



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PROTECCIONES ATMOSFÉRICAS PARA
UN ESTABLECIMIENTO UBICADO EN ZONA DE ALTA PROBABILIDAD DE RAYOS

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Manolo Jeampierre García Mirallas

Enrique Alejandro Campuzano Contreras

TUTOR: Ing. Roy Santan Jara Msc.

Guayaquil – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Manolo Jeampierre Garcia Mirallas con documento de identificación N° 0202117586 y Enrique Alejandro Campuzano Contreras con documento de identificación N° 0941442089 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo y autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 17 de agosto del 2024

Atentamente;



Manolo Jeampierre Garcia Mirallas

0202117586



Enrique Alejandro Campuzano Contreras

0941442089

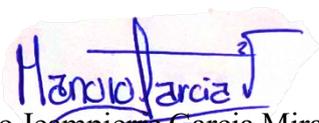
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Manolo Jeampierre Garcia Mirallas con documento de identificación N° 0202117586 y Enrique Alejandro Campuzano Contreras con documento de identificación N° 0941442089 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de lo que somos autores del Proyecto Técnico: “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PROTECCIONES ATMOSFÉRICAS PARA UN ESTABLECIMIENTO UBICADO EN ZONA DE ALTA PROBABILIDAD DE RAYOS”, en la cual ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en el formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 17 de agosto del 2024

Atentamente;


Manolo Jeampierre Garcia Mirallas

0202117586


Enrique Alejandro Campuzano Contreras

0941442089

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Roy Freddy Santana Jara con documento de identificación N° 0910972637 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PROTECCIONES ATMOSFÉRICAS PARA UN ESTABLECIMIENTO UBICADO EN ZONA DE ALTA PROBABILIDAD DE RAYOS”**, realizado por Manolo Jeampierre Garcia Mirallas con documento de identificación N° 0202117586 y Enrique Alejandro Campuzano Contreras con documento de identificación N° 0941442089, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 17 de agosto del año 2024

Atentamente;



Ing. Roy Santana Jara Msc.
0910972637

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por brindarme salud y guiar mi camino para poder conseguir esta meta , segundo a mis padre Manolo Garcia y mi madre Consuelo Mirallas, todo esto no sería posible, sin su apoyo, su ayuda y también su cariño.

Mi compañera de vida , Milena Guillin , le agradezco el amor, motivación y apoyo incondicional . A mi pequeña hija Isabella Garcia, por ser mi motor fundamental en toda situación, todo lo que soy y seré es para ella, mi mayor regalo. Por último, me la dedico a mi, por mi esfuerzo y dedicación, por no rendirme y poder alcanzar mi meta.

Manolo Jeampierre Garcia Mirallas

Dedico este trabajo a mis padres Eusebio Campuzano y Martha Contreras, a mis abuelos, hermanas y tios por su amor incondicional, su constante apoyo y los sacrificios realizados que han hecho posible este logro. Agradezco también a mi tutor por su orientación, inspiración y el conocimiento que compartieron, lo cual ha sido clave para mi crecimiento académico y personal. Finalmente, expreso mi gratitud a mi compañeros de tesis, por su compañerismo, colaboración y los valiosos intercambios que enriquecieron esta experiencia.

Enrique Alejandro Campuzano Contreras

AGRADECIMIENTO

Empezare agradeciendo a Dios por brindarme salud y guiarme en cada paso que he dado en mi vida. Gracias por siempre estar presente, a mi familia, gracias a sus consejos y el sacrificio que realizaron al darme la educación: lo valoro, lo agradezco y anhelo en un futuro poder recompensarlos con todo lo que merecen. Son mi motor durante todo este proceso. También a mi esposa, que ha sido mi compañera de estudio durante mis jornadas de estudio, por ser mi soporte emocional durante todo este hermoso camino que hemos recorrido juntos. A mi pequeña, Isabella, luz de mis ojos, agradezco por cada detalle que ha tenido durante mis estudios, su paciencia y su amor incondicional, a mi compañero de tesis Enrique Campuzano por este trabajo que hemos realizado con dedicación y esfuerzo para poder conseguir nuestra meta, y finalmente gracias a nuestra tutor, por que nos ha acompañado desde el primer día, guiándonos con sus conocimientos y experiencias para que podamos realizar nuestro trabajo de investigación.

Manolo Jeampierre Garcia Mirallas

Le doy gracias a Dios por haberme brindado las fuerzas necesarias para poder culminar mi carrera profesional, a mis padres y abuelos por sus consejos y esfuerzo mis compañeros Mildred Salas y Daniel Aguirre.

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a [CMSG], cuya paciencia y amor han sido esenciales para la culminación mi carrera profesional. Sus palabras de ánimo y la confianza que tuvo siempre me han brindado me han dado la energía necesaria para superar los momentos más difíciles. Este logro es tanto tuyo como mío, ya que estuvo a mi lado en cada etapa de este camino.

Quiero también agradecer profundamente a mi compañero de tesis, Manolo Garcia, por su dedicación, esfuerzo y la colaboración inquebrantable a lo largo de este proceso. Juntos hemos enfrentado desafíos aprendiendo, y lo más importante, hemos crecido tanto a nivel profesional como personal. Tu compromiso y pasión han sido un apoyo fundamental para que este proyecto se convierta en realidad .

Enrique Alejandro Campuzano

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
ACRONIMOS	XV
CAPÍTULO I.....	1
1.1. TÍTULO	1
1.2. INTRODUCCIÓN	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.4. JUSTIFICACIÓN	2
1.5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.6. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA.....	2
1.7. OBJETIVOS	3
1.7.1. Objetivo General.....	3
1.7.2. Objetivos Específicos.....	3
1.8. METODOLOGÍA Y MEDIOS	3

CAPÍTULO II	4
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1.1. Descargas atmosféricas	4
2.1.2. Sobretensiones	4
2.1.3. Sobretension transitoria	4
2.1.4. Sobretension permanente	5
2.2. CIRPROTEC	5
2.3. SISTEMA DE PARARRAYOS.....	5
2.3.1. Sistema de captación.....	6
2.3.2. Punta Captadora	7
2.3.3. Pieza de adaptación.....	7
2.3.4. Contador de rayos	7
2.3.5. Sistema bajante	8
2.3.6. Sistemas de puesto a tierra	8
2.3.7. Conductores en sistemas de protección pasivos	8
2.4. SOFTWARE NIMBUS PROJECT DESIGNER	9
2.5. NORMATIVAS.....	9
2.5.1. Normativa NFPA 780	9
2.5.2. Normativa IEC 62305	10
2.5.3. Normativa UNE 21186	10
2.5.4. Normativa NF C 17-102	11
2.5.5. Normativa IEEE 80.....	11
2.5.6. Calibre de conductor (Ar)	11
2.5.7. Malla a Tierra.....	12

2.5.8.	Componentes que constituyen una malla de tierra.	12
2.6.	VOLTAJES DE TOQUE	13
2.7.	VOLTAJES DE PASO.....	13
2.8.	BREAKER PARA PROTECCIONES (SPD).....	14
2.8.1.	Diferentes posiciones de instalaciones.....	14
2.8.2.	Diferente capacidad de corriente de descarga:.....	15
2.9.	BOBINA DE CHOQUE.....	15
2.9.1.	Radio de Protección FRANKLIN.....	16
2.10.	RADIO DE PROTECCIÓN PDC	17
2.10.1.	Área de captación (Ae).	18
2.10.2.	Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA) 8.	18
2.10.3.	Coefficiente en relacion al medio (C1)	19
2.10.4.	Riesgos admisibles (Na)	20
2.10.5.	Coefficiente en funciones al tipo de construcciones (C 2).....	20
2.10.6.	Coefficiente en funciones al contenido del inmueble(C3).....	21
2.10.7.	Coefficiente en funciones al uso del inmueble (C4).	22
2.10.8.	Coefficiente en funciones de las actividades (C5)	22
2.11.	EFICIENCIA DEL SISTEMA.....	23
2.12.	RESISTENCIA DE MALLA TRIANGULAR.....	24
CAPÍTULO III.....		26
3.1.	DISEÑO DE SISTEMAS DE PARARRAYOS (PDC).....	26
3.1.1.	Definición de caso de estudio	26
3.1.2.	Definición de densidad de descarga (Ng)	26
3.1.3.	Área de captación (Ae)	27

3.1.4.	Cálculo de riesgo admisible	27
3.1.5.	Cálculo de la frecuencia de impacto (Ne).....	28
3.1.6.	Cálculo en la eficiencia de los niveles de protección	28
3.1.7.	Definición de la protección de los sistema	29
3.1.8.	Cálculo del calibre del conductor (Ar).....	29
3.1.9.	Cálculo de los voltajes de toque y paso	30
3.1.10.	Cálculo de malla triangular	31
3.2.	SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE NIMBUS PROJECT	33
3.2.1.	Diagrama del flujo del software.....	33
3.2.2.	Simulación en el software	35
CAPÍTULO IV	38
4.1.	ANÁLISIS Y RESULTADOS EN LA SIMULACIÓN.....	38
4.2.	ANÁLISIS Y RESULTADOS EN LA RESISTIVIDAD DEL SUELO.....	39
4.3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS EN LOS CALCULOS.	39
4.4.	PRESUPUESTO DE MATERIALES.....	41
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES.	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXOS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eventos de tormentas km/year.....	4
Figura 2 Sistema de instalaciones	6
Figura 3. Software para protección atmosférica	9
Figura 4. Sistema de bobina de choque	16
Figura 5. Pararrayo tipo Franklin.....	17
Figura 6. Pararrayo tipo PDC.....	18
Figura 7. Eventos de tormentas km/year.....	26
Figura 8. Sector de estudio.....	27
Figura 9. Primera parte del diagrama del flujo del software.....	33
Figura 10. Segunda parte del diagrama del flujo del software	34
Figura 11. Información correspondiente al proyecto	35
Figura 12. Diseño de la instalación.....	35
Figura 13. Diseño de la trayectoria de protección	36
Figura 14. Paso 4 – Modelo del pararrayo	36
Figura 15. Demostración del área protegida	37
Figura 16. Generar documentación.....	37
Figura 17. Área de protección total.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Área de protección.....	7
Tabla 2. Niveles en protecciones con la normativa 21186	10
Tabla 3. Coeficiente relacionado en el entorno C1.....	19
Tabla 4. Tipo de construcciones C2.....	21
Tabla 5. Funciones del contenido del inmueble C3	21
Tabla 6. Coeficiente en funciones al uso del inmueble C4.....	22
Tabla 7. Coeficiente en función a la continuidad de las actividades C5.....	23
Tabla 8. Eficiencia del sistema, según CTE sección SUA 8	24
Tabla 9. Resistividades medias de terrenos del suelo	30

RESUMEN

El proyecto titulado "Propuesta de implementación de protecciones atmosféricas para un establecimiento ubicado en zona de alta probabilidad de rayos" aborda la necesidad de proteger infraestructuras y personas ante descargas atmosféricas, un fenómeno natural impredecible y destructivo. El objetivo general fue desarrollar un sistema de protección utilizando el software Nimbus Project Designer para establecimientos en áreas de alta incidencia de rayos. La metodología se centró en cumplir con las normativas IEC 62305 y NFPA 780, empleando análisis detallados y simulaciones para diseñar un sistema que satisfaga las necesidades específicas de la localidad. Se realizó un minucioso estudio de la densidad de descargas y los factores de riesgo asociados, adaptando las soluciones a las condiciones locales y estructurales del establecimiento. Los resultados principales confirmaron que la implementación del sistema diseñado, que incluye pararrayos tipo Franklin y otros componentes según los estándares internacionales, proporciona una protección efectiva. El diseño logró minimizar los riesgos de daños estructurales y a equipos, asegurando la seguridad de las personas y la integridad de las infraestructuras. Esta implementación no solo cumple con los requisitos técnicos de protección adecuada, sino que también fortalece la seguridad operacional, ofreciendo una inversión prioritaria en la planificación de infraestructuras en zonas propensas a rayos. La simulación con Nimbus Project Designer permitió validar cada aspecto del diseño, garantizando que el sistema funcione óptimamente y de acuerdo con las normativas pertinentes.

Palabras claves: análisis de riesgo, descargas eléctricas, normativa IEC 62305, pararrayos tipo PDC, protecciones atmosféricas.

ABSTRACT

The project entitled “Proposal for the implementation of atmospheric protection for a facility located in a high lightning probability area” addresses the need to protect infrastructure and people from lightning strikes, an unpredictable and destructive natural phenomenon. The overall objective was to develop a protection system using Nimbus Project Designer software for facilities in areas of high lightning incidence. The methodology focused on complying with IEC 62305 and NFPA 780 standards, using detailed analysis and simulations to design a system that meets the specific needs of the location. A thorough study of the discharge density and associated risk factors was carried out, adapting the solutions to the local and structural conditions of the facility. The main results confirmed that the implementation of the designed system, which includes Franklin type lightning rods and other components according to international standards, provides effective protection. The design was able to minimize the risks of structural and equipment damage, ensuring the integrity of the facilities and the safety of people. This implementation not only meets the technical requirements for adequate protection, but also strengthens operational safety, providing a priority investment in infrastructure planning in lightning-prone areas. Simulation with Nimbus Project Designer allowed validation of every aspect of the design, ensuring that the system works optimally and in accordance with the relevant regulations.

Keywords: risk analysis, electrical discharges, IEC 62305 standard, PDC lightning rod, atmospheric protection.

ACRONIMOS

- NFPA Asociación Nacional de Protección contra el Fuego
- IEC Normas Internacionales para el sector eléctrico, electrónico
- PDC Pararrayos con dispositivos de cebado
- UNE Normalización Española
- NFC Near Field Communication(Comunicación de campo cercano)
- IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
- SPT (Shielded Twisted Pair- Par trenzado apantallado)
- SPD Sistema de Protección contra Sobretensiones
- CTE SU8 Protección contra los peligros provocado por el impacto del rayo
- ΔT Diferencia en la temperatura
- μs Unidad de medida de tiempo del Sistema Internacional de Unidades

CAPÍTULO I

1.1. TÍTULO

Propuesta de implementación de protecciones atmosféricas para un establecimiento ubicado en zona de alta probabilidad de rayos.

1.2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es fundamental y prioridad la prevención del personal. La exposición de la infraestructura para los fenómenos atmosféricos representan importantes retos en cuanto a la prevención de dichos accidentes.

El fenómeno de los rayos es inherentemente impredecible, ya que presenta riesgos tanto materiales como para la vida humana, provocando efectos destructivos en infraestructuras y en los dispositivos electrónicos. El objetivo de este trabajo de tesis es la proposición del sistema de protección contra descargas atmosféricas, diseñado específicamente para su implementación en organizaciones tanto del ámbito público como privado.

Un conocimiento profundo de los elementos determinados relacionados con la protección ante descargas eléctricas de origen atmosféricos, la localidad posibilita no solo una gestión de riesgos como eficientes, sino también los avances constantes de los niveles de protección en establecimientos decisivos.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ciertas zonas tienen gran probabilidad de descargas atmosféricas por la ubicación de las mismas y así causar una gran cantidad de daños en equipos y así causando muchas pérdidas económicas y más aún el riesgo hacia las personas.

La descarga atmosférica es causante de daños significativos en equipos electrónicos y eléctricos también pérdida de energía y causante de pérdidas económicas por desconexión del sistema eléctrico como la importancia de la prevención de los inquilinos que disponen estos establecimientos, el diseño establecido para la protección atmosférica nos garantiza salvaguardar a las personas, equipos e infraestructura.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Los establecimiento dedicado a la hotelería en dicha zona tiene un papel importante en la economía del sector donde se encuentra ubicado todos los equipos electrónicos y eléctricos que están dentro del establecimiento requieren una mayor protección, la implementación de un pararrayos en la terraza está pensando en prevenir sobrevoltajes de dichos fenómenos naturales y así podemos cumplir las normativas de protección NFPA y dar un resultado apropiado y asegurar la infraestructura y a las personas.

1.5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Este se centrará en la infraestructura como en la protección, en el sector privado, ubicado en la provincia Bolívar, la prevención en las instalaciones es fundamental para garantizar sus operaciones. Este enfoque aplicará un estudio minucioso de la prevención de las infraestructuras, así como técnicas favorables a la elaboración y análisis guía en ambientes, simulaciones que representan los requisitos específicos de la zona. Esta búsqueda no se encargará de aspectos diferentes a una propuesta de implementación de protecciones atmosféricas para un establecimiento ubicado en zona de alta probabilidad de rayos.

1.6. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA

La oferta de ejecución de protecciones atmosféricas a un establecimiento ubicado en zona de alta probabilidad de rayos.

La creación y la implementación del sistema de prevención contra descargas atmosféricas como su protección de equipos eléctricos y electrónicos producen varios beneficios tanto directos como indirectos para diferentes grupos de interés sus principales favorecidos son:

SECTOR COMERCIAL:

Esta investigación hace una contribución significativa al campo comercial al proporcionar información importante sobre la aplicación de métodos seguros y eficaces para proteger equipos eléctricos. Su enfoque de la seguridad y regulación de la electricidad realza los niveles al mejorar la prevención física de estas infraestructuras comerciales contra peligros naturales.

PERSONAL EN ESTABLECIMIENTO:

El desarrollo del método recomendado mejorará y protegerá el ámbito profesional al minimizar los peligros asociados contra la caída de rayos.

Al asegurar operaciones continuas, previene accidentes por exposición en áreas desprotegidas del establecimiento, y reduce pérdidas económicas.

ESTUDIANTES, INGENIEROS ELÉCTRICOS:

El proyecto de titulación beneficiará a la carrera de profesionales teniendo un mayor alcance en protecciones, al brindarles una orientación manual para la formulación de guía para el desarrollo de nuevas iniciativas.

Para suministrar el planteamiento sereno, minucioso al implementar los elementos de seguridad hacia rayos en espacios comerciales, proporciona un ambiente claro para desarrollar nuevas iniciativas. Este aporte resulta hacia un aumento característico de las preparaciones competentes y prácticas, de varios expertos que quieren entender y administrar efectivamente las habilidades en seguridad eléctrica.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

Establecer el proceso de protección para un establecimiento ubicado en zona de alta probabilidad de rayos mediante el Nimbus Project.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Aplicar la norma IEC 62305 en la prevención de rayos para cumplir una serie de inseguridades.
- Evaluar el área a proteger basándose en los principios de ICE 62305 para determinar el tamaño del sistema de protecciones atmosféricas.
- Analizar los cálculos mediante el software Nimbus Project Designer asegurando una protección efectiva de la zona especificada.

1.8. METODOLOGÍA Y MEDIOS

Se realizará un análisis con el fin de desarrollar un sistema de protección contra descargas eléctricas para una instalación situada en un área de alta probabilidad de ocurrencia de rayos. El presente estudio se enfoca en las normativas IEC 62305 y NFPA 780, así como en su correspondiente fuente bibliográfica, para poder cumplir los requerimientos para plan de trabajo , teniendo en cuenta la localización donde esta el establecimiento.

CAPÍTULO II

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Descargas atmosféricas

Las descargas atmosféricas es una oscilación de la red electromagnética en la atmósfera, la ionosfera y la atmósfera se denominan como una sobre carga eléctrica atmosférica global. En el siglo XVIII, Benjamín Franklin manifestó sobre la naturaleza eléctrica del rayo, eso muestra la conexión entre las tormentas y el importante entendimiento a la electricidad atmosférica y sus propiedades y consecuencias del clima [1] como nos indica en la figura 1.

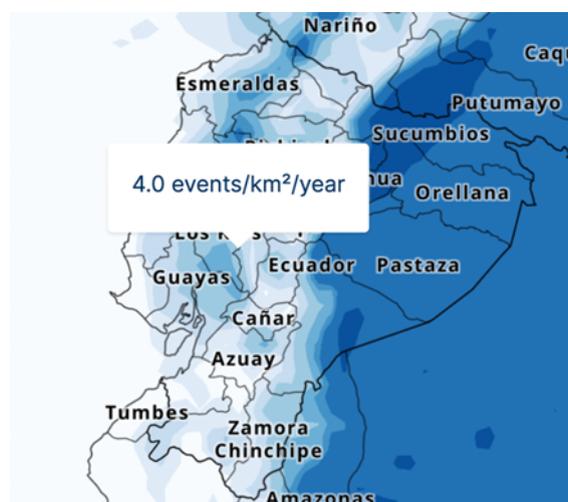


Figura 1. Eventos de tormentas km/year

Fuente. Vaisala lightning density map

2.1.2. Sobre tensiones

Las sobrecargas se definen como el incremento de la tensión, sobrepasando el nivel establecido hasta las instalaciones conjuntas de electricidad. Aunque han existido desde los inicios el método de comercialización de energía, la prevención de estos sucesos es hoy en día aún más crucial por el progreso técnico se utiliza componentes electrónicos muy pequeños y sensibles. Los eventos se clasificarán en grupos[2].

2.1.3. Sobre tension transitoria

En la sobrecarga transitoria hay incrementos abruptos en el voltaje por lo cual manifiestan como breves disparos eléctricos en alto voltaje, alcanzando los kilovoltios (kV) En microsegundos estas sobrecargas pueden tener diversos orígenes, como rayos que impactan

directamente en estructuras protegidas por pararrayos o en líneas eléctricas. También pueden generarse por campos electromagnéticos producidos por descargas, las cuales se introducen en el conductor metálico. Con líneas exteriores, especialmente en las que son largas, son las más susceptibles a estos campos, resultando en frecuencias de inducciones elevadas. Además, es habitual que eventos ajenos a las condiciones climáticas, como alteraciones en transformadores y suspensión de los motores y distinta carga inductiva, generen aumentos en los voltajes de las líneas cercanas [3].

2.1.4. Sobretension permanente

En la sobrecarga permanente, aunque puedan ser de carácter temporal y continuas, se refiere a los niveles de sobretensión que sobrepasan el 25% nominal a la red eléctrica con lo cual persisten entre diversos períodos o por un período prolongado. Estas situaciones suelen originarse debido a desequilibrios en las fases, frecuentemente causados en la rotura al neutro, dificultades para conectar hacia el conductor negativo. La exposición prolongada a estas condiciones resultará con la inutilización en aparatos electrónicos como eléctricos. La alta tensión impacta negativamente los dispositivos, reduciendo su vida útil y causando sobrecalentamientos que pueden provocar deterioros considerables, así como una pérdida total [4].

2.2. CIRPROTEC

Este se diferencia en diseñar y elaborar equipos de protección de descargas eléctricas, lleva más de 25 años fabricando soluciones y productos de Alta calidad utilizando lo último en tecnología y a su vez cumple con las normativas nacionales e internacionales. Teniendo 30 años de experiencia en elaboración e instalaciones de pararrayos en 60 países diferentes y más de 45.000 pararrayos elaborados [3].

2.3. SISTEMA DE PARARRAYOS

Se trata de un sistema de protección eléctrica diseñado para captar las descargas eléctricas provenientes de la atmósfera, canalizándolas hacia el suelo con el objetivo de prevenir el impacto directo en la infraestructura [5] como nos indica la en figura 1.

Todo el proceso de instalación se denomina instalación de protección contra rayos e incluye principalmente:

- Sistema de captación (pararrayos)

- Conductores de bajada
- Puesta a tierra
- Protección contra sobretensiones
- Contador de rayos

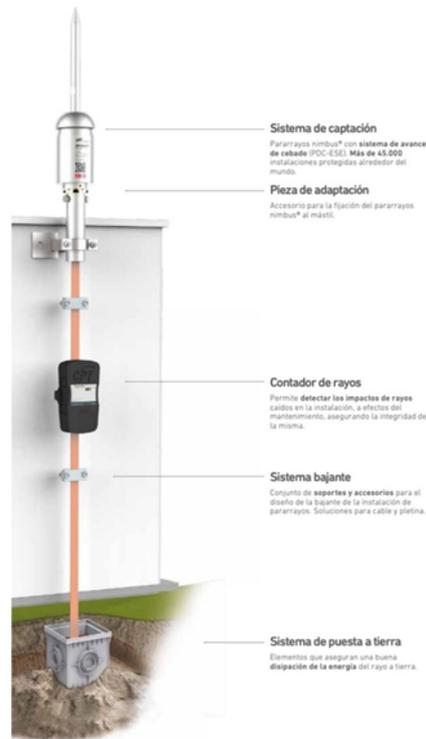


Figura 2 Sistema de instalaciones

Fuente:[3]

2.3.1. Sistema de captación

El uso de pararrayos constituye un componente esencial dentro del enfoque de protección contra descargas eléctricas atmosféricas. Esto constituye un punto de impacto de rayo controlado que garantiza que la corriente del rayo pueda disiparse de manera segura en el suelo sin causar daños a la estructura protegida. Empleamos puntas de captura estándar, como la punta Franklin, así como puntas equipadas con un dispositivo activado (PDC). Los pararrayos Nimbus PDC presentan una amplia gama de productos tecnológicos avanzados que ayudan a mitigar los rayos en alturas elevadas, ampliando así el área de protección. Se han probado para sobretensiones de corriente de hasta 200 kA y Nimbus ofrece ventajas en términos de comodidad de instalación, movilidad y eficiencia, además de una amplia garantía [6].

2.3.2. Punta Captadora

Está conformada por piezas echas de aluminio, se encuentran separadas con un aislador de protección eléctrico, sujeto por el mástil hecho de materiales inoxidable. Tenemos que la punta captadora no utilizara ningún principio radiactivo. El objetivo es dispersar en forma permanente su área eléctrica de alta tensión, certificando de manera que los vientos no puedan alcanzar la rigidez de quebradura [7].

Cirprotec nos brinda la información de los alcances de niveles de protección y así poder establecer que estándar de pararrayo se solicitará para el área que vamos a proteger como nos indica la tabla 1.

Tabla 1. Área de protección

Fuente.[3]

Nivel de protección		NIVEL 1				NIVEL 2				NIVEL 3				NIVEL 4			
h[m] ↓	Modelo	nimbus®/nimbus® R				nimbus®/nimbus® R				nimbus®/nimbus® R				nimbus®/nimbus® R			
	ΔT[μs]	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
2		13	19	25	31	15	22	28	35	18	25	32	39	20	28	36	43
5		32	48	63	79	37	55	71	86	45	63	81	97	51	71	89	107
10		34	49	64	79	40	57	72	88	49	66	83	99	56	75	92	109
20		35	50	65	80	44	59	74	89	55	71	86	102	63	81	97	113
30		34	49	64	79	45	60	75	90	58	73	89	104	69	85	101	116
40		29	46	62	77	44	59	74	89	60	75	90	105	72	88	103	118
50		18	40	58	74	40	57	72	88	60	75	90	105	74	89	105	120
60		-	30	51	69	34	52	69	85	58	73	89	104	75	90	105	120

2.3.3. Pieza de adaptación

Este permite la unión del cabezal con el mástil y así aportando una robustes hacia la instalación fijando el cable o la bajante para sección 36.mm o cable mínimo de 8mm y un máximo de 10 mm. [8].

2.3.4. Contador de rayos

El contador de rayos CDR-401 facilita el registro de las descargas atmosféricas. El plan del estudio se basa en registrar los impactos que tenemos de los rayos en infraestructuras, permitirá un mejor control inmediato de las situaciones de riesgo. Además, la verificación posterior de los equipos es fundamental para asegurar una adecuada prevención, dado que su efectividad puede verse afectada por factores tales como la corrosión, condiciones climáticas adversas y daños mecánicos [9].

2.3.5. Sistema bajante

Es fundamental para canalizar y poder controlar de manera segura la energía que produce la sobrecarga hacia el suelo, tiene varios conjuntos y son. sistema de drenaje protegido contra rayos para distribuir canales controlados. y ancla la energía de la sobrecarga al suelo. Este sistema incluye varios elementos. Clave: postes y anclajes para establecer altitud para el pararrayo, soportes de cable de drenaje, soportes para fijar las líneas del cable, Cable conductor de corriente de rayo, conector de medición de la corriente del rayo. Magnitudes para calibrar la potencia, tubería de aislamiento contra impactos mecánicos y vía de chispas por igual protección. Una función indispensable del sistema de bajante es la garantía y la eficacia de los rayos, para sobrecarga y mantener la estructura y proteger a las personas de los peligros de las descargas atmosféricas [10].

2.3.6. Sistemas de puesto a tierra

Los conductos deben ser instalados en el exterior del establecimiento, asegurando que se mantengan a una distancia adecuada de las tuberías de electricidad y gas. Su trayectoria debe ser lo más lineal posible, adyacente a la ruta de aterrizaje más breve, y evitando desviaciones o ascensos abruptos. Los bajantes conectados a tierra deben estar debidamente anclados y asegurados con tres abrazaderas por cada metro de conductor. Es necesario resguardar las secciones externas de la bajante utilizando un tubo protector con una longitud mínima de 2 metros. Se sugiere la instalación de un disco de protección contra rayos sobre el tubo protector con el propósito de verificar y mantener la integridad de la instalación [11] .

2.3.7. Conductores en sistemas de protección pasivos

Para reducir la probabilidad de daños causados por las corrientes del rayo que circulan a través del SPCR, los bajantes deben disponerse de manera que la distancia de los bajantes desde el punto de impacto hasta el suelo sea de acuerdo con la tabla 1.

2.4. SOFTWARE NIMBUS PROJECT DESIGNER



Figura 3. Software para protección atmosférica

Fuente. [3]

Este software nos proporciona el diseño de las protecciones contra rayos y se detalla los datos y los cálculos para el proyecto siguiendo las normativas como referencia UNE, NFPA, NFC así asegurando la correcta colocación de los pararrayos al área que vamos a proteger contra descargas y protegiendo la infraestructura y a las personas el software nos ayuda a crear proyectos ilimitados con sus normativas, medición, instalación y propuesta referenciales y así este programa nos ayudara en cada paso, el software facilita la elaboración de manera cómoda, rápida y eficaz, independiente al nivel de preparación del beneficiario [12]. Como se muestra en la figura 3.

2.5. NORMATIVAS

2.5.1. Normativa NFPA 780

La norma y procedimiento NFPA-780, utiliza un enfoque adaptativo en las instalaciones de protección atmosférica, proporcionando pautas de seguridad adaptadas a los peligros específicos asociados con los rayos atmosféricos. Desde requisitos funcionales hasta anexos informativos e imágenes ilustrativas y definiciones, NFPA 780 es una referencia esencial para administradores de instalaciones, inspectores. El objetivo de este reglamento es programar la instalación de procedimientos para las protecciones contra las sobre cargas atmosféricas, porque es fundamental y decisivo en la protección de los edificios y de las vidas humanas contra

la amenaza de los rayos. Esta norma define los componentes de protecciones atmosféricas que son: el cableado, las consideraciones las conexiones del suelo adecuadamente, conexiones aéreas y su prevención [13].

2.5.2. Normativa IEC 62305

La normativa Internacional IEC 62305, se emplea en el diseño, edificación y cuidado de estructuras para sobreguardar los diversos impactos directos e indirectos de los rayos. Esta normativa abarca múltiples tipos de instalaciones, que van desde viviendas hasta infraestructuras vitales como fábricas y data centers [14].

2.5.3. Normativa UNE 21186

En la norma UNE 21186, determina el alcance protector del pararrayos se determina mediante el cumplimiento del Nivel I y su conexión directa a la estructura para utilizar los refuerzos metálicos interconectados y continuos como conductores adicionales de descarga natural. Los edificios que superen los 60 metros de altura, anteriormente excluidos, ahora deben cumplir con esta normativa. Para estos casos, se aplica un SPD de Nivel I+ que reduce el radio de protección en un 40% [15].

Es preciso considerar la reducción del radio de protección cuando la altura del edificio (h) excede la distancia horizontal a la que se encuentra el pararrayos (D) más la longitud del cable de bajada (DL). Se debe garantizar que al menos el 20% superior de la fachada esté cubierto por la protección del pararrayos y que no haya obstrucciones físicas que puedan interferir con posibles impactos laterales en esta área de la fachada. Además, se recomienda instalar al menos cuatro cables de bajada conforme a la normativa UNE-21.186, ubicados idealmente en las cuatro esquinas del edificio según se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles en protecciones con la normativa 21186

Fuente. [15]

Niveles de protección			
IV	III	II	I
60	45	30	20
80%	90%	95%	98%

2.5.4. Normativa NF C 17-102

De acuerdo con la normativa NFC 17-102, la protección de estructuras y áreas abiertas contra descargas eléctricas mediante pararrayos equipados con dispositivos cebadores se basa en el modelo electromagnético geométrico. A pesar de que un sistema de protección diseñado de acuerdo a esta norma no puede garantizar una protección completa contra los rayos, debido a la naturaleza impredecible de estos fenómenos, su implementación disminuye significativamente los riesgos de daño a las estructuras que están resguardadas frente a impactos directos de rayos. Norma IEEE 80 [12].

2.5.5. Normativa IEEE 80

La norma IEEE80, constituye dentro del contexto del diseño de sistemas de tierras, se busca desarrollar una aplicación móvil que simplifique la creación de redes de un sistema e mallado de protección eficaces conforme a la normativa internacional IEEE 80-2000. Esta herramienta facilitará la selección y ajuste de redes y conductores sin riesgo de errores, permitiendo modificar aspectos según las necesidades para lograr un diseño completamente funcional y adecuado [16].

2.5.6. Calibre de conductor (Ar)

Para calcular los conductores se tomarán en cuenta 3 referencias principales como son: los niveles de temperatura, y los niveles de temperatura de los conductores. Aquí el resultado de Joule mostrará el nivel eléctrico traspasa el conductor o cable y provoca el aumento en la temperatura en los materiales. Para determinar el componente para un conductor se ejecuta pensando en la pérdida de voltaje. En los circuitos derivados se hace evidente por la dimensión y longitud del conductor. Alcanzando la distancia de 25m hasta 30 m, notaremos una caída de corriente que afectará su función en la operación apropiada en dispositivos u maquinarias. La longitud que el conductor necesita para el funcionamiento en la corriente se determinara usando funciones adecuadas y así comprobar las capacidades, y el conductor pueda trasladar sin exceder su rango de temperatura bajo.

Mediante cálculos y ecuaciones nos permite calcular el calibre del conductor como se indica en la ecuación 1

$$Ar = \frac{I}{\sqrt{\left(\left(\frac{Tcap \times 10^{-4}}{tf * ar * pr}\right) + \ln\left(\frac{K0 + Tm}{K0 + Ta}\right)\right)}} \quad (1)$$

- I = Corriente de falla equilibrada en kiloamperios (kA).
- A_r = Superficie de sección transversal al conductor en milímetros (mm^2).
- T_m = Temperatura máxima del material, en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- T_a = Temperatura ambiental, en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- T_r = Temperatura referencial del material, en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- t_f = Tiempo de duración de la corriente e , en segundos (se considerara un valor de 0.003 seg).
- α_0 = Coeficiente de resistencia térmica a 0°C , en $1/^{\circ}\text{C}$.
- α_r = Coeficiente de resistencia térmica referente a T_r , en $1/^{\circ}\text{C}$.
- ρ_r = Capacidad de resistencia del conductor a tierra, temperatura de referencia T_r , ($\mu\Omega\text{-cm}$).
- $K_0 = 1/\alpha_0$ o alternativamente, $1/\alpha_r - T_r$ en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- T_{cap} = Capacidad térmica en grado Celsius ($\text{j}/\text{cm}^3/^{\circ}\text{C}$).

2.5.7. Malla a Tierra

Es un conjunto de conductores generalmente hecho de cobre desnudo donde pertenece la instalación de hardware, esta conexión es el entorno de instalación de referencia. PPK permite En este caso, conectar el dispositivo que se está instalando al punto de prueba crear una red mirando al suelo En el caso de SPT o red de tierra equidistante, la tensión que circula en la red es: elevará las esquinas con respecto a su centro, esto dependerá del tamaño de la malla, Su ubicación y el número de púas desplegadas en la malla son diferentes [17].

La característica principal depende de la distancia entre conductores paralelos, diámetro.

2.5.8. Componentes que constituyen una malla de tierra.

Un SPT incluyen los siguientes elementos:

- a. Varilla de tierra
- b. Cable que esta conectado a la tierra.

- c. Varias conexiones con soldaduras o ocoples.
- d. Cable para protección del sistema
- e. Cable de servicios para los tableros principales.

2.6. VOLTAJES DE TOQUE

El voltaje de contacto se define como el potencial eléctrico que puede generarse entre una superficie o dispositivo y una conexión a tierra, siendo susceptible a variaciones condicionadas por diversos factores. Estos factores incluye, la dureza del organismo humano a la electricidad, así también el aguante a la temperatura hacia la piel como el terreno circundante y demás factores [18]. La tensión eléctrica percibida a través del contacto puede fluctuar en función de diversos elementos, tales como las dimensiones del objeto, el voltaje proporcionado por la fuente de energía y como también la resistencia del organismo humano (se ve afectada por la temperatura de la piel y demás componentes), la forma de onda del voltaje indica que la inducción está estrechamente vinculada a la configuración de la corriente que circula a través de dicho sistema. El incremento de la corriente genera la aparición de una tensión de contacto en el circuito con el fin de calcular los voltajes eléctricos, como se muestra en la ecuación (2), donde permite establecer la separación entre equipos y zonas de acceso público.

$$E_{toque} = (1000 + 1.5CsPs) \frac{0.157}{\sqrt{ts}} \quad (2)$$

Donde:

- E_{toque} = Voltaje de contacto (V)
- C_s = Se determina a partir de la Ecuación (3)

$$C_s = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\rho_s}{ps})}{2hs + 0.09} \quad (3)$$

- ρ_s = Resistencia a los materiales en la superficie Ω -m
- t_s = Permanencia a la corriente de choque (seg).

2.7. VOLTAJES DE PASO

La tensión se produce en situaciones donde se encuentran dos puntos en contacto a la tierra que presentan diferentes niveles de potencial. Esta discrepancia puede dar lugar a diversos

problemas, dado que la corriente eléctrica puede fluir a través de un objeto determinado, que en este caso puede ser un ser humano o un animal. Las diferencias potenciales pueden ser sustanciales en distancias cortas, particularmente en situaciones donde la corriente del rayo se dispersa a través del suelo. El tránsito de voltaje resulta ser un factor crucial como medida de protección, principalmente en los contextos que involucran los sistemas de transmisión de electricidad. Líneas eléctricas aéreas como infraestructuras para el transporte y entrega de energía eléctrica a altas tensiones [17].

Estas tensiones se caracterizan como la presión ejercida en el suelo por los pies o las extremidades inferiores de un individuo. Organismos en interacción con la superficie terrestre. Estos niveles de tensión pueden alcanzar magnitudes suficientes como para generar riesgos potenciales. Riesgo de descarga eléctrica en presencia de individuos o animales en los lugares perjudicados. Para calcular el voltaje de paso, utilizamos la ecuación (3), su definición es de mucha relevancia significativa. La relevancia de la concepción de instalaciones eléctricas seguras como se indica en la ecuación 4.

$$E_{paso} = (1000 + 6C_s P_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (4)$$

Donde:

- E_{toque} = Voltaje de contacto (V)
- C_s = Estableceremos utilizando la siguiente Ecuación (3)
- ρ_s = Duración de los material en la superficie (Ω -m)
- t_s = Resistencia en corriente de choque (seg).

2.8. BREAKER PARA PROTECCIONES (SPD)

Es un dispositivo de protección de bajo, medio, y alta tensión. los podemos utilizar para empresas industriales y condominios

2.8.1. Diferentes posiciones de instalaciones

Para proteger las líneas aéreas y los equipos eléctricos y evitar la intrusión directa de rayos, los pararrayos suelen instalarse en el primer sistema. El SPD suele instalarse en el sistema auxiliar, que es un complemento después de que los pararrayos no puedan eliminar todas las intrusiones

directamente medidas. Por lo tanto, los descargadores de sobretensiones se colocan en la entrada del cable, mientras que el SPD se coloca en el enchufe del terminal o circuito de señal.

2.8.2. Diferente capacidad de corriente de descarga:

En términos generales, la capacidad de corriente de descarga de los Dispositivos de Protección Contra Sobretensiones (SPD) es relativamente reducida. El terminal suele utilizar dispositivos de protección contra sobretensiones (SPD). No se establecerá una conexión directa con las aerolíneas. Un Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (SPD) con una capacidad de descarga de corriente limitada puede ofrecer una protección integral, ya que la intensidad de la corriente generada por un rayo se ha disminuido significativamente tras llevar a cabo su función de limitación de corriente primaria. El Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (SPD) es apropiado para salvaguardar los sistemas de suministro de energía de bajo voltaje.

2.9. BOBINA DE CHOQUE

Los SPT operan bajo un principio de baja resistencia, lo cual facilita la calibración adecuada de todos los SPT en el sistema, asegurando así su funcionamiento óptimo. La bobina del acelerador consiste en un conjunto de conductores dispuestos en espiral en torno a un cilindro, que genera un campo magnético en cada una de las bobinas como se muestra en la figura 4. Cuando se presentan obstáculos en el trayecto, ocurre un fenómeno de autoinducción, generando una corriente inducida que obstruye el flujo. La corriente se produce con un desfase temporal respecto al voltaje [19].

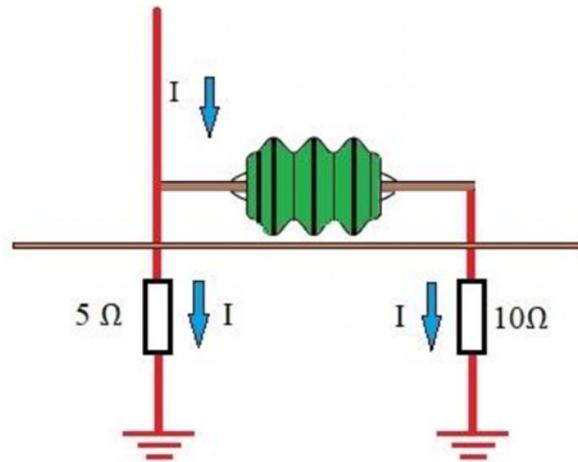


Figura 4. Sistema de bobina de choque

Fuente. [19]

Las bobinas de choque, como comúnmente se denominan, son ampliamente empleadas en la actualidad debido a su capacidad para mitigar los efectos de descargas atmosféricas. El impacto en los pararrayos genera inestabilidad en el sistema eléctrico, y este dispositivo se utiliza para interconectar dispositivos de Nueva Generación (NGN) que son convencionales, delicados o electrónicos. En este contexto, la bobina de choque funciona como una separación de la electricidad. Su mecanismo para funcionar la bobina, se puede ilustrar en la figura 4, se observa que la resistencia de los pararrayos ante sobretensiones (SPT) es considerablemente inferior a la de otros tipos de pararrayos ante sobrevoltajes, lo que, a su vez, resulta en una menor circulación de corriente [19].

2.9.1. Radio de Protección FRANKLIN

Protección mediante Faradización (sistemas pasivos) Normativas: UNE EN 62305, IEC 62305 y CTE SU8. Los sistemas de captura de rayos que utilizan puntas y mallas se basan en la distribución y disipada de la corriente de descarga mediante una red de conductores. Los pararrayos del tipo Franklin, así como aquellos de la marca THOR, llevan a cabo el proceso de ionización de manera natural. Esto restringe su zona de protección a una configuración cónica, diseñada para asegurar una descarga de rayo de manera controlada y segura. Los pararrayos de tipo Franklin y su instalación pueden clasificarse como monopunto o multipunto como se muestra en la figura 5. Las bayonetas de una y cuatro puntas se consideran las más comunes. En consecuencia, un pararrayos de tipo Franklin, cuando es instalado de manera adecuada, brinda protección a las instalaciones contra sobretensiones [20].

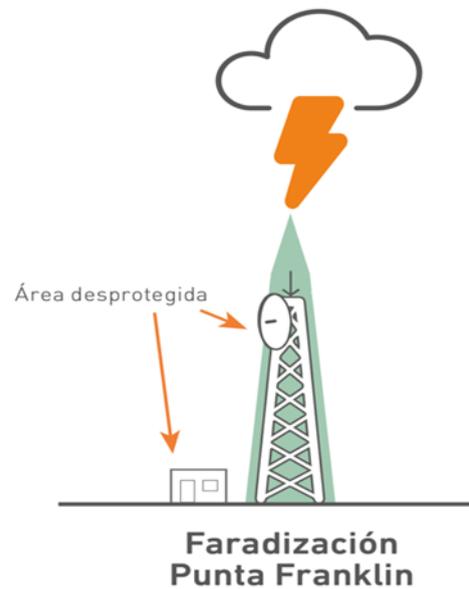


Figura 5. Pararrayo tipo Franklin

Fuente. [3]

2.10. RADIO DE PROTECCIÓN PDC

La protección mediante dispositivo de avance de cebado (PDC-ESE) está regulada por normas como NF C 17-102, UNE 21186, CTE SU8, NP 4426, entre otras. Este sistema es adecuado para diversas instalaciones y áreas externas, permitiendo una optimización de los costos de materiales y de instalación, al mismo tiempo que asegura la integridad del sistema. La disminución del tiempo de activación facilita la conexión del trazador con el trazador descendente en un punto de impacto que se sitúa virtualmente a una altura considerablemente superior a la de la punta del pararrayos PDC como se muestra en la figura 6. Esto permite un aumento significativo en el volumen protegido (o radio) y facilita la conservación de extensas áreas. La identificación del radio de protección es fundamental para la elección del modelo de pararrayos más apropiado para cada instalación, en función de su grado de avance en el cebado [21].

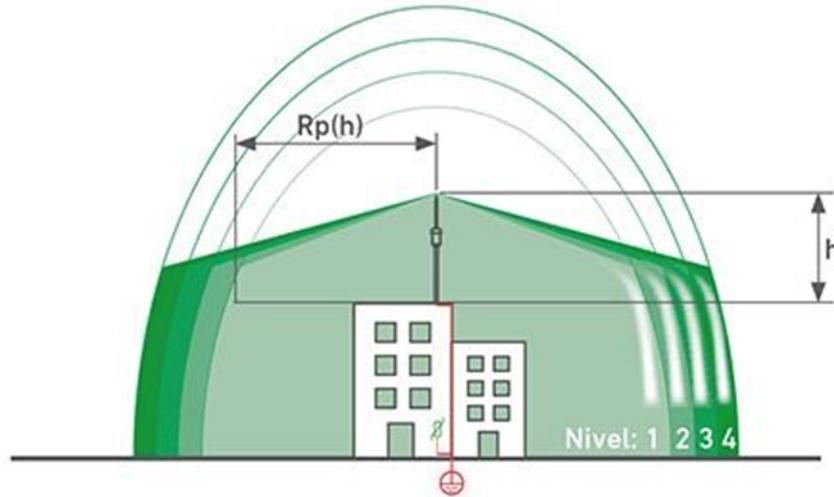


Figura 6. Pararrayo tipo PDC

Fuente. [3]

2.10.1. Área de captación (Ae).

La zona de influencia, conocida también como área de influencia o área de influencia equivalente a un edificio, se define como el espacio circunscrito por una línea que se establece a una distancia equivalente a tres veces el nivel que tiene el inmueble de cualquier ubicación de su contorno. Esta línea se trazara de manera que sea paralela al contorno del edificio [22]. Como se indica en la ecuación 5.

$$Ae = L * W \quad (5)$$

- Ae = Área de captación.
- L = Extensión del inmueble.
- W = Largo del inmueble.

2.10.2. Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA) 8.

Se proporciona información de seguridad sobre el peligro de incendios provocados por rayos en la sección SUA 8 del CTE; se explica un proceso de verificación que requiere las instalaciones del sistema de prevención contra descargas atmosférica para prevenir el peligro de incendios provocados por rayos.

Las instalaciones que almacenan materiales inflamables o que son susceptibles de ignición al entrar en contacto con fuentes de calor deben adherirse a normativas específicas relativas a la altura y deben estar equipadas con sistemas de protección contra descargas eléctricas causadas por rayos, los cuales deben tener una eficiencia mínima del 0.98. Las instalaciones necesarias que cumpliremos en estos criterios de eficiencia se decide abordar en la sección [31]. Es factible calcular la frecuencia estimada a partir de estas especificaciones como se indica en la ecuación 6.

$$N_e = N_g * A_e * C_1 * 10^{-6} \quad (6)$$

- N_e = Frecuencia de espera del impacto.
- N_g = Densidad de impacto al terreno.
- A_e = Área del inmueble aislada.
- C_1 = Coeficiente en relación al medio

2.10.3. Coeficiente en relacion al medio (C1)

Un elemento fundamental para la evaluación de la resistencia de las estructuras ante la acción del viento es el coeficiente de relación con el entorno (C_1). Este coeficiente considera la exposición del edificio a las fuerzas del viento, así como el resguardo ofrecido por estructuras adyacentes, vegetación o cualquier otro obstáculo próximo. La integridad estructural y la seguridad de las edificaciones ante la acción de fuerzas eólicas están intrínsecamente relacionadas con este coeficiente. El valor de C_1 puede diferir en función de la localización y la disposición de dichos elementos, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Coeficiente relacionado en el entorno C_1

Fuente. [23]

Ubicación del inmueble	C_1
Próximidad a inmuebles o árboles de igual o mayor tamaño	0.50
En su alrededor tiene inmuebles de menor altura	0.75

Apartado	1
Apartado en una colina	2

2.10.4. Riesgos admisibles (Na)

La definición de los riesgos aceptables con referencia a la CTE SUA8 refiere la identificación tolerable del riesgo para un momento específico o para un tipo particular de edificación. Esta determinación debe considerar diversos factores, incluyendo la probabilidad de ocurrencia de eventos adversos, las posibles repercusiones de dichos eventos y las estrategias de mitigación a implementar. Las medidas de seguridad son implementadas con el objetivo de reducir los riesgos, siendo establecidas a través de la valoración y control de los riesgos vinculados a la ocupación y utilización del inmueble. Para establecer el grado de riesgo aceptable en función a la ecuación establecida, es fundamental tener en cuenta diversos factores: aquellos que se relacionan con la naturaleza de la estructura (C2), los que se centran en el contenido de la misma (C3), los que se originan en el uso que se le da a la estructura (C4), y el factor de continuidad de la demanda vinculado a las necesidades (C5) como se indica en la ecuación 7.

$$Na = \frac{5.5}{C2 * C3 * C4 * C5} 10^{-3} \quad (7)$$

Donde:

- Na = riesgo aceptable
- C 2 = factores basados en el tipo de estructura.
- C 3 = factores basados en las infraestructuras.
- C 4 = factores basados en la estructura.
- C 5 = factores en la continuidad de demanda basado en la necesidad

2.10.5. Coeficiente en funciones al tipo de construcciones (C 2)

El coeficiente C 2 considera la característica arquitectónica como el uso de la estructura. Este parámetro empleará los grados de resistencia necesarios al fuego en componentes

estructurales, tales como paredes, techos y suelos, así como en elementos de compartimentación, incluyendo puertas y muros. El cálculo del cortafuegos se lleva a cabo de conformidad con las normativas y directrices establecidas por el Código Técnico de la Edificación (CTE). Su valor es variable y está determinado por el tipo de construcción, el riesgo de incendio asociado y el nivel de protección requerido. Se asigna un valor específico de C2 a cada categoría de edificación, incluyendo, entre otras, instalaciones industriales y oficinas como nos indica la tabla 4.

Tabla 4. Tipo de construcciones C2

Fuente. [23]

	Revestimiento metálico	Revestimiento en hormigón	Revestimiento en madera
Material metálico	0.50	1	2
Material en hormigón	1	1	2.5
Material en madera	2	2.5	3

Tabla 5. Funciones del contenido del inmueble C3

Fuente. [23]

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

2.10.6. Coeficiente en funciones al contenido del inmueble(C3).

La sección dedicada a la seguridad estructural, el coeficiente C3 se define como un parámetro que tiene en cuenta la naturaleza del contenido o la función de la edificación. El valor de C3 se

determina a través de las tablas establecidos por la (CTE), que representan el contenido anticipado en los inmuebles dichos resultados son dictados por el código de edificación.

2.10.7. Coeficiente en funciones al uso del inmueble (C4).

En el coeficiente C4, estipula que el (CTE) SUA8, se usa con la finalidad de ajustar las disposiciones de seguridad a la potencia del fuego y mas disposiciones de proteccion de acuerdo con la utilizacion particular en la construcción. Los valores de C4 están consignados en las tablas o en los valores estipulados en el (CTE) SUA8, determinan el tipo de uso de la edificación. Estos valores se establecen tomando en cuenta la ocupación y el uso anticipado del edificio, con una especial atención a la seguridad contra incendios y a la salvaguarda de la vida humana como nos indica la tabla 6.

Tabla 6. Coeficiente en funciones al uso del inmueble C4

Fuente. [23]

Inmuebles libre	0.50
De Uso Público	3
Otras edificaciones	1

2.10.8. Coeficiente en funciones de las actividades (C5)

Con el fin de garantizar y satisfacer los requerimientos fundamentales, tales como los servicios de asistencia medica, la evacuación segura y conseguir atencion medica asl transcurso de un incendio y otras situaciones de emergencia, se emplea dichos coeficientes para establecer el nivel de protección y las medidas de seguridad adecuadas. La seguridad necesaria en una edificación abarca varios aspectos, incluyendo el uso previsto del edificio, la efectividad de los servicios de emergencia, así como las consideraciones pertinentes a la movilidad reducida o discapacidades, entre otros factores como nos indica la tabla 7.

Tabla 7. Coeficiente en función a la continuidad de las actividades C5

Fuente. [23]

Inmuebles libres	0.50
De Uso Publico	3
Otras edificaciones	1

2.11. EFICIENCIA DEL SISTEMA

La eficacia del sistema se define como la habilidad del sistema de protección contra rayos para activarse adecuadamente en el evento de un impacto eléctrico, sin comprometer la integridad estructural ni la seguridad de la propiedad, garantizando así la prevención de daños a la infraestructura y a los equipos. Esta eficacia está influenciada por una variedad de factores, incluyendo, pero no limitándose al esquema de protecciones, el nivel y ubicación del pararrayo, la capacidad de conducción al suelo, así como la intensidad de los eventos de rayos en una localidad específica como nos indica la ecuación 8.

$$EFS = 1 - \frac{Na}{Ne} \quad (8)$$

Donde:

- Efs = Eficacia del sistema.
- Na = Riesgo.
- Ne = Intensidad de eventos.

Tabla 8. Eficiencia del sistema, según CTE sección SUA 8

Fuente. [23]

Eficiencia	Nivel de protección
$E > 0.98$	1
$0.95 < E < 0.98$	2
$0.80 < E < 0.95$	3
$0 < E < 0.80$	4

Si tiene un rendimiento mayor o igual a 0,98 entonces el nivel de protección necesario sera e numero 1 entonces, cuanto menos tenga de rendimiento, tendra un mayor nivel de seguridad como nos indica la tabla 8.

2.12. RESISTENCIA DE MALLA TRIANGULAR

La red de puesta a tierra se conforma por tres varillas dispuestas en un arreglo triangular, lo cual representa un marco teórico esencial en el ámbito de la ingeniería eléctrica. La resistencia de la malla triangular establece varias ecuaciones como la Ecuación (9), facilita los cálculos para la resistividad eléctrica del terreno, expresada (Ω) [35], como nos indica la Ecuación 9.

$$R1 = \frac{\rho}{3\pi d} \left[\ln \left(\frac{6d}{a'} \right) + \frac{3k1*d}{\sqrt{A}} - K2 \right] \quad (9)$$

La Ecuación (10) nos va a permitir determinar la capacidad de carga de las barras hacia la tierra, calculada en (Ω)

$$R2 = \frac{\rho}{6\pi Lr} \left[\ln \left(\frac{4Lr}{b} \right) - 1 + \frac{2k1*Lr}{\sqrt{A}} (\sqrt{3-1})^2 \right] \quad (10)$$

La Ecuación (11) determinara el valor de la resistencia que ofrece la malla como la barra

$$Rm = R1 - \left(\frac{\rho}{3\pi d}\right) \left[\ln \left(\frac{Lr}{\sqrt{h*2a}} \right) - 1 \right] \quad (11)$$

Y la Ecuación (12) es el valor de resistencia que ofrece la malla.

$$Rg = \frac{R1R2+Rm^2}{R1+R2+2Rm} \quad (12)$$

Donde:

- Rm = Resistencia mutua entre la malla y la varillas
- R1 = Impedancia de la conexión a tierra
- R2 = Impedancia de la conexión a tierras con las barras
- Rg = Impedancia total del sistema
- ρ = Resistencia de la tierra [$\Omega.m$].
- Lc = Tamaño total de la varilla [$\Omega.m$].
- a = Diametro del conductor[m]
- a' = Profundidad del conductor a tierra [m].
- A = Radio cubiertas por los conductores[m].
- d = Distancia de separación entre varillas

La configuración triangular es comúnmente utilizada en las conexiones eléctricas al suelo para protecciones de descargas contra rayos ya que la habilidad para distribuir la electricidad, disminuir la pendiente de potencia y garantizar que la corriente eléctrica sea repartida uniformemente en la tierra, esto contribuye a el sistema de protecciones contra caída de rayos [35].

CAPÍTULO III

3.1. DISEÑO DE SISTEMAS DE PARARRAYOS (PDC)

3.1.1. Definición de caso de estudio

En la normativa INEN 780 establece los requisitos de instalación de sistemas de protección contra rayos para proteger a las personas y la propiedad del riesgo de incendio y peligros relacionados con la exposición a los rayos. La normativa destaca la prioridad de instalar pararrayos en zonas con alta probabilidad de rayos.

3.1.2. Definición de densidad de descarga (N_g)

Utilizaremos el estado de Caluma en la provincia de Bolívar como referencia geográfica para la ubicación de nuestro proyecto. Esta elección se basa en proteger a las empresas que operan en una región específica, en la que la economía regional está activa. Esta determinación se realizó utilizando el mapa isocerámico global como nos indica la figura 7.

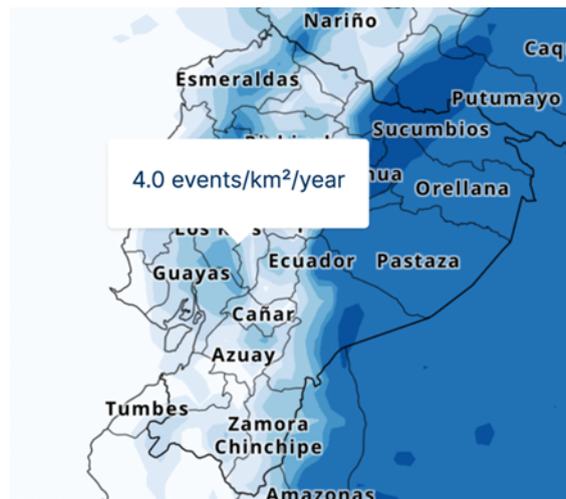


Figura 7. Eventos de tormentas km/year

Fuente. Mapa isocerámico global

En el mapa isocerámico que tenemos en la figura 7 observamos la concentración de eventos el cual es:

$$N_g = 4 \text{ rayos/año km}^2$$

3.1.3. Área de captación (Ae)

Basándonos en las dimensiones del área a proteger tendría las siguientes medidas.

$$\text{Altura} = 20\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 38\text{m}$$

$$\text{Largo} = 40\text{m}$$

Se realiza una observación a través del sistema GPS para ver el área del terreno que vamos a trabajar así teniendo una mayor visión de la zona en lo cual en nuestro caso es un rectangular por la ubicación como nos indica la figura 8.



Figura 8. Sector de estudio.

Fuente. Autores

Se calcula el sector de estudio, usando la ecuación (5):

$$Ae = L * W$$

$$Ae = 40 * 20$$

$$Ae = 800\text{m}^2$$

3.1.4. Cálculo de riesgo admisible

Elegimos el factor ambiental C1 de acuerdo a la tabla 2 en función de las condiciones del estudio, el riesgo aceptable de caída de un rayo se evalúa teniendo en cuenta variables clave.

$$C1=2$$

La C2 de acuerdo a la tabla 3, Dado que nuestra zona es una estructura hormigón, se establece que será:

$$C2 = 1$$

La C3 conforme en la tabla 4, los casos presentados estan formados por un conjunto de materiales inflamables se establece que será:

$$C3 = 3$$

La C4 de acuerdo a la tabla 5, tomando en cuenta que nuestro caso es un establecimiento con concurrencia de personas se establece que será:

$$C4 = 3$$

La C5 de acuerdo con la tabla 6, sufriría daños toda la estructura se establece que será:

$$C5 = 3$$

procedemos a calcular el riesgo:

$$Na = \frac{5.5}{C2 \cdot C3 \cdot C4 \cdot C5} 10^{-3}$$

$$Na = \frac{5.5}{2.5 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3} 10^{-3}$$

$$Na = 0.0000814$$

3.1.5. Cálculo de la frecuencia de impacto (Ne)

Luego de calcular todos los parámetros de la ecuación (6), procedemos a resolver:

$$Ne = Ng \cdot Ae \cdot C1 \cdot 10^{-6} (\text{N}^\circ \text{ impacto/año})$$

$$Ne = 4 \cdot 800 \cdot 2 \cdot 10^{-6} (\text{N}^\circ \text{ impacto/año})$$

$$Ne = 0.0064 (\text{N}^\circ \text{ impactos/año})$$

3.1.6. Cálculo en la eficiencia de los niveles de protección

Para la eficiencia Efs calcularemos utilizando la fórmula (8) :

$$Efs = 1 - \frac{Na}{Ne}$$

$$Efs = 1 - \frac{0.0000814}{0.0064}$$

$$Efs = 0.987$$

Hallando el resultado de la eficiencia tomaremos el resultado calculado y lo comparamos con la tabla 8 y nos mostrará el nivel de seguridad en el inmueble que será de nivel 1.

3.1.7. Definición de la protección de los sistemas

Los dispositivos contra descargas atmosféricas se encuentran equipados con elementos conocidos como PDC, el cual cuenta con un radio de protección que varía en función del nivel de protección exigido. Para establecer un radio específico en nuestra investigación, se considera que el nivel de protección se sitúa en el nivel 1, con una altura del sistema de 4 metros. De acuerdo con la información presentada en el catálogo del fabricante Cirprotec correspondiente, es imprescindible que nuestro equipo incluya un cebado (ΔT) correspondiente a 60 μs , conforme a los datos indicados en la Tabla 1.

3.1.8. Cálculo del calibre del conductor (A_r)

Según las especificaciones técnicas disponibles para el dispositivo contra descargas atmosféricas, se establece que la cantidad que puede descargar es hasta 200 kA. Utilizaremos esto para calcular el conductor.

Usaremos la ecuación (1) para poder calcular qué calibre de cable utilizaremos.

$$A_r = \frac{I}{\sqrt{\left(\left(\frac{Tcap \times 10^{-4}}{t_f * a_r * p_r}\right) + \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)\right)}}$$

$$A_r = \frac{200}{\sqrt{\left(\left(\frac{3.8 \times 10^{-4}}{0.003 * 0.00378 * 4.42}\right) + \ln\left(\frac{246 + 1085}{246 + 22}\right)\right)}}$$

$$A_r = 57.32 \text{ mm}^2$$

Finalizando determinados que tenemos que el calibre del conductor será de 2/0

3.1.9. Cálculo de los voltajes de toque y paso

Al establecer el calibre de nuestro conductor, calculares la tensión de toque y paso mediante la aplicación de las ecuaciones (2) y (4). Considerando la ubicación del establecimiento, se observa que el terreno está compuesto por una mezcla de grava y arcilla con una resistividad de $37\Omega\text{-m}$, conforme a los datos obtenidos en la tabla 9.

Tabla 9. Resistividades medias de terrenos del suelo

Fuente. [11]

	Símbolo del	Resistividad Media
Terreno	Terreno	[Ohm,m
Mezcla de grava con arena, grava de buen grado	GW	600 - 1 000
Mezcla de grava con arena, grava de bajo grado	GA	1 000 - 2500
Mezcla de grava con arcilla	GC	200 - 400
Mezcla de arena con limo de bajo grado	SM	100 - 500
mezcla de arena con arcilla de bajo grado	sc	50 - 200
Arcilla ligera	ML	30 - 80
Arena fina	MH	80 - 300
Arcilla con grava, arena,	CL	25 - 60

$$Cs = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{p}{ps})}{2hs + 0.09}$$

En nuestra situación tenemos que el suelo tiene una resistividad es

$$\rho_s \text{ (mejoramiento del cemento conductor)} = 4.99 \Omega \text{-m}$$

$$\rho(\text{resistividad del terreno}) = 38 \Omega \cdot \text{m}$$

$$h_s (\text{espesor del suelo}) = 0.25\text{m}$$

Utilizando la Ecuación (3) obtenemos:

$$C_s = 1 \frac{0.09 \left(1 - \frac{5}{38}\right)}{2(0.25) + 0.09}$$

$$C_s = 0.1324$$

$$E_{\text{toque}} = (1000 + 1.5C_s P_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

La duración del tiempo de choque (t_s) se establecerá en 0,003 segundos, conforme a la información técnica proporcionada por el pararrayo. Se procede a realizar los cálculos de voltaje (2) y del voltaje (4).

$$E_{\text{toque}} (1000 + 1.5(0.1324)(38)) \frac{0.157}{\sqrt{0.003}}$$

$$E_{\text{toque}} = 2888.04V$$

$$E_{\text{paso}} = (100 + 6C_s P_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{\text{paso}} (1000 + 6(0.1324)(38)) \frac{0.157}{\sqrt{0.003}}$$

$$E_{\text{paso}} = 2952.94V$$

3.1.10. Cálculo de malla triangular

Para dimensionar adecuadamente la malla de puesta a tierra triangular debemos emplear las ecuaciones siguientes. 9, 10, 11 y 12. Que están establecidas en el marco teórico para poder determinar su magnitud.

$$R_1 = \frac{\rho}{3\pi d} \left[\ln \left(\frac{6d}{a'} \right) + \frac{3k_1 * d}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

$$\rho = 38 \Omega \cdot \text{m}$$

$$d = 2 \text{ m}$$

$$a' = 0.5 \text{ m}$$

$$A = 0.50 \text{ m}$$

A partir de estos datos, procedemos a calcular la resistencia que tiene el conductor a la tierra empleando la Ecuación (9):

$$R1 = \frac{38}{3\pi * 2} \left[\ln \left(\frac{6 * 2}{0.5} \right) + \frac{3 * 1 * 2}{\sqrt{0.50}} - 1 \right]$$

$$R1 = 21.59 \Omega$$

A continuación, procedemos a emplear la Ecuación (10), determinando la resistencia entre las varillas y el suelo:

$$R2 = \frac{38}{6\pi * 2} \left[\ln \left(\frac{4 * 2}{18.84} \right) - 1 + \frac{2 * 1 * 2}{\sqrt{0.50}} (\sqrt{3 - 1})^2 \right]$$

$$R2 = 1.01 \Omega$$

La Ecuación (11) nos va a permitir determinar la resistencia del conductor en la tierra:

$$Rm = \left[21.59 - \left(\frac{38}{3\pi * 2} \right) \left[\ln \left(\frac{2}{\sqrt{0.5 * 2(0.5)}} \right) - 1 \right] \right]$$

$$RM = 21.51 \Omega$$

Una vez que hemos calculado las resistencias individuales aplicaremos la Ecuación (12) para obtener la resistencia total de la malla:

$$Rg = \frac{21.59 * 1.01 + 21.51^2}{21.59 + 1.01 * (2 * 21.51)}$$

$$Rg = 7.44 \Omega$$

3.2.SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE NIMBUS PROJECT

3.2.1. Diagrama del flujo del software

Después de recopilar los datos del sistema utilizamos los cálculos mencionados en el punto 3.1, estaremos listos para simularlo. Se crea el diagrama de bloques, Comprender mejor el software, describir en detalle cada paso para su funcionamiento como nos indica en la figura 9 y figura 10.

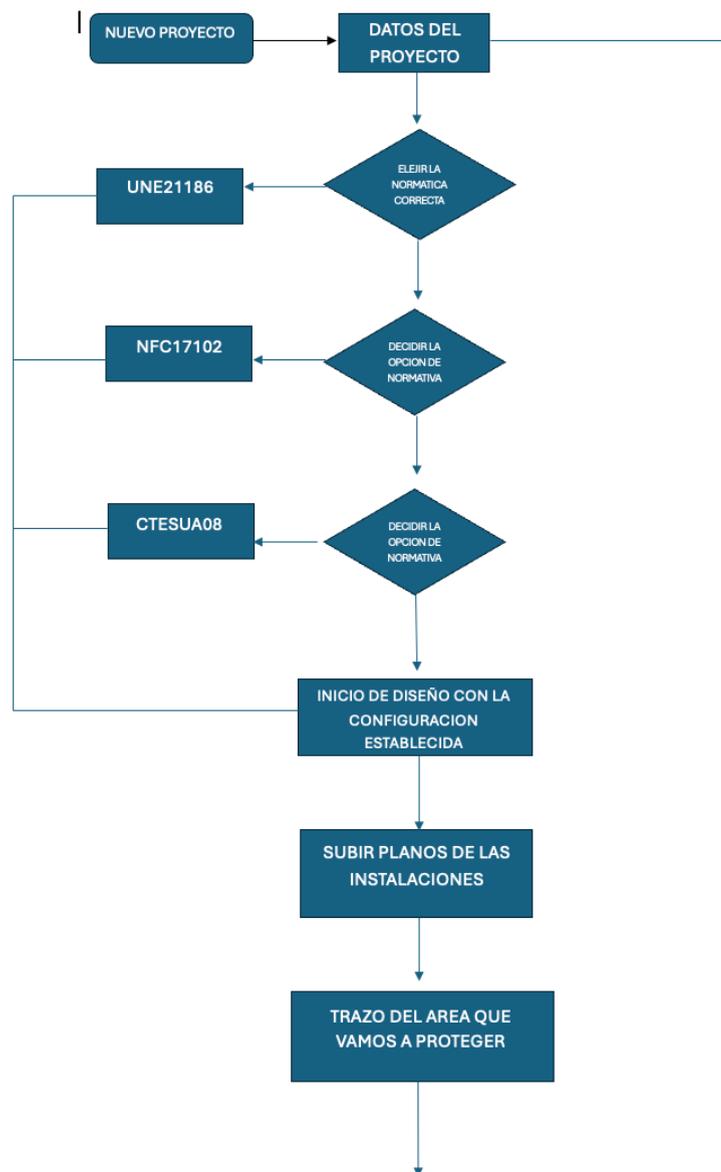


Figura 9. Primera parte del diagrama del flujo del software

Fuente. Autores

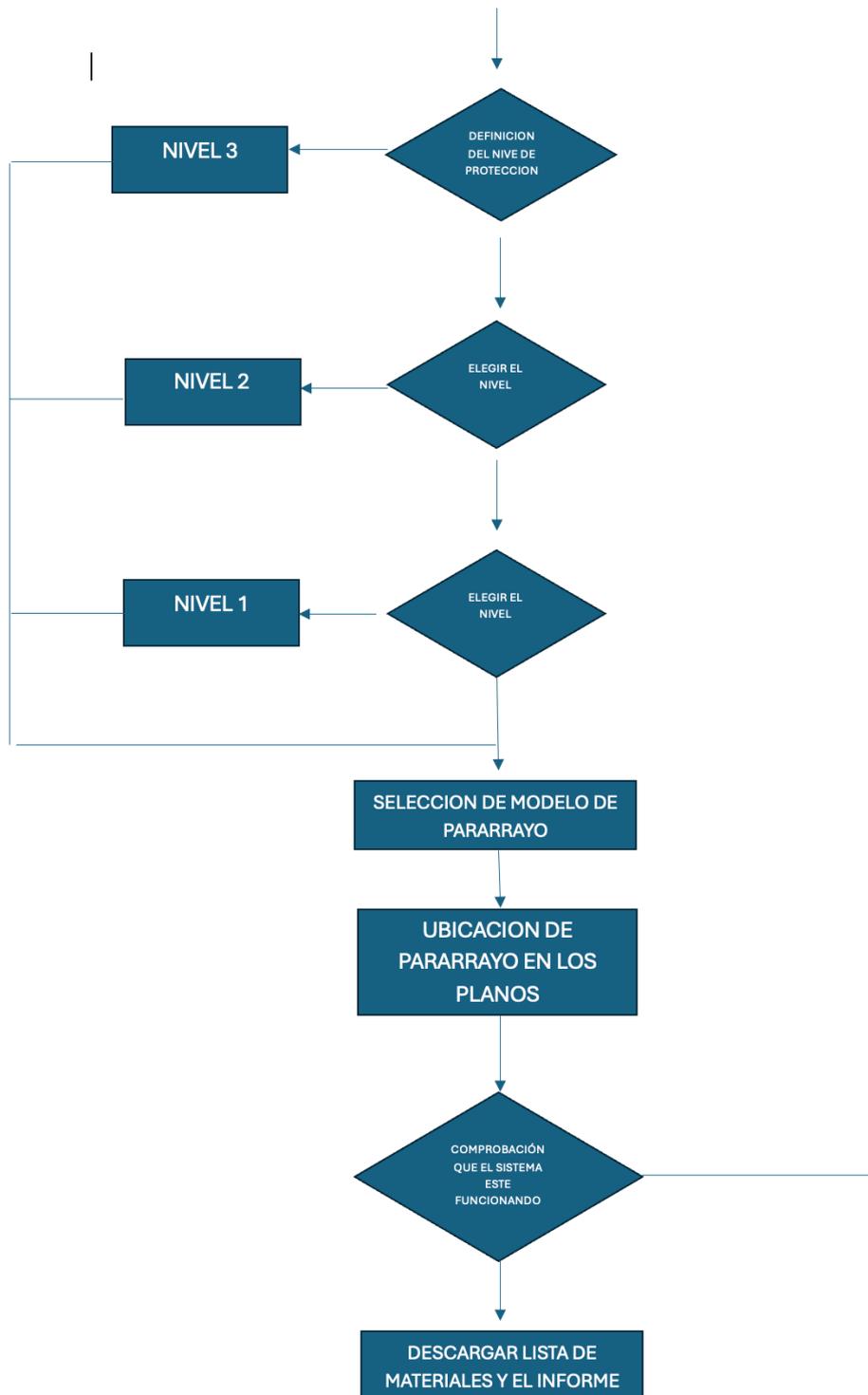


Figura 10. Segunda parte del diagrama del flujo del software

Fuente. Autores

3.2.2. Simulación en el software

Paso 1: Procedemos a abrir el sistema y empezamos colocando los datos del proyecto con la información correspondiente.

Incorporando el perfil detallado de la persona que va a simular y también la persona dueña del proyecto y así cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma que se rige, según nuestro proyecto es la NFC 17/102:2011 de acuerdo a la figura N11.

The screenshot displays the 'Datos del proyecto' screen with the following fields and values:

- DATOS DEL PROYECTO:**
 - CÓDIGO DE PROYECTO: 0001
 - FECHA DE CREACIÓN: 12/06/2024
 - NOMBRE: Protección
 - UBICACIÓN: Hostal De Guadalupe, Caluma, Ecuador
- DATOS NORMATIVOS:**
 - NORMATIVA DE REFERENCIA: NFC 17/102:2011
 - TIPO DE CONDUCTOR BAJANTE: Cable 70mm2
 - MARGEN DE SEGURIDAD DE ACCESORIOS: 50%
 - PROYECTO ICPE (SOLO APLICABLE PARA NORMA NF C):
- DATOS DEL CLIENTE DEL PROYECTO:**
 - EMPRESA: fouelectri
 - PERSONA DE CONTACTO: manolo
 - CORREO ELECTRÓNICO DE CONTACTO: eaconttreras200@gmail.com
 - NÚMERO DE TELÉFONO DE CONTACTO: 0992252413

Below the 'DATOS DEL CLIENTE DEL PROYECTO' section, there is a note: 'Esta información aparecerá en el informe del proyecto.' Additionally, there is a 'PARARRAYOS' section with a radio button selected for 'Nimbus' and an unchecked option for 'R-TESTER'.

Figura 11. Información correspondiente al proyecto

Fuente: Autores

Paso 2: Ya seleccionado los estándares iniciamos el proyecto, empezando con subir la imagen donde se muestra una visualización de cómo es el sistema de acuerdo como se observa en la figura 12

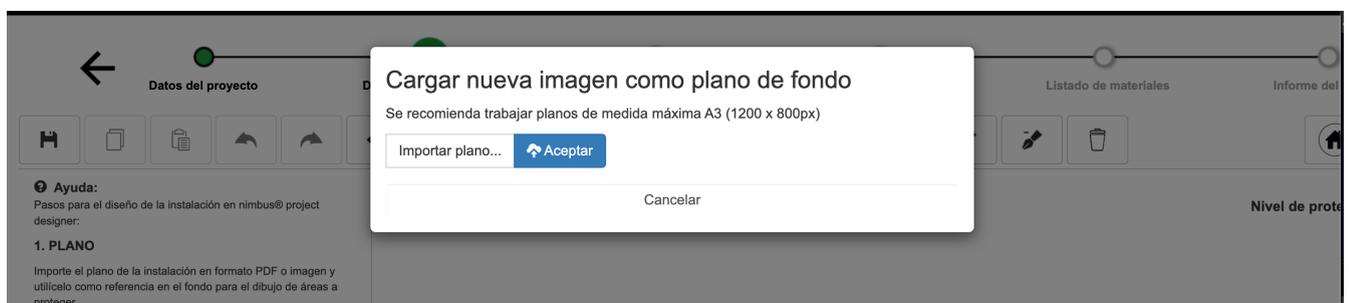


Figura 12. Diseño de la instalación

Fuente. Autores

Paso 3: Delimitamos en el área que vamos a proteger, así como también el perímetro total del terreno. Al determinar la trayectoria se establece el nivel de protección 1 manual o automáticamente ya que el programa nos deja, así como se muestra en la figura 13.

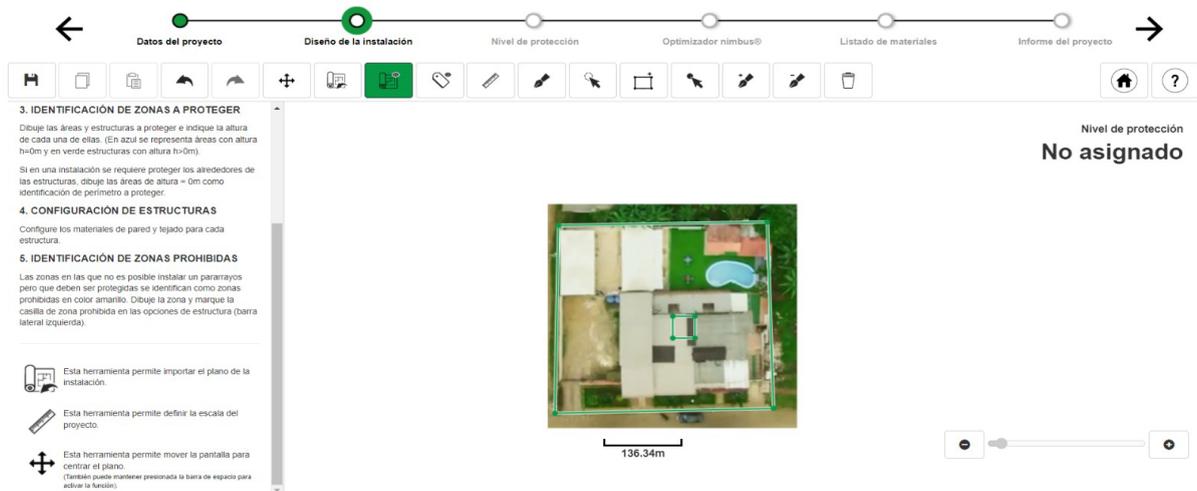


Figura 13. Diseño de la trayectoria de protección

Fuente. Autores

Paso 4: Se elegirá el prototipo del pararrayo como también la simulación nos dará la recomendación, seleccionamos el modelo Nimbus 60 y procederemos a ubicarnos en el área delimitada como zona segura, al ubicar el dispositivo de cebado la simulación se tornara en un color verde que significa que funciona.

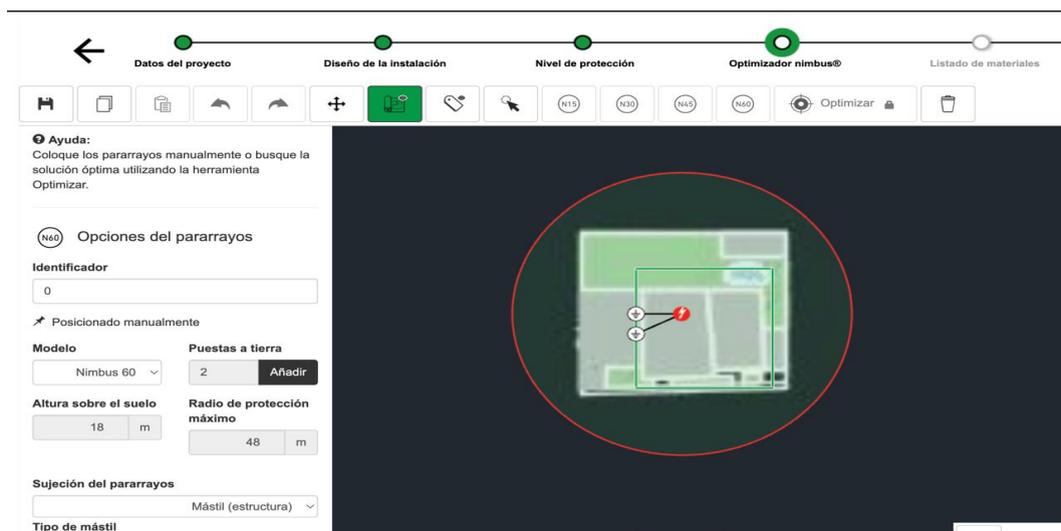


Figura 14. Paso 4 – Modelo del pararrayo

Fuente. Autores

Paso 5: Se presentará en un costado la lista de herramientas que se van a utilizar previo a concluir el trabajo este tomará un color verde que significa que funciona.

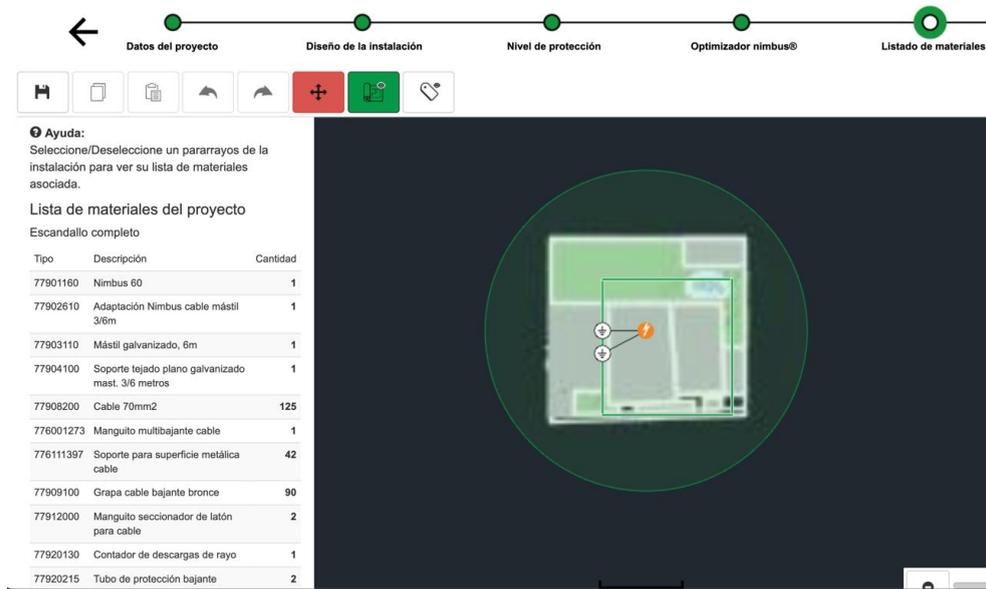


Figura 15. Demostración del area protegida

Fuente. Autores

Paso 6: Al concluir con la simulación se obtendrá el informe completo del proyecto como también la documentación técnica de que se van a utilizar.

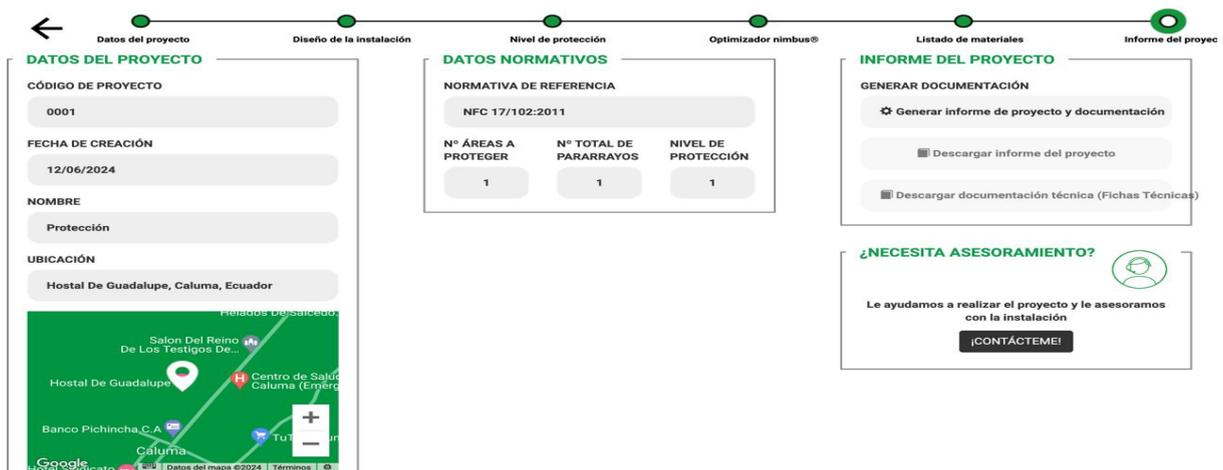


Figura 16. Generar documentación

Fuente. Autores

CAPÍTULO IV

4.1. ANÁLISIS Y RESULTADOS EN LA SIMULACIÓN.

- El desarrollo de protección de un sistema frente a descargas eléctricas climáticas para una instalación situada en una zona con alta probabilidad de ocurrencia de rayos, utilizando la simulación Nimbus Project, constituye un instrumento eficaz al abordar desafíos propuestos. De acuerdo a la prueba realizada mediante la simulación evidencia que hay efectividad en el proyecto, garantizando protecciones de acuerdo a los estándares establecidos por INEN, CTE SUA8 e IEEE 80.
- El dispositivo de cebado Nimbus 60 realizó la función exitosamente al cubrir el área que vamos a proteger, confirmado mediante los cálculos y simulaciones en el software.
- Con la evaluación de este trabajo se realizó varias fórmulas para las protecciones del clima de la zona estudiada.
- Al utilizar el Software Nimbus Project Designer tenemos una proyección en 3D para ver la eficacia del modelo Nimbus 60 para la protección así cumpliendo con los requisitos y estándares garantizando, la seguridad del sistema como se muestra en la figura 15.

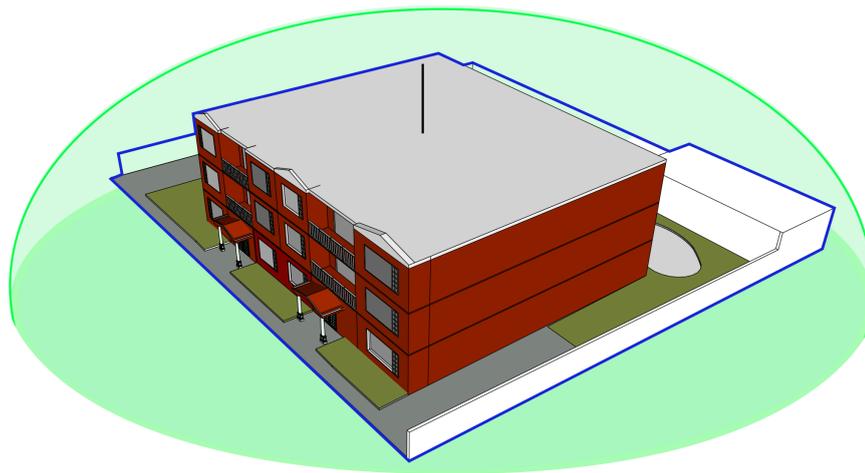


Figura 17. Area de protección total.

Fuente. Autores

- El área establecida y la trayectoria en la simulación con el pararrayo PDC Nimbus 60 tenemos que las instalaciones como su alrededor están bien protegidas.

4.2. ANÁLISIS Y RESULTADOS EN LA RESISTIVIDAD DEL SUELO.

- Al medir la resistividad del suelo con el proceso de las picas las cuales fueron a diferentes distancias de 3, 5, 10 metros fue suficiente para realizar las pruebas teniendo, como resultado. En la distancia De 3 M. Dio un resultado de 2,09 Ohmios, en la distancia de 5 M dio un resultado de 1,30 Ohmios, y en la distancia de 10 M nos dio un resultado de 0.52 Ohmios. Dando un resultado en la media de 37.63 Ohmios. Metro
- En la resistencia de la tierra el procedió en la colocación de 3 picas. En diferentes distancias que son de 6.20 m, y la segunda distancia es de 3.80 m, manejándonos al 62%. Dándonos un resultado de 213 ómnibus.

4.3. ANÁLISIS Y RESULTADOS EN LOS CALCULOS.

- Con los cálculos que se realizó se pudo obtener por medio de fórmulas las condiciones atmosféricas e infraestructura de la zona designada para prevenir las descargas atmosféricas.
- El resultado obtenido del área de captación es de 800m², esta zona está expuesta a las posibles descargas eléctricas.
- El resultado obtenido del riesgo admisible es de 0.0000814 indicando el nivel de riesgo para los impactos de descargas eléctricas.
- El resultado de la frecuencia es de 0,0064 que es el valor de descargas atmosféricas por año.
- Se realizaron los cálculos para obtener el calibre del conductor el cual es 57.32mm² este es el calibre que se va a utilizar para la protección de descargas atmosféricas
- El resultado obtenido del voltaje de toque es 2997.58V y el voltaje de paso es 3391.078V

- Con estos resultados y la investigación realizada es crucial la instalación de un pararrayo para la protección de este.
- Se logró que la resistividad de la malla es de 0.206Ω disipando una eficiente corriente eléctrica.

4.4. PRESUPUESTO DE MATERIALES



PRESUPUESTO

Energizando Tu Mundo, Iluminando
Tu Camino

FECHA: 02/07/2024

Telf.: 0996354362

N° Presupuesto: 002-07-2024

Presupuesto para:

“HOSTAL GUADALUPE”

CANTIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO POR UNIDAD	VENTA
1	Pararrayos de Acero inoxidable AISI 316	u	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00
1	Pie soporte Mastir con fijacion en tejado Plano	u	\$ 250,00	\$ 250,00
125	Cable desnudo #2/0	m	\$ 4,28	\$ 535,00
2	Mastil galvanizado (3m)	u	\$ 9,15	\$ 18,30
1	Pieza de adaptacion nimbus a mastil 36,5mm	u	\$ 72,49	\$ 72,49
1	Borna de Union Multiple	u	\$ 1,42	\$ 1,42
42	Soporte para Superficie Metalica	u	\$ 6,00	\$ 252,00
90	grapa de bronce para cable	u	\$ 4,98	\$ 448,20
2	Union de cable de 8-10mm	u	\$ 7,69	\$ 15,38
1	Contador de Descargas de Rayo	u	\$ 298,00	\$ 298,00
2	Tubo de proteccion PVC	u	\$ 7,39	\$ 14,78
2	Placa de Señalizacion de puesta a tierra	u	\$ 38,00	\$ 76,00
2	Caja de Registro	u	\$ 54,00	\$ 108,00
6	grapa de de 18mm cable 8-10mm	u	\$ 3,71	\$ 22,26
6	Varilla de puesta a tierra	u	\$ 21,00	\$ 126,00
TOTAL			\$	4.037,83

ECUADOR -GUAYAQUIL

León de Febres Cordero y
Oberto

CONCLUSIONES

- La propuesta de implementación de protecciones atmosféricas para un establecimiento ubicado en una zona de alta probabilidad de rayos y la aplicación de la normativa IEC 62305 ha demostrado ser una estrategia integral y efectiva. Los resultados indican que el diseño, la edificación y el mantenimiento adecuados de estructuras con sistemas de protección contra rayos son fundamentales para mitigar los riesgos asociados con descargas atmosféricas directas e indirectas.
- La utilización de pararrayos tipo PDC y la adherencia a estándares internacionales como la IEC 62305 garantizan una protección eficaz, minimizando los riesgos de daño y maximizando la seguridad para las personas y las propiedades. La aplicación de la normativa no solo cumple con los requerimientos técnicos para una protección adecuada, sino que también respalda la seguridad operacional de instalaciones en zonas propensas a rayos.
- La evaluación del área a proteger según los principios de la normativa IEC 62305 ha permitido determinar con precisión el tamaño y las especificaciones del sistema de protecciones atmosféricas necesario para garantizar la seguridad del establecimiento ubicado en una zona con alta incidencia de rayos.
- La implementación de los cálculos de la densidad de descarga, el área de captación, y los diversos factores de riesgo asociados han facilitado una estimación detallada y ajustada a las necesidades específicas del lugar.
- El cumplimiento de las normas IEC 62305 y la adaptación a las condiciones locales, como la densidad de rayos específica de la región y las características estructurales del establecimiento, han sido claves para configurar un sistema de protección eficiente.
- La utilización del software Nimbus Project Designer para analizar y diseñar el sistema de protección contra rayos ha demostrado ser una herramienta crucial y efectiva. A través de la simulación y los cálculos realizados, se ha podido verificar la eficacia del sistema propuesto, asegurando que la protección ofrecida cubre completamente las necesidades de la zona especificada.
- El análisis ha facilitado una validación detallada de cada aspecto del diseño, desde la determinación del radio de protección hasta el cálculo del calibre de los conductores y

las tensiones de toque y paso, asegurando así que todos los componentes del sistema funcionan de manera óptima y conforme a las normativas internacionales pertinentes.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar revisiones y mantenimientos periódicos del sistema de protección contra rayos instalado, para asegurar su funcionalidad continua y eficaz. Esto incluye inspecciones anuales por parte de técnicos cualificados que puedan evaluar y reparar cualquier deterioro o fallo en los componentes del sistema, especialmente antes de la temporada de tormentas, que es cuando más se necesita una protección efectiva.
- Dado que los resultados demuestran la eficacia del sistema de protecciones diseñado según las especificaciones locales y la normativa IEC 62305, se sugiere continuar con la implementación de estos sistemas en otros establecimientos similares en la región. Para optimizar aún más la protección, podría considerarse la integración de tecnologías avanzadas de detección y predicción de tormentas, que permitan tomar medidas preventivas adicionales en tiempo real.
- Para maximizar los beneficios del software Nimbus Project Designer y asegurar la efectividad del sistema de protección diseñado, se recomienda mantener el software actualizado y capacitar regularmente a los ingenieros y diseñadores que lo utilizan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] B. Franklin, Autobiografía de Benjamin Franklin., Zeuk Media., 2020.
- [2] Keybps¿Qué son las sobretensiones y qué daños producen?, 23 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.keybps.com/que-son-las-sobretensiones-y-que-danos-producen>.
- [3] cirprotec, «cirprotec,» Cirprotec, protección contra el rayo y las sobretensiones, 10 January 2054. [En línea]. Available: <https://www.cirprotec.com/>.
- [4] accends, «Sobretensiones permanentes: qué son - Aplicaciones Tecnológicas,» 2024. [En línea]. Available: <https://at3w.com/blog/sobretensiones-permanentes-que-son-que-danos-pueden-causar-tipos-proteccion-adecuadas/>.
- [5] L. Kerler, «Sistema de Pararrayos; su importancia para la seguridad del edificio,» Posted in Seguridad, 2020.
- [6] A. Huanca y E. Navia, «Análisis de fallas en transformadores por la operación de los pararrayos ante descargas atmosféricas en el sistema eléctrico primario de distribución 22, 9 KV.,» 2022.
- [7] M. Martínez, «Desarrollo del sistema de pararrayo tipo PDC con cebado no electrónico ubicado en Huamanga distrito de Vinchos Ayacucho en el centro poblado Parjawilka basado en la norma UNE 21186: 2011.,» 2021.
- [8] Ingesco, «Pieza adaptación,» Ingesco, 2024.
- [9] V. Hernández, «Diseño, construcción y caracterización de un contador proporcional de ángulo sólido definido para la medida absoluta de tasas de emisión de rayos X de baja energía.,» 2021.
- [10] C. Cepeda, W. Osorio y P. Carrera, «Sistema de protección contra las descargas atmosféricas.,» *Revista multidisciplinaria de desarrollo agropecuario, tecnológico, empresarial y humanista*, vol. 2, nº 1, pp. 6-6., 2020.
- [11] J. Ramirez y E. Cano, SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2010.

- [12] R. Aguilera y H. Muñoz, «Diseño de sistema de protección contra descargas atmosféricas para zona de tanques de GLP,» 2024.
- [13] R. Flores, «Diseño de protecciones atmosféricas externas según normas NFPA 780-caso Edificio" E"-UDEP.,» 2019.
- [14] J. Portilla, «Estudio de un sistema de protección atmosférica según normas IEC 62305 para una nave industrial en el Departamento de Junín.,» 2021.
- [15] M. Martínez, «Desarrollo del sistema de pararrayo tipo PDC con cebado no electrónico ubicado en Huamanga distrito de Vinchos Ayacucho en el centro poblado Parjawilka basado en la norma UNE 21186: 2011.,» 2021.
- [16] D. Beltrán y E. Luna, «Diseño de un sistema puesta a tierra para aplicación en una industria utilizando la normativa IEEE 80–2000,» 2023.
- [17] P. Otero, S. Peñafiel, D. Vallejo, N. Granda y J. Ramírez, «Simulación de Mallas de Puesta a Tierra Utilizando el Método de los Elementos Finitos en Tres Dimensiones,» *Revista Técnica energía*, vol. 17, n° 2, pp. 113-123, 2021.
- [18] E. Broncano y A. Teneda, «Estudio de voltaje de paso y voltaje de toque mediante la implementación de un módulo didáctico,» 2020.
- [19] P. Gualotuña, «Mejoramiento de los sistemas de puesta a tierra del Hospital Gineco Obstétrico Pediátrico de Nueva Aurora “Luz Elena Arismendi” mediante la inserción de bobinas de choque,» 2022.
- [20] G. Cruz, «Asociación entre el grado de conocimiento y la actitud para el uso de radioprotección en alumnos de estomatología de la Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt, 2019.,» 2020.
- [21] J. Lopez, «Diseño del sistema de puesta a tierra en los varaderos del SIMA-Iquitos para complementar la protección eléctrica de pararrayos tradicionales.,» 2022.
- [22] I. Simbaña, W. Quitiaquez, L. Ramírez y D. Saquina, «Estudio de viabilidad de un sistema de captación de agua lluvia en Guamaní–Quito,» *Revista científica Unanchay UNANCHAY ISSN 2953-6707*, vol. 1, n° 1, pp. 47-63, 2022.
- [23] "Documento Básico SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad)," Jun. 2022.

ANEXOS

cirprotec

Anexos de Proyecto

Protección

Hostal De Guadalupe, Caluma, Ecuador

NFC 17/102:2011

fourelectri

2024-06-12 02:39:16

<https://nimbus.cirprotec.com>

Índice

> FICHAS TÉCNICAS

a. Recopilación de fichas técnicas2

1. Fichas técnicas

Listado de fichas técnicas

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-NIMBUS-60-77901160.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-P-ADAP-D36,5-77902610.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-MAST-6M-FEG-77903110.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-PIE-SOP-MAST-TEJ-77904100.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-CABLE-TRZ-CU-70-77908200.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-BORNA-MULTI-CLAMP-INOX-D8-10-776001273.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-SOP-COND-TF-ISO-CABLE-D10-776111397.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-SOP-CABLE-BR-M8-TIRAF-50-70-77909100.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-MANGUITO-U-C-70-77912000.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-CDR-401-77920130.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-TUB-PROT-PVC-50-70MM2-3M—ABRAZ-77920215.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-PLACA-SEÑAL-DE-PUESTA-A-TIERRA-77930000.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-ARQUETA-COMPLETA-300X300-77930110.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-GRAPA-AB-LA-JAB-77934200.pdf](#)

[ES-CPT-FT-PARARRAYOS-JAB-CU-2-D14-77932100.pdf](#)

nimbus 60

77901160

CPT cirprotec
Lightning and Surge protection



Pararrayos con dispositivo de cebado. Acero inoxidable AISI 316. Avance de cebado: 60 μ s. CTE SU8; UNE 21.186:2011; NFC 17-102:2011

Indicativo 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77901160	
Descripción	nimbus 60	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	528,5	[mm]
Anchura producto	85	[mm]
Peso producto	3235	[gr]
Datos generales		
Normas Producto	NF C 17-102:2011; UNE-21186:2011; CTE SU 8	
Certificaciones	CE; BUREAU VERITAS	
Color carcasa	Plateado	
Material aislante y clase	Inox 316	
Grado de protección del envolvente	IP 67	
Rango temperatura	-20 $^{\circ}$ C... +80 $^{\circ}$ C	
Características técnicas		
Certificaciones (avance de cebado)	LRIC	
Avance de cebado	60	[μ s]
Máxima corriente soportada (10/350)	200	[kA]
Sección mínima del cable	50	[mm ²]
Ancho máximo pletina	30	[mm]
Ancho mínimo pletina	25	[mm]

Datos técnicos		Valor	Unidades
Espesor máximo pletina		6	[mm]
Espesor mínimo pletina		2	[mm]
Radios de protección según modelo de pararrayos (UNE 21186 / NFC 17-102)			
Nivel I (h=3m)	D = 20 m	47	[m]
Nivel I (h=4m)	D = 20 m	63	[m]
Nivel I (h=5m)	D = 20 m	79	[m]
Nivel II (h=3m)	D = 30 m	52	[m]
Nivel II (h=4m)	D = 30 m	69	[m]
Nivel II (h=5m)	D = 30 m	86	[m]
Nivel III (h=3m)	D = 45 m	58	[m]
Nivel III (h=4m)	D = 45 m	78	[m]
Nivel III (h=5m)	D = 45 m	97	[m]
Nivel IV (h=3m)	D = 60 m	64	[m]
Nivel IV (h=4m)	D = 60 m	85	[m]
Nivel IV (h=5m)	D = 60 m	107	[m]
Accesorios			
Accesorios 3	77902610		
Esquemas			

Dimensiones



P-ADAP D36,5

77902610

CPT cirprotec
Lightning and Surge protection

Pieza de adaptación Nimbus a mástil, diámetro 36,5 mm



Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77902610	
Descripción	P-ADAP D36,5	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	86,5	[mm]
Anchura producto	50	[mm]
Profundidad producto	50	[mm]
Peso producto	773	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Product	EN 62561-1:2012	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro	50	[mm]
Diámetro interno	36,5	[mm]
Diámetro de mástil máximo	36,5	[mm]
Diámetro de mástil mínimo	36,5	[mm]
Diámetro máximo del cable	10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	8	[mm]
Material	Latón	
Tipo de rosca	M30	

MAST 6M FEG

77903110



Mástil ~~of~~ 6 m. de acero galvanizado. (2 tramo de 3 m).



Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77903110	
Descripción	MAST 6M FEG	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	6000	[mm]
Anchura producto	48	[mm]
Profundidad producto	48	[mm]
Peso producto	16900	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Nº piezas	2 tramos	
Datos generales		
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro	48	[mm]
Diámetro interno	43	[mm]
Diámetro de mástil máximo	48	[mm]
Diámetro de mástil mínimo	42	[mm]
Material	Acero galvanizado	

PIE SOP MAST TEJ

77904100



Pie soporte mástil con fijación en tejado plano o suelo.

Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77904100	
Descripción	PIE SOP MAST TEJ	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	1016	[mm]
Anchura producto	300	[mm]
Profundidad producto	300	[mm]
Peso producto	10000	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro interno	50	[mm]
Diámetro de mástil máximo	48	[mm]
Diámetro de mástil mínimo	42	[mm]
Material	Acero galvanizado	

CABLE-TRZ Cu 70

77908200

Cable trenzado de cobre electrolítico desnudo de 70 mm².



Indicativo 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77908200	
Descripción	CABLE-TRZ Cu 70	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Peso producto	593	[gr]
Unidad de embalaje	50	[m]
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-2:2012	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Sección	70	[mm ²]
Diámetro	10	[mm]
Material	Cobre	

BORNA MULTI-CLAMP INOX D8-10

776001273

CPT cirprotec
Lightning and Surge protection

Borna unión múltiple diámetro 8-10mm inoxidable.



Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	776001273	
Descripción	BORNA MULTI-CLAMP INOX D8-10	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Peso producto	105	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Product	EN 62561-1:2012	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro máximo del cable	10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	8	[mm]
Material	Acero inoxidable	
Material conector	Acero inoxidable	
Rosca de tornillo	M10	

SOP-COND TF ISO CABLE D10

776111397



Soporte para superficie metálica para cable 8-10mm, con tornillo y aislante de PVC para revestimiento impermeable. Fabricado en acero inoxidable.

Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	776111397	
Descripción	SOP-COND TF ISO CABLE D10	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	41	[mm]
Anchura producto	43	[mm]
Profundidad producto	20	[mm]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561 -4:2011	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro máximo del cable	10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	8	[mm]
Material	Acero inoxidable	
Material envolvente	Aislante PVC	
Rosca de tornillo	M8	

SOP-CABLE Br M8 TIRAF 50/70

77909100



Soporte M-8 bronce con tirafondo, para cables de 50 mm² y 70 mm².

Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77909100	
Descripción	SOP-CABLE Br M8 TIRAF 50/70	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	73,4	[mm]
Anchura producto	36	[mm]
Profundidad producto	20	[mm]
Peso producto	65	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-4:2011	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro máximo del cable	10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	8	[mm]
Material	Latón	
Material conector	Cobre	
Rosca de tornillo	M8	

MANGUITO-U C-70

77912000

Manguito de unión cable 8-10mm

Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77912000	
Descripción	MANGUITO-U C-70	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	70	[mm]
Anchura producto	23	[mm]
Profundidad producto	23	[mm]
Peso producto	215	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-1:2011	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro	24	[mm]
Diámetro interno	12	[mm]
Diámetro máximo del cable	10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	8	[mm]
Material	Latón	

CDR-401

77920130

CPT cirprotec
Lightning and Surge protection

Contador de descargas de rayo para cable y pletina

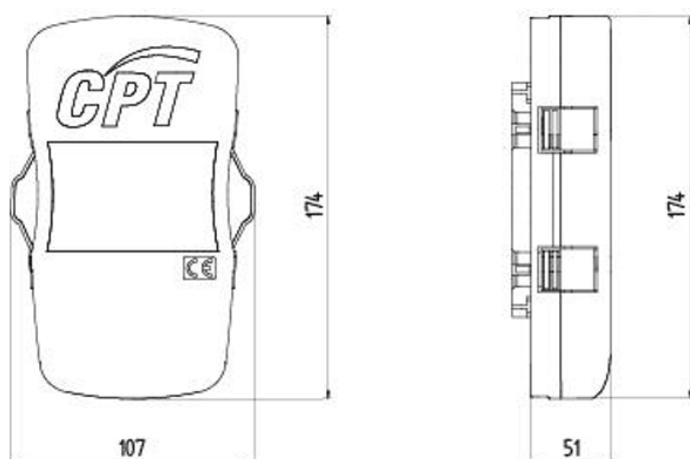
Indicativo ~~00000000~~

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77920130	
Descripción	CDR-401	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	174	[mm]
Anchura producto	107	[mm]
Profundidad producto	51	[mm]
Peso producto	385	[gr]
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-6:2011	
Certificaciones	CE	
Color carcasa	RAL 9005	
Material aislante y clase	PA66; V-0 + UV	
Grado de protección <u>del envoltente</u>	IP 67	
Rango temperatura	-20 °C ... +65 °C	
Características técnicas		
Umbral de corriente (8/20)	1kA	1 [kA]
Máxima corriente de descarga contada y soportada (10/350)	150kA	150 [kA]
Rango de contaje	0 ... 9999	
Sistema bajante	Cable, pletina	
Ancho máximo pletina	30	[mm]
Ancho mínimo pletina	25	[mm]

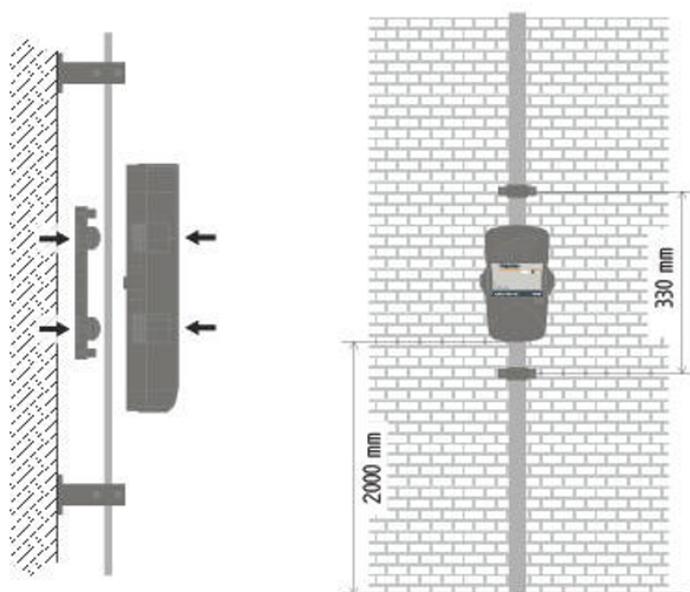
Datos técnicos	Valor	Unidades
Espesor máximo pletina	6	[mm]
Espesor mínimo pletina	2	[mm]
Diámetro máximo del cable	10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	6	[mm]

Esquemas

Dimensiones



Esquema de conexión



TUB-PROT PVC 50-70MM2 3M + ABRAZ

77920215



Tubo de protección fabricado en PVC 3mm para cable de 8-10mm.
Dimensiones Ø 50x 3000 mm. Incluye abrazaderas.



Indicative

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77920215	
Descripción	TUB-PROT PVC 50-70MM2 3M + ABRAZ	
Estado	Disponible	
EAN	8435297859451	
Partida arancelaria	8535.40.00	
Dimensiones		
Altura producto	3000	[mm]
Anchura producto	50	[mm]
Profundidad producto	50	[mm]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-4:2011	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Sistema bajante	Cable	
Diámetro	50	[mm]
Diámetro interno	44	[mm]
Diámetro máximo del cable	Diámetro máx.cable 10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	Diámetro mín.cable 8	[mm]
Material	PVC	
Material conector	Nylon	

PLACA SEÑAL DE PUESTA A TIERRA

77930000

CPT cirprotec
Lightning and Surge protection



Placa de señalización de toma de tierra

Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77930000	
Descripción	PLACA SEÑAL DE PUESTA A TIERRA	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	150	[mm]
Anchura producto	60	[mm]
Profundidad producto	2	[mm]
Peso producto	50	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-5:2011	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Material	Aluminio	

ARQUETA COMPLETA 300X300

77930110

CPT cirprotec
Lightning and Surge protection



Arqueta registro polipropileno de 300x300 mm. con regleta equipotencial incluida y 3 terminales brida.

Indicative

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77930110	
Descripción	ARQUETA COMPLETA 300X300	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	300	[mm]
Anchura producto	300	[mm]
Profundidad producto	300	[mm]
Peso producto	2385	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-5:2011	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro máximo del cable	10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	8	[mm]
Material conector	Cobre	
Material envolvente	Polipropileno	

GRAPA-AB La /JAB

77934200



Grapa abarcón latón conexión jabalina hasta 18mm diámetro. Cable 8-10mm



Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77934200	
Descripción	GRAPA-AB La /JAB	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	50	[mm]
Anchura producto	41	[mm]
Profundidad producto	26	[mm]
Peso producto	130	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-2:2012	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro de pica admisible	18	[mm]
Nº conductores bajantes	1	
Diámetro máximo del cable	10	[mm]
Diámetro mínimo del cable	8	[mm]
Material	Latón	
Rosca de tornillo	M8	

JAB Cu 2 D14

77932100



Jabalina de cobre 300 micras 2 m, diámetro 14 mm



Indicative 

Datos técnicos	Valor	Unidades
Datos mercantiles		
Código	77932100	
Descripción	JAB Cu 2 D14	
Estado	Disponible	
Dimensiones		
Altura producto	14	[mm]
Anchura producto	14	[mm]
Longitud producto	2000	[mm]
Peso producto	2670	[gr]
Unidad de embalaje	1	
Datos generales		
Normas Producto	EN 62561-2:2012	
Certificaciones	CE	
Características técnicas		
Diámetro	14	[mm]
Diámetro	5/8	[inch]
Diámetro interno	14	[mm]
Material	Acero inoxidable	
Material envolvente	Cobre	
Revestimiento de cobre	300	[µm]

cirprotec

Informe de Proyecto

Protección

Hostal De Guadalupe, Caluma, Ecuador

NFC 17/102:2011

fouelectri

2024-06-12

nimbus.cirprotec.com

Índice

1. Introducción	3
a. Acerca del software	3
b. Limitaciones del estudio	3
c. Responsabilidades sobre el software	3
d. Política de protección de datos	4
e. Explicación de la tecnología de avance de cebado	4
2. Datos generales de proyecto	5
a. Normativas de aplicación	5
b. Datos del proyecto	5
3. Diseño de la instalación	7
a. Esquema general de la instalación	7
b. Identificación de zonas y estructuras	8
c. Determinación del riesgo y nivel de protección	9
4. Solución propuesta	10
a. Esquema general de la instalación	10
b. Identificación de los pararrayos	11
c. Identificación de elementos de puesta a tierra	12
d. Lista de materiales global para instalación de pararrayos	13
e. Lista de material por cada pararrayos	15
f. Funcionamiento del cálculo de optimización de pararrayos	16

1. Introducción

a. Acerca del software

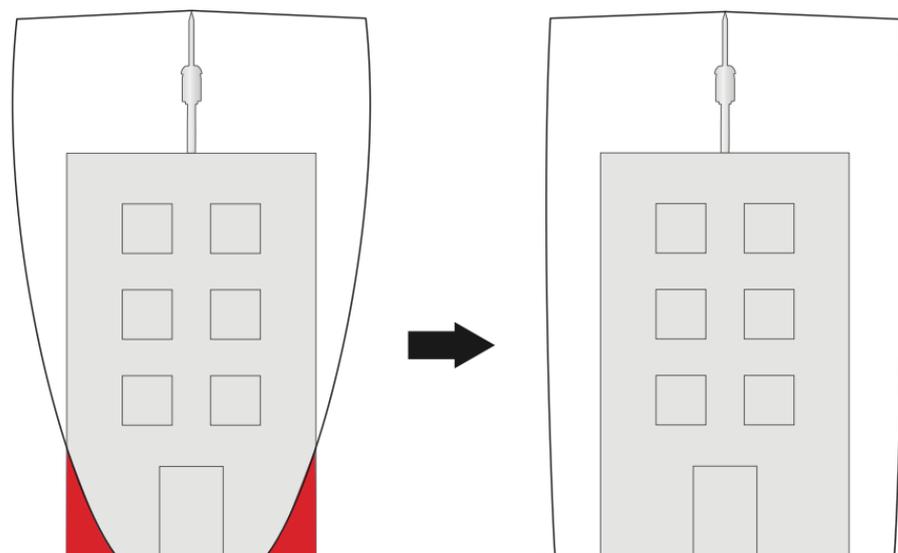
Este estudio ha sido realizado mediante el software de cálculo de pararrayos nimbus® project designer de Cirprotec. El alcance de este software es realizar un estudio basado en normativas nacionales e internacionales, del nivel de riesgo de la instalación ante los efectos del rayo; proponiendo soluciones basadas en pararrayos de tipo PDC y sus accesorios para instalación y puesta a tierra.

Los resultados obtenidos mediante este software son de carácter orientativo y aproximado, y en ningún caso pueden sustituir un diseño completo de la instalación realizado in situ por un especialista.

b. Limitaciones del estudio

Para facilitar el uso y simplificar los procesos de cálculo del software nimbus® project designer, se toman una serie de simplificaciones durante la realización del proyecto. Se trata de los siguientes:

- Por defecto y a menos que se compongan varios elementos, el terreno del área a proteger se considera de una altura uniforme, así como los tejados de las diferentes estructuras
- A la hora de hacer el cálculo de riesgo de la instalación, y para una misma área a proteger, se considera un nivel de riesgo global, tomando el más restrictivo de los calculados o introducidos manualmente.
- No se tienen en cuenta las reducciones de radio de protección debido a la altura, siendo ésta una simplificación aceptada y sugerida por las normativas.



Ejemplo: nimbus® 60 en nivel de protección 2 sobre edificio de 100 metros de altura. Radio real vs simplificación.

c. Responsabilidades sobre el software

El contenido del informe del proyecto ha sido generado a partir de la información aportada por el usuario, teniendo en cuenta las limitaciones y simplificaciones especificadas anteriormente (El optimizador nimbus® propone soluciones en base a criterios de coste de, todo el sistema de protección contra el rayo (SPCR) de la instalación y no solamente del número de pararrayos).

Cirprotec, S.L.U. no se hace responsable bajo ningún concepto de la solución de protección propuesta, que será responsabilidad exclusiva del usuario del software. En ningún caso, Cirprotec, S.L.U. se hará responsable de cualquier daño directo o indirecto, daños materiales o inmateriales (tales como pérdida de ingresos, pérdida de beneficios, interrupción de las operaciones, costes financieros, pérdida de pedidos, etc.), producidos

al usuario de software y/o a un tercero (incluidos sus empleados y productos), como consecuencia del uso del software y/o la solución de protección por parte del usuario del software o el tercero. Como tal, el usuario del software renuncia a cualquier reclamación contra de Cirprotec, S.L.U. y/o sus compañías de seguros y garantías de Cirprotec, S.L.U. y a sus reclamos sobre cualquier otra compañía de seguros de terceros.

d. Política de protección de datos

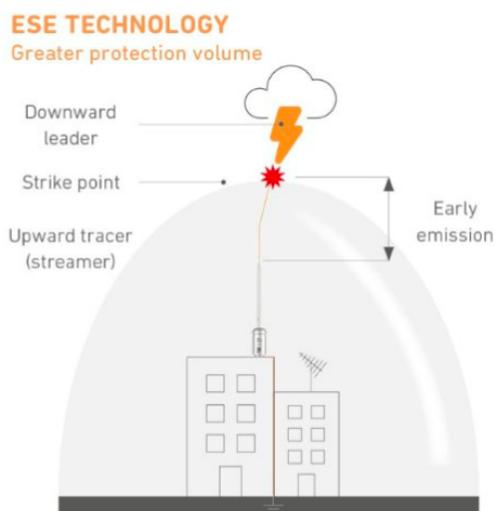
La base legal para el tratamiento de sus datos es la obtención del consentimiento del usuario del fichero. Por ello CIRPROTEC, S.L.U. solicita su consentimiento para tratar sus datos con el fin de gestionar el acceso a la aplicación WEB y firmar el informe del proyecto.

Le informamos que, si lo desea, puede ejercer los derechos que el RGPD 679/2016 reconoce a las personas interesadas en acceder a sus datos, a solicitar la rectificación de los datos inexactos, a oponerse al tratamiento de sus datos en determinadas circunstancias, a cancelar el tratamiento de sus datos en determinadas circunstancias, a solicitar la supresión de sus datos cuando los datos ya no fueran necesarios para la finalidad para la que se recogieron, al olvido, a la limitación del tratamiento y a la portabilidad de los datos, dirigiéndose por escrito a datos@cirprotec.com con copia de su DNI.

e. Explicación de la tecnología de avance de cebado

Durante el proyecto todos los cálculos se han realizado tomando como referencia los pararrayos activos con dispositivo de cebado electrónico PDC.

Este tipo de dispositivos basan su tecnología en la generación de pulsos de alta frecuencia que rompen la rigidez dieléctrica del aire, facilitando la descarga del rayo hasta el propio pararrayos; cubriendo así una mayor área que una punta Franklin.



La diferencia entre la altura donde llega el trazador de una Punta Franklin y el trazador de un Pararrayos Activo (PDC) se denomina avance de cebado o tiempo de avance de cebado (Δt). Este se obtiene gracias a la emisión anticipada del trazador ascendente.

La tecnología PDC se sirve del gradiente atmosférico para generar una ionización tal que permite aumentar la altura del punto de impacto del rayo, lo que incrementa el volumen protegido. Esto facilita la protección de grandes áreas, simplificando y reduciendo costes de material e instalación.

2. Datos generales de proyecto

a. Normativas de aplicación

En el presente documento se contemplan las siguientes normativas

- NF C 17-102:2011. Normativa francesa de pararrayos con dispositivo de cebado electrónico (PDC).
En la normativa de producto, se calcula la necesidad de protección mediante el cálculo de los riesgos asociados a la instalación, a partir de información relativa a cada estructura particular. En caso de los riesgos sean mayores a los admisibles, será necesaria la aplicación de elementos de protección tanto contra el rayo como contra las sobretensiones.
- IEC 62561:2011. Normativa internacional de componentes de los sistemas de protección contra el rayo
En esta norma se especifican las características de los elementos que forman parte de un sistema de protección contra el rayo, teniendo a su vez 7 apartados:
 1. Requisitos de los componentes de conexión.
 2. Requisitos para los conductores y electrodos de puesta a tierra.
 3. Requisitos para explosores aislantes.
 4. Requisitos para las fijaciones del conductor.
 5. Requisitos para las arquetas de inspección de los electrodos de tierra y para el sellado de los electrodos de tierra.
 6. Requisitos para los contadores de impactos de rayos (CIR).
 7. Requisitos para los compuestos que mejoran las puestas a tierra.
- IEC 62305-2. Normativa internacional de protección contra el rayo. Gestión de riesgos.

b. Datos del proyecto

Datos del usuario

Nombre: manolo

Apellidos: garcia

Empresa:

País: Ecuador

Teléfono:

Correo electrónico: mgarciam3@est.ups.edu.ec

Datos del cliente

Empresa: fourelectri

Persona de contacto: manolo

Correo de contacto: eacconttreras200@gmail.com

Teléfono: 0992252413

Datos del proyecto

Nombre: Protección

Ubicación: Hostal De Guadalupe, Caluma, Ecuador

Datos normativos**Normativa de referencia:** NFC 17/102:2011**Tipo de conductor bajante:** Cable 70mm²**Margen de seguridad adicional en accesorios:** 50 %**Proyecto ICPE:** Sí

3. Diseño de la instalación

a. Esquema general de la instalación



- Perímetro del área (terreno) a proteger
- Estructuras a proteger con una determinada altura
- Estructuras a proteger en las cuales no se puede colocar un pararrayos (zonas prohibidas)

b. Identificación de zonas y estructuras

ID de la zona/estructura	19156
Nombre	Estructura 19156
Dimensiones	40 x 39
Altura / Altura total	12 / 12 m
Nivel de protección	Nivel 1
¿Nivel de protección calculado?	Sí
¿Zona prohibida?	No
Material de la estructura	Madera, ladrillo, hormigón
Material de la cubierta	Metálico

c. Determinación del riesgo y nivel de protección

Solamente las estructuras con una altura determinada son susceptibles de que se le aplique un cálculo de riesgo de rayo.

De todos los niveles de riesgo introducidos/calculados, el nivel más alto (restrictivo) es el que finalmente se utiliza globalmente para todo el perímetro de la instalación

Los siguientes cálculos de riesgo se han realizado conforme a la normativa NFC 17/102:2011.

i. Cálculo de riesgo de la estructura 19156

Dimensiones de la estructura			
Identificación de parámetro		Selección de parámetro	Valor numérico
L	Longitud de la estructura (m)	40	40
W	Ancho de la estructura (m)	39	39
H	Altura de la estructura (m)	12	12
Hp	Protrusión más alta sobre el tejado (m)	12	12

Atributos de la estructura			
Identificación de parámetro		Selección de parámetro	Valor numérico
rf	Riesgo de incendio	Alto	0.1
Ks1	Material de la estructura	Madera, ladrillo u hormigón	1
Ks3	Tipo de cableado interno	Sin apantallar	1

- Las dimensiones utilizadas aquí son las introducidas gráficamente en el editor de estructuras
- La altura máxima de protrusión representa el elemento más alto por encima del tejado (chimenea, antena...)
- Tipo de cableado interno hace referencia al apantallamiento del cableado interno de la estructura

Influencias medioambientales			
Identificación de parámetro		Selección de parámetro	Valor numérico
Cd	Ubicación relativa de la estructura	Rodeado por alturas similares o inferiores	0.5
Ce	Densidad de la ubicación	Suburbano	0.5
Ng	Densidad anual de rayos (rayos/Km ²)	4	4

- La densidad de descargas atmosféricas anuales representa el número de rayos por Km² y año en la ubicación. Se puede obtener a partir de un mapa isoceraunico. Está directamente relacionado con el número de días anuales con tormenta.

LÍNEAS CONDUCTIVAS			
Identificación de parámetro		Selección de parámetro	Valor numérico
Línea eléctrica			
PL	Tipo de servicio eléctrico entrante	Cable aéreo	1
PLD0	Tipo de cable externo	Sin apantallar	1
Ct	Presencia de un MT/BT transformador	Sin transformador	1
Otros servicios aéreos (datos, telecomunicaciones ...)			
Noh	Número de servicios con cableado interior	0	0
PLD1	Tipo de cable externo aéreo	Sin apantallar	1
Otros servicios subterráneos (datos, telecomunicaciones ...)			
Nug	Número de servicios con cableado interior	0	0
PLD2	Tipo de cable externo enterrado	Sin apantallar	1

- En el apartado líneas de alimentación se especifican las características de la red eléctrica que llega a la estructura; por ejemplo si es aéreo o enterrado o si se dispone de un transformador propio.
- En las categorías de otros servicios se introducen el total de líneas de comunicaciones que llegan a dicha estructura.

Categorías de pérdida			
Identificación de parámetro		Selección de parámetro	Valor numérico
Categoría 1 - PÉRDIDA DE VIDA HUMANA			
hz	Peligros especiales para la vida	Nivel bajo de pánico (<100 personas simultáneamente)	2
Lf	Pérdida de vida debida a incendio	Hospitales, hoteles, edificios públicos	0.1
Lo	Pérdida de vida debido a la sobretensión	Sistemas eléctricos de seguridad (ascensores)	1.0E-5
CATEGORÍA 2 - PÉRDIDA DE SERVICIOS ESENCIALES			
Lf2	Pérdida de servicio debido a incendio	Suministro de energía eléctrica	0.05
Lo2	Pérdida de servicio debido a las sobretensiones	Suministro de energía eléctrica	0.001
CATEGORÍA 3 - PÉRDIDA DE PATRIMONIO CULTURAL			
Lf3	Pérdida de patrimonio cultural debido a incendio	Valor irremplazable	0.1
CATEGORÍA 4 - PÉRDIDA ECONÓMICA			
h4	Peligros económicos especiales	Sin riesgos particulares	1
Lf4	Pérdida económica debido a incendio	Escuelas, edificios comerciales	0.2
Lo4	Pérdida económica debida a sobretensión	Oficina, comercial, hoteles	0.01
Lt4	Posible riesgo de impacto para el ganado	Sin riesgo de choque en ganado	0

- En pérdida de vida humana se introducen las características de la instalación que determinan el riesgo para las personas que se encuentren dentro.
- Pérdida de servicios esenciales sólo es aplicable si la estructura en cuestión es parte de la red de generación/distribución de servicios.
- Pérdida de valor cultural sólo es aplicable si la estructura se trata de un bien cultural.
- Pérdida económica engloba todos los parámetros que determinan los daños materiales orientados al negocio.

Una vez aplicadas las siguientes medidas de protección:

Medidas de protección (resultados)			
Identificación de parámetro		Selección de parámetro	Valor numérico
Pb	Nivel de protección contra rayo	Nivel 1	0.02
Pc	Protección contra sobretensiones	Sistema completo de protección	1.0E-5
rp	Protección contra el fuego adicional	Sistemas manuales (extintores)	0.5
Pa	Protección eléctrica adicional	Sin medidas	1

- El nivel de protección contra el rayo determina un nivel de seguridad, siendo el más alto el nivel 1 y el más bajo el nivel 4. Mayor el nivel de seguridad aumenta la certeza que en los radios de protección se capturaré el rayo.

Se puede ver cómo una vez aplicadas las medidas de protección necesarias el riesgo calculado se mantiene por debajo de los valores admisibles.

Riesgo calculado (Resultados)		
Nombre del riesgo	Riesgo tolerable (Rt)	Riesgo calculado
Pérdida de vida humana (R1)	1.00E-05	8.08E-06
Pérdida de servicios esenciales (R2)	1.00E-03	2.12E-05
Pérdida de patrimonio cultural (R3)	1.00E-03	3.93E-06
Pérdida económica (R4)	1.00E-03	2.00E-04

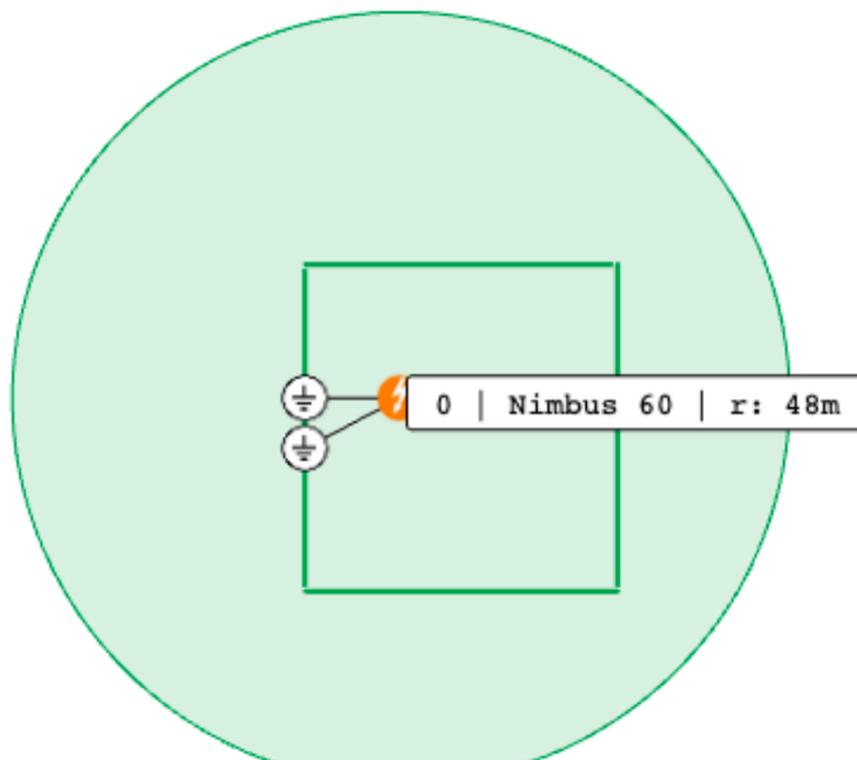
R1	Parámetro principal	$R1 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz$	8.08E-06
Ra1	Parámetro principal	$Ra1 = Nd \cdot Pa \cdot La$	2.26E-08
Rb1	Parámetro principal	$Rb1 = Nd \cdot Pb \cdot Lb$	4.53E-06
Rc1	Parámetro principal	$Rc1 = Nd \cdot Pspd \cdot Lo$	2.26E-09
Rm1	Parámetro principal	$Rm1 = Nm \cdot Pm \cdot Lo$	8.98E-08
Ru1	Parámetro principal	$Ru1 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct \cdot PLD0) \cdot La \cdot Peq$	3.34E-10
Rv1	Parámetro principal	$Rv1 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct \cdot PLD0) \cdot Lb \cdot Peq$	3.34E-06
Rw1	Parámetro principal	$Rw1 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct) \cdot Lo \cdot Pspd$	3.34E-09
Rz1	Parámetro principal	$Rz1 = ((Ni1 - NL1) \cdot Noh \cdot PLD1 + ((Ni2 - NL2) \cdot Nug \cdot PLD2 + ((Ni0 - NL0) \cdot Ct) \cdot Lo \cdot Pspd$	9.67E-08
R2	Parámetro principal	$R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$	2.12E-05
Rb2	Parámetro principal	$Rb2 = Nd \cdot Pb \cdot rp \cdot rf \cdot Lf2$	1.13E-06
Rc2	Parámetro principal	$Rc2 = Nd \cdot Pspd \cdot Lo2$	2.26E-07
Rm2	Parámetro principal	$Rm2 = Nm \cdot Pm \cdot Lo2$	8.98E-06
Rv2	Parámetro principal	$Rv2 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct \cdot PLD0) \cdot Peq \cdot rp \cdot rf \cdot Lf2$	8.35E-07
Rw2	Parámetro principal	$Rw2 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct) \cdot Lo2 \cdot Pspd$	3.34E-07
Rz2	Parámetro principal	$Rz2 = ((Ni1 - NL1) \cdot Noh \cdot PLD1 + ((Ni2 - NL2) \cdot Nug \cdot PLD2 + ((Ni0 - NL0) \cdot Ct) \cdot Lo2 \cdot Pspd$	9.67E-06
R3	Parámetro principal	$R3 = Rb + Rv$	2.26E-06
Rb3	Parámetro principal	$Rb3 = Nd \cdot Pb \cdot rp \cdot rf \cdot Lf3$	2.26E-06
Rv3	Parámetro principal	$Rv3 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct \cdot PLD0) \cdot Peq \cdot rp \cdot rf \cdot Lf3$	1.67E-06
R4	Parámetro principal	$R4 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz$	2.00E-04
Ra4	Parámetro principal	$Ra4 = Nd \cdot Pa \cdot ra \cdot Lt4$	0.00E+00
Rb4	Parámetro principal	$Rb4 = Nd \cdot Pb \cdot rp \cdot rf \cdot Lf4 \cdot h4$	4.53E-06
Rc4	Parámetro principal	$Rc4 = Nd \cdot Pspd \cdot Lo4$	2.26E-06
Rm4	Parámetro principal	$Rm4 = Nm \cdot Pm \cdot Lo4$	8.98E-05
Ru4	Parámetro principal	$Ru4 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct \cdot PLD0) \cdot Peq \cdot ra \cdot Lt4$	0.00E+00
Rv4	Parámetro principal	$Rv4 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct \cdot PLD0) \cdot Peq \cdot rp \cdot rf \cdot Lf4 \cdot h4$	3.34E-06
Rw4	Parámetro principal	$Rw4 = (NL1 \cdot Noh \cdot PLD1 + NL2 \cdot Nug \cdot PLD2 + NL0 \cdot Ct) \cdot Lo4 \cdot Pspd$	3.34E-06
Rz4	Parámetro principal	$Rz4 = ((Ni1 - NL1) \cdot Noh \cdot PLD1 + (Ni2 - NL2) \cdot Nug \cdot PLD2 + (Ni0 - NL0) \cdot Ct) \cdot Lo4 \cdot Pspd$	9.67E-05

Se ha/n realizado 1 cálculo/s de riesgo y el nivel máximo introducido o calculado es el Nivel 1. Se toma como referencia para todo el proyecto

4. Solución propuesta

a. Esquema general de la instalación

99.94m



⊕ Puesta a tierra de un pararrayos

⚡ Pararrayos

— Línea equipotencial

b. Identificación de los pararrayos

ID del pararrayos	41381
Modelo de pararrayos	Nimbus 60
Nombre	Nimbus 60
Instalado sobre	19156
Elemento de instalación	Mástil (estructura)
Altura respecto estructura	6
Radio de protección	48
Número de puestas a tierra	2
Asignado manual / calculado	Manual

c. Identificación de elementos de puesta a tierra

ID del puesta a tierra	573087
Tipo de puesta a tierra	Lineal
Instalado sobre estructura	19156
Instalado en pararrayos	41381

ID del puesta a tierra	573088
Tipo de puesta a tierra	Lineal
Instalado sobre estructura	19156
Instalado en pararrayos	41381

d. Lista de materiales global para instalación de pararrayos

Cód. Acc.	Referencia	Cant.	Imagen
77901160	Nimbus 60 Pararrayos con dispositivo de cebado. Acero inoxidable AISI 316. Avance de cebado: 60 us. CTE SU8; UNE 21.186:2011; NFC 17-102:2011	1	
77902610	Adaptación Nimbus cable mástil 3/6m Pieza de adaptación Nimbus a mástil, diámetro 36,5 mm.	1	
77903110	Mástil galvanizado, 6m Mástil of 6 m. de acero galvanizado. (2 tramo de 3 m).	1	
77904100	Soporte tejado plano galvanizado mast. 3/6 metros Pie soporte mástil con fijación en tejado plano o suelo.	1	
77908200	Cable 70mm2 Cable trenzado de cobre electrolítico desnudo de 70 mm2.	120	
776001273	Manguito multibajante cable Borna unión múltiple diámetro 8-10mm inoxidable.	1	
776111397	Soporte para superficie metálica cable Soporte para superficie metálica para cable 8-10mm, con tornillo y aislante de PVC para revestimiento impermeable. Fabricado en acero inoxidable.	38	

Continúa en la siguiente página

Cuadro 2 Continua en la página previa

Cód. Acc.	Referencia	Cant.	Imagen
77909100	Grapa cable bajante bronce Soporte M-8 bronce con tirafondo, para cables de 50 mm ² y 70 mm ² .	90	
77912000	Manguito seccionador de latón para cable Manguito de unión cable 8-10mm	2	
77920130	Contador de descargas de rayo Contador de descargas de rayo para cable y pletina	1	
77920215	Tubo de protección bajante plástico para cable Tubo de protección fabricado en PVC 3mm para cable de 8-10mm. Dimensiones Ø 50x 3000 mm. Incluye abrazaderas.	2	
77930000	Placa de señalización de puesta a tierra Placa de señalización de toma de tierra	2	
77930110	Arqueta completa PVC 300x300mm Arqueta registro polipropileno de 300x300 mm. con regleta equipotencial incluida y 3 terminales brida.	2	
77934200	Grapa unión cable - pica de puesta a tierra Grapa abarcón latón conexión jabalina hasta 18mm diámetro. Cable 8-10mm	6	
77932100	Pica de puesta a tierra Cu 2m Jabalina de cobre 300 micras 2 m, diámetro 14 mm.	6	

e. Lista de material por cada pararrayos

- Lista de accesorios del pararrayos 0
Código de pararrayos: 41381
Código de puesta a tierra: Code 000, code 001

Cód. accesorio	Referencia	Cantidad
77901160	Nimbus 60	1
77902610	Adaptación Nimbus cable mástil 3/6m	1
77903110	Mástil galvanizado, 6m	1
77904100	Soporte tejado plano galvanizado mast. 3/6 metros	1
77908200	Cable 70mm ²	120
776001273	Manguito multibajante cable	1
776111397	Soporte para superficie metálica cable	38
77909100	Grapa cable bajante bronce	90
77912000	Manguito seccionador de latón para cable	2
77920130	Contador de descargas de rayo	1
77920215	Tubo de protección bajante plástico para cable	2
77930000	Placa de señalización de puesta a tierra	2
77930110	Arqueta completa PVC 300x300mm	2
77934200	Grapa unión cable - pica de puesta a tierra	6
77932100	Pica de puesta a tierra Cu 2m	6

f. Funcionamiento del cálculo de optimización de pararrayos

La solución propuesta en los apartados anteriores está basada en un cálculo de optimización de pararrayos realizado por el propio software nimbus® project designer.

Dicho cálculo determina el número y modelo de pararrayos (según su radio de cobertura) necesario para proteger completamente las diferentes áreas y estructuras del proyecto. El criterio principal es el número de pararrayos, junto con criterios de optimización económica (coste de la instalación del sistema completo de protección contra el rayo (SPCR) desde pararrayos hasta puestas a tierra) y de facilidad de instalación.

El resultado del cálculo es un compromiso entre precisión, tiempo de cálculo, coste económico y complejidad del proyecto; esta aproximación es el resultado de la resolución del cálculo en un tiempo razonable.

El optimizador nimbus® trabaja con cualquier tipo de instalación (tanto por extensión como por complejidad de estructuras).

Otras consideraciones:

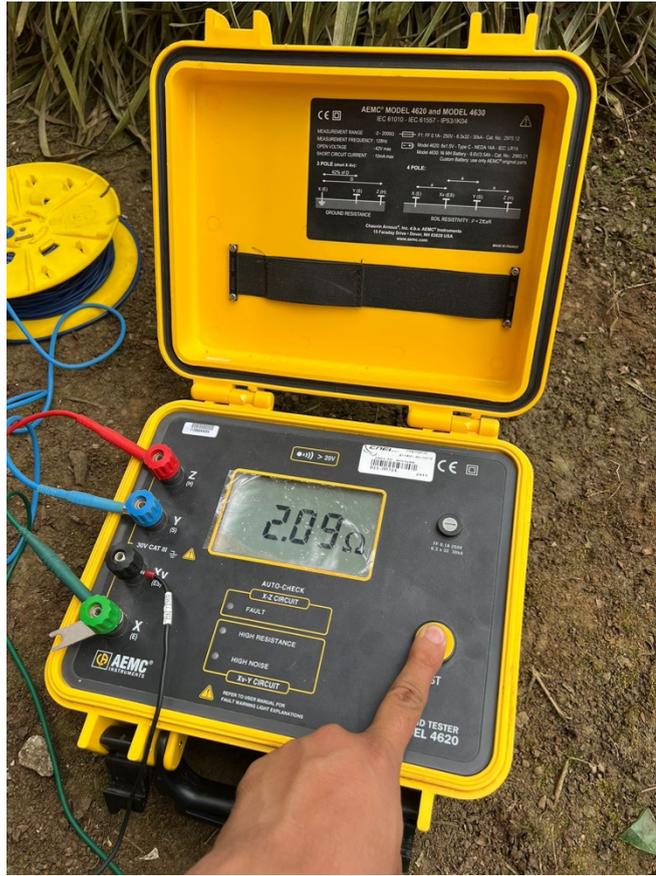
- La solución del optimizador puede ser sensible al trazado exacto de las líneas que representan las áreas (estructura o perímetros) y la escala del plano.

- Para completar la resolución de un proyecto es necesario que todas las áreas a proteger queden cubiertas por los radios de los pararrayos. En algunos casos por limitaciones gráficas el optimizador nimbus® puede proponer una solución que deje pequeñas áreas desprotegidas, por lo que deberá ajustarse manualmente. (En ningún caso se puede generar un informe del proyecto si queda alguna área desprotegida).

Cirprotec se reserva el derecho a introducir mejoras en el algoritmo sin previo aviso, lo que podría eventualmente hacer variar ligeramente la solución con respecto a informes del mismo proyecto emitidos con anterioridad.

Resistividad del suelo



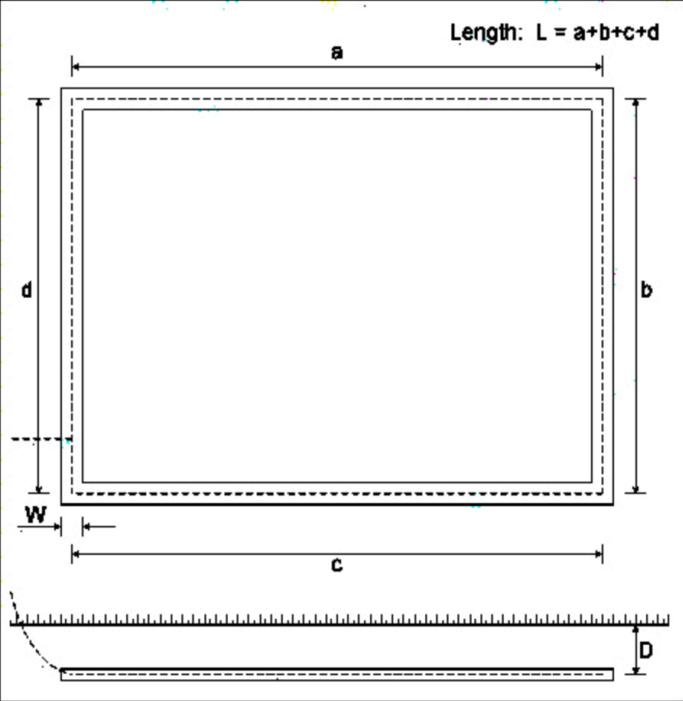


Resistividad del Mallado



Resistividad de la tierra





Length: $L = a+b+c+d$

Resistividad Del Suelo $\Omega\text{-m}$

Longitud Del Electrodo (L) ft m

Ancho Del Electrodo (W) ft m

Profundidad Del Electrodo (D) ft m

Otras Calculadoras:
[Electrodo Lateral](#)
[Electrodo Vertical](#)
[Rejilla A Tierra](#)

Resistencia Calculada:	4.99Ω
Cantidad De SAN-EARTH Necesaria*:	0.0504m³ (2.15 saco)

El Cálculo de la malla para mejoramiento con cemento conductor nos da un valor de **4.99 Ω**