimiento de la universidad.

A todos los maestros y amigos que en el transcurso de la carrera nos compartieron su conocimiento y sabiduría.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	17
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	19
1.1. SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS (SIPRA).....	19
1.2. SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNO - SPE.....	20
1.2.1. Sistema de captación.....	21
1.2.1.1. Varillas tipo Franklin (bayonetas).....	21
1.2.1.2 Cables colgantes	21
1.2.1.3 Malla de conductores.....	21
1.2.2. Sistema de bajantes	22
1.2.3. Sistema de Puesta a Tierra - SPT	23
1.3. SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA - SPI.....	25
1.3.1. Daños por sobretensiones transitorias.....	25
1.3.2. Dispositivos de Protección contra Sobretensiones (DPS).....	26
1.3.3. Clasificación de DPS	26
1.3.4. ¿Cómo funciona un DPS?	29
1.3.5. Requisitos de DPS según NTC 4552.....	29
1.3.6. Selección de un DPS	30
1.3.7. Conexión de los DPS.....	30
1.3.8. Clases de DPS.....	31
1.3.8.1. Clase A	31
1.3.8.2. Clase B	31
1.3.8.3. Clase C	32

1.3.8.4. Clase D	32
1.3.9. Sistemas y equipos a proteger mediante DPS.....	32
1.3.10. Sobretensiones por rayos	32
1.4. PLANEACIÓN DE UN SIPRA.....	33
1.5. PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN DE UN SIPRA	33
1.5.1. Chequeo de los documentos técnicos	33
1.5.2. Inspección visual.....	33
1.5.3. Pruebas.....	34
1.1.5.4. Registros de la inspección	34
1.1.5.5. Procedimiento de inspección de la protección externa	35
1.1.5.6. Procedimiento de inspección de la protección interna	35
1.1.5.7. Periodicidad de la inspección.....	36
1.1.6. Procedimientos de mantenimiento del SIPRA	36
1.1.6.1 Registros del procedimiento de mantenimiento del SIPRA.....	37
1.1.6.2 Mantenimiento del sistema de alarma.....	37
2. LISTA DE CHEQUEO DE LA PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS EN EL EDIFICIO DE CIENCIAS AMBIENTALES	38
2.1. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA (SPE).....	38
2.2. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA (SPI)	40
2.3. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALARMA	43
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA SOBRE EL NIVEL DE RIESGO CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS.....	44
3.1. DAÑOS Y PÉRDIDAS	45
3.1.1. Fuentes de daño	45

3.1.2. Tipos de daños	45
3.1.3. Tipo de pérdidas	45
3.2. RIESGO Y COMPONENTES DE RIESGO.....	46
3.3. FACTORES QUE INFLUENCIAN LOS COMPONENTES DE RIESGO.....	51
3.4. MANEJO DEL RIESGO	52
3.4.1. Procedimiento básico para el manejo del riesgo.....	52
3.4.2. Estructura a ser considerada para la evaluación de riesgo	52
3.4.3. Acometida de servicio a considerarse para la evaluación de riesgo.....	52
3.4.4. Riesgo tolerable	53
3.4.5 Procedimiento para evaluar la necesidad de protección.....	53
4. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO Y DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS EN EL EDIFICIO DE CIENCIAS AMBIENTALES	54
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA.....	55
4.1.1. Tipo de estructura. Factor que considera el apantallamiento que proporciona la estructura.	56
4.1.2. Riesgo de incendio - Rf.....	56
4.1.3 Eficacia del apantallamiento del cableado interno - Ks3.....	56
4.2. INFLUENCIAS AMBIENTALES	57
4.2.1. Factor de situación de los elementos próximos - Cd.	58
4.2.2. Factor ambiental - Ce	58
4.2.3. Tipo de terreno.....	58
4.3. PÉRDIDAS.....	59
4.3.1. Factor de pérdidas por incendio - Lf1	60
4.3.2. Factor de peligrosidad especial - h1a	60

4.3.3. Factor de peligrosidad especial - h1b	60
4.3.4. Factor de pérdidas por sobretensiones - Lo1.....	60
4.3.5. Factor de pérdidas de servicios - L2	61
4.3.6. Factor de pérdidas de patrimonio cultural - Lf3.....	61
4.3.7. Factor de riesgos especiales - h4	61
4.3.8. Factor de pérdidas por incendio - Lf4	61
4.3.9. Factor de pérdidas por sobretensiones - Lo4.....	61
4.3.10. Factor de pérdidas potenciales por tensiones de paso y contacto - Lt4	62
4.3.11. Pérdidas económicas tolerables - Rt4	62
4.4. LINEAS DE SERVICIOS.....	63
4.4.1. Tipo de línea de suministro - PL	64
4.4.2. Tipo de cable externo de suministro eléctrico - PLDO y PLIO	64
4.4.3. Tipo de cable interno de suministro eléctrico - PLD1 y PLI1	64
4.4.4. Tipo de cable externo de suministro eléctrico - PLD2 y PLI2.....	64
4.5. MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES.....	65
4.5.1. Eficacia del SPCR en la estructura - E	66
4.5.2. Factor de protección contra sobretensiones - SP	66
4.6. RESULTADO DEL PAQUETE COMPUTACIONAL DEL NIVEL DE PROTECCIÓN	67
4.6.1. Protección necesaria:	67
4.6.2. Nivel de protección:	67
5. DISEÑO BÁSICO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS EN EL EDIFICIO DE CIENCIAS AMBIENTALES.....	68
5.1. MÉTODO DE LA ESFERA RODANTE	68

5.2. DISEÑO BÁSICO DE LA PROTECCIÓN EXTERNA.....	68
5.3. COSTOS DE LA PROTECCIÓN EXTERNA.....	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA	79

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Clases de DPS.....	28
Cuadro 2. Verificación del Sistema de Protección Externa (SPE)	38
Cuadro 3. Verificación del Sistema de Protección Interna (SPI)	40
Cuadro 4. Verificación del sistema de alarma.....	43
Cuadro 5. Riesgo por cada tipo de daño y pérdida.....	46
Cuadro 6. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en una estructura. .	47
Cuadro 7. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en acometida de servicios.	49
Cuadro 8. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en la estructura.	50
Cuadro 9. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en acometidas de servicio.....	50
Cuadro 10. Factores que influyen las componentes de riesgo.....	51
Cuadro 11. Valores típicos de riesgo tolerable.	53

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Sistema Integral de Protección contra Rayos (SIPRA).....	20
Figura 2. Funcionamiento de un DPS.....	29
Figura 3. Mala conexión de DPS.	30
Figura 4. Conexión correcta de DPS.	31
Figura 5. Punta captadora sin uso.	39
Figura 6. Subestación eléctrica parte inferior y superior.	42
Figura 7. Protección del armario de la subestación eléctrica.....	42
Figura 8. DPS SineTamer, subestación eléctrica.....	43
Figura 9. Características de la estructura	55
Figura 10. Influencias ambientales	57
Figura 11. Pérdidas.....	59
Figura 12. Líneas de servicios	63
Figura 13. Medidas de protección existentes.....	65
Figura 14. Resultado del paquete computacional software RIESGO.....	67
Figura 15. Plano edificio Ciencias Ambientales fachada sur y fachada norte.	69
Figura 16. Sistema de captación.....	70
Figura 17. Sistema de captación, sistema de bajantes y sistema de puesta a tierra edificio Ciencias Ambientales fachada sur.....	71
Figura 18. Sistema de captación edificio Ciencias Ambientales fachada occidental	72
Figura 19. Sistema de captación edificio Ciencias Ambientales fachada occidental	73
Figura 20. Sistema de captación, sistema de bajantes y sistema de puesta a tierra edificio Ciencias Ambientales fachada oriental.	74

GLOSARIO

La siguiente información se tomó de la referencia (1):

Barraje equipotencial: conductor en forma de barra, placa o cable que permite la unión de dos o más conductores y que garantiza el mismo potencial.

Densidad de descargas a tierra: número de descargas individuales a tierra por kilómetro cuadrado al año. Permite cuantificar la incidencia de los rayos en la zona.

Dispositivo de Protección contra Sobretensiones transitorias – DPS: dispositivo limitado a limitar las sobretensiones transitorias, evacuando las corrientes asociadas a dichas sobretensiones. Puede contener uno a más elementos no lineales.

Electrodo de puesta a tierra: conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo, inalterable a la humedad y a la acción química del terreno.

Equipotencialización: técnica utilizada para reducir la diferencia de tensión entre diferentes puntos.

Método electrogeométrico: procedimiento que permite establecer cual es el volumen de cubrimiento de protección contra rayos (zona de protección) de una estructura para una corriente de diseño (corriente del rayo especificada) según la posición y altura de la estructura interceptora. Este método se utiliza en el diseño de instalaciones de captación de rayos.

Nivel de riesgo por rayos: indicador que marca el límite y la proporción dentro de la cual es necesario utilizar un nivel de protección contra rayos preestablecido.

Nivel cerámico: número de días al año en los cuales es oído por los menos un trueno.

Puesta a Tierra: es un conjunto de elementos conductores que proveen un contacto eléctrico directo con el suelo y dispersan las corrientes de rayo a tierra. Estos elementos pueden ser:

Puesta a Tierra de Protección contra Rayos - PTPR: conductor o grupo de ellos inmerso en el suelo, cuya función específica es dispersar y disipar las corrientes de rayo en el suelo. Esta puesta a tierra hace parte del sistema de puesta a tierra general de la edificación.

Rayo: la descarga eléctrica atmosférica o más comúnmente conocida como rayo es un fenómeno físico que se caracteriza por una transferencia de carga eléctrica de una nube hacia la tierra, de la tierra hacia la nube, entre nube, al interior de una nube o de la nube hacia la ionósfera.

Red Equipotencial - RE: La RE es el conjunto de conductores que conectan varias partes del sistema eléctrico y las estructuras de una instalación a un potencial igual. Tiene como función interconectar la Puesta a Tierra con todas las partes conductivas de la estructura y del sistema interno.

Relámpago: energía visible asociada con el rayo.

Resistividad eléctrica: relación entre la diferencia de potencial de un conductor y la densidad de corriente que resulta en el mismo. Es la resistencia específica de una sustancia. Se da en ohm-metro.

Sistema de protección contra rayos: es el conjunto comprendido por terminales de captación, bajantes, puesta a tierra, de protección contra rayos, conectores, herrajes y otros, cuya función es captar las descargas y conducir las a tierra en forma segura, ejerciendo un control sobre la descarga.

Sistema de Protección Externo - SPE: es la protección que tiene como objetivo interceptar los impactos directos de rayo que se dirijan a la estructura.

Sistema de Protección Interno - SPI: es el conjunto de dispositivos para reducir las sobretensiones transitorias que se pueden presentar al interior de una instalación.

Sistema de Puesta a Tierra - SPT: conjunto de elementos conductores de una edificación, sin interrupciones ni fusibles, que se unen con el suelo o terreno.

Sistema Integral de Protección contra Rayos - SIPRA: sistema con el que puede alcanzarse un alto grado de seguridad para las personas y equipos mediante la combinación de varios elementos como la protección externa, la protección interna, la guía de seguridad personal y el sistema de alarma.

Tensión de contacto: diferencia de tensión entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender el brazo.

Tensión de paso: diferencia de tensión entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un metro en la dirección del gradiente de tensión máximo. Esta distancia es equivalente a un paso normal promedio.

Terminal de captación: elemento metálico cuya función es interceptar los rayos que podrían impactar directamente sobre la instalación a proteger. Comúnmente se conoce como pararrayos.

RESUMEN

Este trabajo de grado tiene como función primordial inspeccionar el sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas en el edificio de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira. Con este estudio se realizó un dictamen acerca del estado de la protección contra descargas eléctricas atmosféricas del edificio y se verificó el cumplimiento de la Norma Técnica Colombiana NTC 4552-1-2-3.

Adicionalmente, como ejercicio académico se realizó un diseño básico de la protección externa utilizando los paquetes computacionales RIESGO y AUTOCAD considerando la norma NTC 4552-1-2-3.

Palabras clave: SIPRA, Sistema de Protección Externo, Sistema de Protección Interno, DPS, puesta a tierra, puntas captadoras, descargas eléctricas atmosféricas, nivel de riesgo, esfera rodante, sistema de bajantes.

INTRODUCCIÓN

Las descargas eléctricas atmosféricas o rayos son un fenómeno natural que varían con el tiempo y no existen actualmente dispositivos tecnológicos capaces de evitarlos pero sí existen dispositivos capaces de controlar sus efectos. Los rayos que impactan en las estructuras, las acometidas de servicios domiciliarios (energía, acueducto, telecomunicaciones) o cerca del suelo, son peligrosos para las personas y para los hogares afectando sus contenidos e instalaciones. Por lo tanto, se debe considerar la aplicación de medidas de protección contra rayos. Por ello en Colombia para cada uno de los proyectos eléctricos que se diseñen y se realicen es de carácter obligatorio que se rijan por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE y la norma técnica para la Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas - NTC 4552 (1; 2; 3), como medio por el cual se puedan proveer medidas que conlleven a minimizar o eliminar los riesgos eléctricos y los efectos de las descargas eléctricas atmosféricas que se puedan presentar en una instalación eléctrica.

En Colombia, entró en vigencia en el año 2008 la norma técnica para la Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas - NTC 4552 (1; 2; 3), la cual permite entre otras cosas: evaluar el nivel de riesgo; definir los materiales a usar para terminales de captación, bajantes y puestas a tierra; definir criterios de diseño, establecer criterios para la inspección y mantenimiento de un sistema de protección contra rayos, etc.

Dado que en la Universidad Tecnológica de Pereira confluyen diariamente una gran cantidad de personas, es necesario inspeccionar las instalaciones eléctricas y evaluar los niveles de protección contra descargas eléctricas atmosféricas para identificar y corregir los riesgos eléctricos que puedan existir pues es de carácter obligatorio el cumplimiento de las normas y de gran importancia garantizar la seguridad de las personas, medio ambiente, bienes e inmuebles ante los riesgos eléctricos. Surge así entonces, la necesidad de hacer inspecciones eléctricas en todos los edificios de la Universidad Tecnológica de Pereira, particularmente, en la ejecución de este trabajo de grado se busca hacer una inspección de la protección contra descargas eléctricas atmosféricas en el edificio de Ciencias Ambientales. Para cumplir con la meta propuesta se trazaron los siguientes objetivos específicos:

- Verificar en el edificio de Ciencias Ambientales el cumplimiento de la norma NTC 4552 (1; 2; 3).
- Evaluar el nivel de riesgo ante descargas eléctricas atmosféricas.
- Inspeccionar el sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas.
- Inspeccionar el sistema de puesta a tierra.
- Verificar las memorias de cálculo.

Los alcances logrados en este trabajo de grado han sido: el conocimiento acerca de la norma NTC 4552 de protección contra rayos (1; 2; 3); la evaluación del nivel del riesgo del edificio de Ciencias Ambientales; el aprendizaje del procedimiento para la inspección de la protección contra descargas eléctricas atmosféricas; el conocimiento de diferentes tipos de DPS y su funcionamiento; el conocimiento del gran riesgo que tienen tanto las personas como las edificaciones al no estar protegidas por un sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas; el diseño de un esquema base de la protección externa del edificio de Ciencias Ambientales.

Entre las principales limitaciones que se han tenido en el desarrollo del trabajo de grado figuran: no tener un plano ni eléctrico ni arquitectónico del edificio de Ciencias Ambientales que esté actualizado; la falta de un paquete computacional con muchas funciones que permitan la evaluación de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas.

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS (SIPRA)

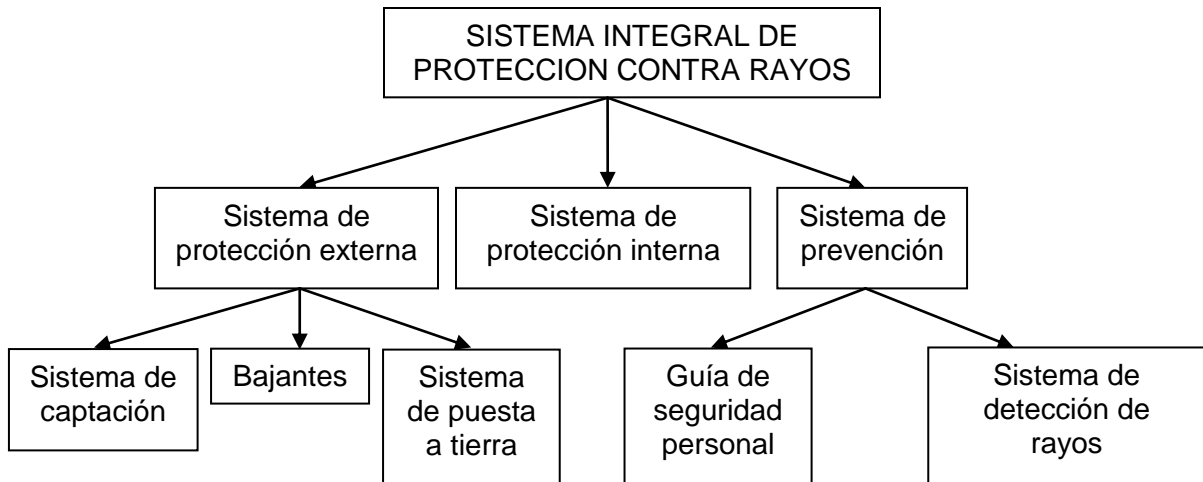
“En cualquier instante dado, casi 1 800 tormentas eléctricas están en progreso sobre la superficie de la Tierra. Las características climáticas y montañosas de cada país determinan el número y la intensidad de las tormentas que se producen (nivel isoceráunico), riesgo que varía dentro de un mismo país” (1).

“Los efectos de un rayo pueden ser ocasionados por un impacto directo o por causas indirectas. Un impacto directo puede tener consecuencias catastróficas para las personas, edificaciones, y animales; los daños por causas indirectas suelen ser más numerosos, acompañados de cuantiosas pérdidas económicas. Se entiende como causas indirectas como la caída de rayos en las inmediaciones o sobre los tendidos aéreos de transporte de energía eléctrica” (1).

“El propósito entonces es tratar de protegerse contra las descargas eléctricas atmosféricas (rayos), controlando el riesgo de pérdida de vidas humanas, servicios públicos domiciliarios y patrimonio cultural” (1). Para lograr esto y evitar acciones legales se han desarrollado normas de protección contra rayos, las cuales están basadas en principios científicos y argumentos técnicos sólidos. En Colombia se desarrollaron las normas NTC 4552-1 (1), NTC 4552-2 (2) NTC 4552-3 (3) de 2008 basadas en las normas IEC 62305 -1, -2, -3 () de 2009 para la protección contra rayos. “Basados en estas normas se creó el concepto de SIPRA, el cual no elimina totalmente los riesgos contra rayos, pero los puede minimizar de manera segura. Hoy en día no existe una tecnología que pueda eliminar totalmente los riesgos contra rayos. Sin embargo, estos riesgos se pueden minimizar. El SIPRA es el sistema más efectivo de protección contra los daños físicos que pueden ser producidos por un impacto directo de rayo. Esto se logra mediante la combinación de varios elementos como la protección externa, la protección interna, la guía de seguridad personal y el sistema de alarma” (1).

En la Figura 1 se presenta esquemáticamente el Sistema de Protección contra Rayos (SIPRA), que se recomienda sea utilizado en Colombia (1).

Figura 1. Sistema Integral de Protección contra Rayos (SIPRA)



Cuando se hace referencia a una protección integral contra rayos, se están considerando todas y cada una de las partes las cuales se resumen en:

- Un Sistema de Protección Externa (SPE) de la estructura o instalación, cuyo objetivo es interceptar, bajar y disipar a tierra los impactos directos del rayo, el SPE está compuesto por sistema de captación, bajantes y sistema de puesta a tierra.
- Un Sistema de Protección Interna (SPI), cuyo objetivo es minimizar los riesgos por campos magnéticos que entran a la estructura o instalación vía acoples inductivos o capacitivos.
- Un sistema de prevención, cuyo objetivo es prevenir lesiones a seres vivos, principalmente personas o daños en equipos, dispositivos o sistemas dentro o fuera de una instalación o estructura.

1.2. SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNO - SPE

Un sistema de protección externa tiene como función esencial interceptar las descargas que se dirigen hacia la estructura, incluyendo aquellas que pueden impactar en sus costados y conducir la corriente del rayo hasta el suelo o terreno, dispersando allí la corriente. Este sistema debe dispersar esa corriente sin causar daños térmicos, electrodinámicos o mecánicos, ni chispas peligrosas que puedan iniciar un fuego o una explosión.

Se consideran dos tipos de protección externa: uno aislado eléctricamente de la estructura y otro unido directamente a la misma. La decisión de que tipo de sistema a utilizar depende del riesgo de efectos térmicos o explosivos en el punto de impacto de rayo y del tipo de elementos almacenados en la estructura.

Un SPE se compone de 3 partes:

- Un sistema de captación
- Un sistema de bajantes
- Un sistema de puesta a tierra

1.2.1. Sistema de captación

La siguiente información se tomó de la referencia (4):

El sistema de captación es el encargado de interceptar los rayos que vayan a impactar directamente a la estructura y enviar la corriente de rayo a las bajantes de la edificación. Puede estar compuesto por cualquier combinación de los siguientes elementos:

- Varillas tipo Franklin (bayonetas)
- Cables colgantes
- Malla de conductores

1.2.1.1. Varillas tipo Franklin (bayonetas)

La siguiente información se tomó de la referencia (4):

“Su misión es provocar la excitación atmosférica por encima de cualquier otro punto de la estructura a proteger, para aumentar la probabilidad que la descarga incida en su zona de influencia, y derivar a tierra la corriente del rayo”.

1.2.1.2 Cables colgantes

La siguiente información se tomó de la referencia (4):

“Este sistema consiste en la protección formada por uno o múltiples conductores aéreos situados sobre la estructura a proteger. Los conductores se deben unir a tierra mediante aterrizadores en cada uno de sus extremos”.

1.2.1.3 Malla de conductores

La siguiente información se tomó de la referencia (4):

“Este sistema consiste en la recepción del rayo a través de un conjunto de puntas captadoras unidas entre sí por cable conductor, formando una malla, y derivarla a tierra mediante una red de conductores”.

1.2.2. Sistema de bajantes

La siguiente información se tomó de la referencia (4):

Este sistema tiene como objetivo conducir las corrientes de rayo por el sistema de captación aérea y llevarlas de forma segura hacia el sistema de puesta a tierra. Para ello las bajantes deben ser ubicadas de manera tal que, a partir del punto de impacto del rayo hasta la tierra, se cumplan 3 requisitos:

- Existencia de varios caminos paralelos para la corriente
- La longitud de los caminos de corriente sea mínima
- Equipotencialización de partes conductoras de la estructura

“Una buena práctica de construcción consiste en realizar conexiones laterales de las bajantes cada 10 m o 20 m de separación, principalmente en edificios de alturas superiores a 30 metros. Así mismo, es pertinente instalar tantas bajantes como sea posible igualmente espaciadas alrededor del perímetro interconectado por el anillo conductor, lo cual reduce la probabilidad de chispas peligrosas y facilita la protección interna. Esta condición es cumplida en estructuras con marcos metálicos y estructuras de concreto reforzado en el cual el acero interconectado es eléctricamente continuo”.

“Se consideran dos tipos de sistemas de bajantes, aquel que puede estar aislado eléctricamente de la estructura y otro unido directamente a la misma. La decisión de cual tipo de sistema utilizar depende del riesgo de efectos térmicos o explosivos en el punto de impacto de rayo y del tipo de elementos almacenados en la estructura”.

La instalación de un sistema aislado depende del sistema de captación aérea:

- Si el sistema de captación aérea consiste en varillas montadas en postes o mástiles no metálicos o de material sin refuerzo en acero interconectado, es necesario al menos una bajante por cada poste. Si los postes son metálicos o con material con acero interconectado no es necesario el uso de bajantes, siempre y cuando se garantice continuidad entre la punta de captación y el sistema de puesta a tierra.
- Si el sistema de captación aérea consiste en cables colgantes, es necesario al menos una bajante en cada soporte de los cables.
- Si el sistema de captación aérea consiste en una red de conductores, es necesario al menos un bajante en cada soporte del terminal.

“Para la ubicación de sistema de bajantes no aislado, el número de bajantes no debe ser inferior a 2 y debe estar distribuido por el perímetro de la estructura a proteger, sujeto a restricciones prácticas y arquitectónicas”.

Es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones respecto a las bajantes:

- La longitud debe ser la menos posible, evitando la formación de lazos o curvaturas en su trayectoria y en el caso que estas últimas sean inevitables, su ángulo no debe ser menor a 90 grados y su radio de curvatura no menor a 200 mm.
- No es recomendable ubicar bajantes en áreas donde se congreguen o transiten personas frecuentemente (como es el caso de escaleras o vías operacionales).
- Es recomendable que exista una bajante en cada esquina expuesta a la estructura.
- Deben ser instaladas de tal manera que garanticen la continuidad eléctrica entre los conductores del sistema de captación aérea.
- No deben ser instaladas dentro de canaletas para aguas aun si estas están cubiertas con material aislante. Los efectos de la humedad en las canaletas para aguas producen gran corrosión en los conductores de las bajantes.
- Es recomendable que las bajantes se ubiquen de manera tal que permitan tener un aislamiento eléctrico o una distancia adecuada entre las puertas y las escaleras metálicas de acuerdo con lo descrito a continuación: “En el caso de líneas o partes conductoras externas conectadas a la estructura, es siempre necesario asegurar la unión equipotencial (por conexión directa o por medio de DPS) en el punto más cercano al ingreso a la estructura” (4).

1.2.3. Sistema de Puesta a Tierra - SPT

La siguiente información se tomó de la referencia (4):

“El sistema de puesta a tierra es usado para dispersar y disipar la corriente de rayo que viene por las bajantes reduciendo al mismo tiempo el peligro de tener tensiones de paso y de contacto peligrosas. La forma de puesta a tierra y sus dimensiones son un criterio importante en su diseño. En términos generales para el sistema de protección externa se debe buscar un bajo valor de resistencia de puesta a tierra (si es posible menor a 10Ω en baja frecuencia)”.

“Para los sistemas de puesta a tierra de la protección contra rayos es recomendable que estos estén interconectados con todos los sistemas de puesta a tierra (comunicaciones, potencia, ductos, etc.)”.

Objetivo de un Sistema de Puesta a Tierra – SPT

La siguiente información se tomó de la referencia (4):

El SPT es una parte esencial de las redes de energía, tanto en alta como en baja tensión. Un buen SPT asegura:

- La protección de personal, limitando las tensiones de paso y de contacto a valores seguros.
- La protección de instalaciones contra daños por rayos.
- La Compatibilidad Electromagnética (CEM), para la limitación de perturbaciones electromagnéticas.
- El correcto funcionamiento de la red de energía eléctrica al servir de referencia común de tensión y para asegurar una buena calidad de energía eléctrica.

“Para tener un óptimo funcionamiento del sistema de puesta a tierra, se deben analizar dos fenómenos: los rayos y las fallas a tierra en los sistemas de potencia. Estos fenómenos pueden causar circulación de grandes corrientes, las cuales pueden crear tensiones peligrosas en las instalaciones. La amplitud de las corrientes abarca un rango entre unos pocos amperios hasta las decenas de kiloamperios por fallas o rayos. Desde el punto de vista del espectro de frecuencia, estos fenómenos producen señales cuyas frecuencias varían entre los 50/60 Hz hasta varios megahertz”.

“El Sistema de Puesta a Tierra (SPT) es una parte del Sistema de Protección Externa (SPE) que conduce y dispersa corrientes de rayo en el suelo o terreno. Comprende toda unión directa entre los equipos eléctricos y electrónicos con el terreno o una masa metálica, con el objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas (tensiones de paso y de contacto) y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falla o de rayo”.

“Aunque algunos elementos de un SPT pueden disponerse para que cumplan una función específica, forman parte de un único sistema. Las normas nacionales e internacionales exigen que todos los elementos de un SPT estén conectados entre sí formando una red equipotencial”.

Un SPT comprende la Red Equipotencial (RE) y la Puesta a Tierra (PT).

“La RE es el conjunto de conductores que conectan varias partes del sistema eléctrico y las estructuras de una instalación a un potencial igual. Tiene como función interconectar la Puesta a Tierra con todas las partes conductoras de la estructura y del sistema interno (sistemas eléctricos y electrónicos dentro de una

estructura, excluidos los conductores activos) para reducir las diferencias de potencial y el campo magnético causados por las corrientes de rayo”.

La PT es un conjunto de elementos conductores que proveen un contacto eléctrico directo con el suelo y dispersan las corrientes de rayo a tierra. Estos elementos pueden ser:

- Electrodo: parte o grupo de partes de la PT que suministran contacto directo eléctrico con la tierra y dispersa las corrientes de rayo en esta. Pueden ser verticales, horizontales o se puede utilizar la cimentación de acero reforzado de la estructura, en este último caso se conocen como electrodos de puesta a tierra de cimentación.
- Anillos: electrodos a tierra que forman un lazo cerrado alrededor de la estructura. Interconectan las bajantes para distribuir las corrientes de rayo entre ellos.
- Enmallados: interconexión de las puestas a tierra de varias estructuras.

1.3. SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA - SPI

Un rayo puede impactar directamente sobre una estructura o en los alrededores de esta; en cualquier caso genera perturbaciones electromagnéticas que se manifiestan mediante campos magnéticos, corrientes y sobretensiones que pueden resultar peligrosas para las personas, las estructuras o los equipos instalados en su interior, por efecto de inducción o conducción.

Así mismo, pueden generarse corrientes o sobretensiones por maniobras de circuitos eléctricos dentro de la estructura. Este tipo de perturbaciones no solo ocurren en el interior de las edificaciones, sino que pueden producirse en redes eléctricas externas o en edificaciones vecinas e ingresar a través de la acometida de energía eléctrica, las redes telefónicas o de datos e incluso por tuberías metálicas de abastecimiento de agua, que lleguen a la edificación.

1.3.1. Daños por sobretensiones transitorias

Los campos magnéticos, las sobretensiones y corrientes inducidas inciden sobre dispositivos y equipos eléctricos y electrónicos ubicados dentro de una estructura y pueden sufrir daños por sobrecalentamiento o falla del aislamiento.

La falla de transformadores y motores es causada por falla del aislamiento. El más importante parámetro en el daño de aislamiento es la magnitud de la tensión pico, aunque el tiempo de ascenso puede también ser importante. Una vez el aislamiento se daña, algunos de los arrollamientos son puenteados con un arco de baja impedancia.

Los transformadores y motores pueden resistir tensiones que son mucho mayores de aquellas que causan fallas en dispositivos semiconductores. Por ello, la ingeniería de protección contra sobretensiones a nivel mundial se ha enfocado en los últimos años en semiconductores y tiende a ignorar los daños en transformadores y motores.

1.3.2. Dispositivos de Protección contra Sobretensiones (DPS)

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

“Los Dispositivos de Protección contra Sobretensiones (DPS) buscan mitigar las interferencias electromagnéticas, cuyas componentes básicas son para el control de tensión: varistores y diodos supresores. Los DPS son dispositivos que intentan limitar las sobretensiones transitorias y desvían las sobrecorrientes; contienen al menos un componente no lineal. Su función es proteger contra sobretensiones otros equipos eléctricos o electrónicos e instalaciones y para establecer conexiones equipotenciales”.

“Para la selección de una protección contra sobretensiones, es importante que la protección seleccionada cumpla con los siguientes tres requerimientos”:

- Supervivencia: es vital que la protección escogida sea capaz de sobrevivir al caso transitorio más desfavorable esperado en su punto de instalación. Debido a que los rayos presentan múltiples eventos, la protección no debe fallar después del primer transitorio.
- Control transitorio: la protección debe ser capaz de controlar el transitorio a un nivel por encima del nivel de inmunidad del equipo a proteger.
- Compatibilidad electromagnética: la protección no deberá interferir con la operación normal del equipo a proteger. Los sistemas de comunicación e intrínsecamente los equipos de seguridad son particularmente susceptibles a este tipo de problemas.

1.3.3. Clasificación de DPS

Los DPSs se clasifican en:

- Número de puertos: uno o dos.
- Topología de diseño: operado por tensión o limitador de tensión.
- Clase: 1, 2 o 3.
- Localización: interior o exterior.
- Accesibilidad: accesible o no accesible.
- Método de montaje: fijo o portátil.
- Desconector: ubicación (externo, interno, ambos externo e interno o ninguno) y función (térmica, corriente de fuga, sobrecorriente).

- Grado de protección.
- Rango de temperatura.

En el Cuadro 1 aparece la descripción de las clases de DPSs

De acuerdo con su aplicación los DPS pueden ser clasificados en:

- DPS para sistemas de distribución de energía eléctrica en clases 1, 2 y 3 y rangos de tensión hasta 1 000 Volts
- DPS para sistemas y equipos. Para protección de sistemas electrónicos en redes de telecomunicaciones y procesamiento de señales con tensiones nominales hasta 1 000 Volts AC.
- Aislamiento para sistemas de tierra o para conexiones equipotenciales.

Cuadro 1. Clases de DPS

Tipo	Clase	Descripción
<p>Descargadores de corriente de rayo y descargadores combinados de sobretensión y corriente de rayo.</p>	<p>Clase 1</p>	<p>Descargadores de corriente de rayo: Se utilizan para protección de instalaciones y equipos por interferencias debidas a impactos de rayo directos o cercanos a la instalación a proteger. Se prueban con corrientes de choque y pruebas de impulso de tensión. Descargadores combinados de sobretensión y corriente de rayo: Se utilizan para protección de instalaciones, equipos y dispositivos terminales por interferencias debidas a impactos de rayo directos o cercanos a la instalación a proteger.</p>
<p>Descargadores de sobretensión para tableros de distribución e instalaciones fijas</p>	<p>Clase 2</p>	<p>Se utilizan para protección de instalaciones, equipos y dispositivos terminales por impactos de rayo distantes, sobretensiones por maniobra así como para descargas electrostáticas. Se prueban con corrientes de choque.</p>
<p>Descargadores de sobretensión para tomacorrientes y equipos</p>	<p>Clase 3</p>	<p>Se utilizan para protección de instalaciones, equipos y dispositivos terminales por impactos de rayo distantes, sobretensiones por maniobra así como para descargas electrostáticas. Se prueban con corrientes de choque.</p>

1.3.4. ¿Cómo funciona un DPS?

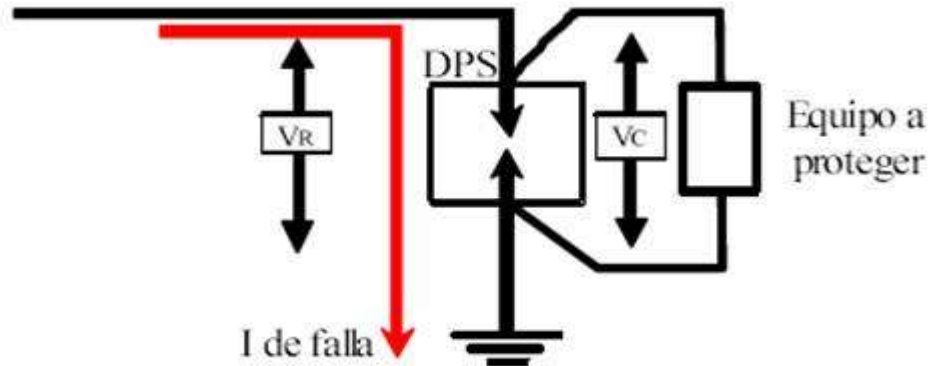
En la Figura 2 se muestra un esquema del funcionamiento de un DPS, el cual es un dispositivo es caracterizado por:

- Actuar como un interruptor controlado por tensión.
- En estado normal el DPS es transparente (circuito abierto) para la instalación.

Donde V_R es la tensión de rayo y V_C es la tensión que soporta la carga.

En la Figura 2 se muestra como es el funcionamiento de un DPS, el cual manda la corriente de rayo de falla a tierra logrando así la protección del equipo a proteger.

Figura 2. Funcionamiento de un DPS



1.3.5. Requisitos de DPS según NTC 4552

- Cantidad: Cada conductor activo y todos los circuitos.
- Para menos de 1 kV y para más de 1 kV.
- Tensión residual \geq máx. tensión fase tierra.
- Para interiores y exteriores (inaccesibles a personas no calificadas).
- Conductor no más largo de lo necesario.
- Conductor mínimo (<1000 V): 14 en Cu o 12 en Al.
- Conductor mínimo (≥ 1000 V): 6 en Cu o 12 en Al.
- Permite conexión entre fases, a neutro, a tierra o a barrajes de tierra.

1.3.6. Selección de un DPS

Características de un DPS según RETIE

- Dispositivo de alivio de sobrepresión (MT / AT).
- Tensión nominal.
- Corriente nominal de descarga.
- Máxima tensión de operación continua.
- Tensión de reacción menor que el BIL.

1.3.7. Conexión de los DPS

Los DPS instalados en el origen de la instalación se deben conectar entre los conductores activos y EL BARRAJE EQUIPOTENCIAL principal; es decir, en modo común, cuando se consideran corrientes de rayo únicamente.

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de una mala conexión de un DPS.

En la

Figura 4 se muestra cómo se realiza la conexión correcta de DPS.

Figura 3. Mala conexión de DPS.

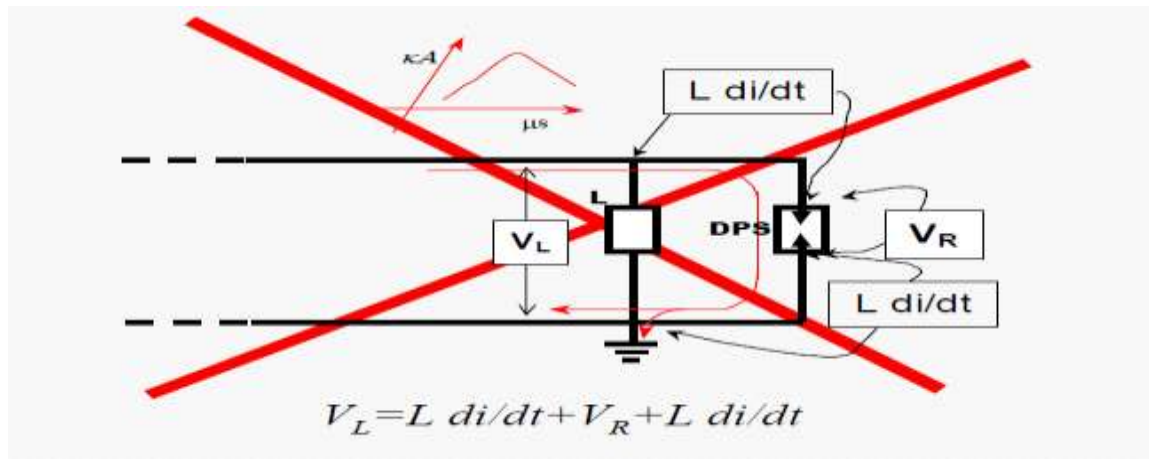
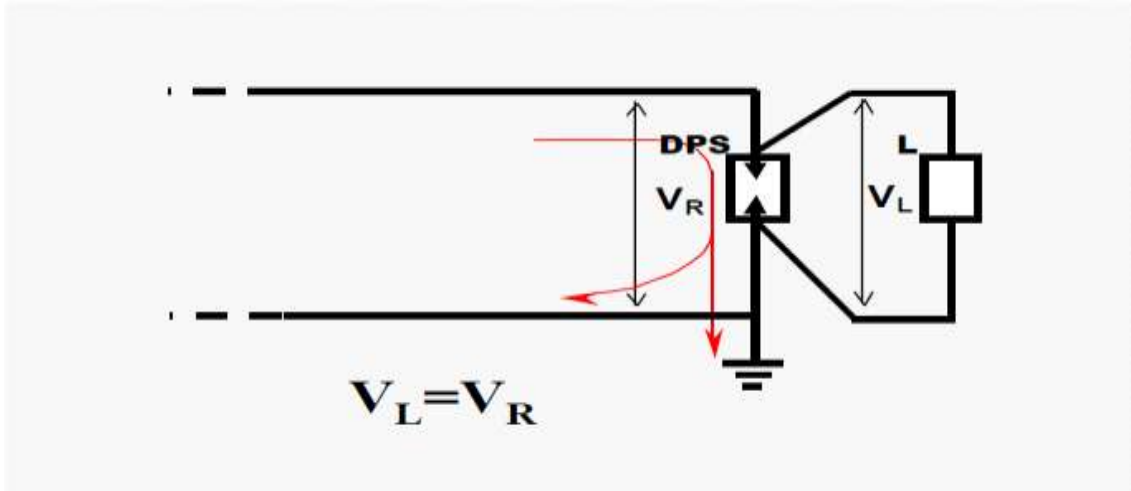


Figura 4. Conexión correcta de DPS.



1.3.8. Clases de DPS

Principales características:

- Alarma visual y sonora.
- Conexión en punto de uso.
- Toma doble con polo a tierra, grado hospital y tierra aislada.

Los DPS's se subdividen en cuatro clases de exigencias A, B, C y D según su ubicación, nivel de protección y capacidad de manejo de corriente. Las características generales de cada clase son:

1.3.8.1. Clase A

Se utilizan en líneas aéreas de baja tensión. Pueden descargar corrientes de rayo en caso de impacto directo en instalaciones exteriores. La inspección de estos DPSs se realiza con forma de onda 8/20 μ s.

1.3.8.2. Clase B

Se trata de descargadores que deben tener la capacidad de soportar varias veces y sin deterioro, descargas directas de rayo con forma de onda 10/350 μ s. La

función de estos DPSs es evitar la entrada de corrientes parciales de rayo destructivas en la instalación eléctrica de un edificio.

1.3.8.3. Clase C

Son descargadores que se ubican en instalaciones fijas, como por ejemplo en tableros de distribución. Capaces de descargar sobretensiones por impactos cercanos o lejanos o por maniobras. Se inspeccionan con una corriente nominal de descarga con forma de onda 8/20 μ s.

1.3.8.4. Clase D

Están destinados a proteger dispositivos o equipos individuales o grupos de ellos de baja tensión contra sobretensiones de menor magnitud. Se usan como protección contra sobretensiones en instalaciones fijas o móviles, en especial en zona de enchufes o cerca de los equipos a proteger. Para la inspección de este tipo de DPSs se utiliza un generador híbrido que en vacío ofrece una tensión de choque de 1,2/50 μ s y en corto circuito una onda de choque de 8/20 μ s.

1.3.9. Sistemas y equipos a proteger mediante DPS

Cuando se evalúa una instalación para ser protegida con DPS es necesario considerar dos factores: el nivel de emisión y el nivel de inmunidad.

- El nivel de emisión significa considerar las características del sistema de distribución de energía eléctrica incluyendo los tipos y niveles de sobretensión y sobrecorriente.
- El nivel de inmunidad implica las características del equipo que requiere protección.

Los tipos de sobretensiones o sobrecorrientes que pueden ocurrir dentro de una instalación de energía eléctrica se pueden clasificar en tres grupos:

- Por rayos
- Por maniobras
- Temporales

1.3.10. Sobretensiones por rayos

En la mayoría de los casos los esfuerzos por rayos son el principal factor para la selección de la clase o prueba de un DPS, asociados a los valores de tensión y corriente.

La evaluación de las formas de onda y amplitud de corriente y tensión es necesaria para una apropiada selección de un DPS. Es importante determinar si el nivel de protección (Up) del DPS es adecuado para proteger el equipo en tales condiciones. Por ejemplo, áreas propensas frecuentemente a impactos de rayo pueden requerir un DPS adecuado para soportar pruebas clase 1 o clase 2.

Generalmente, los mayores esfuerzos ocurren en instalaciones externas a la estructura. Dentro de la estructura, los esfuerzos se atenúan cuando la onda viaja de la acometida al interior. Debido al cambio de configuración e impedancias.

1.4. PLANEACIÓN DE UN SIPRA

La siguiente información se tomó de la referencia (3).

Con anterioridad al inicio del trabajo de diseño detallado de un SIPRA, el diseñador de la protección debe, cuando sea razonablemente práctico, obtener información básica con respecto a la función, diseño general, construcción y localización de la estructura.

En caso de que el SIPRA no sea instalado en la estructura a proteger, es necesario que el diseño se realice siguiendo los procedimientos para valoración de riesgos dados en la NTC 4552-2 (2).

1.5. PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN DE UN SIPRA

La siguiente información se tomó de la referencia: (3)

El propósito de realizar una inspección es garantizar que el SIPRA este de acuerdo con la norma NTC 4552 – 3 (3).

La inspección incluye la verificación de la documentación técnica, inspecciones visuales, pruebas y registros en un reporte de inspección.

1.5.1. Chequeo de los documentos técnicos

Los documentos técnicos deben ser revisados con integridad , el documento a tener en cuenta para ejecución de la inspección es la NTC 4552 – 3 (3)

1.5.2. Inspección visual

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

La inspección visual se debe realizar para determinar lo siguiente:

- El diseño este conforme con la NTC 4552.

- El SIPRA este en buena condición.
- No se encuentren discontinuidades en las conexiones o roturas accidentales en las uniones y conductores del SIPRA.
- Ninguna parte del sistema ha sido desmejorada por la corrosión, especialmente al nivel del piso.
- Esten intactas todas las conexiones visibles a tierra.
- Esten intactos todos los conductores visibles y componentes del sistema que son atados a las superficies y las componentes que dan protección mecánica.
- No haya ninguna alteración o adición a la estructura protegida que requiera de una protección adicional.
- No existan indicaciones de daño al SIPRA, a los DPS o cualquier falla de los fusibles que protegen los DPS.
- Se han establecido las correctas uniones equipotenciales para cualquier adición o servicio nuevo que se haya hecho al interior de la estructura desde la ultima inspección y que las pruebas de continuidad a estas adiciones.
- Estén intactas las uniones conductoras y conexiones dentro de la estructura.
- Sean mantenidas las distancias de separación.
- Se deben chequear y probar las uniones conductoras, juntas, dispositivos apantallamiento, ruta de cables y DPS.

1.5.3. Pruebas

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

“Las inspecciones y las pruebas en el SIPRA incluyen también las inspecciones visuales y deben ser completadas junto con las siguientes acciones”:

- 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 inspección visual.
- Las pruebas de resistencia del sistema de puesta a tierra. Los resultados de las mediciones de puesta a tierra y las revisiones de este deben ser escritos en los reportes de inspección del SIPRA.

1.1.5.4. Registros de la inspección

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

Los registros de inspección del SIPRA deben ser preparados para facilitar su inspección. Estos registros pueden contener suficiente información para guiar los

procesos de inspección y queden contenidas todas las áreas del SIPRA y estas sean documentadas en dichos registros.

El registro de la inspección del SIPRA debe contener la siguiente información:

- Condiciones generales de los conductores del sistema de captación, y otros componentes.
- Nivel general de corrosión y la condición de la protección contra corrosión.
- Seguridad de las uniones de los conductores y componentes del SIPRA.
- Medidas de resistencia de los sistemas de puesta a tierra.
- Alguna desviación de los requisitos de esta norma.
- Documentación de todos los cambios y extensiones del SPIRA y cualquier cambio en la estructura. Además, los planos del SIPRA y la descripción del diseño del SIPRA deben ser revisados.
- Los resultados de las pruebas realizadas.

1.1.5.5. Procedimiento de inspección de la protección externa

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

Las inspecciones se deben realizar para asegurar que:

- El sistema esté en buena condición eléctrica y mecánica.
- El sistema no tenga malas conexiones, ni puntos donde se haya perdido la conexión accidentalmente.
- Ninguna parte del sistema se haya debilitado por corrosión.
- Las conexiones de tierra se encuentren en buen estado.
- Todos los conductores del SIPRA se encuentran asegurados mecánicamente a la superficie de montaje.
- No hay alteraciones a la estructura protegida.
- Hay una correcta equipotencialización de nuevos equipos instalados.

1.1.5.6. Procedimiento de inspección de la protección interna

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

Las inspecciones se deben realizar para asegurar que:

- Estén ajustados los cables de conexión a las protecciones y a las borneras de equipotencialización.
- Los dispositivos de protección contra sobretensiones en el sistema de potencia se encuentren en buen estado y no se observe ninguna indicación de falla o daño de fusibles o deterioro físico del dispositivo, si la hubiere es necesario cambiar de inmediato la protección.
- Los dispositivos de protección contra sobretensiones de señales se encuentre en buen funcionamiento y no se observe deterioro físico. Para

comprobar el buen funcionamiento de estos dispositivos se debe realizar pruebas individuales con aparatos de pruebas portátiles que los fabricantes de DPSs ofrecen comercialmente. Los dispositivos que no pasen la prueba o se encuentren en mal estado deben ser cambiados inmediatamente. Se debe tener en cuenta que para probar estos dispositivos es necesario desconectar la señal y esta quedara fuera de funcionamiento mientras dura la prueba por lo tanto se debe tomar las precauciones del caso.

1.1.5.7. Periodicidad de la inspección

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

Todas las instalaciones del SIPRA deben ser inspeccionadas en los siguientes casos:

- Durante la instalación del SIPRA, especialmente en la instalación de los componentes que no quedaran accesibles fácilmente.
- Se recomienda realizar una inspección del Sistema de Protección Externa cada seis meses.
- Cuando se realicen alteraciones o reparaciones a la estructura.
- Cuando se evidencien impactos directos sobre el Sistema de Protección Externa.
- Los dispositivos de protección interna deben ser inspeccionados antes y durante los dos periodos de mayor actividad de rayos. Por ejemplo, en la zona central colombiana las temporadas típicas de actividad de rayos son marzo-mayo y septiembre-noviembre.

1.1.6. Procedimientos de mantenimiento del SIPRA

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

“El mantenimiento del SIPRA deber ser parte del mantenimiento general de la estructura protegida”.

“Un programa de mantenimiento debe contener una lista de rutinas que servirán para que los procedimientos de mantenimiento definidos sean seguidos regularmente para comparar los resultados recientes con resultados previos”.

“Para el mantenimiento general del SIPRA se debe tener un programa que contenga como mínimo las siguientes actividades”.

- Verificación de la continuidad eléctrica de la instalación del SIPRA.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- Verificación de los DPS.

- Re-ajustar los componentes y conductores.
- Verificación para asegurar la efectividad del SIPRA que no se haya reducido después de adiciones o cambios en la estructura y sus instalaciones.

1.1.6.1 Registros del procedimiento de mantenimiento del SIPRA

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

“Se debe tener un registro con todos los procedimientos de mantenimiento realizados que incluyan las inspecciones, las acciones correctivas y acciones que se deben tener en cuenta”.

“Los registros de mantenimiento deben servir para poder revisar los procedimientos de mantenimiento y poder hacer mejoras a los mismos. Los registros de mantenimiento e inspección deben ser archivados junto con los diseños del SIPRA”.

1.1.6.2 Mantenimiento del sistema de alarma

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

“Se recomienda para este sistema aplicar la guía de mantenimiento descrita en los manuales de operación de los sensores de detección de tormentas que se ofrecen comercialmente”.

Cuidado y mantenimiento de Sensores Portátiles:

- Generalmente estos sensores comercialmente no son a prueba de agua, por lo tanto nunca deben ser sumergidos en ella.
- Siempre que haya sido usado la alarma móvil en condiciones de humedad alta y lluvia se recomienda retirar las baterías y secar los terminales para prevenir corrosión.
- Retire las baterías cuando vaya a almacenar la alarma móvil por tiempos prolongados. La unidad debe ser guardada en lugares donde se evite las altas temperaturas, alta humedad y sustancias corrosivas.
- Generalmente la alarma móvil es un dispositivo que no contiene partes aprovechables y no está diseñado para abrirse.

2. LISTA DE CHEQUEO DE LA PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS EN EL EDIFICIO DE CIENCIAS AMBIENTALES

2.1. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA (SPE)

En el Cuadro 2 se muestra el listado de verificación del Sistema de Protección Externa (SPE) del edificio de Ciencias Ambientales, el cual fue construido con base en el Anexo E de la NTC 4552-3

Cuadro 2. Verificación del Sistema de Protección Externa (SPE)

ASPECTO		EVALUACIÓN	OBSERVACIONES
1	¿El sistema de protección externo está en buena condición eléctrica?	No	Solo existe una punta captadora que no se encuentra conectada a ningún sistema de bajantes, ver la Figura 5.
2	¿El sistema de protección externo está debidamente equipotencializado?	No	No existe
3	¿El sistema de protección externa está en buena condición mecánica?	No	No Existe
4	¿En el diseño existente se considera el uso de las partes conductoras de la estructura como partes naturales del SIPRA?(Bajantes)	No	No Existe
5	¿Se encuentra en buen estado la protección externa en lo que se refiere a estética y anticorrosión?	No	No Existe
6	¿El sistema de protección tiene en buen estado todas sus conexiones (soldaduras y uniones) en todos los puntos?	No	No Existe
7	¿Ninguna de las partes del sistema de protección se ha debilitado por culpa de la corrosión?	No	No Existe
8	¿Las conexiones de tierra se encuentren en buen estado?	No	No Existe
9	¿Todos los conductores del SIPRA se encuentran asegurados mecánicamente a la superficie de montaje?	No	No Existe

ASPECTO		EVALUACIÓN	OBSERVACIONES
10	¿Se han realizado alteraciones a la estructura protegida?	No	No Existe
11	¿Existe una correcta equipotencialización de nuevos equipos instalados?	No	No Existe
12	¿Existe equipotencialización en los componentes del sistema de captación?	No	No Existe

En la Figura 5 se muestra una punta captadora en el edificio de Ciencias Ambientales, la cual se encuentra sin uso ya que durante la inspección no se encontró conectada a ningún sistema de bajantes (información suministrada por el electricista de mantenimiento de la universidad).

Figura 5. Punta captadora sin uso.



2.2. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA (SPI)

En el Cuadro 3 se muestra el listado de verificación del sistema de protección interna (SPI) del edificio de Ciencias Ambientales, el cual fue construido con base en el Anexo E de la NTC 4552-3 (1)

Cuadro 3. Verificación del Sistema de Protección Interna (SPI)

ASPECTO		EVALUACIÓN	OBSERVACIONES
1	¿Se encuentran ajustados los cables de conexión a las protecciones y a las borneras de equipotencialización?	Si	Los cables de conexión se encontraron ajustados y en buen estado. Las conexiones a tuberías están instaladas con soldadura y pernos, como lo indica la norma NTC 4552-3.
2	¿Los dispositivos de protección contra sobretensiones en el sistema de potencia se encuentran en buen estado y no se observa ninguna indicación de falla o daño de fusibles o deterioro físico del dispositivo?	No	No se observó ningún deterioro ni indicadores de falla en el DPS Sine Tamer ubicado en la subestación ver la Figura 6.
3	¿Está interconectado el sistema de protección con partes metálicas de la estructura?	Si	Las partes metálicas de la estructura están interconectadas con el barraje de tierra y neutro de la subestación, ver la Figura 7.
4	¿Está interconectado el sistema de protección con partes conductoras externas y líneas de servicio conectadas a la estructura?	No	El sistema de protección solo esta interconectado con la subestación.
5	¿Está interconectado el sistema de protección con sistemas eléctricos y electrónicos dentro de la estructura a ser protegida?	Si	El barraje de tierra está interconectado con todos los tableros de distribución del edificio, por consiguiente a cada circuito ramal.
6	¿Los DPS existentes en el edificio de Ciencias Ambientales están ubicados de forma tal que puedan ser inspeccionados fácilmente?	Si	El DPS existente no es modular y en caso de falla no tendrá arreglo y deberá cambiarse inmediatamente por uno en buen estado, ver la Figura 8.
7	¿La barra equipotencial está conectada al sistema de puesta a tierra y ubicada de tal manera que de fácil acceso e inspección?	Si	Es de fácil acceso y está interconectada con neutro y tierra.

ASPECTO		EVALUACIÓN	OBSERVACIONES
8	¿Hay unión equipotencial para sistemas internos?	No	Todos los sistemas internos se encuentran interconectados con el barraje de tierra de la subestación.
9	¿El sistema de conductores internos está apantallado o está tendido en tubería metálica?	No	Los conductores de instalaciones nuevas si están apantallados pero el de instalaciones antiguas no.
10	¿Hay uniones equipotenciales para líneas de servicio conectadas a la estructura a proteger?	Si	Las líneas de servicio que entran al edificio estan apantalladas y conectadas al barraje equipotencial el cual se encuentra aislado en el punto de entrada de líneas de servicio.
11	¿Los conductores de las líneas de servicio están equipotencializados directamente o a través de DPS?	Si	Todos los conductores de líneas de servicios están equipotencializados por medio del DPS el cual esta ubicado en la subestación.
12	¿Cumple el valor de la resistencia de puesta a tierra?	Si	El valor de la resistencia de puesta a tierra es de 10Ω , lo cual cumple con lo establecido con la norma técnica para protección contra rayos, ver la referencia (8).
13	¿Se encuentra corrosión en los electrodos de puesta a tierra?	No	Los electrodos existentes se encontraron en buen estado, sin humedad ni corrosión.
14	¿Están intactas las uniones conductoras y conexiones dentro de la estructura?	No	Algunas uniones y conexiones presentan corrosión y deterioro. Por esta razón, gran parte de la instalación eléctrica del edificio se ha cambiado por elementos nuevos.

En la Figura 6 se muestra el buen estado en el que se encontró el DPS y el resto de la subestación eléctrica, esta foto fue tomada desde la parte interna del edificio de Ciencias Ambientales (subestación eléctrica)

Figura 6. Subestación eléctrica parte inferior y superior.



En la Figura 7 se muestra la protección del armario de la subestación eléctrica, esta foto fue tomada desde la parte interna del edificio de Ciencias Ambientales (subestación eléctrica)

Figura 7. Protección del armario de la subestación eléctrica.



En la Figura 8 se muestra el DPS SineTamer que se encuentra en la subestación eléctrica, esta foto fue tomada desde la parte interna del edificio de Ciencias Ambientales.

Figura 8. DPS SineTamer, subestación eléctrica.



2.3. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALARMA

En el Cuadro 2 se muestra el listado de verificación del Sistema de Alarma del edificio de Ciencias Ambientales, el listado fue elaborado con base en el Anexo E de la NTC 4552-3 (1)

Cuadro 4. Verificación del sistema de alarma

ASPECTO		EVALUACIÓN	OBSERVACIONES
1	¿Están los sensores de detección de tormentas en funcionamiento y en buena condición (sin humedad ni corrosión)?	No	No hay sistemas de alarma.

Basados en la información recopilada durante la inspección física realizada al edificio de Ciencias Ambientales de la universidad, se llegó a la conclusión que cuenta con el sistema de protección interno y también con un sistema de puesta a tierra, pero carece de un sistema de protección externo y de un sistema de alarma los cuales ayudan a completar el sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas según el SIPRA.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA SOBRE EL NIVEL DE RIESGO CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS

Los siguientes conceptos fueron tomados de (2):

Los rayos a tierra son peligrosos para las estructuras y sus acometidas de servicios.

Los peligros a la estructura se manifiestan como:

- Daños a la estructura y su contenido.
- Fallas asociadas a sistemas eléctricos y electrónicos.
- Lesiones a seres vivos dentro o fuera de la estructura.

Los peligros en las acometidas de servicios pueden generar:

- Daños a los mismos servicios.
- Fallas asociadas a los equipos eléctricos y electrónicos.

Para reducir las pérdidas debidas a rayos se requieren medidas de protección, cuyas características deben determinarse por medio de la evaluación del riesgo.

El riesgo es el promedio anual probable de pérdidas en la estructura y en sus acometidas de servicios debido a descargas atmosféricas, el cual depende de:

- El número anual de rayos que afecta a las estructuras y a sus acometidas de servicios.
- La probabilidad de daño debido a los efectos del rayo.
- El costo promedio de los daños.

Los efectos de los rayos en las estructuras pueden ser por:

- Impactos directos a la estructura.
- Impactos cercanos a la estructura y/o a las acometidas de servicios (energía eléctrica, líneas de telecomunicaciones, otros).

Los efectos del rayo en las acometidas de servicios pueden ser por:

- Impactos directos a acometidas de servicios.
- Impactos cercanos a las acometidas de servicios o directas a estructuras conectadas a las acometidas de los servicios.

Los impactos directos en estructuras o en acometidas conectadas a estas pueden causar daños físicos y poner en peligro la vida.

La probabilidad de daños por rayos depende de las características de la estructura, sus acometidas y de la corriente de rayo; así como de la clase y eficiencia de las medidas de protección aplicadas.

3.1. DAÑOS Y PÉRDIDAS

Los siguientes conceptos fueron tomados de la referencia (2):

3.1.1. Fuentes de daño

La corriente de rayo es la fuente primaria de daño. Las siguientes fuentes son definidas con relación a la posición del punto de impacto de la descarga eléctrica atmosférica.

S₁: Descargas sobre la estructura

S₂: Descargas cercanas a la estructura

S₃: Descargas sobre las acometidas de servicios

S₄: Descargas cercanas a las acometidas de servicio

3.1.2. Tipos de daños

Para una aplicación práctica de la evaluación de riesgo se distinguen tres tipos de daños los cuales pueden aparecer como consecuencia de una descarga eléctrica atmosférica, ellos son:

D₁: Lesiones a seres vivos

D₂: Daños físicos

D₃: Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos

El rayo puede causar daños físicos a las acometidas al igual que a todo sistema interno que se encuentre conectado a ellos.

3.1.3. Tipo de pérdidas

Los siguientes tipos de pérdidas en general, podrían presentarse.

L₁: Pérdida de vida humana

L₂: Pérdida de servicios públicos

L₃: Pérdida de patrimonio cultural

L₄: Pérdida económica

Los siguientes tipos de pérdidas podrían asociarse con acometidas:

L'₂: Pérdida de servicio público
L'₄: Pérdida económica (acometida)

En el Cuadro 5 se muestra el riesgo por cada tipo de daño y pérdida, este cuadro fue tomado de la NTC 4552-2 (2)

Cuadro 5. Riesgo por cada tipo de daño y pérdida.

DAÑOS	Pérdidas			
	L₁ ¹⁾ Pérdida de vidas humanas	L₂, L'₂ ²⁾ Pérdida del servicio público	L₃ ¹⁾ Pérdida de patrimonio cultural	L₄, L'₄ ²⁾ Pérdida Económica
D₁ : Lesiones a seres vivos	R _s	-	-	R _s ³⁾
D₂ : Daños físicos	R _f	R _f	R _f	R _f
D₃ : Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos	R _o ⁴⁾	R _o	-	R _o

- 1) Pérdidas asociadas a la estructura
2) Pérdidas asociadas a la estructura y a las acometidas de servicio respectivamente
3) Solo para propiedades agrícolas con posible pérdida de animales
4) Solo para hospitales u otro tipo de estructuras, donde las fallas en los sistemas internos inmediatamente atente contra la vida

3.2. Riesgo y componentes de riesgo

Los siguientes conceptos fueron tomados de: (2)

El riesgo R es el valor promedio de pérdidas anuales y debe ser evaluado para los tipos de pérdida asociados a la estructura y las acometidas de servicios.

Los riesgos a evaluar en una estructura son:

- R₁**: Riesgo de pérdida de vida humana
- R₂**: Riesgo de pérdida del servicio público
- R₃**: Riesgo de pérdida de patrimonio cultural
- R₄**: Riesgo de pérdida de valor económico

Los riesgos a evaluar en las acometidas de servicio son:

- R'₁:** Riesgo de pérdida de vida humana
R'₂: Riesgo de pérdida de servicio público
R'₄: Riesgo de pérdidas de valor económico

En el Cuadro 6 se muestra las componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en una estructura, este cuadro fue tomado de la NTC 4552-2 (2)

Cuadro 6. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en una estructura.

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
	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						
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 ultimo 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 la estructura causando fuego o explosión.

R_C: Componente relacionada con la falla de sistemas internos causados 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 acometidas 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 son consideradas como fuentes de daño siempre y cuando dichos tubos estén equipotencializadas a la barra equipotencial. Si la unión equipotencial no es provista esta amenaza debe ser considerada.

En el Cuadro 7 se muestra las componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en acometida de servicios, este cuadro fue tomado de la NTC 4552-2 (2)

Cuadro 7. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en acometida de servicios.

Fuente de daño	Descargas sobre la Estructura S1		Descargas sobre las acometidas de servicios S3		Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4
	R' _B	R' _C	R' _V	R' _W	
Componente de riesgo					R' _Z
Riesgo para cada tipo de pérdida					
R' _{1(*)}	X		X		
R' ₂	X	X	X	X	X
R' ₃	X	X	X	X	X

(*) Solo para ductos metálicos sin continuidad eléctrica, que transporte fluido explosivo.
R'_B : Componente relacionado a daños físicos debido a efectos mecánicos y térmicos de la corriente de rayo a fluyendo a través de la acometida de servicio. (Impacto en la estructura).
R'_C Componente relacionada a fallas de equipos conectados debido a sobretensiones por acople resistivo.
R'_V Componente relacionada con daños físicos debido a efectos mecánicos y térmicos por la circulación de corriente de rayo.
R'_W Componente relacionada a las fallas de equipo conectado, debido a sobretensiones por acople resistivo. Pérdidas del tipo L2 y L4 pueden ocurrir.
R'_Z Componente relacionada a la falla de líneas y equipos conectados causado por sobretensiones inducidas sobre la línea.

En el Cuadro 8 se muestra las Componentes de riesgo para cada tipo de daño en la estructura, este cuadro fue tomado de la NTC 4552-2 (2)

Cuadro 8. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en la estructura.

Tipo de daño		Lesiones a seres vivos	Daños físicos	Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos
Componente de Riesgo		R'_s	R_F	R_O
Tipo de Riesgo	R_1	$R_A + R_U$	$R_B + R_V$	$R_C + R_M + R_W + R_Z^{(1)}$
	R_2	-	$R_B + R_V$	$R_C + R_M + R_W + R_Z$
	R_3	-	$R_B + R_V$	-
	R_4	$R_A + R_U^{(2)}$	$R_B + R_V$	$R_C + R_M + R_W + R_Z$

(1) Únicamente para estructuras con riesgo de explosión o 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.

En el Cuadro 9 se muestra las Componentes de riesgo para cada tipo de daño en acometidas de servicio, este cuadro fue tomado de la NTC 4552-2 (2)

Cuadro 9. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en acometidas de servicio.

Tipo de daño		Lesiones a seres vivos	Daños físicos	Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos
Componente de riesgo		R_S	R_F	R_O
Tipo de riesgo	$R'_{1(*)}$	-	$R'_V + R'_B$	-
	R'_2	-	$R'_V + R'_B$	$R'_C + R'_W + R'_Z$
	R'_4	-	$R'_V + R'_B$	$R'_C + R'_W + R'_Z$

(*) Solo para ductos metálicos sin continuidad eléctrica, que transporte fluido explosivo

3.3. Factores que influncian los componentes de riesgo

Las características de la estructura y de sus acometidas de servicios al igual que las medidas de protección existentes, pueden influenciar los componentes de riesgo.

En el Cuadro 10 se muestra las Componentes de riesgo para cada tipo de daño en acometidas de servicio, este cuadro fue tomado de la NTC 4552-2 (2)

Cuadro 10. Factores que influncian las componentes de riesgo.

	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ	R'B	R'C	R'V	R'W	R'Z
Área efectiva	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Resistividad del terreno	X												
Resistividad del piso					X								
Restricciones físicas	X												
Aislamiento	X												
Señalización de advertencia	X												
Equipotencialización del suelo	X												
SIPRA	X	X	X	X	X	X							
Protección coordinada de DPSs			X	X			X	X	X	X	X	X	X
Apantallamiento espacial			X	X									
Apantallamiento de líneas externas					X	X	X	X					
Apantallamiento de líneas internas			X	X									
Rutas de evacuación			X	X									
Redes equipotencializadas			X										
Precaución contra fuego		X				X							
Sensores de fuego		X				X							
Peligros especiales		X				X							
Soportabilidad al impulso			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cable apantallado										X	X	X	X
Cable guarda										X	X	X	X
Apantallamiento adicional de cables										X	X	X	X
NOTA 1: Solo donde las estructuras tenga columnas reforzadas, o las vigas son usadas como sistemas de conducción natural													
NOTA 2: Solo para SIPRA externos (Grillas o mallas externas SIPRA)													
NOTA 3: Debido a uniones equipotenciales													

3.4. MANEJO DEL RIESGO

Los siguientes conceptos fueron tomados de (2)

3.4.1. Procedimiento básico para el manejo del riesgo

La decisión para proteger una estructura o una acometida de servicio contra rayos, así como las medidas de protección seleccionadas, deberán ser realizadas de acuerdo con la NTC 4552. El siguiente procedimiento será aplicado:

- Identificar el objeto a proteger
- Identificar todos los tipos de pérdidas en los objetos y riesgos pertinentes correspondientes R (R_1 a R_4).
- Evaluar el riesgo R para cada uno de los tipos de pérdida.
- Evaluar la necesidad de protección, por comparación de riesgo R_1 , R_2 y R_3 para una estructura (R'_1 para el servicio) con un riesgo tolerable R_t .
- Evaluar la conveniencia económica de protección, por comparación de los costos de las pérdidas totales con y sin medidas de protección. En este caso, la evaluación de la componente de riesgo R_4 para una estructura (R'_4 para un servicio) es realizada con el fin de evaluar tales costos.

3.4.2. Estructura a ser considerada para la evaluación de riesgo

La estructura a proteger debe incluir:

- La estructura misma
- Las instalaciones dentro de la estructura
- El contenido de la estructura
- Las personas dentro de la estructura o que permanezcan en zonas aledañas hasta 3 m fuera de la estructura.
- Ambientes afectados por un daño en la estructura.

La protección no incluye los servicios conectados afuera de la estructura.

3.4.3. Acometida de servicio a considerarse para la evaluación de riesgo

La acometida de servicio a proteger es el medio físico comprendido entre:

- El gabinete de telecomunicaciones y la edificación de los usuarios, para la línea de telecomunicaciones (LTC).
- La subestación de alta tensión y la edificación de los usuarios, para líneas de potencia.
- La estación de distribución principal y la edificación de los usuarios, para ductos metálicos.

Los servicios a proteger incluyen las líneas equipadas y la terminación de estas, tales como:

- Multiplexores, amplificadores de potencia, unidades ópticas, medidores, equipos de terminación de líneas, etc.
- Corta circuitos, sistemas de sobre corriente, medidores, etc.
- Dos centrales de conmutación, para LTC.
- Dos edificaciones de usuarios, para LTC, línea de señales.
- Sistemas de control, sistemas de seguridad, medidores, etc.

La protección no incluye la protección de los equipos de los usuarios o cualquier estructura terminada en la finalización de las acometidas de servicio.

3.4.4. Riesgo tolerable

Es responsabilidad de las autoridades competentes identificar el valor del riesgo tolerable.

Valores representativos de riesgo tolerable R_t donde descargas eléctricas atmosféricas involucran pérdida de vida humana y pérdida de valores sociales y culturales.

En el Cuadro 11 se muestra los valores típicos de riesgo tolerable, este cuadro fue tomado de la NTC 4552-2 (2)

Cuadro 11. Valores típicos de riesgo tolerable.

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}

3.4.5 Procedimiento para evaluar la necesidad de protección

De acuerdo con la NTC 4552-1(1), los siguientes riesgos serán considerados en la necesidad de protección contra rayos para un objeto.

- Riesgos R_1 , R_2 y R_3 para una estructura.
- Riesgo R'_1 y R'_2 para un servicio.

4. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO Y DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS EN EL EDIFICIO DE CIENCIAS AMBIENTALES

La evaluación del nivel de riesgo y de protección contra descargas eléctricas atmosféricas en el edificio de Ciencias Ambientales fue calculado con el paquete computacional RIESGO (6). Mediante este paquete computacional se evaluaron los siguientes items:

- Dimensiones.
- Características de la estructura.
- Influencias ambientales.
- Pérdidas.
- Líneas de servicios.
- Medidas de protección existentes.

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

En la

Figura 9 se muestra la evaluación a las características de la estructura mediante el paquete computacional RIESGO. (6)

Figura 9. Características de la estructura

DIMENSIONES		PÉRDIDAS		LÍNEAS DE SERVICIOS	
Longitud (L)	50,50 m.	Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas		Suministro eléctrico	
Anchura (w)	51,50 m.	Por incendios	A. No ocupadas.	Situación del cable	B. Enterrado.
Altura tejado (H)	14,61 m.	Por riesgo de pánico	A. Sin riesgo.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Altura prominencia (Hp)	14,61 m.	Consecuencia de los daños	A. Sin consecuencias.	Transformador MT/BT	B. Sin transformador.
Superficie exposición (Ad)	17.577,29 m ²	Por sobretensiones	A. No aplica.	Otros servicios aéreos	
				Número de servicios	0
				Tipo de cable	B. No apantallado.
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA		Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales		Otros servicios enterrados	
Tipo de cubierta	B. Hormigón.	Pérdida de servicios	A. No aplica.	Número de servicios	0
Tipo de estructura	D. Ladrillo, cemento.	Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural		Tipo de cable	B. No apantallado.
Riesgo de incendio	B. Común.	Pérdida de patrimonio	A. No aplica.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES	
Tipo de cableado interno	A. No apantallado.	Tipo 4. Pérdidas económicas		Clase SPCR	E. Sin protección.
		Riesgos especiales	A. Sin consecuencias.	Protección sobretensiones	A. Sin protección.
		Por incendios	A. Valor común.		
		Por sobretensiones	A. No aplica.		
		Por tensión paso/contacto	A. Sin riesgo de shock.		
		Riesgo tolerable de pérdidas	C. 1 en 1.000 años.		
INFLUENCIAS AMBIENTALES					
Situación	C. Estructura aislada.				
Factor ambiental	B. Urbano.				
Días de tormenta	0 Días / año				
Densidad anual impactos	0,00 Impactos / km ²				
Tipo de terreno	B- Roca blanda.				

4.1.1. Tipo de estructura. Factor que considera el apantallamiento que proporciona la estructura.

- Metálica: La estructura proporciona un buen apantallamiento a los equipos en el interior.
- Hormigón armado: La estructura proporciona un cierto apantallamiento a los equipos en el interior.
- Madera: La estructura no proporciona ningún apantallamiento electromagnético.
- Cemento, ladrillo: La estructura no proporciona ningún apantallamiento electromagnético.

4.1.2. Riesgo de incendio - Rf

- Bajo: Estadios, estaciones de ferrocarril, centrales telefónicas ($R_f=0,001$).
- Común: oficinas, fabricas, escuelas, teatros, hoteles, museos, comercios ($R_f=0,01$).
- Alto: papeleras, industrias y almacenes de productos inflamables, edificios de madera, tejados de paja ($R_f=0,1$).
- Explosivo: polvorín, silos, panaderías, depósito de gas, petroquímica, pirotecnia ($R_f=1$).

4.1.3 Eficacia del apantallamiento del cableado interno - Ks3

Este factor afecta a la probabilidad de que el rayo pueda causar una descarga peligrosa o sobretensión.

- No apantallado: cableado sin pantalla y sin precauciones especiales en su conducción ($K_{s3}=1,0$).
- Apantallado: cables con pantalla continua o cables en conductos metálicos conectados a tierra a ambos lados ($K_{s3}=0,1$).

4.2. INFLUENCIAS AMBIENTALES

En la Figura 10 se muestra la evaluación de las Influencias ambientales mediante el paquete computacional RIESGO (6)

Figura 10. Influencias ambientales

DIMENSIONES		PÉRDIDAS		LÍNEAS DE SERVICIOS	
Longitud (L)	50,50 m.	Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas		Suministro eléctrico	
Anchura (W)	51,50 m.	Por incendios	D. Siempre ocupadas.	Situación del cable	B. Enterrado.
Altura tejado (H)	14,61 m.	Por riesgo de pánico	C. Medio (entre 100 y 1000 p.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Altura prominencia (Hp)	14,61 m.	Consecuencia de los daños	A. Sin consecuencias.	Transformador MT/BT	A. Transformador.
Superficie exposición (Ad)	17.577,29 m ²	Por sobretensiones	A. No aplica.	Otros servicios aéreos	
<input type="checkbox"/> Fijada manualmente 		Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales		Número de servicios	
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA		Pérdida de servicios		0	
Tipo de cubierta	B. Hormigón.	Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural		Tipo de cable	
Tipo de estructura	D. Ladrillo, cemento.	Pérdida de patrimonio		B. No apantallado.	
Riesgo de incendio	B. Común.	Tipo 4. Pérdidas económicas		Otros servicios enterrados	
Tipo de cableado interno	B. Apantallado.	Riesgos especiales		Número de servicios	
INFLUENCIAS AMBIENTALES		Por incendios		0	
Situación	C. Estructura aislada.	Por sobretensiones		Tipo de cable	
Factor ambiental	B. Urbano.	Por tensión paso/contacto		B. No apantallado.	
Días de tormenta	40 Días / año	Riesgo tolerable de pérdidas		MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES	
Densidad anual impactos	4,00 Impactos / km ²	Por incendios		Clase SPCR	
Tipo de terreno	A- Limo, arcilla, arena semidensa.	Por sobretensiones		E. Sin protección.	
		Por tensión paso/contacto		Protección sobretensiones	
		Riesgo tolerable de pérdidas		B. Sólo en entrada de servicio	

4.2.1. Factor de situación de los elementos próximos - Cd.

Factor de altura basado en la topografía y en la altura relativa de las estructuras u objetos próximos.

- Altura menor que los demás: Rodeado de estructuras más altas ($C_d=0,25$).
- Altura similar: Rodeado de estructuras más bajas o de altura similar ($C_d=0,5$).
- Estructura aislada: Sin otras estructuras alrededor en una distancia de tres veces la altura de la estructura ($C_d=1$).
- Sobre colina o promontorio: Estructura expuesta y aislada en los alto de una colina ($C_d=2$).

4.2.2. Factor ambiental - Ce

Separación entre los nodos de distribución de los servicios de suministro eléctrico o comunicación.

- Edificios altos en ciudad: ($C_e=0$).
- Urbano: Típicamente 100 m al nodo de distribución más cercano ($C_e=0,1$).
- Residencial: Típicamente 500 m al nodo de distribución más cercano ($C_e=0,5$).
- Rural: Típicamente 1000 m al nodo de distribución más cercano ($C_e=1$).

4.2.3. Tipo de terreno

Resistividad estimada.

- Limo, arcilla, arena semidensa: Resistividad baja (500-500 ohm/m).
- Roca blanda: Resistividad normal (500-3000 ohm/m).
- Arena suelta, arena densa, grava, roca dura: Resistividad alta (>3000 ohm/m).

4.3. PÉRDIDAS

En la Figura 11 se muestra la evaluación de las pérdidas mediante el paquete computacional RIESGO(6).

Figura 11. Pérdidas

DIMENSIONES		PÉRDIDAS		LÍNEAS DE SERVICIOS	
Longitud (L)	50,50 m.	Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas		Suministro eléctrico	
Anchura (W)	51,50 m.	Por incendios	D. Siempre ocupadas.	Situación del cable	B. Enterrado.
Altura tejado (H)	14,61 m.	Por riesgo de pánico	C. Medio (entre 100 y 1000 p.)	Tipo de cable	B. No apantallado.
Altura prominencia (Hp)	14,61 m.	Consecuencia de los daños	A. Sin consecuencias.	Transformador MT/BT	A. Transformador.
Superficie exposición (Ad)	17.577,29 m ²	Por sobretensiones	A. No aplica.	Otros servicios aéreos	
	<input type="checkbox"/> Fijada manualmente	Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales		Número de servicios	0
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA		Pérdida de servicios	A. No aplica.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Tipo de cubierta	B. Hormigón.	Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural		Otros servicios enterrados	
Tipo de estructura	D. Ladrillo, cemento.	Pérdida de patrimonio	A. No aplica.	Número de servicios	0
Riesgo de incendio	B. Común.	Tipo 4. Pérdidas económicas		Tipo de cable	B. No apantallado.
Tipo de cableado interno	B. Apantallado.	Riesgos especiales	A. Sin consecuencias.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES	
INFLUENCIAS AMBIENTALES		Por incendios	A. Valor común.	Clase SPCR	E. Sin protección.
Situación	C. Estructura aislada.	Por sobretensiones	B. Valor común.	Protección sobretensiones	B. Sólo en entrada de servicio.
Factor ambiental	B. Urbano.	Por tensión paso/contacto	A. Sin riesgo de shock.		
Días de tormenta	40 Días / año	Riesgo tolerable de pérdidas	C. 1 en 1.000 años.		
Densidad anual impactos	4,00 Impactos / km ²				
Tipo de terreno	A- Limo, arcilla, arena semidensa.				

4.3.1. Factor de pérdidas por incendio - Lf1

Pérdida de vidas humanas debido a incendios. Factor que considera la ocupación de las estructuras y las pérdidas de vidas que pueden ocurrir.

- No ocupadas: Almacén, cantera, subestación eléctrica, huerto solar, estructura con equipos autónomos (Lf1=0,01).
- Ocupadas ocasionalmente: Estadio, iglesia, local de ocio (Lf1=0,02).
- Ocupadas regularmente: Colegio, industria, comercio (Lf1=0,05).
- Siempre ocupadas: Hospital, hotel, prisión, edificio de viviendas (Lf1=0,1).

4.3.2. Factor de peligrosidad especial - h1a

Según la dificultad de la evacuación de la estructura y el riesgo de pánico.

- No ocupada: (h1a=1).
- Riesgo de pánico bajo: Estructura limitada a dos plantas y menos de 100 personas: oficina, bloque de viviendas (h1a=2).
- Riesgo de pánico medio o problemas de evacuación: Teatro, sala de conciertos, centro comercial o deportivo con entre 100 y 1000 personas.
Estructura difícil de evacuar o con personas sin movilidad, hospital, geriátrico, guardería, prisión (h1a=5).
- Riesgo de pánico alto: Teatro, sala de conciertos o acontecimientos deportivos con más de 1000 personas (h1a=10).

4.3.3. Factor de peligrosidad especial - h1b

Factor que tiene en cuenta no solo las pérdidas de vidas en la estructura sino las que pueden derivarse del daño en esta.

- Sin consecuencias: Sin riesgo para personas fuera de la estructura (h1b=1).
- Peligro para el entorno: Almacenamiento de explosivos, silos de cereales, control en aeropuertos (h1b=20).
- Contaminación medioambiental: Nuclear, petroquímica, estructura con sustancias tóxicas o radioactivas (h1b=50).

4.3.4. Factor de pérdidas por sobretensiones - Lo1

Considera las pérdidas de vidas que podría causar el fallo de los equipos.

- No aplica: El fallo de los sistemas eléctricos no causa daños a las personas (Lo1=0).
- Equipos de seguridad: Edificios con sistemas de seguridad eléctricos (ascensores en edificios altos, sensores que evitan riesgos en industrias (Lo1=0,0001).
- Equipos vitales: Hospital, edificio con equipos fundamentales para la vida de las personas (Lo1=0,001).
- Potencialmente explosivo: Edificios en los que un fallo eléctrico puede causar una explosión. (Lo1=0,1).

4.3.5. Factor de pérdidas de servicios - L2

Perdida de servicios esenciales. Este factor se aplica a estructuras que ofrecen servicios públicos.

-No aplica: Los daños en la estructura no afectan a ningún servicio esencial (Lf2-Lo2=0).

-Perdida de servicios: Suministro eléctrico, telecomunicaciones, radio y TV, agua, gas, ferrocarril, aeropuertos, hospitales.(Lf2-Lo2=0,1).

4.3.6. Factor de pérdidas de patrimonio cultural - Lf3

Este factor se aplica a estructuras de significativo valor cultural o patrimonial.

-No aplica: Los daños en la estructura no suponen pérdida de patrimonio cultural (Lf3=0).

-Perdida de patrimonio cultural: Museos, edificios de interés histórico, bienes patrimoniales (Lf3=0,1).

4.3.7. Factor de riesgos especiales - h4

Factor que tiene en cuenta no solo las pérdidas económicas en la estructura sino las que pueden derivarse de los daños en esta.

-Sin consecuencias: No hay riesgos especiales (h4=1)

-Peligro para el entorno: Almacenamiento de explosivos, silos de cereales, control en aeropuertos (h4=20).

-Contaminación medioambiental: Nuclear, petroquímica, estructura con sustancias tóxicas o radiactivas (h4=50).

4.3.8. Factor de pérdidas por incendio - Lf4

Según el valor de la estructura y su contenido.

-Valor común: Vivienda, comercio (Lf4=0,1).

-Valor alto: Hotel, colegio, oficina, iglesia, local de ocio (Lf4=0,2).

-Valor muy alto: Hospital, industria, museo, propiedad agrícola (Lf4=0,5).

4.3.9. Factor de pérdidas por sobretensiones - Lo4

Según el valor de los equipos eléctricos y electrónicos en la estructura.

-No aplica: Estructura sin equipos eléctricos y electrónicos (Lo4=0).

-Valor común: Vivienda, pequeño comercio (Lo4=0,0001).

-Valor alto: Museo, propiedad agrícola, colegio, iglesia, local de ocio (Lo4=0,001).

-Valor muy alto: Hospital, industria, oficina, hotel, centro de negocios (Lo4=0,01).

-Potencialmente explosivo: Edificio en los que un fallo eléctrico puede causar una explosión (Lo4=0,1).

4.3.10. Factor de pérdidas potenciales por tensiones de paso y contacto - Lt4

Este factor está relacionado con las pérdidas debidas a tensiones de paso y contacto dentro y fuera, hasta 3m, de la estructura.

-Sin riesgo de shock: Propiedades agrarias sin riesgo de shock para los animales (Lt4=0).

-Ganado en el interior: Propiedades agrarias con animales dentro de la estructura (Lt4=0,01).

-Ganado en el exterior: Propiedades agrarias con animales fuera de la estructura (Lt4=0,01).

4.3.11. Pérdidas económicas tolerables - Rt4

Pérdidas económicas aceptables por año. Depende de las exigencias del propietario del edificio.

-1 pérdida cada 10 años.

-1 pérdida cada 100 años.

-1 pérdida cada 1000 años.

-1 pérdida cada 10000 años.

-1 pérdida cada 100000 años.

4.4. LINEAS DE SERVICIOS

En la Figura 12 se muestra la evaluación de las Líneas de servicios mediante el paquete computacional RIESGO.(6)

Figura 12. Líneas de servicios

DIMENSIONES		PÉRDIDAS		LÍNEAS DE SERVICIOS	
Longitud (L)	50,50 m.	Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas	Por incendios	D. Siempre ocupadas.	Suministro eléctrico
Anchura (W)	51,50 m.	Por riesgo de pánico	C. Medio (entre 100 y 1000 p.	Situación del cable	B. Enterrado.
Altura tejado (H)	14,61 m.	Consecuencia de los daños	A. Sin consecuencias.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Altura prominencia (Hp)	14,61 m.	Por sobretensiones	A. No aplica.	Transformador MT/BT	A. Transformador.
Superficie exposición (Ad)	17.577,29 m2	<input type="checkbox"/> Fijada <input type="checkbox"/> manualmente	Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales	Otros servicios aéreos	Número de servicios
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA		Pérdida de servicios	A. No aplica.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Tipo de cubierta	B. Hormigón.	Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural	Pérdida de patrimonio	A. No aplica.	Otros servicios enterrados
Tipo de estructura	D. Ladrillo, cemento.	Riesgos especiales	A. Sin consecuencias.	Número de servicios	0
Riesgo de incendio	B. Común.	Por incendios	A. Valor común.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Tipo de cableado interno	B. Apantallado.	Por sobretensiones	B. Valor común.	Otros servicios enterrados	Número de servicios
INFLUENCIAS AMBIENTALES		Por tensión paso/contacto	A. Sin riesgo de shock.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Situación	C. Estructura aislada.	Riesgo tolerable de pérdidas	C. 1 en 1.000 años.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES	
Factor ambiental	B. Urbano.			Clase SPCR	E. Sin protección.
Días de tormenta	40 Días / año			Protección sobretensiones	B. Sólo en entrada de servicio
Densidad anual impactos	4,00 Impactos / km2				
Tipo de terreno	A. Limo, arcilla, arena semidensa.				

4.4.1. Tipo de línea de suministro - PL

- Aéreo: Distribución eléctrica al edificio a través de un cable aéreo (PL=1).
- Enterrado: Distribución eléctrica a la estructura a través de un cable soterrado (PL=2).
- Ninguno: No hay ninguna línea de distribución eléctrica conectada a la estructura (PL=0).

4.4.2. Tipo de cable externo de suministro eléctrico - PLDO y PLIO

Probabilidad de que un impacto, directo o indirecto, en una línea de suministro cause fallos en los equipos eléctricos o electrónicos.

Depende del tipo de cable utilizado.

- Apantallado: Cable totalmente apantallado o cable en conducto metálico unido a tierra en ambos extremos (PLDO=0,4) (PLIO=0,02).
- No apantallado: Sin pantalla o con la pantalla no unida a tierra (PLDO=1) (PLIO=1)

Factor del transformador - Ct

¿Hay algún transformador eléctrico en la estructura? ejemplos: transformador MT/BT, transformador de aislamiento o subestación.

- Transformador: (Ej. línea de MT). Se aplica corrección por sobretensiones (Ct=0,2).
- Sin transformador: (Ej. línea de BT).no se aplica corrección por sobretensiones (Ct=1).

4.4.3. Tipo de cable interno de suministro eléctrico - PLD1 y PLI1

Probabilidad de que un impacto, directo o indirecto, en una línea de suministro cause fallos en los equipos eléctricos o electrónicos. Depende del tipo de cable utilizado.

- Apantallado: Cable totalmente apantallado o cable en conducto metálico unido a tierra en ambos extremos (PLD1=0,4) (PLI1=0,02).
- No apantallado: Sin pantalla o con la pantalla no unida a tierra (PLD1=1) (PLI1=1)

4.4.4. Tipo de cable externo de suministro eléctrico - PLD2 y PLI2

Probabilidad de que un impacto, directo o indirecto, en una línea de suministro cause fallos en los equipos eléctricos o electrónicos. Depende del tipo de cable utilizado.

- Apantallado: Cable totalmente apantallado o cable en conducto metálico unido a tierra en ambos extremos (PLD2=0,4) (PLI2=0,02).
- No apantallado: Sin pantalla o con la pantalla no unida a tierra (PLD2=1) (PLI2=1)

4.5. MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES

En la Figura 13 se muestra la evaluación de las medidas de protección existentes mediante el paquete computacional RIESGO (6).

Figura 13. Medidas de protección existentes

DIMENSIONES		PÉRDIDAS		LÍNEAS DE SERVICIOS	
Longitud (L)	50,50 m.	Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas		Suministro eléctrico	
Anchura (W)	51,50 m.	Por incendios	D. Siempre ocupadas.	Situación del cable	B. Enterrado.
Altura tejado (H)	14,61 m.	Por riesgo de pánico	C. Medio (entre 100 y 1000 r.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Altura prominencia (Hp)	14,61 m.	Consecuencia de los daños	A. Sin consecuencias.	Transformador MT/BT	A. Transformador.
Superficie exposición (Ad)	17.577,29 m ²	Por sobretensiones	A. No aplica.	Otros servicios aéreos	
				Número de servicios	0
				Tipo de cable	B. No apantallado.
				Otros servicios enterrados	
				Número de servicios	0
				Tipo de cable	B. No apantallado.
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA		Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales		MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES	
Tipo de cubierta	B. Hormigón.	Pérdida de servicios	A. No aplica.	Clase SPCR	E. Sin protección.
Tipo de estructura	D. Ladrillo, cemento.	Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural		Protección sobretensiones	Sólo en entrada de servicios
Riesgo de incendio	B. Común.	Pérdida de patrimonio	A. No aplica.		
Tipo de cableado interno	B. Apantallado.	Tipo 4. Pérdidas económicas			
		Riesgos especiales	A. Sin consecuencias.		
		Por incendios	A. Valor común.		
		Por sobretensiones	B. Valor común.		
		Por tensión paso/contacto	A. Sin riesgo de shock.		
		Riesgo tolerable de pérdidas	C. 1 en 1.000 años.		
INFLUENCIAS AMBIENTALES					
Situación	C. Estructura aislada.				
Factor ambiental	B. Urbano.				
Días de tormenta	40 Días / año				
Densidad anual impactos	4,00 Impactos / km ²				
Tipo de terreno	A- Limo, arcilla, arena semidensa.				

4.5.1. Eficacia del SPCR en la estructura - E

Clase de SPCR según la IEC.

-Nivel 1: (E=0,02).

-Nivel 2: (E=0,05).

-Nivel 3: (E=0,2).

-Nivel 4: (E=0).

-Sin protección (E=0).

4.5.2. Factor de protección contra sobretensiones - SP

-Sin protección: No hay ninguna medida de protección contra sobretensiones instalada (SP=0).

-Solo en entrada de servicios: Protección contra sobretensiones de unión equipotencial según IEC62305=3 (SP=1).

-Coordinada según IEC62305-4: Sistema de protección contra sobretensiones completo (SP=2).

4.6. RESULTADO DEL PAQUETE COMPUTACIONAL DEL NIVEL DE PROTECCIÓN

Protección necesaria: La instalación de un sistema externo e interno es necesaria según la IEC 62305-2 (9).
 Nivel de protección: **Nivel 1**

En la Figura 14 se muestra el resultado del nivel de protección según el paquete computacional RIESGO (6).

Figura 14. Resultado del paquete computacional software RIESGO

Ed.	Nombre del edificio	Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
1	Ciencias ambientales UTP	50,50	51,50	14,61	M

DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN SEGÚN LA NORMA UNE-EN 62305-2										
Ed.	Nombre	Superficie de captura	Riesgo de pérdida vidas humanas	Riesgo de pérdida de servicios públicos	Riesgo de pérdida de patrimonio	Riesgo de pérdidas económicas	Necesidad instalación SEPCR*	Nivel de protección	Necesidad instalación SIPCR**	Tipo SIPCR
1	Ciencias ambientales UTP	17.577,29	7,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,67E-05	Necesaria	Nivel I	Necesaria	Entrada

EDIFICIO: CIENCIAS AMBIENTALES UTP

4.6.1. Protección necesaria:

La instalación de un sistema externo e interno es necesaria según la IEC 62305-2 (9).

4.6.2. Nivel de protección:

El nivel de protección requerido es **Nivel 1**.

5. DISEÑO BÁSICO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS EN EL EDIFICIO DE CIENCIAS AMBIENTALES.

5.1. MÉTODO DE LA ESFERA RODANTE

La siguiente información se tomó de la referencia (3):

El método de la esfera rodante debe ser usado para identificar el espacio protegido de las partes y áreas de la estructura.

Aplicando este método, el posicionamiento del sistema de captación es adecuado si no hay un punto de contacto entre el volumen a ser protegido con la esfera de radio r , rodando sobre la tierra, alrededor y sobre la estructura en todas las direcciones posibles. Por consiguiente, la esfera debe tocar únicamente la tierra y/o el sistema de captación.

El radio r de la esfera rodante depende de la clase de protección SIPRA. Esta esfera de radio r es rodada alrededor y sobre toda la estructura hasta que encuentre el plano de tierra de tierra o alguna estructura permanente o un objeto en contacto con el plano de tierra que sea capaz de actuar como un conductor de rayo. Un punto de impacto se puede presentar donde la esfera rodante toca la estructura por tanto es requerido un conductor del sistema de captación en tales puntos de protección.

Cuando el método de la esfera rodante es aplicado a los planos de la estructura debe ser considerada desde todas las direcciones para asegurar que no sobresalgan partes a una zona desprotegida.

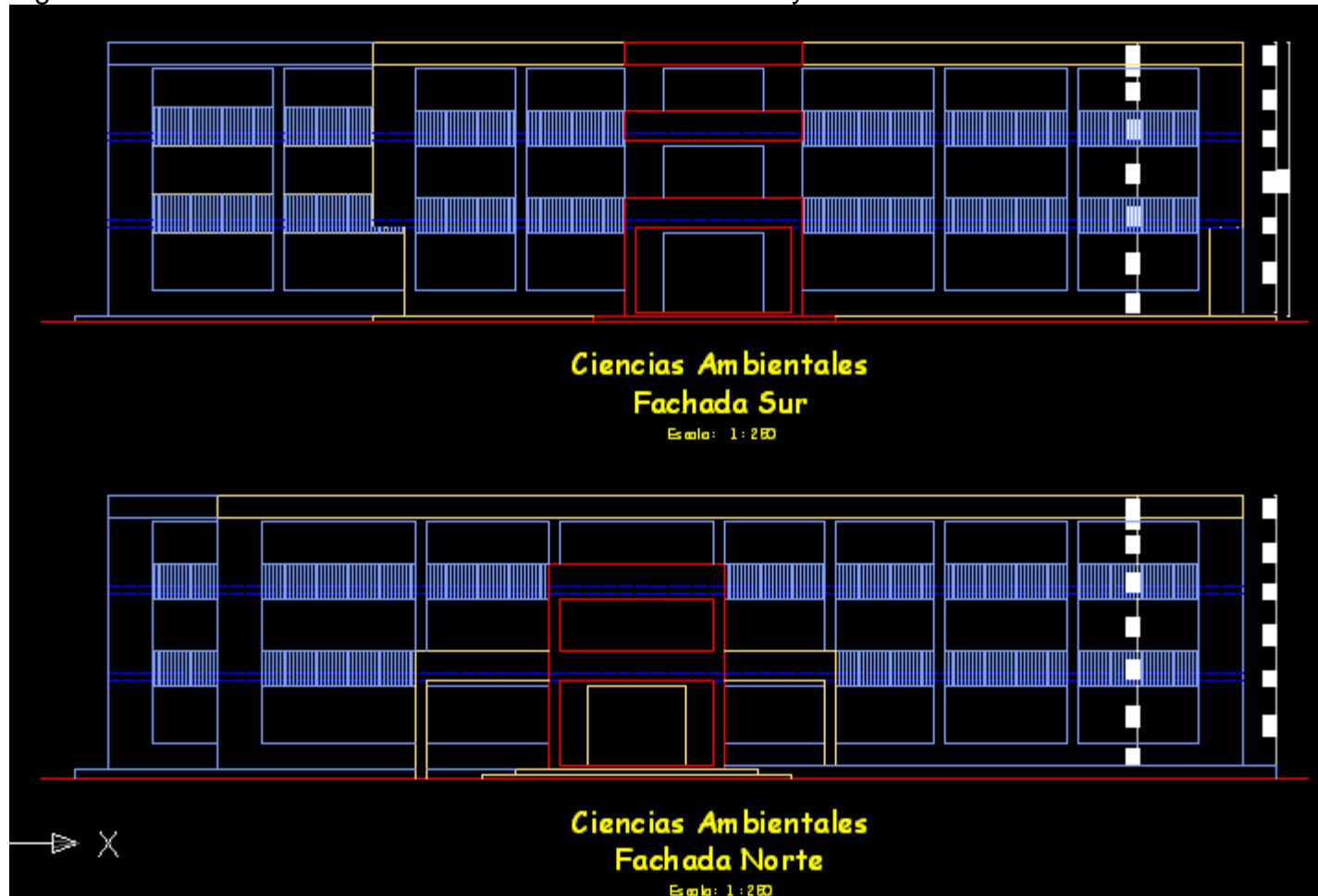
Los puntos que serán impactados por la descarga eléctrica atmosférica pueden ser determinados usando el método de la esfera rodante. El método de la esfera puede también determinar la probabilidad de ocurrencia de un impacto a cada punto de la construcción.

5.2. DISEÑO BÁSICO DE LA PROTECCIÓN EXTERNA

El diseño se realizó teniendo en cuenta los conceptos de la norma NTC 4552 - 1 (3) sobre el método de la esfera rodante con el cual se identifica el espacio protegido de las partes y áreas de la estructura. Para lograr esto se tuvo en cuenta el nivel de riesgo para encontrar el radio de la esfera a utilizar.

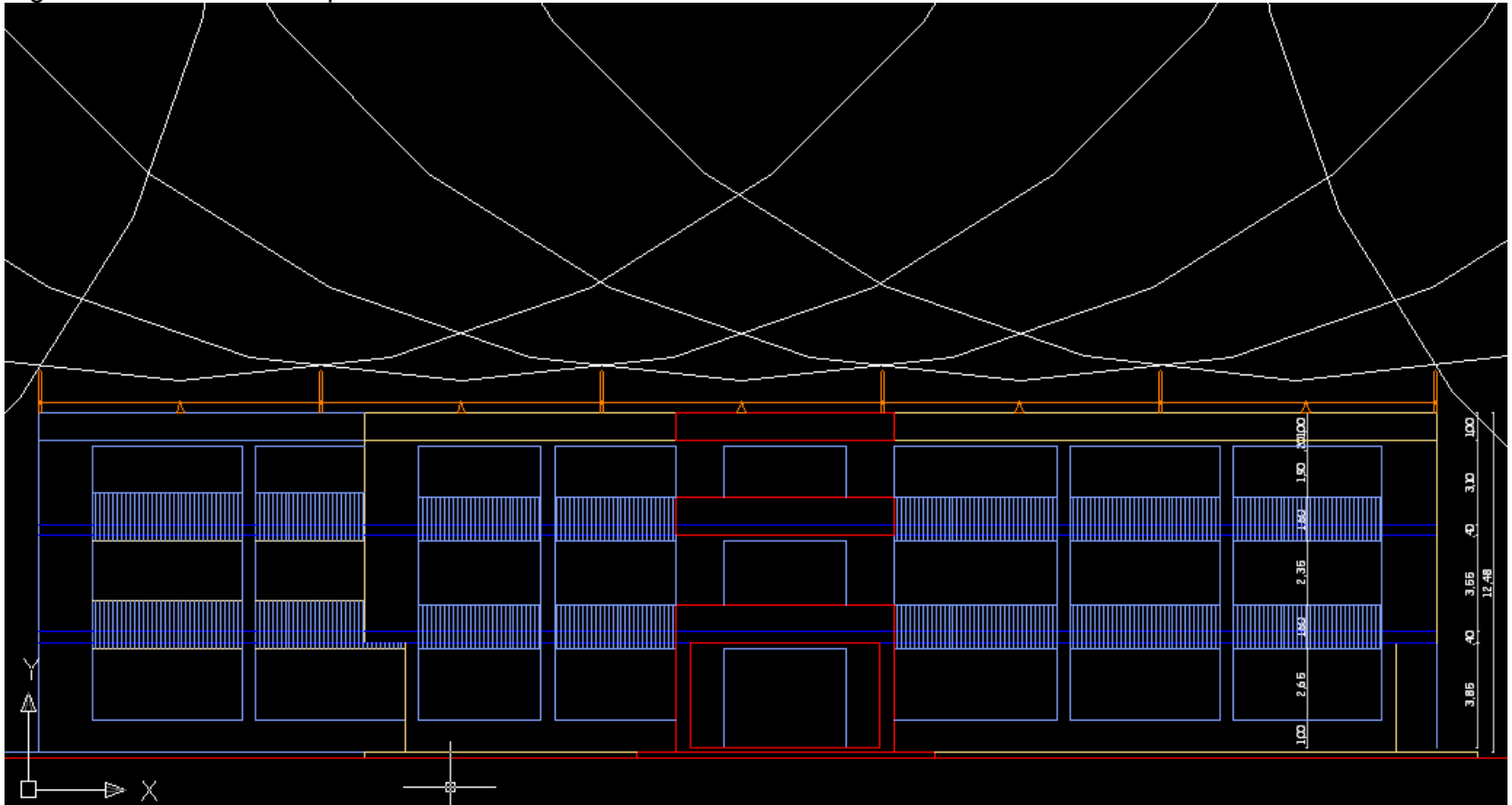
En la Figura 15 se muestra el edificio Ciencias Ambientales fachada sur y fachada norte, mediante el paquete computacional AUTOCAD (7).

Figura 15. Plano edificio Ciencias Ambientales fachada sur y fachada norte.



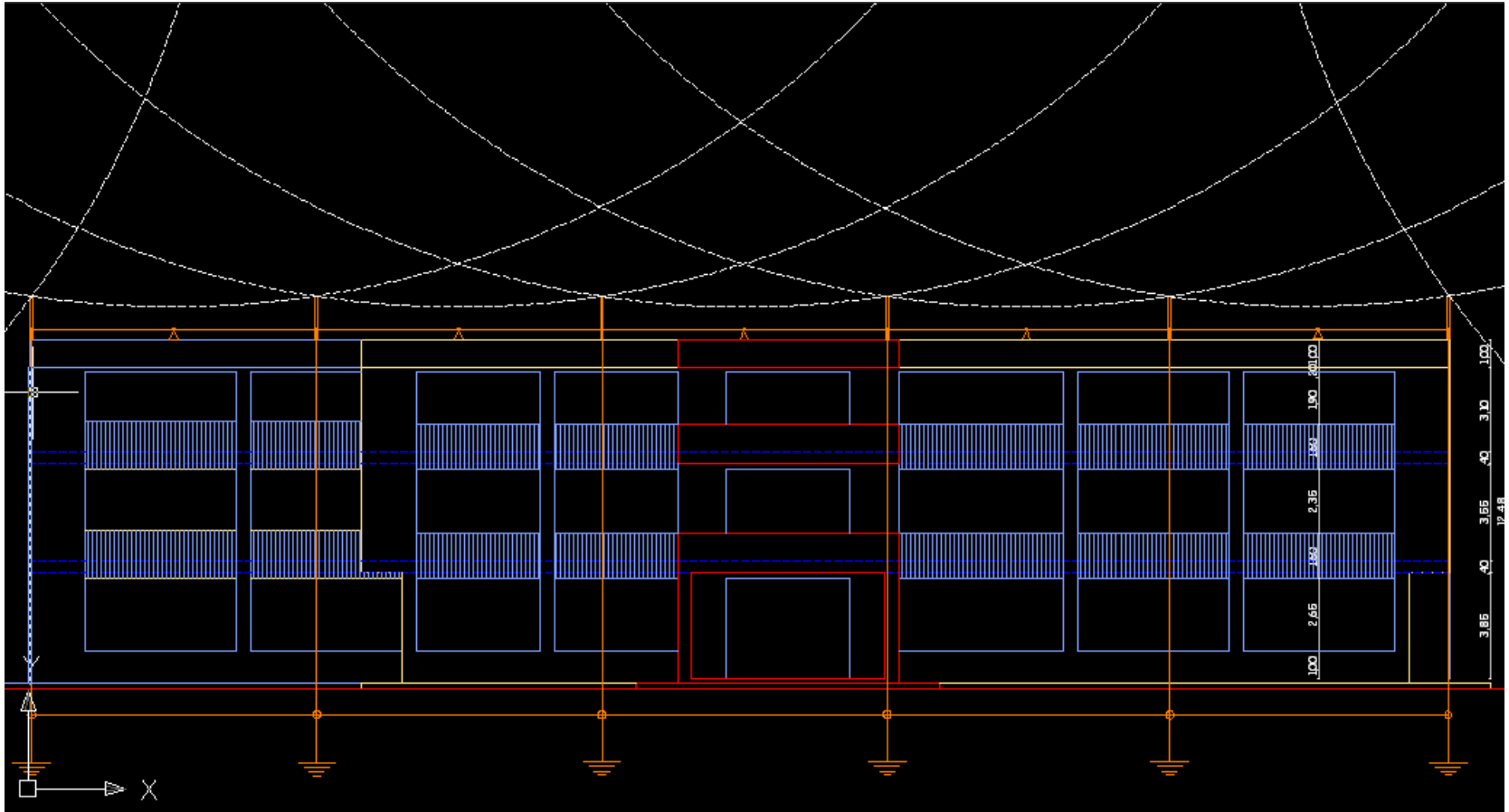
En la Figura 16 se muestra el diseño del sistema de captación en el edificio Ciencias Ambientales fachada sur , mediante el paquete computacional AUTOCAD (7).

Figura 16. Sistema de captación



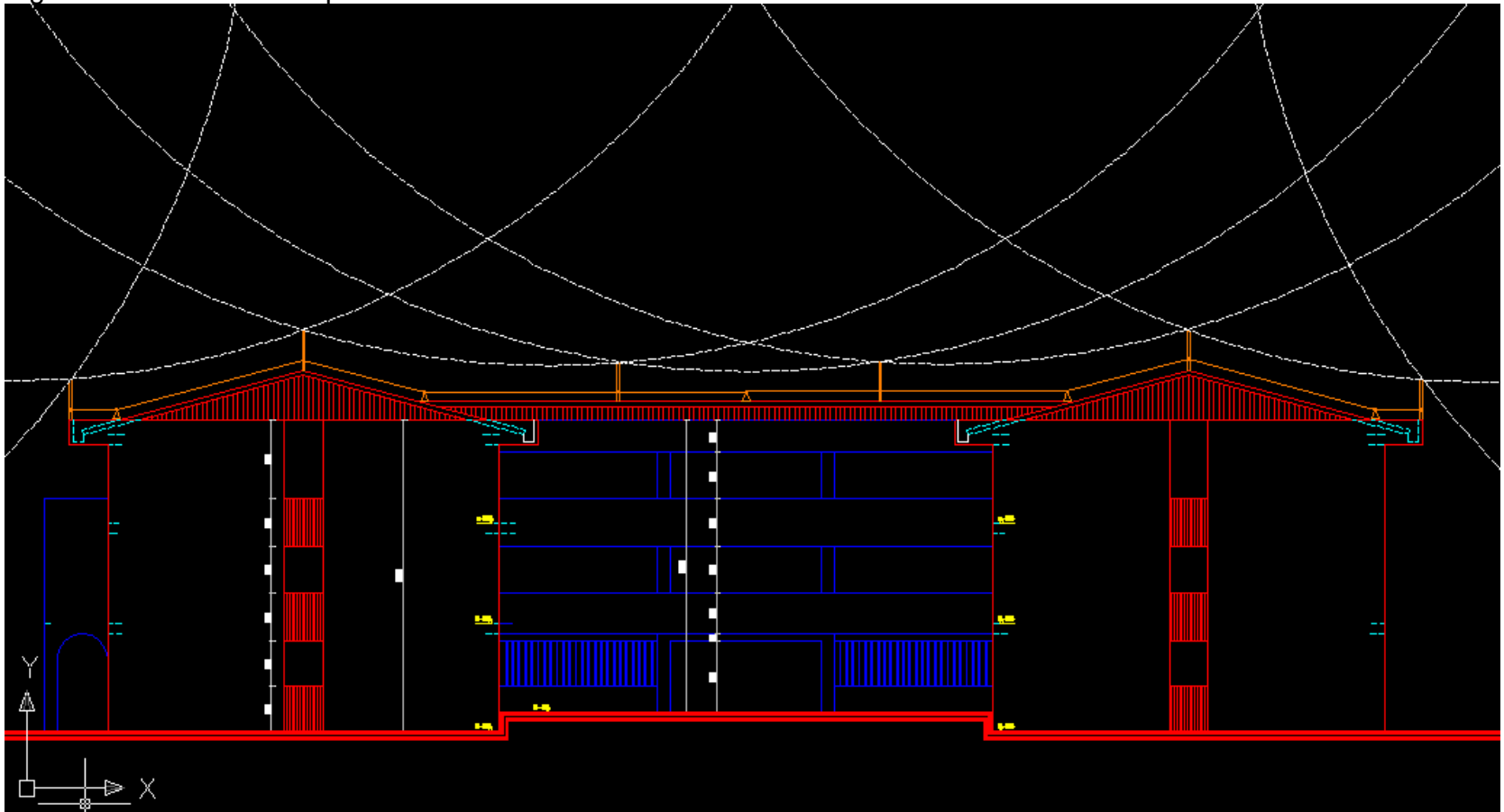
En la Figura 17 se muestra el sistema de captación, sistema de bajantes y sistema de puesta a tierra edificio Ciencias Ambientales fachada sur, mediante el paquete computacional AUTOCAD (7).

Figura 17. Sistema de captación, sistema de bajantes y sistema de puesta a tierra edificio Ciencias Ambientales fachada sur.



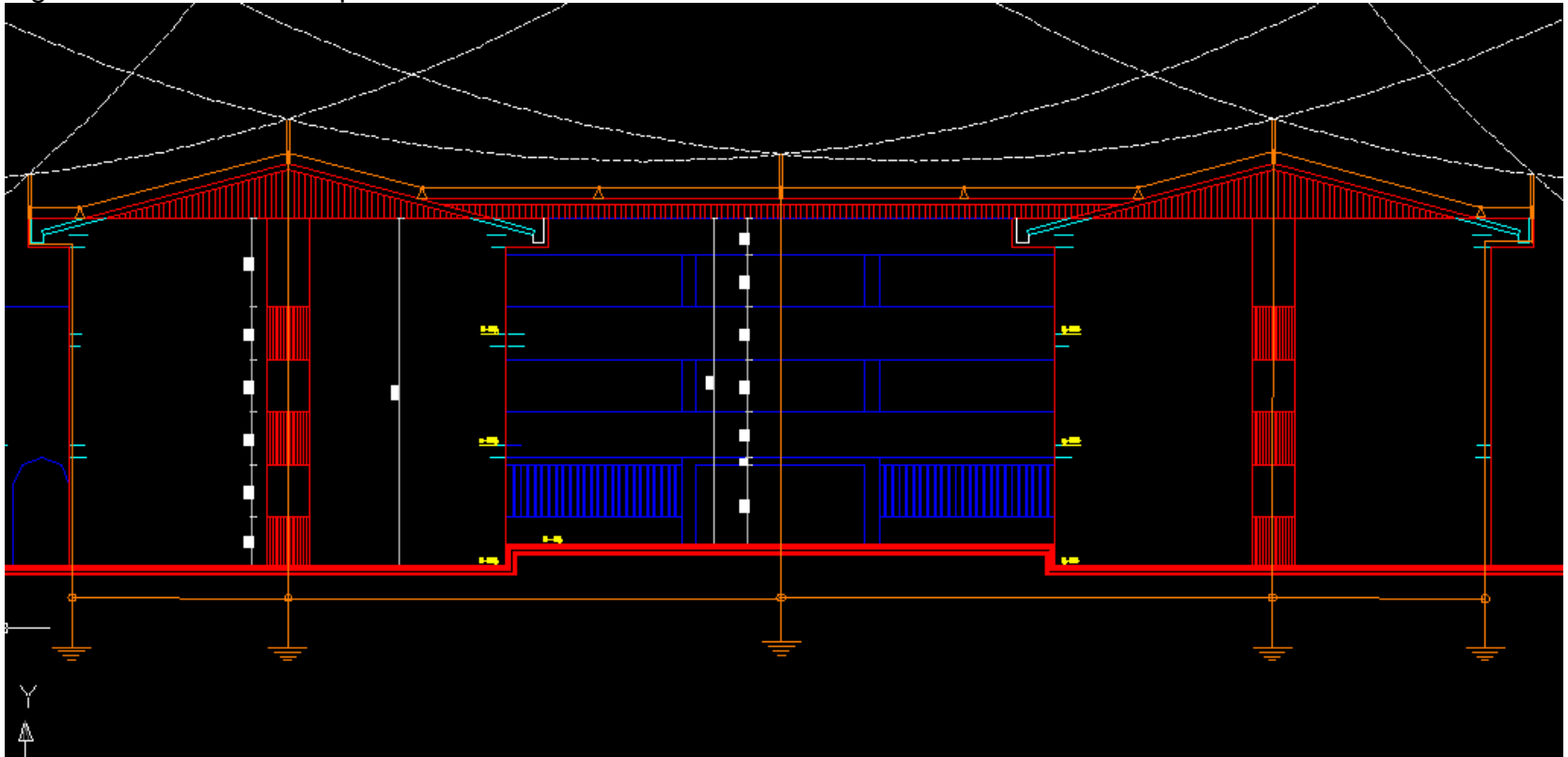
En la Figura 18 se muestra el sistema de captación edificio Ciencias Ambientales fachada occidental, mediante el paquete computacional AUTOCAD (7).

Figura 18. Sistema de captación edificio Ciencias Ambientales fachada occidental



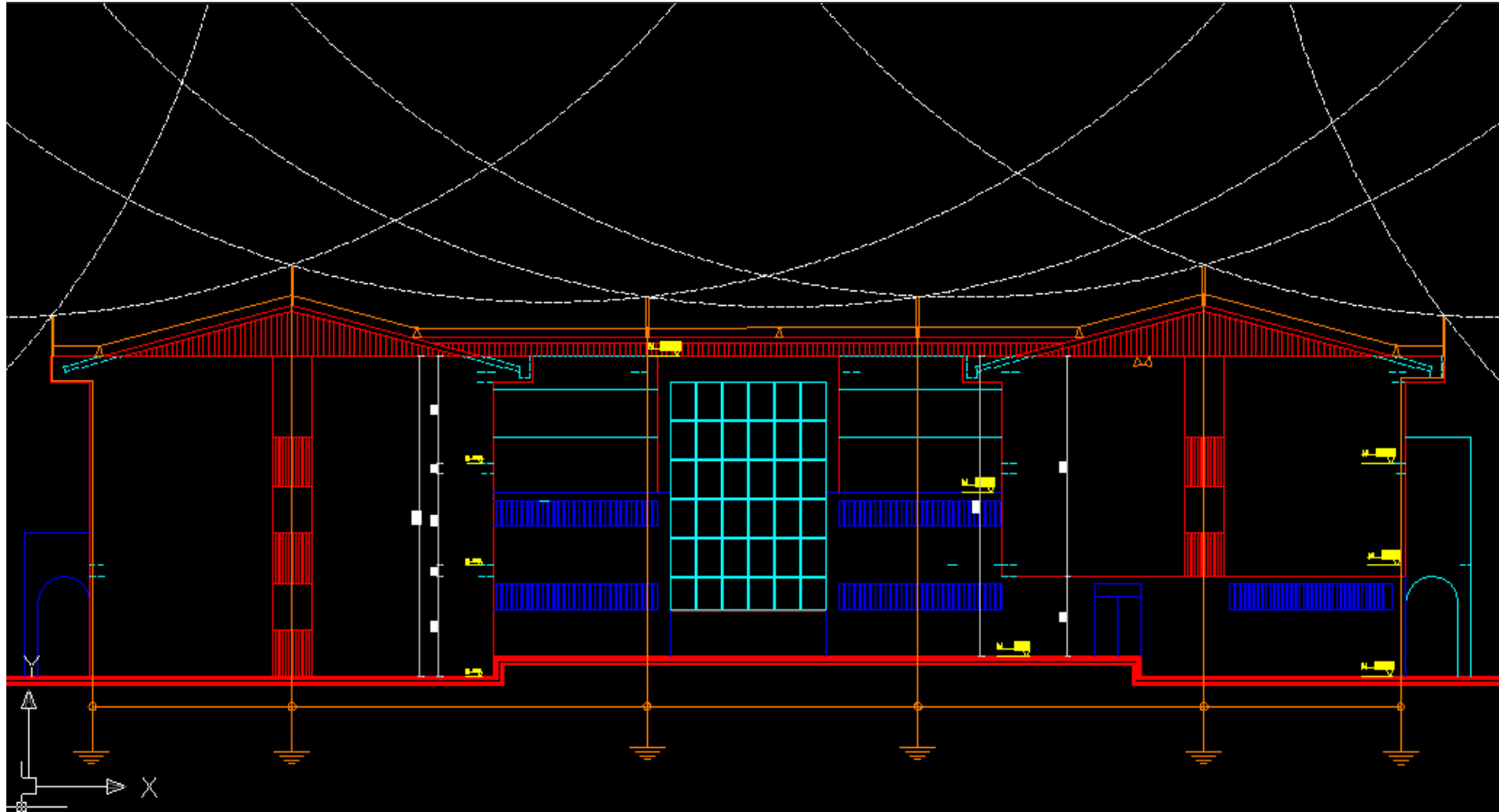
En la Figura 19 se muestra el sistema de captación, sistema de bajantes y sistema de puesta a tierra edificio Ciencias Ambientales fachada occidental, mediante el paquete computacional AUTOCAD (7).

Figura 19. Sistema de captación edificio Ciencias Ambientales fachada occidental



En la Figura 20 se muestra el sistema de captación, sistema de bajantes y sistema de puesta a tierra edificio Ciencias Ambientales fachada oriental, mediante el paquete computacional AUTOCAD (7).

Figura 20. Sistema de captación, sistema de bajantes y sistema de puesta a tierra edificio Ciencias Ambientales fachada oriental.



5.3. LISTA DE MATERIALES PARA LA PROTECCIÓN EXTERNA

En el Cuadro 12 se muestra una lista preliminar de materiales para el diseño básico de la protección externa contra descargas eléctricas atmosféricas, la cual podría ser implementada en el edificio de ciencias ambientales.

Cuadro 12. Lista de materiales para la protección externa

DESCRIPCIÓN	MARCA O REFERENCIA	UNIDAD	COSTO UNITARIO (IVA INCLUIDO)	CANTIDAD	TOTAL
PUNTAS FRANKLIN ROSCADA 5/8X60 CM	NACIONAL, REF: PCW5/8120	Unidad	\$ 128.600	20	\$ 2.572.000
VARILLAS EN ACERO PARA EL SISTEMA DE CAPTACIÓN, DIÁMETRO 12 mm, LONGITUD 30 cm	NACIONAL	Unidad	\$ 8.500	20	\$ 170.000
CONDUCTOR ACSR TRENZADO, CALIBRE 1/0 PARA SISTEMA DE CAPTACION	PROCABLES	Metro	\$ 2.100	204	\$ 428.400
SOPORTES PARA EL ANILLO DE CAPTAIÓN SNAPDECK		Unidad		20	
CONDUCTOR DE COBRE PARA EL SISTEMA DE BAJANTES, CALIBRE 1/0	PROCABLES	Metro	\$ 12.200	312,2	\$ 3.808.840
TUBERIA ACERO INOXIDABLE GALVANIZADO, DIÁMETRO 1/2 PULGADA X 3 METROS, PRECIO POR METRO	COLMENA	UNIDAD	\$ 5.980	312,2	\$ 1.866.956
CONDUCTOR DE COBRE PARA LA EQUIPOTENCIALIZACIÓN DE LA MALLA, CALIBRE 1/0	PROCABLES	Metro	\$ 12.200	204	\$ 2.488.800

DESCRIPCIÓN	MARCA O REFERENCIA	UNIDAD	COSTO UNITARIO (IVA INCLUIDO)	CANTIDAD	TOTAL
VARILLA TERMINAL EN COBRE DE MEDIA PULGADA, LONGITUD 2,40 m	NACIONAL	Unidad	\$ 35.000	20	\$ 700.000
MOLDES PARA SOLDADURA	ACIMEL, REF: MC1/0	UNIDAD	130250	1	\$ 130.250
ABRACEDAS PARA LA TUBERÍA	NACIONAL	UNIDAD	900	80	\$ 72.000
				SUBTOTAL	\$ 12.237.246
				IVA	\$ 1.957.959
				TOTAL	\$ 14.195.205

CONCLUSIONES

- La estructura no cuenta con un sistema de protección externa contra descargas eléctricas atmosféricas.
- En la parte exterior de la edificación se encuentra una punta captadora pero no se encuentra en uso. Además se observó una antena la cual se usó para un proyecto de grado anterior, pero que en este momento se encuentra sin usar y puede aumentar el riesgo de impacto de un rayo porque es el punto más alto de la estructura.
- Todos los tableros de distribución de la edificación están conectados al barraje de puesta a tierra de la subestación.
- La edificación cumple con la resistencia de puesta a tierra de 10Ω establecida por la NTC 4552.
- Los planos eléctricos no fueron actualizados en el momento en que se remodeló el edificio.
- La subestación eléctrica del edificio se encuentra en perfecto estado.
- Solo se encuentra un sistema de protección interna por medio de un DPS el cual está ubicado en la subestación. El resto de la estructura está sin proteger.
- El DPS existente que se encuentra ubicado en la subestación y no es modular, lo que significa que al momento de daño debe ser cambiado inmediatamente.
- El DPS es de fácil acceso para su mantenimiento e inspección.
- La edificación carece de un sistema de alarma para la detección de tormentas eléctricas.
- La evaluación del nivel de riesgo y de protección contra descargas eléctricas atmosféricas en el edificio de Ciencias Ambientales dio como resultado NIVEL 1.
- Se realizó un diseño básico para la protección externa y se consideró un radio de la esfera rodante equivale a 35 m.
- Para el diseño básico para la protección externa se deben usar los siguientes materiales: 20 puntas en el sistema de captación, 20 bajantes x, y, z.
- El costo de los materiales de la protección externa \$wewewewewew.

RECOMENDACIONES

- Es necesario instalar el sistema de protección externa lo más pronto posible ya que se está en una zona de mucha densidad de rayos y sin protección se pueden presentar accidentes con víctimas fatales.
- Realizar la instalación del sistema de alarma en caso de descarga eléctrica atmosférica.
- El cuarto del tablero de distribución principal debe ser usado exclusivamente para este y para los elementos de su respectivo mantenimiento.
- Realizar la actualización de los planos teniendo en cuenta las modificaciones hechas a la estructura.
- Instalar un DPS modular el cual brinde más seguridad y confiabilidad.
- Implementar el apantallamiento para todo el sistema de protección.

BIBLIOGRAFÍA

1. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** Norma Técnica Colombiana. NTC 4552 Parte 1: Principios Generales. Bogotá D.C : ICONTEC, 2008.
2. —. Norma Técnica Colombiana. NTC 4552 Parte 2: Manejo del Riesgo. Bogotá D.C. : ICONTEC, 2008.
3. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** Norma Técnica Colombiana NTC 4552 Parte 3: Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida. Bogotá D.C. : ICONTEC, 2008.
4. **TORRES SÁNCHEZ, Horacio.** *Protección contra Rayos.* Segunda Edición. Bogota DC : ICONTEC, 2010. ISBN.
5. **COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.** Resolución No. 90404 de (28, mayo, 2013). Por la cual se amplía la vigencia del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
6. **RIESGO [USB].** [Valencia, España]: Parque Tecnológico de Valencia, Aplicaciones Tecnológicas.
7. **AUTOCAD [USB].** [California, USA] : San Rafael California, 1981, Autodesk.
8. **ROMERO, Alejandro y CARDONA, Cristian Camilo,** Inspección de sistema de puesta a tierra edificio medio ambiente (en desarrollo). Proyecto de grado para optar al título de tecnólogo en electricidad. Pereira.: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Escuela de Tecnología Eléctrica, 2013.
9. **COMMISSION, INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL.** Protection against lightning 62305 1-2-3 ed1. s.l : CDV IEC , 2009