

### ANEXO 3. ANÁLISIS SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

El siguiente estudio corresponde al análisis de sistema de protección contra rayos del proyecto CDI Clemencia, municipio de Clemencia, departamento de Bolívar. Teniendo en cuenta los lineamientos de la norma NTC 4552, se presenta el desarrollo de la metodología para estimar las condiciones de protección contra rayos.

En primer lugar, se estima el nivel cerámico de la zona de estudio. Posteriormente se estima la corriente absoluta (Iabs), teniendo en cuenta los datos estadísticos ante descargas atmosféricas en la región; igualmente se determina el radio de afectación que tiene una descarga atmosférica. Según los criterios de la norma NTC 4552, el uso de un sistema de protección contra rayos (puntas de Franklin, cable con apantallamiento) se determina con base al nivel de riesgo y al indicador de gravedad que puede presentarse en la edificación, para esto se consideran las dimensiones de la edificación, las actividades realizadas y el tipo de material utilizado para su construcción. A continuación, se presenta el proceso para estimar el sistema de protección contra rayos.

En concordancia con la norma, los parámetros a tener en cuenta para evaluar el nivel de riesgo debido a descargas atmosféricas son la densidad de descargas a tierra (DDT) y la corriente pico absoluta (Iabs). La densidad de descargas a tierra es considerada el parámetro más relevante debido a que permite estimar la probabilidad de que una edificación o estructura se vea afectada por la cantidad de descargas atmosféricas que puedan presentarse. En el caso de la corriente pico absoluta (Iabs) estima la magnitud de corriente que puede tener una descarga atmosférica.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se define la densidad de descargas a tierra como:

$$DDT = 0,0017 * NC^{1,57}$$

Donde:

- NC: Nivel cerámico

Para el departamento de Cundinamarca se presenta un nivel cerámico (NC) de 40, esto se muestra en el mapa de nivel cerámico en la figura 1.

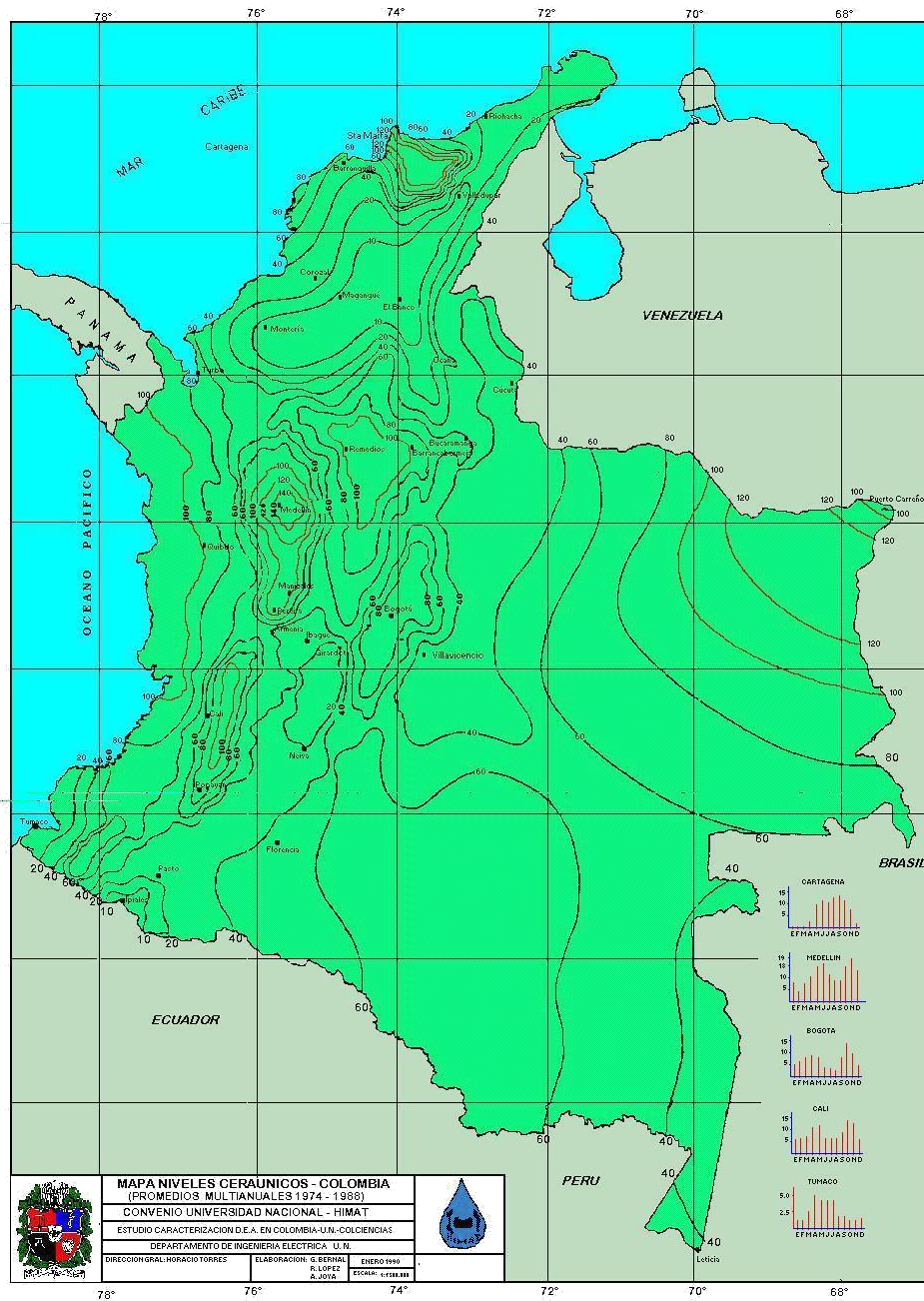


Figura 1. Mapa nivel cerámico Colombia

De acuerdo con las consideraciones de la región, se tiene una corriente absoluta (Iabs) de 40 KA, esta descarga tiene un radio de afectación de 100 m. Por tanto, se tiene:

$$DDT = 0,0017 * 40^{1,57}$$

$$DDT = 0,536$$

A partir de lo anterior, se procede a determinar el indicador de los parámetros del rayo y el nivel de riesgo. En la figura 2 se muestra la tabla de indicador de riesgo y parámetros del rayo de acuerdo con la norma NTC 4552

DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA [Descargas/km <sup>2</sup> - Año]	CORRIENTE PICO ABSOLUTA PROMEDIO [kA]		
	$40 \leq I_{abs}$	$20 \leq I_{abs} < 40$	$I_{abs} < 20$
$30 \leq DDT$	Severo	Severo	Alto
$15 \leq DDT < 30$	Severo	Alto	Alto
$5 \leq DDT < 15$	Alto	Medio	Medio
$DDT < 5$	Medio	Bajo	Bajo

**Figura 2.** Indicador de riesgos y parámetros de rayo según norma NTC 4552

Teniendo en cuenta los resultados de la densidad de descargas a tierra (DDT) y el valor de la magnitud del corriente pico absoluta ( $I_{abs}$ ) se tiene lo siguiente:

**Nivel de riesgo (NR): MEDIO**

Posteriormente se determina el indicador de gravedad (IG) el cual, depende de tres factores, los cuales son: Uso de la estructura, tipo de estructura y dimensiones de estructura (área y altura). En las figuras 3, 4 y 5 se presentan los valores para cada uno de los factores mencionados

CLASIFICACION DE LA ESTRUCTURA	EJEMPLOS DE LA ESTRUCTURA	INDICADOR
A	Teatros, centros educativos, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parques de diversión, aeropuertos, hospitales y prisiones.	40
B	Edificios de oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas	30
C	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos.	20
D	Estructuras no habitadas.	0

**Figura 3.** Indicador relacionado a uso de la estructura (IUSO) según norma NTC 4552

TIPO DE ESTRUCTURA	INDICADOR
NO METALICA	40
MIXTA	20
METALICA	0

**Figura 4.** Indicador relacionado con tipo de estructura (IT) según norma NTC 4552

ALTURA Y AREA DE LA ESTRUCTURA	INDICADOR
AREA MENOR A 900 m <sup>2</sup>	
ALTURA MENOR A 25 m	5
ALTURA MAYOR O IGUAL A 25 m	20
AREA MAYOR A 900 m <sup>2</sup>	
ALTURA MENOR A 25 m	10
ALTURA MAYOR O IGUAL A 25 m	20

**Figura 5.** Indicador relacionado con dimensiones de estructura (área y altura) (IAA) según norma NTC 4552

A partir de los indicadores que se presentan anteriormente, se estima lo siguiente:

- Indicador relacionado con uso de la estructura (IUSO): 40.
- Indicador relacionado con tipo de estructura (IT): 20.
- Indicador relacionado con dimensiones de estructura (IAA): 5.

De esta manera se calcula el indicador de gravedad, el cual se describe a continuación:

$$IG: IUSO+IT+IAA$$

Donde:

- IUSO: Indicador relacionado con uso de la estructura.
- IT: Indicador relacionado con tipo de estructura.
- IAA: Indicador relacionado con dimensiones de estructura.

Por tanto, se tiene:

$$IG = 40 + 20 + 5$$

$$IG = 65$$

De acuerdo con el valor de (IG) se determina la gravedad que puede presentar la estructura, para esto, la norma NTC 4552 presenta los siguientes resultados, ver figura 6.

RESULTADO DE LA SUMA DE LOS SUBINDICADORES DE LA ESTRUCTURA	INDICADOR DE GRAVEDAD
0 A 35	LEVE
36 A 50	BAJA
51 A 65	MEDIA
66 A 80	ALTA
81 A 100	SEVERA

**Figura 6.** Determinación de indicador de gravedad según norma NTC 4552

Teniendo en cuenta el valor de IG (IG = 65), se estima que el indicador de gravedad es: **MEDIO**

A partir de los resultados de nivel de riesgo e indicador de gravedad, se analiza la matriz de riesgo y expuesta por la norma NTC 4552 y se concluye si es necesario utilizar un sistema de protección contra rayos. En la figura 7 se muestra la matriz de riesgo mencionada.

<i>I</i> NR	SEVERA	ALTA	MEDIA	BAJA	LEVE
SEVERO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO
ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO BAJO
MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO
BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO

**Figura 7.** Matriz de riesgo según norma NTC 4552

Teniendo en cuenta los resultados del nivel de riesgo (NR) y el indicador de gravedad (IG) se tiene lo siguiente:

- NR: MEDIO
- IG: MEDIO

De acuerdo con la matriz de riesgo se concluye que para la estructura se tiene un nivel de riesgo: **BAJO**.

## ANÁLISIS DE RIESGO MEDIANTE SOFTWARE IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR

Este software permite verificar el cumplimiento de la normativa en lo referente a sistema de protección contra rayos, según el tipo de edificación que se requiera proteger. A continuación, se presenta la interfaz con los datos iniciales del proyecto:

Edificio número: 1 de 1		Nombre del edificio					Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
Nombre del edificio: CDI CLEMENCIA		1 CDI CLEMENCIA					127,00	29,00	4,60	P

DIMENSIONES		PÉRDIDAS		LÍNEAS DE SERVICIOS	
Longitud (L)	127,00 m.	<b>Tipo 1. Pérdidas de vidas humanas</b>		<b>Suministro eléctrico</b>	
Anchura (W)	29,00 m.	Por incendios	C. Ocupadas regularmente.	Situación del cable	A. Aéreo.
Altura tejado (H)	4,60 m.	Por riesgo de pánico	B. Bajo (menos de 100 persc)	Tipo de cable	B. No apantallado.
Altura prominencia (Hp)	4,60 m.	Consecuencia de los daños	A. Sin consecuencias.	Transformador MT/BT	A. Transformador.
Superficie exposición (Ad)	8.586,89 m <sup>2</sup>	Por sobretensiones	A. No aplica.	<b>Otros servicios aéreos</b>	
Fijada manualmente		<b>Tipo 2. Pérdidas de servicios esenciales</b>		Número de servicios	0
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA</b>		Pérdida de servicios	B. Pérdida de servicios.	Tipo de cable	B. No apantallado.
Tipo de cubierta	B. Hormigón.	<b>Tipo 3. Pérdidas de patrimonio cultural</b>		<b>Otros servicios enterrados</b>	
Tipo de estructura	D. Ladrillo, cemento.	Pérdida de patrimonio	A. No aplica.	Número de servicios	0
Riesgo de incendio	B. Común.	<b>Tipo 4. Pérdidas económicas</b>		Tipo de cable	B. No apantallado.
Tipo de cableado interno	B. Apantallado.	Riesgos especiales	A. Sin consecuencias.	<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES</b>	
<b>INFLUENCIAS AMBIENTALES</b>		Por incendios	A. Valor común.	Clase SPCR	E. Sin protección.
Situación	C. Estructura aislada.	Por sobretensiones	B. Valor común.	Protección sobretensiones	C. Coord. según IEC62305-4.
Factor ambiental	D. Rural.	Por tensión paso/contacto	A. Sin riesgo de shock.		
Días de tormenta	60 Días / año	Riesgo tolerable de pérdidas	C. 1 en 1.000 años.		
Densidad anual impactos	6,00 Impactos / km <sup>2</sup>	<b>Factor de pérdidas por incendio - Lf1</b>			
Tipo de terreno	A. Limo, arcilla, arena semidensa.	Pérdida de vidas humanas debido a incendios. Factor que considera la ocupación de las estructura y las pérdidas de vidas que pueden ocurrir.			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- No ocupadas: Almacén, cantera, subestación eléctrica, huerto solar, estructura con equipos autónomos. (Lf1=0,01)</li> <li>- Ocupadas ocasionalmente: Estadio, iglesia, local de ocio. I (Lf1=0,02)</li> <li>- Ocupadas regularmente: Colegio, industria, comercio. I (Lf1=0,05)</li> <li>- Siempre ocupadas: Hospital, hotel, prisión, edificio de viviendas. I (Lf1=0,1)</li> </ul>			

**Figura 8.** Datos de la infraestructura y condiciones técnicas del sistema eléctrico para CDI Clemencia

En la figura 8 se presenta la interfaz del software para análisis de riesgo. Entre los datos solicitados para el proceso de análisis se requiere:

- Dimensiones de la estructura.
- Características de la estructura.
- Influencias ambientales.
- Líneas de conducción eléctrica.
- Métodos de protección.
- Tipos de pérdidas.
- Riesgos acumulados.

A partir de esta información, se estima el análisis de nivel de riesgo para la infraestructura y las medidas que se requieren para el sistema de protección contra rayos (SIPRA). El resultado de la evaluación de riesgo se presenta en la figura 9.

Edificio número: 1 de 1

Nombre del edificio: CDI CLEMENCIA

Ed.	Nombre del edificio	Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
1	CDI CLEMENCIA	127,00	29,00	4,60	P

**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	CDI CLEMENCIA	8.586,89	6,48E-06	8,67E-04	0,00E+00	1,50E-06	Necesaria	Nivel III	Necesaria	IEC62305-4

**ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PROTECCIÓN**

La protección se realizará mediante: ☒ PDC ☐ Malla

\* SEPCR = Sistema Externo de Protección Contra el Rayo  
\*\* SIPCR = Sistema Interno de Protección Contra el Rayo

Edificio: 1 CDI CLEMENCIA

**PROTECCIÓN NECESARIA:**  
La instalación de un sistema externo e interno es necesaria según la IEC 62305-2.

**NIVEL DE PROTECCIÓN:**  
Nivel de protección: Nivel III

**Figura 9.** Resultados nivel de riesgo para CDI Clemencia

Teniendo en cuenta los resultados presentados, se puede indicar lo siguiente:

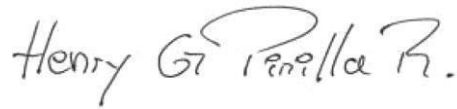
- El riesgo de pérdida de vidas humanas, servicios públicos y pérdidas económicas está en un valor aceptable, dado los resultados, no se presenta un riesgo de consideración.
- Se presenta un nivel de protección tipo III. Con este resultado, se estima el porcentaje de protección estimado para la infraestructura. A continuación, se presenta la relación entre los niveles de protección y su porcentaje de protección.

Nivel	% de protección
Nivel de protección I	99 %
Nivel de protección II	97 %
Nivel de protección III	91 %
Nivel de protección IV	84 %
Sin protección	0 %

## MÉTODO DE LA ESFERA RODANTE

El método de la esfera rodante, en función del sistema de protección contra rayos, consiste en hacer rodar una esfera de un radio determinado (el radio se estima a partir del nivel de protección) sobre la estructura a proteger. Se considera como una zona protegida el área entre la superficie de la esfera y la superficie exterior de la infraestructura, por tanto, los diferentes puntos de la infraestructura y del suelo que la esfera toca, son susceptibles de ser alcanzadas por las descargas.

De acuerdo con el nivel de protección, y teniendo en cuenta las normas IEC 62305-2 y NTC 4552-2, se requiere aplicar el método con una esfera rodante de 50 metros de diámetro, de esta manera, se garantiza la protección de la infraestructura ante descargas atmosféricas. En el plano denominado "SIPRA – Clemencia (dos planos)", se presenta el detalle de la esfera rodante y su cobertura.



**Ing. Henry G. Pinilla R**  
**M.P. CN205-48264**  
**Diseñador**