



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL  
DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

**Estudio de Sistema de control de descargas atmosféricas,  
utilizando pararrayos, apartarrayos, telurómetro e  
interruptores diferenciales para la INDUSTRIA CARTONERA.**

**AUTOR:**

**Rosales Alvarado, Juan Carlos**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grade de  
INGENIERO EN ELÉCTRICIDAD**

**TUTOR:**

**Ing. Edgar Raúl Quezada Calle MGS.**

**Guayaquil, Ecuador**

**2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

### CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **JUAN CARLOS ROSALES ALVARADO** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniería en electricidad**.

TUTOR

ING. EDGAR RAÚL QUEZADA CALLE MGS.

DIRECTOR DE LA CARRERA

ING. CELSO BAYARDO BOHÓRQUEZ ESCOBAR, MGS.

Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL  
DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Rosales Alvarado, Juan Carlos**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: **Estudio de Sistema de control de descargas atmosféricas, utilizando pararrayos, apartarrayos, telurómetro e interruptores diferenciales para la INDUSTRIA CARTONERA**, previo a la obtención del Título **de Ingeniería en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2024**

**EL AUTOR**

---

**Rosales Alvarado Juan Carlos**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL  
DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Rosales Alvarado, Juan Carlos**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Estudio de Sistema de control de descargas atmosféricas, utilizando pararrayos, apartarrayos, telurómetro e interruptores diferenciales para la INDUSTRIA CARTONERA**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2024**

**EL AUTOR**

---

**Rosales Alvarado Juan Carlos**



# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

## CERTIFICADO COMPILATE

La Dirección de las Carreras Telecomunicaciones, Electricidad y Electrónica y Automatización revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Estudio de Sistema de control de descargas atmosféricas, utilizando pararrayos, apartarrayos, telurómetro e interruptores diferenciales para la INDUSTRIA CARTONERA** presentado por el estudiante **JUAN CARLOS ROSALES ALVARADO**, de la carrera de **INGENIERIA ELECTRICA**, donde obtuvo del programa COMPILATE, el valor de **3 %** de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Certifican,

ING. EDGAR RAÚL QUEZADA CALLE MGS.

# JUAN CARLOS ROSALES ALVRADO

**3%**  
Tasa de similitud  
respectiva



**3%** Similitud  
de similitud entre similitud  
de entre las fuentes  
mencionadas  
de < 1% Similitud no reconocida

Nombre del documento: JUAN CARLOS ROSALES ALVRADO.docx  
ID del documento: 113652766e163207d31429152af914ba26  
Tamaño del documento original: 4,57 MB

Depositar: Edgar José Quezada Calle  
Fecha de depósito: 15/1/2024  
Tipo de carga: Interfaz  
Fecha de fin de análisis: 15/1/2024

Número de palabras: 14.878  
Número de caracteres: 104.608

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitud	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>Investar   INEELI, evaluación de la red de distribución en media y baja tensión p...</b> <a href="https://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144">https://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144</a> 40 fuentes similares	2%		0 Fuentes similares (26.000 palabras)
1	<b>Investar   Sistema de gestión de mantenimiento basado en inteligencia artificial p...</b> <a href="https://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144">https://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144</a> 40 fuentes similares	2%		0 Fuentes similares (26.000 palabras)
1	<b>Investar   Gestión de riesgos y análisis preventivo del sistema eléctrico p...</b> <a href="https://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144">https://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144</a> 40 fuentes similares	2%		0 Fuentes similares (26.000 palabras)
1	<b>Tratado de Ingeniería Electrónica: Teoría y Práctica, 2ª Edición, 1999</b> El documento proviene de ingovir 40 fuentes similares	2%		0 Fuentes similares (26.000 palabras)
1	<b>repositorio.ingovir.edu.ec</b> <a href="https://repositorio.ingovir.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144">https://repositorio.ingovir.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144</a> 40 fuentes similares	2%		0 Fuentes similares (26.000 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitud	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>Documento de otro usuario</b> - 4/10/20 El documento proviene de otro grupo	< 1%		0 Fuentes similares (176.000 palabras)
2	<b>repositorio.ineel.edu.ec   Avances y cultivo de protoplastos de células a partir p...</b> <a href="https://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144">https://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144</a>	< 1%		0 Fuentes similares (176.000 palabras)
3	<b>Documento de otro usuario</b> - 4/10/20 El documento proviene de otro grupo	< 1%		0 Fuentes similares (176.000 palabras)
4	<b>Documento de otro usuario</b> - 4/10/20 El documento proviene de otro grupo	< 1%		0 Fuentes similares (176.000 palabras)
5	<b>subestacionelectrica.com   Mantenimiento a subestaciones eléctric...</b> <a href="https://www.subestacionelectrica.com/ingles/como-mantenimiento-subestaciones/">https://www.subestacionelectrica.com/ingles/como-mantenimiento-subestaciones/</a>	< 1%		0 Fuentes similares (176.000 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- [http://www.ats.com/doclib/ats/espaolde/inglesletters/lineadiview\\_06.pdf?div=985214\\_1](http://www.ats.com/doclib/ats/espaolde/inglesletters/lineadiview_06.pdf?div=985214_1)
- <http://repositorio.ineel.edu.ec/>
- <http://repositorio.ineel.edu.ec/bitstream/113652766e163207d31429152af914ba26/144>
- <http://ingpata.com/paramayaj/edu-de-facdad/>
- <http://onlinenewscultures.phpcmsartdeview/W1387>

## **AGRADECIMIENTO**

Siempre de antemano agradecido con dios por darme la fortaleza de continuar adelante y ayudarme a cerrar esta etapa tan importante.

A la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por brindarme la oportunidad de formar parte de la comunidad estudiantil.

A mi Padre que con esfuerzo y dedicación me han dado su apoyo, cariño y ejemplo para superarme, esto es de ustedes

A mi tutor Ing. Edgar Saul Quezada Calle que impartió su experiencia y conocimiento para la aportación de este trabajo de titulación.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a DIOS por haberme dado la sabiduría, entendiendo y fuerzas necesarias para llegar hasta alcanzar esta meta trazada desde muchos años atrás y que hoy estoy cumpliendo.

A mi padre y tía que con su ferviente amor han sabido guiarme sin parar y darme la oportunidad de cumplir este reto, ustedes son los mejores.

A mi familia que siempre está pendiente y dándome el empuje para continuar adelante.





**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**ING. CELSO BAYARDO, BOHÓRQUEZ ESCOBAR, MGS.**

---

**ING. EDGAR RAÚL QUEZADA CALLE MGS.**

---

**ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI, MSC.**

---

**ING. RICARDO XAVIER UBILLA GONZALEZ, MSC.**

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	XV
<b>1 CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.</b>	<b>2</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVO GENERAL .....	4
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.6 ANTECEDENTES.....	4
1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.8 HIPÓTESIS .....	5
<b>2 CAPÍTULO 2.....</b>	<b>6</b>
2.1 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .....	6
2.1.1 <i>Ionosfera</i> .....	7
2.1.2 <i>Las tormentas eléctricas</i> .....	8
2.1.3 <i>Descargas naturales (el rayo y relámpago)</i> .....	8
2.2 APARTARRAYOS.....	9
2.3 TIPOS DE APARTARRAYOS .....	11
2.3.1 <i>Apartarrayos tipo auto válvula</i> .....	12
2.3.2 <i>Apartarrayos de óxido metálicos (ZnO)</i> .....	14
2.4 FUNCIONES QUE DEBE CUBRIR UN APARTARRAYOS .....	16
2.5 SELECCIÓN DE MONTAJES DE APARTARRAYOS .....	17
2.5.1 <i>Clase estación.</i> .....	17
2.5.2 <i>Clase intermedia.</i> .....	18
2.5.3 <i>Clase distribución.</i> .....	19
2.6 MEDICIÓN DE AISLAMIENTO DE LOS APARTARRAYOS.....	20
2.6.1 <i>Medidor de aislamiento</i> .....	22
2.6.2 <i>Medición del factor de potencia</i> .....	23
2.7 CONEXIÓN DE LOS APARTARRAYOS.....	25
2.7.1 <i>Ubicación estratégica</i> .....	25
2.7.2 <i>Conexión a tierra</i> .....	25

2.7.3	<i>Coordinación con otros dispositivos de protección</i> .....	26
2.7.4	<i>Distancia entre apartarrayos</i> .....	26
2.8	PARARRAYOS .....	26
2.8.1	<i>Tipos de pararrayos</i> .....	28
2.9	BREAKER DIFERENCIAL.....	34
2.9.1	<i>Tipos de interruptores diferenciales</i> .....	37
2.10	TELURÓMETRO.....	41
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>42</b>
3.1	SISTEMA DE MONTAJE DE LOS PARARRAYOS .....	43
3.1.1	<i>Diseño estratégico</i> .....	43
3.1.2	<i>Evaluación del terreno</i> .....	45
3.1.3	<i>Materiales para realizar el montaje</i> .....	45
3.1.4	<i>Pararrayos NIMBUS 60</i> .....	47
3.2	SISTEMAS DE MONTAJE DE LOS APARTARRAYOS. ....	48
3.2.1	<i>Diseño estratégico</i> .....	48
3.2.2	<i>Materiales de montaje</i> .....	51
3.2.3	<i>Apartarrayos intermedio de 15KV</i> .....	52
3.3	SISTEMAS DE MONTAJE DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES.....	53
3.3.1	<i>Interruptores tipo AC y tipo S</i> .....	54
3.3.2	<i>Materiales para su instalación</i> .....	55
3.4	TELURÓMETRO.....	56
3.5	COSTOS .....	57
3.6	DATOS ACTUALES .....	58
3.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	59
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>61</b>
4.1	CONCLUSIÓN.....	61
4.2	RECOMENDACIONES.....	62
<b>5</b>	<b>GLOSARIO</b> .....	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>64</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>68</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Figura 1. Proceso de ionización de la atmosfera.....	6
Figura 2. Ionosfera .....	7
Figura 3. Rayo .....	9
Figura 4. Apartarrayos .....	11
Figura 5. Apartarrayo tipo auto válvula .....	12
Figura 6. Apartarrayos tipo de óxido metálicos (ZnO) .....	14
Figura 7. Apartarrayos tipo estación. ....	17
Figura 8. Apartarrayos tipo intermedio.....	18
Figura 9. Apartarrayos tipo distribución .....	20
Figura 10. Prueba de resistencia de aislamiento .....	21
Figura 11. Apartarrayos de varias secciones.....	21
Figura 12. MEGGER .....	22
Figura 13. Medidor de fp .....	24
Figura 14. Transformador de potencia .....	25
Figura 15. Pararrayos .....	27
Figura 16. Pararrayo tipo franklin.....	29
Figura 17. Pararrayo con dispositivo de cebada.....	30
Figura 18. Protección por jaula de Faraday .....	31
Figura 19. Protección radioactiva .....	32
Figura 20. Protección ionizante.....	33
Figura 21. Breaker diferencial.....	35
Figura 22. Breaker diferencial.....	36

Figura 23. Diferencial tipo AC.....	38
Figura 24. Diferencial tipo A .....	39
Figura 25. Diferenciales tipo B .....	40
Figura 26. Diferenciales tipo S.....	41
Figura 27. Telurómetro. ....	42
Figura 28. Plano 3D. ....	43
Figura 29. Fotografía.....	44
Figura 30. Plano. ....	45
Figura 31. Posición del mástil.....	46
Figura 32. Pararrayo NIMBUS 60. ....	47
Figura 33. Cuarto de transformador monofásico. ....	49
Figura 34. Cuarto de transformador trifásico.....	50
Figura 35. Guía de colocación de apartarrayos. ....	50
Figura 36. Guía de colocación de apartarrayos. ....	52
Figura 37. apartarrayo. ....	52
Figura 38. Unifilar de alimentación principal.....	54
Figura 39. Tablero con sus protecciones.....	54
Figura 40. Tablero principal de distribución.....	55
Figura 41. TELUROMETRO.....	56
Figura 42. Electrodo de puesta a tierra.....	57
Figura 43. Estadística.....	58

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1.</b> Unifilar de cargas. ....	64
<b>Anexo 2.</b> Costos de los pararrayos.....	65
<b>Anexo 3.</b> Valores de resistencia con el telurómetro. ....	66
<b>Anexo 4.</b> Pararrayos NIMBUS 61. ....	66
<b>Anexo 5.</b> Costos de Apartarrayos. . ....	67

## RESUMEN

El presente trabajo es desarrollado para la fábrica cartonera ubicado en la vía Daule KM 14 ½ dando una guía de cómo se deben implementar los sistemas de protección contra descargas atmosféricas en la planta de manufactura cartonera, se tiene una descripción detallada de las mejores protecciones que se pueden instalar para salvaguardar las máquinas de producción, los trabajadores y los equipos de potencia.

Los elementos contra descargas naturales se deben de seleccionar según su mejor utilidad y el tipo de instalación que tenemos a proteger, cada clasificación es importante ya que nos dan un punto de vista amplio para una mejor selección o dimensionamiento de estos. Tener una guía es una estrategia contra el problema, ya que no sabemos en qué momento se puede presentar una descarga de alta energía y nos provoque una calamidad sin retorno.

El montaje de los apartarrayos, pararrayos, interruptores diferenciales y el uso del telurómetro, son esenciales, cada uno cumple con una función en específico y una localización diferente, entre todos los elementos colocados llegan a la meta de una protección más eficiente de la industria cartonera. Se tendrá diseños en AutoCAD de los mejores elementos y su colocación correcta tomando en cuenta la ficha técnica, espacios a proteger y normas, de esta manera se garantiza la mejor estrategia contra estas descargas producidas por la naturaleza.

**Palabras clave:** Descargas Atmosféricas, Tipos de Protecciones, Apartarrayos, Pararrayos, Interruptores Diferenciales y el Telurómetro.

The present work is developed for the cardboard factory located on Daule KM 14 ½ road, giving a guide on how protection systems against atmospheric discharges should be implemented in the cardboard manufacturing plant, there is a detailed description of the best protections that can be installed to safeguard production machines, workers, and power equipment.

The elements against natural discharges must be selected according to their best utility and the type of installation we must protect; each classification is important because they give us a broad point of view for a better selection or sizing of these. Having a guide is a strategy against the problem, since we do not know at what moment a high energy discharge can occur and cause us a calamity without return.

The assembly of lightning arresters, lightning rods, differential switches, and the use of the tellurometer, are essential, each one fulfills a specific function and a different location, among all the elements placed reach the goal of a more efficient protection of the cardboard industry. There will be designs in AutoCAD of the best elements and their correct placement considering the technical data sheet, spaces to be protected and standards, thus ensuring the best strategy against these discharges produced by nature.

**Key words:** Atmospheric Discharges, Types of Protections, Lightning Rods, Lightning Rods, Residual Current Circuit Breakers and the Tellurometer.



## **Capítulo 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **1.1 Introducción**

En la actualidad las descargas atmosféricas son un gran problema para las plantas de manufactura, las personas y los centros de distribución de energía eléctrica, en las épocas invernales es donde más tenemos incidencias de este tipo de catástrofes ambientales. Estos fenómenos se presentan por los cambios bruscos de temperaturas y movimientos de las nubes, las cuales están eléctricamente cargadas tanto negativa o positivamente, al momento que estos cuerpos colisionan se presenta una gran descarga la cual se materializa en forma de arco eléctrico llamado rayo.

Para este tipo de fenómenos inestables de la naturaleza, se tienen prevenciones de riesgos los cuales son los elementos de protección contra descargas atmosféricas, podremos observar los tipos de protecciones según la necesidad o el ambiente de trabajo al que serán sometidos.

Los distintos tipos de protecciones son elementos de suma importancia y una de las mejores inversiones, para tener los resultados óptimos se realiza un plan de acción, se tendrá un diseño estratégico donde veremos la colocación correcta según la ficha técnica de cada elemento descargador, este tipo de planos se realizan en AutoCAD donde se verán con facilidad la correcta posición de cada uno de los elementos.

Teniendo los elementos correctos se logra tener una barrera protectora la cual funcionara con un 95% de eficiencia, el personal y los equipos con esto logran tener un ambiente y espacio seguro para cumplir sus funciones.

## **1.2 Planteamiento del problema**

En la ciudad de Guayaquil km 14 y ½ vía Daule está ubicada la empresa Cartonera, la cual tiene inconvenientes en épocas invernales de la región. En las mismas se producen innumerables descargas eléctricas, dando como resultado las sobre tensiones, estas provocan daños en las estructuras o líneas de sub transmisión de la planta de producción de cartón, donde se encuentran equipos de potencia eléctrica, estas suministran energía para el funcionamiento de la empresa de igual forma se cuenta con máquinas de manufacturación, las cuales tienen componentes electrónicos sensibles a las corrientes transitorias producidas por el fenómeno atmosférico lo cual provoca daños irreversibles, tanto en las placas electrónicas como en los micro controladores, entre otros. Además, pueden inducir daños colaterales en el personal de turno, tales como amputaciones de extremidades, quemaduras en primer, segundo o tercer grado, induciendo hasta su muerte. Este fenómeno atmosférico al colisionar provoca una descarga con miles de amperios teniendo como resultado paradas intempestivas de alto margen, este tipo de sucesos nos lleva a un retraso en la producción lo que representa altos márgenes de pérdidas, la empresa cartonera tendrá que proporcionar una retribución monetaria a las personas afectadas por este tipo de fenómeno, el mismo en la planta de producción puede provocar incendios, debido a la materia prima inflamable que se utiliza en la fabricación.

## **1.3 Justificación**

Para evitar daños en las maquinarias de manufacturas, en las estructuras de potencia eléctrica, incendios y pérdidas de extremidades o muertes de los colaboradores, debido a las tormentas eléctricas en la empresa cartonera, se debe colocar protecciones

para los equipos eléctricos y electrónicos, llamados pararrayos para sistemas inertes y apartarrayos para los sistemas de potencia y los relés diferenciales para la protección de las personas que laboran en la empresa. Lo cual conlleva a evitar pérdidas en la producción y en el peor de los casos de sus colaboradores.

#### **1.4 Objetivo general**

Proteger la industria cartonera, contra descargas atmosféricas, utilizando pararrayos, apartarrayos, telurómetro y relés diferenciales.

#### **1.5 Objetivos específicos**

- Realizar el estudio de la resistividad del terreno, donde se colocarán los sistemas de protección.
- Crear el diseño técnico de los sistemas de protección atmosférica.

#### **1.6 Antecedentes**

En la tesis de la señorita María Mireya Castillo Herrera (Castillo, 2020), indica que un sistema de protección contra descargas atmosféricas reduce el riesgo de daños que pueden causar en las personas y sistemas eléctricos.

Teniendo en cuenta el proyecto de tesis del señor Cesar Bolaños Quiroz (Bolaños, 2022), establece que una estructura debe tener un diseño estratégico de cómo y dónde tiene que colocarse un elemento de protección contra descargas atmosféricas.

#### **1.7 Metodología de la investigación**

La investigación es la herramienta de trabajo, en este tema de titulación se utilizará, la metodología científica, la cual es didáctica, para la solución de problemas, con

un razonamiento deductivo, para crear soluciones con pensamientos científicos, la misma se debe justificar, con los diferentes instrumentos aplicados al problema a solucionar con las diferentes variables de la investigación. (Aguirre Leon, 2022)

La razón fundamental de este método de estudio es definir el problema con claridad para encontrar una solución, la misma se puede realizar por medio de la recopilación de nuevos conocimientos, por lo consiguiente encontraremos las respuestas de cada interrogante. (Arias F. G., 2012)

Estos nuevos conocimientos y soluciones nos proporcionan cambios positivos y de mejora ya que contribuyen al desarrollo de nuevas formas de abordar un problema e incluso ayudan al autor a estimular el pensamiento crítico y la creatividad a través del estudio y la investigación. (Delgado, 2021)

## **1.8 Hipótesis**

Las protecciones para los equipos eléctricos y electrónicos denominados pararrayos para sistemas inertes, apartarrayos para los sistemas de potencia y los relés diferenciales para la protección de las personas que laboran en la industria cartonera, disminuirán en un 95% los daños en su maquinaria de manufactura.

## Capítulo 2

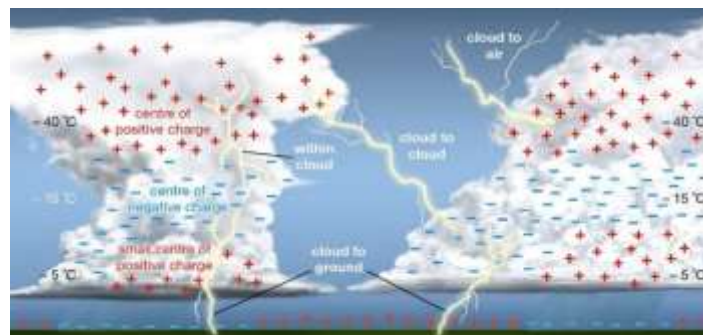
### 2.1 Descargas atmosféricas

Este tipo de fenómenos naturales originan campos eléctricos, son materializados en forma de rayos y relámpagos que son descargas potentes de energía, las masas cargadas tanto negativas o positivas generan este tipo de desequilibrio, cuando estos cuerpos cargados colisionan se genera un intercambio de energía donde se produce descarga eléctrica la cual tiene como finalidad liberar la inestabilidad de cargas y dejar equilibrado los cuerpos en la atmosfera. (Tomas, 2023)

Las sobre tensiones de origen atmosférico suelen ser generadas por la fricción que existe entre las grandes masas de agua o hielo en las nubes y a su vez estos grandes roces suelen ser producto de los grandes vientos que tenemos en las distintas épocas del año. (Viakon, 2021)

Las descargas son producidas por los miles de iones como se muestra en la figura 1, aquellos viajan en el campo produciendo una corriente variable, teniendo en cuenta que la conductividad del aire no se mantiene y por lo tanto su potencial es inestable. (Golup, 2022)

*Figura 1. Proceso de ionización de la atmosfera*



**Nota:** El proceso de ionización que da lugar en la atmosfera. Tomada de (kinenergy.internacional, 2022)

### 2.1.1 Ionosfera

Esta es una región de la atmosfera terrestre la cual se encuentra a una altitud de 48 KM y 935 KM sobre la superficie terrestre como se muestra en la figura 2, esta región está cargada significativamente de iones y electrones, la cuales son partículas de carga eléctrica. (Garcia, Rodriguez, & Navarra, 2021)

Por lo general la ionosfera es la parte fundamental de las señales de radio, ya que aquí dichas ondas de radio tienen una mejor captación y se tiene la capacidad de reflejar las mismas, lo cual nos permite que viajen a mayores distancias. (Melendrez, Cruz, & Vaquero, 2021)

Esta región se forma debido a la radiación solar que ioniza las partículas en la atmósfera superior, separando los electrones de los átomos para crear iones. Aunque no es una nube en el sentido común, desempeña un papel importante en la comunicación de radio y en la protección de la Tierra de la radiación solar dañina al desviarla. (esolutions, 2020)

*Figura 2. Ionosfera*



*Nota: representación de la capa superficial de la ionosfera. Fuente: (Molina, Fernández , & Camps, 2021)*

### **2.1.2 Las tormentas eléctricas**

Son descargas eléctricas de alta intensidad producidas en la atmosfera, por lo general acompañadas de lluvia, viento y a menudo granizo. Las tormentas eléctricas se manifiestan en formas de relámpagos y truenos. (Golup, 2022)

Las tormentas eléctricas suelen ser producidas por las diferentes temperaturas del ambiente combinadas con la humedad lo cual produce una acumulación de cargas eléctricas que suelen ser descargadas en forma de rayos, se producen relámpagos y truenos los cuales son resultante de aire calentado por la descarga. (Arias, González, & Álvarez, 2023)

Este tipo de descargas naturales son causantes de daños tecnológicos, lesiones a personas y también pueden interrumpir el suministro eléctrico y las comunicaciones. Por lo tanto, es importante tomar precauciones durante una tormenta eléctrica, como buscar refugio en un lugar seguro, evitar áreas abiertas y alejarse de objetos metálicos, ya que pueden actuar como pararrayos. (kinenergy.internacional, 2022)

### **2.1.3 Descargas naturales (el rayo y relámpago)**

Son la materialización de la inestabilidad de iones en la atmosfera, este fenómeno se origina por la acumulación de cargas diferentes en la nube, suelo o el aire. Cuando estas masas cargadas colisionan se rompe la rigidez dieléctrica del aire y se produce una descarga muy fuerte en forma de un arco eléctrico como lo muestra en la figura 3, esta descarga está llena de miles de amperes. (Solutions, 2020) Este tipo de descargas naturales son muy peligrosas ya que suelen alcanzar picos de corriente de 200k amperios y dependiendo de la resistencia que tengamos en la atmosfera se pueden generar tensiones muy elevadas de millones de voltios.

En las líneas de transmisión, subtransmisión y distribuciones eléctricas las conocemos como picos o transitorios los cuales al descargar provocan daños irreversibles tanto en distribuciones de potencia energética, redes de telecomunicaciones, daños estructurales y daños a las personas. (Zapata, 2023)

Una de cada diez descargas es creada por guías que contienen cargas positivas. El retorno lleva carga negativa y transfiere cargas positivas de la nube al suelo. Este tipo de rayo con carga positiva causan muchos más daños ya que generan corrientes del doble de lo habitual. (Tomas, 2023).

Son descargas producidas en las tormentas eléctricas en un breve espacio de tiempo causando daño en un espacio pequeño,. (Relsamex, 2020) estos conceptos están repetido con el primer párrafo.

*Figura 3. Rayo*



*Nota: materialización de una descarga atmosférica. Tomado de (National Severe Storms, 2020)*

## **2.2 Apartarrayos**

Este tipo de protecciones descargadoras, constituyen la protección principal contra sobre tensiones o corrientes transitorias, este tipo de afectaciones son causadas



principalmente por descargas atmosféricas imprevistas, estos equipos poseen un control de fabricación y calidad bastante rigurosos ya que están conformados por materiales cerámicos y químicos. Los ensayos de estos equipos nos garantizan la protección de nuestros equipos de potencia eléctrica. (Technologies, 2021)

Un apartarrayo como lo muestra la figura 4, es un dispositivo de protección utilizado en sistemas eléctricos para prevenir daños causados por sobretensión. Su función principal es desviar el exceso de corriente de una sobretensión hacia la tierra, protegiendo así equipos eléctricos y electrónicos sensibles. (SYSE, 2021)

Cuando ocurre una sobretensión en un sistema eléctrico, como un rayo que golpea una línea de transmisión, el apartarrayo proporciona un camino de baja resistencia para que la corriente fluya hacia la tierra. Esto ayuda a evitar que la sobretensión dañe equipos conectados al sistema eléctrico. (Relsamex, 2020)

Según (Technologies, 2021) la protección que brinda este dispositivo contra sobretensiones depende de lo siguiente:

- Amplitud y forma de onda de sobre tensión.
- las características de protección del apartarrayos.
- La amplitud y forma de onda que tiene la corriente que circula por el apartarrayos.
- Características del equipo a proteger.

Los apartarrayos siempre están conectados en las líneas de subtransmisión garantizando que nuestros equipos de potencia estén totalmente resguardados, la

tecnología de ellos permite disipar las sobretensiones o sobre corrientes por medio de su conexión a tierra los cuales descarga directamente. (Tomas, 2023)

Este equipo de protección está directamente conectado con su puesta a tierra, cada derivación de estos elementos contra descargas atmosférica tiene su propia caja de registro de aterramiento, internamente los apartarrayos poseen elementos resistores en serie con gaps o explosores. Los resistores conectados ofrecen una resistencia no lineal, de esta manera el voltaje que circula normalmente con su frecuencia la resistencia es alta y para descargas de corriente la resistencia es baja. (Unknown, El Apartarrayos, 2020)

*Figura 4. Apartarrayos*



*Nota: apartarrayos tipo distribución. Tomado de (Rte De México, 2021)*

### **2.3 Tipos de apartarrayos**

La elección del tipo de apartarrayos depende de factores como el voltaje del sistema, la aplicación específica, las condiciones ambientales y las características del entorno. Es importante seleccionar el tipo correcto para garantizar una protección efectiva contra las sobretensiones. (Cuellar, Marroquin, & Segovia, 2018)

Teniendo en cuenta a (SYSE S.A., 2021) los apartarrayos según su operación son divididos en dos tipos:

- Auto valvular.
- Apartarrayos de óxido metálico. (ZnO)

### 2.3.1 Apartarrayos tipo auto válvula

*Figura 5. Apartarrayo tipo auto válvula*



*Nota: válvula descargadora automática. Tomado de (Castro, 2021)*

Este tipo de equipo posee internamente elementos resistivos conectados en serie, contenidos en porcelana y a su vez posee gas inerte como el nitrógeno. Los resistores son bloques de elementos no lineales. (Fg Electrical, 2023)

La característica de esta protección como lo muestra la figura 5, es la capacidad de abrirse automáticamente y desconectar del sistema después de soportar una sobretensión. Esto evita que el dispositivo se sobrecargue y dañe, permitiendo una

restauración más rápida del sistema una vez que la sobretensión se ha disipado. (Cuellar, Marroquin, & Segovia, 2018)

Según (Eaton, 2023) las características por tomar en cuenta en la selección de esta protección contra sobre tensiones son las siguientes:

➤ Tensión nominal.

Es la máxima tensión a la cual puede operar de manera normal y eficaz en la instalación de potencia eléctrica.

➤ Frecuencia nominal.

Frecuencia de operación del equipo.

➤ Corriente de descarga nominal.

Este valor es tomado dependiendo la utilización del equipo ya que es tomado según su forma de onda. En zonas con mayor probabilidad de las descargas se recomienda un valor de tensión elevado, este tipo de estándares son utilizados para proporcionar la mayor absorción de energía. (Castro, 2021)

➤ Corriente subsecuente.

Son las corrientes residuales causadas por las descargas, estas suelen ser remanentes los cuales también tienen que descargar.

➤ Tensión residual.

Es la tensión remanente la cual queda en los terminales del apartarrayos el equipo tiene que tener la capacidad de apaciguar tanto las tensiones máximas como las residuales. (Velazques, 2020)

- Tensión de ruptura de impulso.

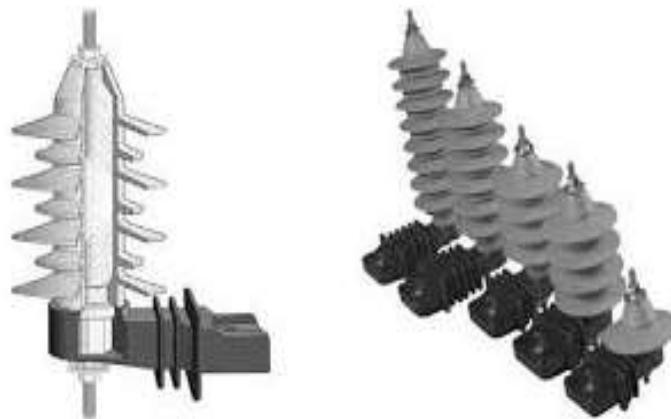
Es la tensión máxima alcanzada a la que son sometidos los terminales de este equipo de protección, estas se efectúan antes de que se descargue a tierra. (Huazheng, 2021)

### 2.3.2 Apartarrayos de óxido metálicos (ZnO)

Este tipo de apartarrayos no posee gaps en serie consiste en elementos sumergidos en óxido de Zinc, este componente nos ayuda a la protección del mismo apartarrayos de las tensiones o corrientes máximas que puedan circular por esta. (Zapata, 2023)

El descargador de óxido metálico como lo muestra en la figura 6, es un producto eléctrico que se utiliza para proteger diversos equipos de la red eléctrica contra daños por sobretensión y tiene un buen rendimiento de protección. Debido a que la característica no lineal voltio-amperio del disco de válvula de óxido de zinc es muy buena, de modo que sólo pasan unos cientos de microamperios de corriente por debajo de la tensión normal de trabajo, es fácil diseñar una estructura sin huecos, por lo que tiene un buen rendimiento de protección. Característica de peso ligero y tamaño pequeño. (Huazheng, 2021)

*Figura 6. Apartarrayos tipo de óxido metálicos (ZnO)*



*Nota: apartarrayos de óxido metálico en diferentes dimensiones con respecto a la carga. Tomado de*  
(Castro, 2021)

Cuando la sobretensión invade, la corriente que fluye a través del postizo aumenta rápidamente y, al mismo tiempo, se trata primero la amplitud de la sobretensión y se libera la energía de la sobretensión. Después, la placa de la válvula de óxido de zinc vuelve a un estado de alta resistencia para que el sistema de alimentación funcione con normalidad. (Huazheng, 2021)

Para la seleccionar apartarrayos de óxido metálico (varistores de óxido de zinc, ZnO) como lo muestra en la figura 6, según (Comision federal de Electricidad, 2020), es importante considerar varias características para garantizar su eficacia y rendimiento:

- Tensión nominal ( $U_{rn}$ ): La tensión nominal de los apartarrayos debe ser igual o mayor que la tensión de operación continua del sistema eléctrico.
- Tensión de referencia ( $U_r$ ): La tensión a la cual el apartarrayos cambia su comportamiento de alta impedancia a baja impedancia.
- Corriente de descarga máxima ( $I_{max}$ ): La corriente máxima que los apartarrayos pueden conducir de manera segura durante una sobretensión.
- Energía máxima absorbida ( $W_{max}$ ): La máxima energía que los apartarrayos pueden absorber sin sufrir daños.
- Corriente residual máxima ( $I_r$ ): La corriente que fluye a través de los apartarrayos después de una descarga.
- Capacidad de respuesta: La velocidad de respuesta de los apartarrayos a las sobretensiones.
- Capacidad de repetición: La capacidad de los apartarrayos para resistir y funcionar después de múltiples eventos de sobretensión.

- Condiciones ambientales: el tipo de protección dependiendo las calamidades que se tenga en el ambiente.
- Dimensiones y peso: este tipo de característica nos permite evaluar qué tipo de protección es adecuada según el sector a colocar.
- Compatibilidad electromagnética (EMC): La capacidad de los apartarrayos para no generar interferencias electromagnéticas ni ser afectadas por ellas.
- Certificaciones de calidad: Verifique si el apartarrayos tiene certificaciones de calidad que respalden su rendimiento y confiabilidad.

#### **2.4 Funciones que debe cubrir un Apartarrayos**

Según (Castro, 2021) para garantizar que los apartarrayos estén cumpliendo de manera segura y proporcionen una mejor protección deben cumplir con las siguientes funciones:

- La tensión y la corriente nominal en la que está conectado el apartarrayos no debe filtrar a tierra.
- El equipo de protección debe tener la capacidad de poder descargar las tensiones transitorias a tierra con la mayor efectividad posible, de esta manera garantizamos que no se altere el circuito.
- Tan pronto como la tensión se haya reducido por debajo del ajuste del descargador, éste debe detener el flujo de corriente a tierra y sellarse para aislar el conductor de tierra.
- El descargador debe tener la capacidad de soportar varias descargas atmosféricas de manera automática.
- Capacidad de soportar los distintos estados climáticos.

- Capacidad de resistencia a la tensión neta que existe en el sistema que debe proteger y está montado.
- Los apartarrayos deben tener una respuesta rápida para activarse ante una sobretensión, lo que significa que deben descargarse antes de que la tensión alcance niveles peligrosos para los equipos protegidos.
- Tener la capacidad de repetir su forma de trabajo constante sin degradación significativa de su rendimiento.

## 2.5 Selección de montajes de apartarrayos

### 2.5.1 Clase estación.

Este tipo de apartarrayos por lo general son diseñado para grandes cantidades de carga o transporte energético, debido que en la conexión y desconexión se presentan grandes cantidades de tensión, también son utilizados en zonas donde los impactos de descargas atmosféricas son más frecuentes. Suelen ser fabricados para magnitudes de 3 a 400KV. (esolutions, 2020)

*Figura 7. Apartarrayos tipo estación.*



*Nota: apartarrayos utilizados en alta tensión. Tomada de (Eaton, 2023)*



Estas protecciones se utilizan en sistemas de alta tensión como las subestaciones, sistemas de transmisión y generación de energía, de esta manera protegemos los equipos de corrientes transitorias generadas por las descargas atmosféricas, maniobras en el sistema de tensión que pueden causar diversas fluctuaciones. (Zapata, 2023)

Los apartarrayos tipo estación como se muestra en la figura 7, por lo general se equipan con sistemas de monitorización que permiten a los operadores de la planta supervisar el estado de los dispositivos en tiempo real y programar mantenimientos preventivos cuando sea necesario. (Martínez, y otros, 2022)

### **2.5.2 Clase intermedia.**

*Figura 8. Apartarrayos tipo intermedio.*



*Nota: apartarrayos utilizados en centros de potencia. Tomada de (Martínez, y otros, 2022)*

Este tipo de equipos son utilizados en márgenes de tensión más bajos por lo general son diseñados entre los rangos de 3 a 144 KV, utilizados para líneas de subtransmisión. (esolutions, 2020)

Un apartarrayos tipo intermedio como lo muestra en la figura 8, se sitúa entre los apartarrayos de alta tensión y los de baja tensión el funcionamiento contra sobretensiones es óptimo ya que pueden soportar y limitar. Su función principal es reducir los picos de tensión a un nivel manejable para los equipos y circuitos que protege. Esto ayuda a evitar daños en transformadores, interruptores, motores y otros dispositivos sensibles. (Camera.adu.vn, 2023)

Los apartarrayos tipo intermedio generalmente tienen un rango de voltaje nominal y una capacidad de sobretensión específica para la que están diseñados. Estos dispositivos están diseñados para actuar rápidamente y derivar la energía de la sobretensión a tierra, evitando así que los equipos sensibles se vean afectados. (Morales, 2021)

### **2.5.3 Clase distribución.**

Estos apartarrayos son utilizados para equipos de potencia eléctrica de baja tensión y distribuciones de baja potencia y tensión, tendidos de baja carga eléctrica. (esolutions, 2020)

Este tipo de protecciones están diseñados para operar a tensiones más bajas que los apartarrayos de alta tensión utilizados en sistemas de transmisión., por lo general, se utilizan en sistemas de distribución de energía eléctrica donde las tensiones pueden ser de varios kilovoltios (kV) hasta aproximadamente 36 kV. (Camera.adu.vn, 2023)

Este tipo de apartarrayos tiene como finalidad proteger los equipos del circuito al que ellos se encuentran conectados, limitan las sobretensiones descargándolas a tierra proporcionando de esta manera una mejor calidad de energía. (Velazques, 2020)

Los apartarrayos de clase distribución como lo muestra la figura 9, suelen ser diseñados para ser de bajo mantenimiento, lo que significa que requieren inspecciones y mantenimiento periódicos, pero no con la misma frecuencia que los apartarrayos de alta tensión. (Eaton, 2023)

*Figura 9. Apartarrayos tipo distribución*



*Nota: apartarrayos utilizados en transformadores o centros de baja tensión. Tomado de (Fg Electrical, 2023)*

## **2.6 Medición de aislamiento de los apartarrayos**

La prueba de este tipo de protecciones como lo muestra la figura 10, es compleja y con equipos especializados ya que nos ayuda a determinar el estado en el que se encuentra una sección o varias dependiendo del apartarrayos y sus características. (Moreno, Angmen, & Cañedo, 2023)

Según (Solutions, 2020) Con esto podemos determinar:

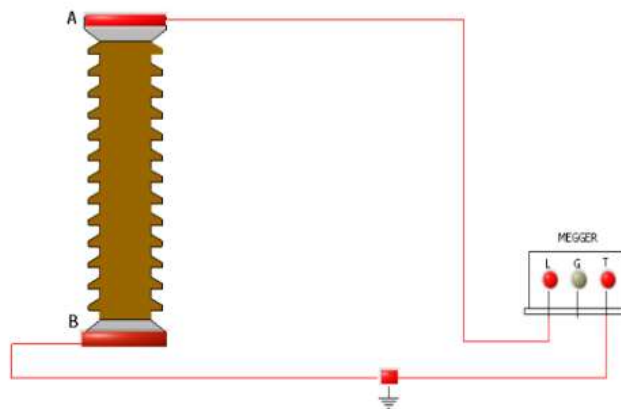
- Corrosión o suciedad interna del equipo.
- Entre hierro en mal estado por humedad.

- Estructura externa en mal estado como las fisuras, rota o porosa.

En estos equipos por lo general el rango de aceptación varía entre los 500 a 50000 mega ohm dependiendo del modelo, para determinar correctamente que las pruebas estén correctas se debe realizar la conexión dependiendo de las secciones que tengamos en el apartarrayos. (Melville, 2021)

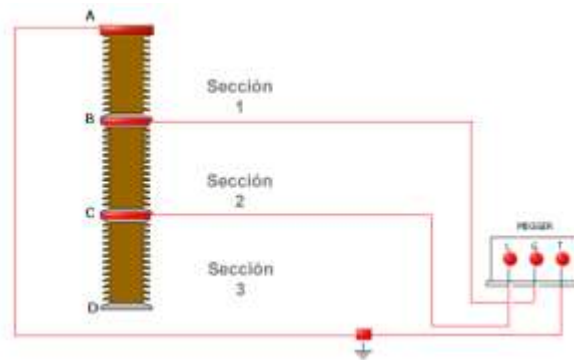
Según (Comisión Federal de Electricidad, 2020) la conexión que se establece para las secciones del apartarrayos como lo muestra la figura 11:

*Figura 10. Prueba de resistencia de aislamiento*



*Nota: apartarrayos de una sección.*

*Figura 11. Apartarrayos de varias secciones*



*Nota: apartarrayos de varias secciones.*

### 2.6.1 Medidor de aislamiento

También llamado Megger como lo muestra la figura 12, es un dispositivo que nos permite evaluar la resistencia o aislamiento de sistemas o componentes eléctricos, este nombre es en realidad una abreviatura de megohmmeter, que es una unidad de medida de resistencia eléctrica en megohmios. La función principal es medir la resistencia eléctrica entre dos puntos en un sistema eléctrico. (Fernandez, 2023)

La evaluación que se realiza con un Megger se conoce como prueba de resistencia de aislamiento. Esta prueba es utilizada para evaluar la integridad del aislamiento en cables, motores, transformadores, protecciones y otros equipos eléctricos. La idea es determinar si hay alguna fuga de corriente a través del aislamiento, lo cual podría indicar un problema potencial en el sistema. (Vargas, 2020)

El uso de un Megger también es importante ya que se realizan pruebas de resistencia de aislamiento en los apartarrayos, son dispositivos de protección contra sobretensiones que se utilizan para desviar la corriente transitoria y proteger equipos eléctricos sensibles. Estos dispositivos a menudo contienen materiales aislantes para garantizar un rendimiento efectivo. (Almachi & Morán, 2021)

*Figura 12. MEGGER*



*Nota: medidor de aislamiento. Tomado de (Fernandez, 2023)*

El uso de este medidor evalúa la integridad del aislamiento del equipo de protección contra descargas atmosféricas, para realizar esta evaluación se aplicaría un voltaje significativo utilizando el Megger entre las partes conductoras y el aislamiento de los apartarrayos. La medición resultante de la resistencia de aislamiento ayuda a determinar si el dispositivo está en condiciones adecuadas para funcionar correctamente. (Martinez, 2023)

### **2.6.2 Medición del factor de potencia**

La prueba deberá realizarse sobre la estructura que componen el pararrayos. La conexión utilizada en esta prueba utiliza un cable de alto voltaje que conecta los dos cuerpos del pararrayos y un cable de bajo voltaje en la parte superior del pararrayos. Para medir la primera parte del apoyo debes utilizar la posición UST. Utilizando una variedad de interruptores, pudo encontrar cuáles no se activarían bajo cargas de voltaje de funcionamiento normales. El propósito de la prueba del factor de potencia de los pararrayos es detectar, a través de valores de pérdida en mili vatios, defectos causados por contaminación del orificio, suciedad en los elementos de las válvulas automáticas, humedad, sales metálicas y corrosión del orificio, cerámicas rotas o porosas. (Comision federal de Electricidad, 2020)

Figura 13. Medidor de fp



*Nota:* medidor de factor de potencia. Tomado de (Arias, González, & Álvarez, 2023)

Como observamos en la figura 13, Este tipo de equipos son utilizados esencialmente para medir y monitorear el factor de potencia en un sistema eléctrico. Este tipo de magnitudes son también conocidas como una medida de la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica en un circuito. Se expresa como un número entre 0 y 1, donde 1 indica un factor de potencia perfecto (carga puramente resistiva) y los valores cercanos a 0 indican un factor de potencia pobre (carga inductiva). (Arias F. L., 2022)

Actualmente los medidores tienen una larga línea de evolución con el paso del tiempo, actualmente los más utilizados y con realce en la industria son los medidores inteligentes, En el contexto de las redes eléctricas inteligentes, los medidores inteligentes pueden proporcionar información en tiempo real sobre el factor de potencia y otros aspectos del consumo de energía eléctrica. (ABB, 2022)

Es crucial seleccionar el tipo correcto de medidor de factor de potencia según las necesidades específicas del sistema eléctrico en cuestión de eficiencia, cada equipo de protección tiene que ser evaluado por este tipo de medidores ya que nos da el estado de confiabilidad que presenta el equipo. (Castro, 2021)

## 2.7 Conexión de los apartarrayos

Figura 14. Transformador de potencia



**Nota:** transformador de subestación con sus respectivos apartarrayos. Tomado de (Camera.adu.vn, 2023).

Las protecciones contra descargas atmosféricas como se muestra en la figura 14, se debe realizar en sistemas eléctricos de manera estratégica para garantizar una protección efectiva contra sobretensiones. Aquí hay algunos aspectos importantes sobre la conexión de los apartarrayos:

### 2.7.1 Ubicación estratégica

- Los apartarrayos se instalan en puntos clave del sistema eléctrico, como en las líneas de transmisión, para interceptar y desviar las sobretensiones antes de que alcancen equipos sensibles. (Fg Electrical, 2023)
- Se colocan tanto en la entrada como en la salida de transformadores y subestaciones para proteger equipos y dispositivos conectados a estas instalaciones. (Huerta, 2020)

### 2.7.2 Conexión a tierra

- La conexión a la tierra es esencial para el funcionamiento efectivo de los apartarrayos. El dispositivo debe estar conectado a un sistema de puesta a



tierra eficiente para garantizar que la corriente de la sobretensión sea desviada de manera segura hacia la tierra. (Comisión Federal de Electricidad, 2020)

➤ La calidad de la puesta a tierra es crucial para la eficacia del apartarrayos. Un sistema de puesta a tierra deficiente puede afectar negativamente su rendimiento. (Melville, 2021)

### **2.7.3 Coordinación con otros dispositivos de protección**

➤ Los apartarrayos deben coordinarse adecuadamente con otros dispositivos de protección en el sistema, como interruptores de circuito y fusibles, para garantizar una protección integral.

➤ La coordinación adecuada ayuda a evitar que los apartarrayos se activen innecesariamente y mejora la confiabilidad del sistema. (Castro, 2021)

### **2.7.4 Distancia entre apartarrayos**

➤ La distancia entre los apartarrayos es un factor para considerar. Se debe calcular de manera que permita una cobertura efectiva de toda la longitud de la línea o el sistema protegido. (Eaton, 2023)

## **2.8 Pararrayos**

Equipos de protección muy importantes ya que estos nos ayudan a estar protegidos contra sobretensiones que provoca la naturaleza, el fallo de estos equipos equivale a estar expuestos a cualquier descarga atmosférica lo cual nos puede llevar a daños estructurales, daños de equipos importantes hasta la pérdida de las vidas humanas. (Giraldo, 2021)

*Figura 15. Pararrayos*



*Nota: pararrayos con dispositivos de cebada. Tomado de (Eaton, 2023)*

El funcionamiento principal de un pararrayos es proporcionar un camino ionizado de menor resistencia para que lo siga el rayo. Cuando cae un rayo, el pararrayos atrae la descarga eléctrica y la dirige de forma segura hacia el suelo, evitando daños a la estructurales, incendios y otros peligros potenciales asociados con los rayos. (Padilla, 2020)

Un pararrayos es una protección diseñada para proteger estructuras y personas de los daños causados por los rayos durante tormentas eléctricas como lo muestra en la figura 15. Su función principal es proporcionar un camino de menor resistencia para que la electricidad de un rayo llegue a la tierra de manera segura, en lugar de golpear directamente a un edificio o estructura. (Golup, 2022)

Según (Golup, 2022) estos sistemas de captación contra descargas atmosféricas están conformados por lo general:

Sistema de captación: estos son los sistemas de pararrayos instalado en las estructuras.

Conductor de baja: es el conductor que se conecta en los pararrayos y la puesta a tierra, este es el camino de baja resistencia por donde descargan los rayos.

Puesta a tierra: Consiste en electrodos y conductores enterrados en el suelo que proporcionan un camino seguro para que la corriente del rayo se disipe en la tierra. Una buena conexión a tierra es esencial para la efectividad del pararrayos.

Dispositivos de supresión contra sobretensión: Algunos pararrayos modernos pueden incluir dispositivos adicionales para suprimir las sobretensiones inducidas por los rayos. Estos dispositivos protegen los sistemas eléctricos conectados a la estructura.

Mástil o soporte: Es la base en la que monta y eleva el pararrayos sobre el edificio o estructura a proteger. El material del mástil suele ser conductivo para facilitar la conducción de la corriente.

### **2.8.1 Tipos de pararrayos**

Los pararrayos tienen una utilidad importante en nuestro día a día, estos tienen una clasificación según el uso la cual es:

#### **2.8.1.1 Tipo Franklin**

Se basa en la acumulación de carga en la punta del pararrayo, a esto también lo podemos llamar efecto punta, por lo general se acumula cargas positivas y negativas por lo que los campos generados son más intensos, por lo tanto, las descargas atmosféricas son guiadas a la punta de la protección y descargadas a tierra por el hilo conductor de baja resistencia. La zona de protección es descrita en forma de cono, desde la punta hasta el suelo. (Gallardo, Repetto, Yungan, & Quispi, 2020)

Figura 16. Pararrayo tipo franklin



*Nota: forma de protección del pararrayo tipo franklin cebada. Tomado de (Eaton, 2023)*

El pararrayos tipo Franklin como lo muestra la figura 16, también conocido como pararrayos puntiagudo, es un dispositivo diseñado para proteger edificaciones y estructuras contra los daños causados por los rayos durante tormentas eléctricas. Este tipo de pararrayos se basa en los principios establecidos por Benjamín Franklin, quien ideó este diseño en el siglo XVIII. (Villatoro, 2021)

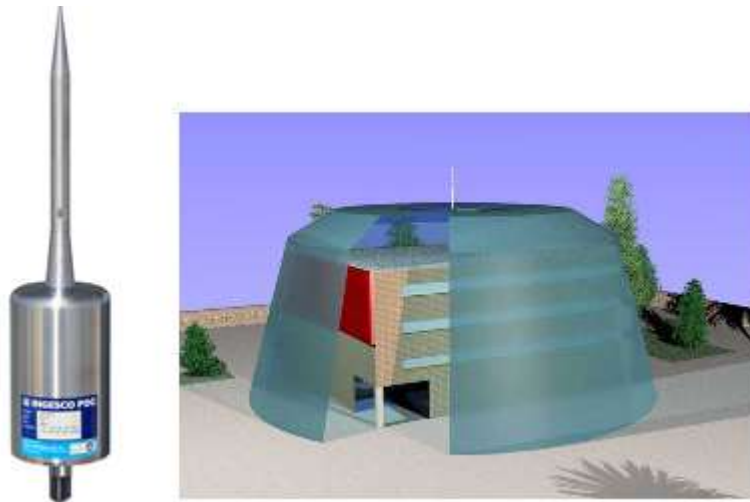
### **2.8.1.2 Pararrayo con dispositivo de cebada**

Este tipo de protección canaliza las descargas atmosféricas a una puesta a tierra de manera segura, la manera en que esta protección realiza este trabajo es por la ionización de electrones y neutrones que se producen en la punta captadora del mismo, este proceso busca crear un trazador ascendente a las nubes para que el rayo sea guiado de manera controlada al suelo, de esta manera evitamos que los equipos y personas sean alcanzados. (superintendencia de electricidad y combustibles, 2023)

El trabajo principal de un pararrayos es proporcionar un camino de menor resistencia para que la energía eléctrica de un rayo viaje de forma segura hacia la tierra,

evitando que cause daños a edificios, equipos electrónicos u otras estructuras. El dispositivo de cebado como lo muestra la figura 17, ayuda a iniciar este camino al facilitar la ionización del aire alrededor de los pararrayos. (Smart Lightning, 2021)

*Figura 17. Pararrayo con dispositivo de cebado*



*Nota: forma de protección del pararrayo con dispositivo de cebado. Tomado de (Eaton, 2023)*

Este tipo de protecciones tienen en su interior un generador de pulsos electromagnéticos, por lo general este permanece en modo espera por lo cual no se produce ningún tipo de excitación, caso de tener algún tipo de anomalía atmosférica es donde los sensores captadores ponen al pararrayos en modo pre control. (Mappec, 2021)

La circulación de las descargas naturales se da a través de la armadura y da paso por el conductor de baja hacia tierra de esta manera no se daña la electrónica que genera los pulsos del trazador ascendente que guía el rayo.

### 2.8.1.3 Pararrayos jaula de Faraday

Figura 18. Protección por jaula de Faraday



*Nota: forma de protección de varios pararrayos formando la jaula de Faraday. Tomado de (Anpasa, 2020)*

Este tipo de protección como lo muestra la figura 18, es considerada una de las más efectiva que hay ya que funciona como una barrera protectora de toda la edificación donde se instale resguardando equipos, personas y los viene inmuebles que se tenga, este tipo de instrumentos uno de los más complejos, pero a su vez tienen una garantía contra descargas del 98%. (Herrerías, 2023)

Son sistemas contra descargas muy confiables, a través de los años presenta una muy buena confiabilidad operativa, este sistema consiste en varias puntas de pararrayos pasivas conectadas entre sí formando una barrera protectora muy eficiente, estas puntas están colocadas de manera estratégica en la parte más alta de la edificación, de manera que las descargas atmosféricas impactan en cualquiera de las puntas y esta será disipada por el cable de baja que está conectado a tierra drenándose en el sub suelo. (Anpasa, 2020)

#### 2.8.1.4 Pararrayo radioactivo

Este tipo de protección como lo muestra la figura 19, contra descargas atmosféricas se emplea con material radioactivo para lograr la desviación y atracción de los rayos directamente a ellos, el material específico que suelen utilizar es el radioisótopo, este pararrayo fue desarrollado y popularmente usado en el siglo xx pero por preocupaciones ambientales y de seguridad, el uso de materiales radioactivos en pararrayos ha sido descontinuado en muchos lugares y, en la actualidad, estos dispositivos no son comúnmente utilizados. (Anpasa, 2020)

*Figura 19. Protección radioactiva*



*Nota: sistema de protección contra descargas atmosféricas. Tomado de (Camera.adu.vn, 2023)*

Por lo general en la actualidad ya no se trabaja con este tipo de protecciones ya que por el hecho de usar materiales radioactivos crea un perjuicio para la salud de las personas e incluso provoca contaminación ambiental, debido a estos problemas y al avance en la comprensión de los riesgos asociados con el uso de materiales radioactivos, la mayoría de las aplicaciones modernas de protección contra rayos se basan en tecnologías más seguras y respetuosas con el medio ambiente, como los pararrayos convencionales sin materiales radioactivos. (Gallardo, Repetto, Yungan, & Quispi, 2020)

La forma de trabajar de los pararrayos radioactivos era utilizar el fenómeno de la ionización del aire para crear un camino conductor de baja resistencia para las descargas eléctricas. La presencia de material radiactivo, como radio, generaba partículas ionizantes que facilitaban la conducción de la electricidad. (Copyright, 2023 )

#### **2.8.1.5 Pararrayo ionizante**

Esta protección como lo muestra la figura 20, es un tipo específico de pararrayos que utiliza dispositivos de ionización para crear un camino de menor resistencia, facilitando la descarga de la energía de un rayo hacia el suelo. La ionización del aire implica la creación de iones positivos y negativos, lo que permite que el aire se vuelva conductor y facilite el flujo de corriente eléctrica. (Padilla, 2020)

La ionización puede lograrse de varias maneras en un pararrayos. Muchas de estas protecciones ionizantes utilizan sustancias químicas en la punta, como materiales radioactivos o compuestos químicos específicos, para generar iones y facilitar la formación de un camino conductor de baja resistencia. (Copyright, 2023 )

*Figura 20. Protección ionizante*



*Nota: sistema de protección contra descargas atmosféricas. Tomado de (Camera.adu.vn, 2023)*

El propósito de este pararrayos es crear un conducto de baja resistencia para que la carga eléctrica del rayo pueda fluir hacia la tierra de manera más efectiva. Esto ayuda a



reducir el riesgo de que el rayo impacte directamente en la estructura que se está protegiendo. (Arias, González, & Álvarez, 2023)

## **2.9 Breaker diferencial**

Estos dispositivos electromecánicos, a modo de interruptor, son elementos de protección automático que protegen a las personas o equipos muy sensibles en caso de errores en el circuito eléctrico, por lo general este tipo de protecciones son utilizados en instalaciones de corriente alterna. (Rio, 2022)

Este tipo de protecciones como lo muestra en la figura 21, tiene como finalidad detectar e interrumpir instantáneamente las corrientes de fuga producidas en el circuito, la forma en la que detecta este dispositivo es una comparación de la corriente eléctrica que circula en el circuito, tanto la corriente de entrada como la de salida tienen que ser iguales, si la bobina de paso o comparación de corriente posee una fuga de intensidad una de sus corrientes no sería de la misma magnitud por ende la protección se dispara protegiendo de esa manera las personas y el circuito. (Ruiz, 2022)

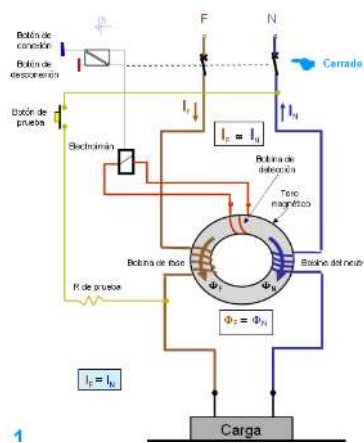
Estos disyuntores son esenciales para la seguridad y protección eléctrica en el hogar y en entornos industriales, ya que ayudan a prevenir accidentes eléctricos al desconectar rápidamente el suministro de energía cuando se detecta una fuga a tierra. Además, suelen instalarse en combinación con interruptores de circuito para proporcionar una protección más completa contra cortocircuitos y sobrecargas. (Glizia, 2023)

El flujo eléctrico que se produce dentro de las bobinas del interruptor diferencial es el que determina la apertura por seguridad, esto es lo que hace de manera más efectiva su disparo ya que al momento que una de sus corrientes sufre un desbalance por desviación

a tierra este actúa de inmediato protegiendo los equipos y las personas que se encuentran aguas debajo de la instalación eléctrica. (Soliz, 2021)

Si hablamos de seguridad por contactos directos e indirectos esta protección es una de las más fiables en el mercado, también depende mucho de su clasificación ya que en base a esta tendrá su tiempo de ejecución. (García, 2022)

Figura 21. Breaker diferencial



*Nota:* circuito interno de un interruptor diferencial. Tomado de (Almachi & Morán, 2021)

La protección diferencial como lo muestra la figura 22, es uno de los pasos más grandes si hablamos de protección hacia las personas ya que este equipo posee características muy eficaces contra contactos directos e indirectos, la forma correcta de garantizar que nuestro circuito y las personas este totalmente cubiertas por esta protección es que antes de su instalación es verificar el uso que tendrá el disyuntor, siempre verificar los campos de sensibilidad, tiempo de disparo, la clasificación, entre otros. una de las formas más seguras y rápidas de comprobación de nuestro interruptor es tener en cuenta la ubicación del botón de prueba para de esta manera simular una corriente de fuga a tierra,

una vez se aplaste este botón el diferencial tiene que cortar la salida de inmediato. (ZyS Cominsa, 2022)

Figura 22. Breaker diferencial



*Nota:* esquema y botón de prueba de un breaker diferencial. Tomado de (Huerta, 2020)

Según (Reina, 2020) se tiene que tomar en cuenta lo siguiente para escoger nuestra protección diferencial adecuada:

- Sensibilidad: es el valor de corriente mínima que puede detectar. Por lo general, se expresa en amperios y determina la rapidez con la que el interruptor reaccionará ante una fuga a tierra. Los interruptores diferenciales suelen tener sensibilidades de 10 mA hasta 100 mA, siendo 30 mA la sensibilidad más común en aplicaciones residenciales.
- Selectividad: es la capacidad de protección e identificación de corrientes de fuga en distintos puntos del circuito. Un diseño eléctrico bien planificado garantiza que el interruptor más cercano al punto de fuga a tierra sea el que se dispare, permitiendo que los demás permanezcan operativos.
- Tiempo de disparo: los tiempos de disparo son una de las características más importantes en este tipo de protección ya que es la que permite desconectar el

diferencial después de algún tipo de fuga a tierra, por lo general los tiempos de disparo son según la clasificación y la estructura del circuito ya que varían de los 10ms hasta los 50ms.

➤ Disyuntor diferencial bipolar y tetra polar: este tipo de característica es según la necesidad que se tenga, por lo general se clasifican para protecciones trifásicas y monofásicas, estas cumpliendo la misma función de protección.

➤ Prueba de pulsador: el botón de prueba nos permite verificar el buen funcionamiento de los breakeres diferenciales ya que desconecta el circuito de manera manual.

### **2.9.1 Tipos de interruptores diferenciales**

Desde el punto de vista de (Arias F. L., 2022) los tipos de interruptores diferenciales se definen en cuatro tipos de protecciones para corriente altera. Cada uno de estos están definido según su rango de corriente y tiempo de protección del circuito.

➤ Diferenciales tipo AC.

➤ Diferenciales tipo A- superinmunizado.

➤ Diferenciales tipo B.

➤ Diferenciales tipo S.

#### **2.9.1.1 Diferenciales tipo AC**

Estos disyuntores como lo muestra la figura 23, son adecuados para la protección contra corrientes de fuga a tierra causadas por corrientes alternas sinusoidales. una opción de activación automática. El dispositivo de consumo diferencial funciona cuando

detecta cambios en la corriente disipadora y la corriente inversa. Su funcionamiento es electromecánico. Esto significa que funciona tanto eléctrica como mecánicamente. Son los más comunes y se utilizan en muchas aplicaciones residenciales y comerciales.

Su función es evitar accidentes por contacto directo e indirecto como alguna falla de aislamiento con otras piezas, Es importante destacar que los interruptores, como todo, son elementos que son indispensables en la instalación. Esto se debe a que es responsable de la mayoría de las operaciones de seguridad en el circuito. Esto significa que no sólo tiene una increíble capacidad para proteger contra condiciones inesperadas, sino que también es importante para extender la vida útil de los electrodomésticos y máquinas conectados a la red de corriente alterna. (Revista Española de Electrónica, 2021)



*Figura 23. Diferencial tipo AC*

**Nota: diferencial trifásico tipo AC** Tomado de (Cadenzaelectric, 2022)

### **2.9.1.2 Diferenciales clase A - superinmunizados**

Este tipo de diferenciales como lo muestra la figura 24, evita las desconexiones intempestivas por corrientes de alta frecuencia que son provocados por circuitos informáticos, circuitos con reactancias electrónicas, corrientes inducidas por descargas

atmosféricas, entre otros. Con este tipo de breaker se evita los saltos intempestivos. Estos disyuntores son adecuados para la protección contra corrientes de fuga a tierra causadas por corrientes alternas sinusoidales y no sinusoidales, Utilizados en entornos con cargas más sensibles y no lineales o en equipos electrónicos modernos. Son universales y se puede utilizar en ordenadores, fuentes de alimentación conmutadas, cargadores electrónicos, etc. Proporciona protección completa en ambientes con cargas no lineales, además protegen contra defectos que se detectan en los dispositivos diferenciales AC. (Soldevila & Portaro, 2019)

*Figura 24. Diferencial tipo A*



*Nota: diferencial trifásico tipo A Tomado de (Martinez, 2023)*

### **2.9.1.3 Diferenciales tipo B**

Este tipo de protecciones como lo muestra la figura 25, son muy utilizados en los sectores que cuentan con reparación de vehículos electrónicos, la industria por sus equipos de variación de frecuencia, este tipo de diferenciales notan una perturbación de onda en corriente directa. (ABB, 2022)

Este tipo de protección es capaz de desprestigiar cualquier perturbación que no presente un riesgo en la instalación, esto lo puede realizar por sus bobinas de alta tecnología, de igual manera puede detectar fugas a tierra independiente de las protecciones que se tengan en la instalación, su mejor forma de utilización es proteger equipos sensibles a perturbaciones en corriente directa o altas frecuencias que comprometen la fiabilidad de los demás equipos de protección. (Edesur, 2020)

*Figura 25. Diferenciales tipo B*



**Nota: diferencial trifásico y monofásico tipo B** Tomado de (ABB, 2022)

#### **2.9.1.4 Diferenciales tipo S**

Son aquellas protecciones que siempre están aguas arriba de la instalación ya que estos poseen la gran cualidad de tener un retardo a la desconexión que permite que las demás protecciones aguas abajo actúen primero y protejan cada carga puntual para las que fueron diseñadas con la finalidad de no comprometer a desconectar todo el circuito o toda la instalación de la industria. (Beltrán, 2021)

El interruptor diferencial de tipo S como lo muestra en la figura 26, está diseñado para abordar este problema. Es capaz de detectar tanto corrientes sinusoidales como no

sinusoidales, lo que mejora su capacidad de protección en entornos con cargas no lineales. Las protecciones de tipo S es una opción más avanzada que un interruptor diferencial estándar, ya que ofrece una mayor sensibilidad a las corrientes de fuga no sinusoidales, lo que contribuye a una protección eléctrica más efectiva en entornos modernos. Es importante consultar las especificaciones técnicas y las normativas locales para asegurarse de que el tipo de interruptor diferencial seleccionado sea adecuado para la aplicación específica. (Edesur, 2020)

*Figura 26. Diferenciales tipo S.*



*Nota: diferencial trifásica tipo S tomado de (Reina, 2020)*

## 2.10 Telurómetro

En la figura 27 podemos observar un telurómetro dispositivo que se utiliza para medir la resistencia y la resistividad de la puesta tierra, es decir, brinda protección a las personas y equipos contra lesiones y daños, son imprescindible a la hora de realizar una instalación puesta tierra, sin embargo, no todos pueden utilizar este artefacto debido a la complejidad de su interpretación que son sujetas a estándares y normativas específicas de seguridad eléctrica, garantizando que el sistema cumple con dichas normativas, ya que si



la instalación a puesta tierra es deficiente podría dar lugar a situaciones peligrosas tales como descarga eléctricas. (Glizia, 2023)

Un sistema de puesta a tierra inadecuado puede provocar daños en equipos electrónicos sensibles debido a picos de voltaje y descargas estáticas. La medición con un telurómetro ayuda a garantizar que la resistencia de puesta tierra sea lo suficientemente baja para disipar eficientemente estas corrientes no deseadas. Entre una de sus características principales es que la se utiliza corriente alterna para realizar la prueba, ya que la corriente continua no conduce bien la tierra. (Vargas, 2020)

*Figura 27. Telurómetro.*



*Nota: medidor de resistencia de puestas a tierra. tomado de (Reina, 2020)*

### **Capítulo 3**

En base a nuestra investigación sobre las protecciones contra descargas atmosféricas, en este capítulo se desarrollará un diseño de cómo se debe proteger contra estos fenómenos naturales a la industria cartonera y sus colaboradores.

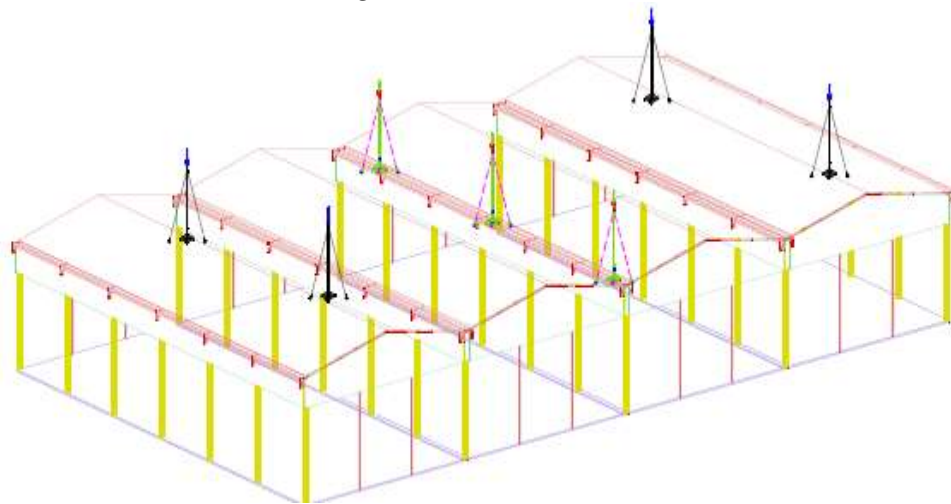
### 3.1 Sistema de montaje de los pararrayos

En este punto veremos los pasos a seguir para la colocación correcta de los sistemas de protección que en este caso son los pararrayos, veremos que dispositivo se instalará y como se dará la instalación para de esta manera lograr tener un aprovechamiento del 95% en lo que concierne a la protección contra descargas.

#### 3.1.1 Diseño estratégico

Para la ubicación de los dispositivos de protección se mapea la zona para tener cuáles son las distancias que tiene la empresa y en base a esto podemos ir colocando nuestros dispositivos de protección.

*Figura 28. Plano 3D.*



*Nota: plano visual de la colocación de los pararrayos. tomado de (Autor, 2023).*

Se anexa un plano en AutoCAD, para de esta manera colocar los pararrayos y tener la ubicación, las distancias de separación que deben tener entre dispositivos, con esto lograremos tener una mejor captación y protección contra las descargas atmosféricas.

Cada protección tiene un diámetro de protección de 70m según esto se ubican los pararrayos y se realizan los planos de posición de cada uno.

En la figura 28 podemos visualizar que en la actualidad ya tenemos puestos 3 dispositivos de protección los cuales están de un color distintivo en el plano el cual es verde y los que tenemos que colocar están de color negro, para la ubicación de los nuevos pararrayos se toma en cuenta la ficha técnica de los NIMBUS 60.

*Figura 29. Fotografía*



*Nota: fotografía por GPS. tomado de GPS.*

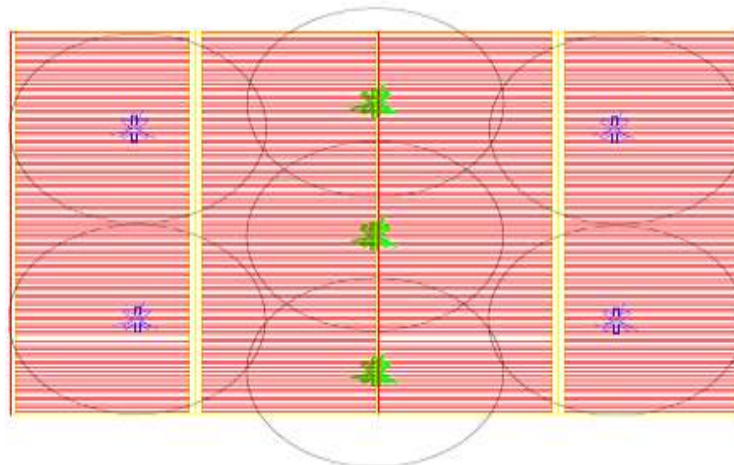
En la figura 29 detalla los puntos amarillos marcados los cuales son los pararrayos que se encuentran en la actualidad, estos cumplen con buenas características de protección, pero el diseño y el montaje está mal hecho ya que no se aprovecha al máximo el rango de protección de los elementos tecnológicos, los que tenemos con azul serán los que se ubicarán estratégicamente luego de realizar una evaluación del terreno, un plano y cotización del proyecto.

### 3.1.2 Evaluación del terreno

Siempre antes de un montaje de este tipo de protecciones debemos tomar en cuenta donde se colocará el pararrayos, tenemos que evaluar que la instalación tiene que ser en un lugar firme o a su vez ver la forma de construcción de una base.

En la industria cartonera actualmente encontramos tres protecciones ya instaladas, en la figura 30 el color verde indica la ubicación de estos y veremos el radio de captación con el que estos están diseñados, el objetivo que cumple el plano es tener claro de como tendremos un mejor aprovechamiento de los sistemas de captación.

*Figura 30. Plano.*



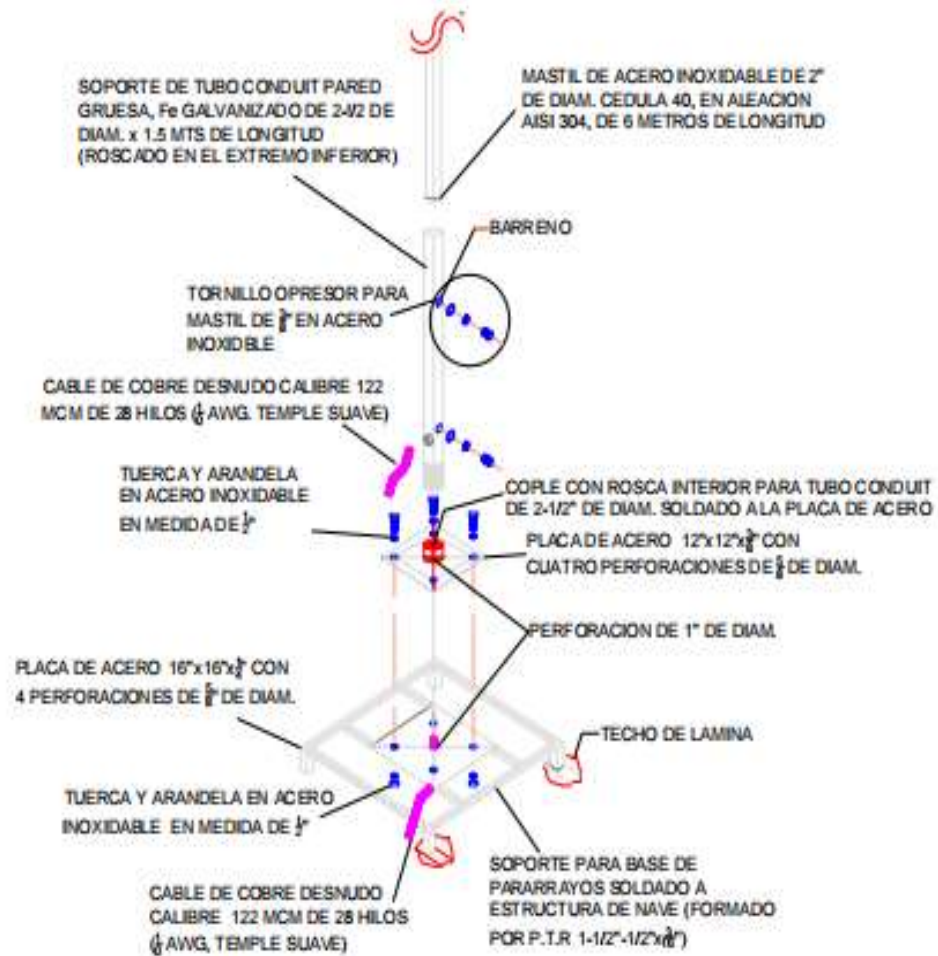
*Nota: plano visual de la colocación de los pararrayos. tomado de (Autor, 2023).*

### 3.1.3 Materiales para realizar el montaje

La finalidad de este punto es asegurar de manera correcta el pararrayos para evitar eventualidades futuras como falta de protección por caída y avería de una de las puntas.

Para la instalación de la protección contra descargas atmosféricas se utiliza los siguientes materiales, la figura 31 es del plano 3D donde veremos cómo se debe montar los materiales para la fijación y la seguridad de la protección electrónica de alta tecnología.

Figura 31. Posición del mástil.



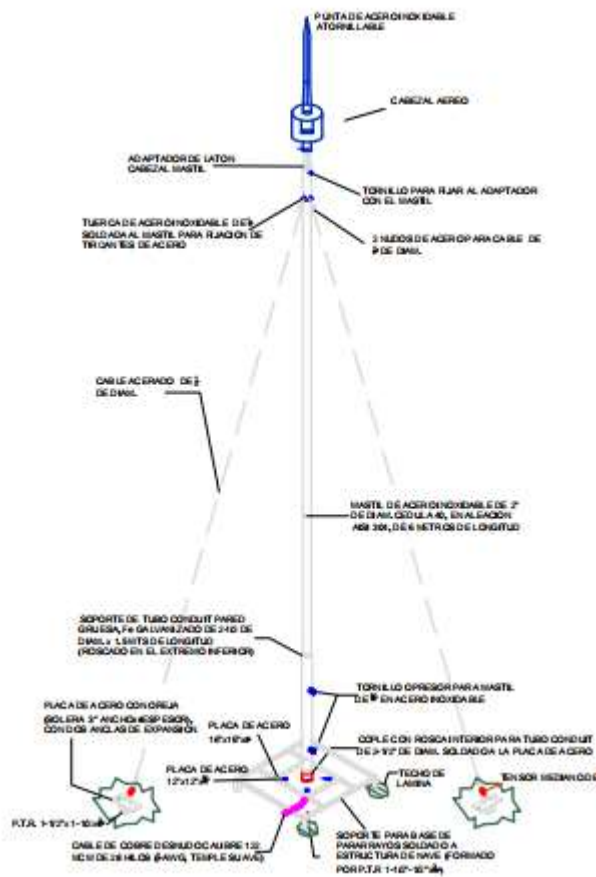
Nota: soporte del pararrayo. tomado de (Autor, 2023).

- Pararrayos tipo punta captadora con tecnología electrónica de auto cebado los NIMBUS 60.
- Conductor de baja #2 para conectar el pararrayos al sistema de puesta a tierra.
- Sistema de puesta a tierra, el cual debe ser realizado de manera eficiente, por lo general tiene que estar entre 0 como ideal y 5 ohm como máximo.
- El respectivo soporte o también llamado técnicamente mástil como se muestra en la figura 31, este debe tener por lo menos 6 m de alto.

- Materiales de fijación como: pernos, tuercas, amarras, bases plásticas o metálicas, tensores, abrazadera, entre otros.
- Soportes de anclaje.
- Plano de instalación.
- Cosas varias como los EPP y las herramientas necesarias para la instalación.

### 3.1.4 Pararrayos NIMBUS 60

Figura 32. Pararrayo NIMBUS 60.



*Nota: dispositivo captador con sus elementos de fijación. Tomado de (Autor, 2023).*

Actualmente los pararrayos instalados son puntas captadoras con dispositivos de cebado lo cual permite una atracción de las descargas en un diámetro de 70 m, el tipo de protección colocada es NIMBUS 60.

Se toma en consideración la ficha técnica del dispositivo NIMBUS 60 y podemos concluir que nos presta un sistema de protección viable, el método de captación es de nivel 4 con una protección de 70 m a la redonda.

La figura 32 explica el diseño de la protección de alta tecnología contra descargas atmosféricas y en el anexo 4 se visualiza el equipo en tiempo real.

### **3.2 Sistemas de montaje de los apartarrayos.**

La empresa cartonera tiene un sistema de distribución de 13,8 KV que alimenta a un transformador monofásico convencional para poste y uno trifásico para cuarto, las protecciones contra descargas atmosféricas se colocarán de manera estratégica por cada bajante de transformador de potencia. para lo cual se deben seguir los siguientes puntos:

#### **3.2.1 Diseño estratégico**

La guía de instalaciones y montajes de potencia NATSIM en la página 10 literal de protecciones, establece que cada equipo de potencia tiene que estar protegido contra sobre tensiones y tener la capacidad de realizar la conducción de cualquier descarga a tierra para de esta manera disiparla.

Las normas NEC en la página 3 sección de instalaciones y protecciones, establecen que los sistemas eléctricos tienen que ser protegidos contra descargas atmosféricas, se establece que la puesta a tierra es el medio donde descarga las sobre tensiones. (Ecuatorianas, 2020).

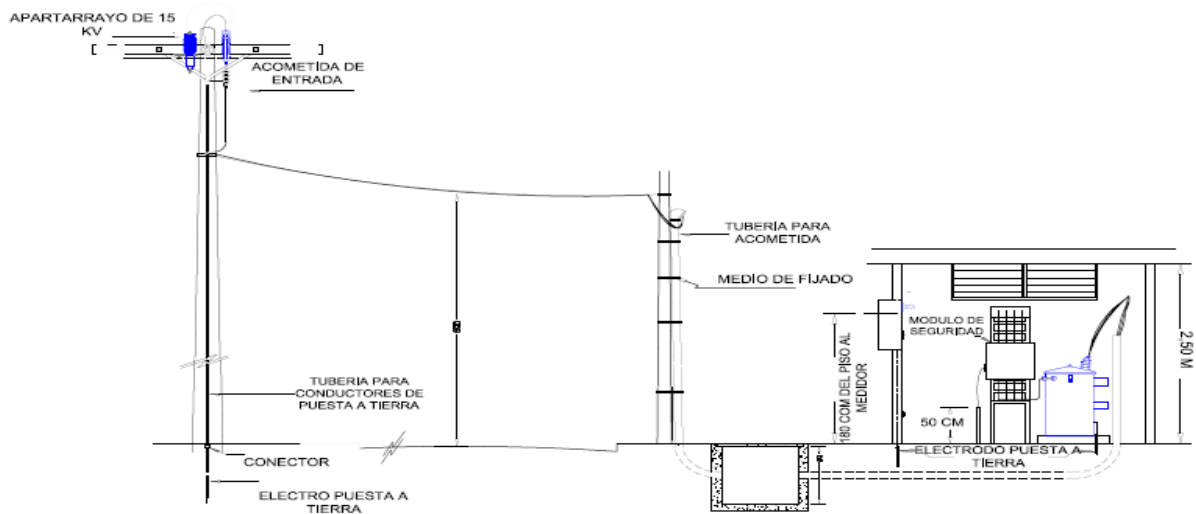
La reglamentación de seguridad UNE 21186 establece que las protecciones contra descargas atmosféricas son fundamentales en las instalaciones de alto riesgo, esta

reglamentación regula la instalación, mantenimiento, diseño y revisión del montaje de los pararrayos y apartarrayos. Esta reglamentación tiene como objetivo proteger a las personas y bienes materiales.

Las normas contra descargas y catástrofes atmosféricas NTC establece en la sección de instalaciones que como pilar fundamental para la seguridad estructural y a las personas en las industrias de alto riesgo se debe colocar elementos de protección contra descargas atmosféricas.

Los planos de potencia eléctrica se encuentran las acometidas de alimentación por cada transformador con una magnitud en voltios de 13,8 KV, son transportadoras de energía eléctrica por ende son uno de los principales medios a proteger ya que en la investigación tenemos que los elementos de potencia son sensibles y forman parte fundamental de la empresa cartonera.

Figura 33. Cuarto de transformador monofásico.

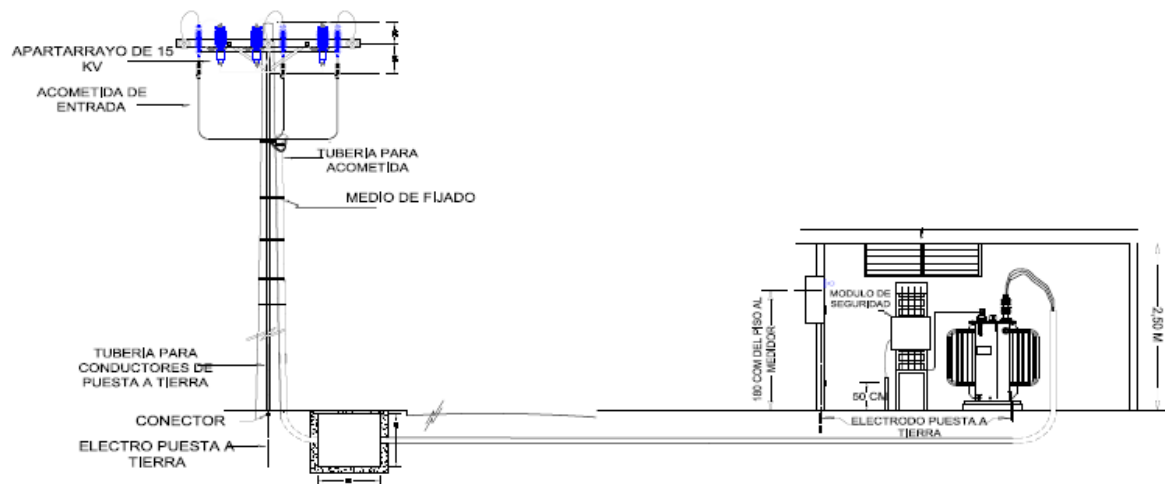


**Nota: protección contra sobretensiones colocada por bajante de transformador, apartarrayos de 15KV. tomado de (Autor, 2023).**



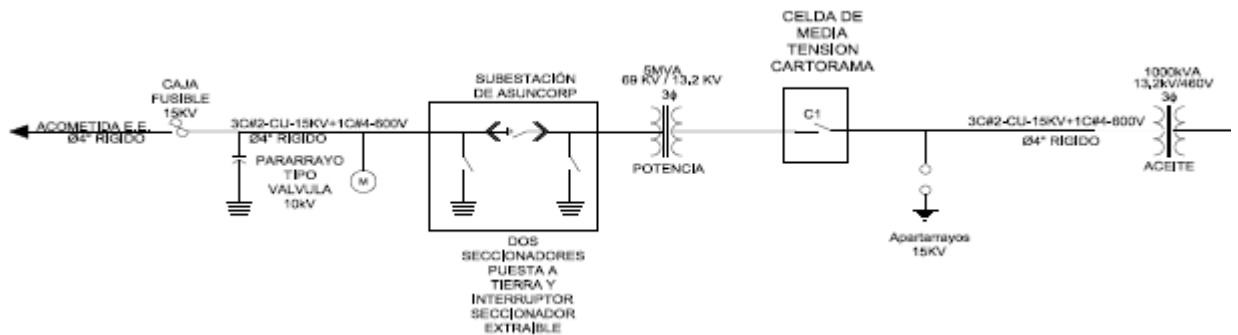
En la figura 33 y 34 se tiene el diseño estratégico de la colocación correcta de los elementos de protección, se verifica que cada apartarrayo tiene que colocarse por bajante de transformador de esta manera se protegen los equipos de distribución de potencia y las líneas de alimentación, los picos de tensión proporcionados por descargas naturales se los disipa por la puesta a tierra que está conectada por cada uno de los dispositivos de protección.

Figura 34. Cuarto de transformador trifásico.



*Nota: protección contra sobretensiones colocada por bajante de transformador, apartarrayos de 15KV. tomado de (Autor, 2023).*

Figura 35. Guía de colocación de apartarrayos.



*Nota: diagrama unifilar del sistema de distribución de la cartonera, apartarrayos de 15KV.*

*tomado de (Autor, 2023).*

Las protecciones de este tipo por lo general están en la intemperie por esta razón son elementos de protección de primera línea, se debe realizar un seguimiento periódico del estado en el cual se encuentra, los sistemas de puesta a tierra también forman un papel fundamental a la hora de instalar estas protecciones ya que es por aquella que descargan las sobre tensiones que tendremos al momento de una descarga.

En la figura 35 observamos el diagrama unifilar de la empresa cartonera, este diagrama toma la etapa de distribución eléctrica, la cual es de alimentación de energía de la planta de manufactura. Este tipo de diagramas es fundamental ya que es la guía de instalación donde podemos ver en qué parte del circuito la hemos conectado y colocado eléctricamente.

### **3.2.2 Materiales de montaje**

Los materiales para el montaje de los apartarrayos deben tener una fijación correcta, en la cruceta de las líneas de distribución y son los siguientes:

- Angulo de retención.
- Abrazadera galvanizada.
- Pernos de rosca corrida, sus arandelas y tuercas.
- Cable de baja desnudo.
- Toma de puesta a tierra.

La figura 36 expresa en 3D el plano superior del apartarrayo montado y asegurado en la cruceta del poste.

Figura 36. Guía de colocación de apartarrayos.



*Nota: se realiza esquema 3D de como estarán colocadas las protecciones en la altura, apartarrayos de 15KV. tomado de (Autor, 2023).*

### 3.2.3 Apartarrayos intermedio de 15KV

Para este tipo de trabajo podemos tomar en consideración el uso del siguiente apartarrayo, protección de tipo intermedio para media tensión o sistema de distribución, con un rango de 15 KV de auto ajuste o auto valvular.

Figura 37. apartarrayo.



*Nota: se realiza en 3D el apartarrayos de 15KV. tomado de (Autor, 2023).*

Esta protección nos brinda seguridad de manera eficiente ya que los equipos de potencia están conectados a la red de distribución interna de la planta cartonera.

En la figura 37 exponemos el modelo y forma del apartarrayo a utilizar, es un elemento de protección auto valvular para descargas rápidas.

### **3.3 Sistemas de montaje de interruptores diferenciales**

La protección para los trabajadores de la fábrica cartonera es esencial, de esta manera se logra tener un sistema de trabajo con un ambiente seguro, tener esta forma de trabajo es prioridad no solo para los trabajadores también para los sistemas de control automatizados los cuales son muy sensibles a los cambios repentino de tensión.

Los sistemas de breaker son la medida de protección prioritaria en baja tensión, prioriza la protección de los circuitos o cargas aguas abajo, pero los interruptores diferenciales priorizan las personas y los dispositivos más sensibles.

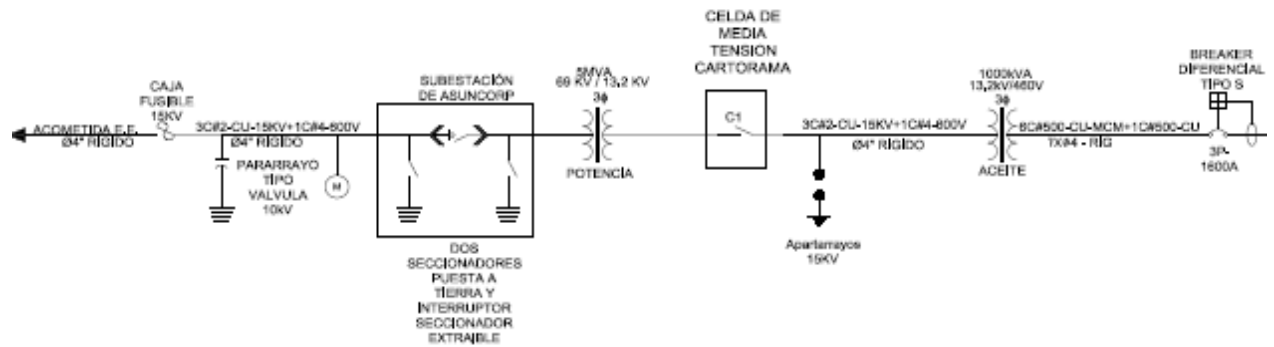
Para este caso se anexará un diagrama en AutoCAD de cómo se colocarán en la instalación estos dispositivos, en la figura 38 y anexo 1 tenemos el diagrama unifilar de cargas correspondientes a la planta Cartonera donde se observa la protección diferencial instalada.

Las protecciones diferenciales tienen que ser instaladas de manera estratégica una por la calidad en seguridad que estas nos dan y otra por sus costos más elevados, en comparación con las protecciones de carga normal estos son mucho más costosos y seguros.

En AutoCAD observaremos el diseño de como instalar estas protecciones, se considera 2 tipos de protecciones en específico, para el breaker principal colocar un

interruptor diferencial tipo S por su capacidad de captación y retraso de acción con respecto a la desconexión del circuito, y tipo AC para cargas monofásica y trifásica, en las cargas más esenciales y de mayor peligro por estar en contacto del personal y llevar circuitos de control sensibles.

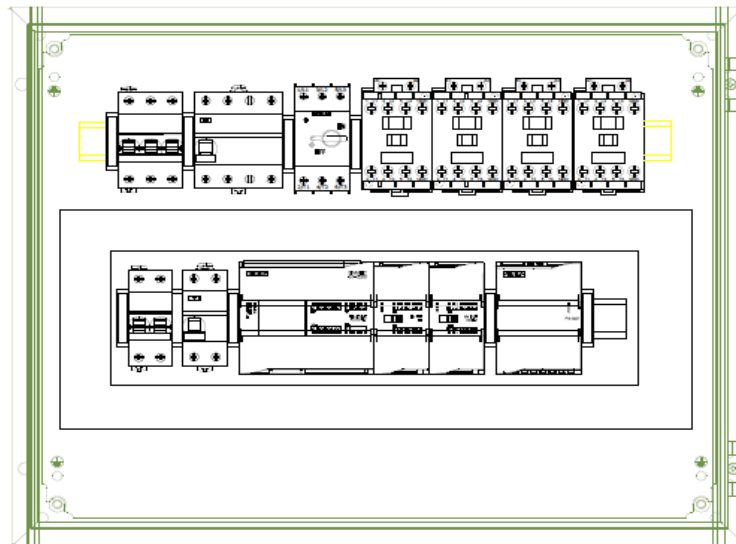
Figura 38. Unifilar de alimentación principal.



Nota: en el diagrama tenemos como primera protección el interruptor diferencial. (Autor, 2023).

### 3.3.1 Interruptores tipo AC y tipo S

Figura 39. Tablero con sus protecciones.



Nota: tablero de control con PLC S71200, con protección diferencial AC. tomado de (Autor, 2023).

Se toma en cuenta que las instalaciones eléctricas se manejan equipos bastantes sensibles, distintas tenciones de arranque y de control, cada una de nuestras protecciones

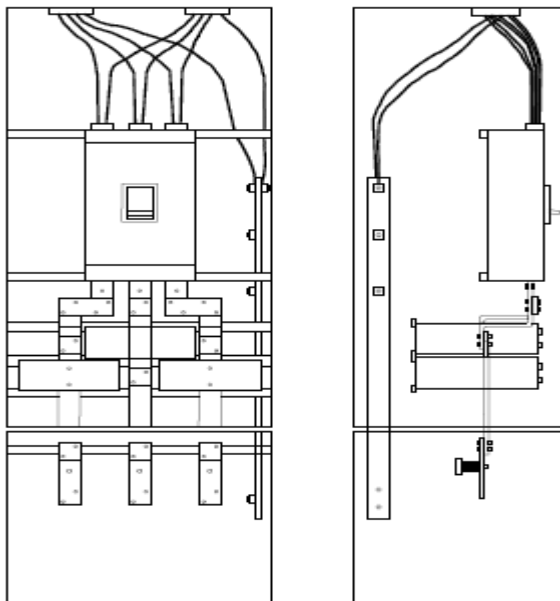
instaladas cumplen la finalidad para la cual fueron diseñadas, por esta razón la elección de los interruptores diferenciales es de manera estratégica.

Las dos protecciones elegidas se colocarán en las partes más críticas de nuestro circuito, como detallamos en las figuras 39, el tipo S se coloca como protección principal para mi diseño y los tipos AC se colocan en los tableros agua abajo donde ya se distribuyen los elementos de control donde ya los puede manipular el operario y tenemos los equipos más sensibles de igual manera.

### 3.3.2 Materiales para su instalación

Para una correcta instalación de este tipo de protecciones siempre tiene que tomar en cuenta donde serán ubicadas y como serán ubicadas, la manera más precisa para nuestro tipo de interruptor es al de tipo ac por cada carga sensible en el circuito y lo de tipo s es principal.

*Figura 40. Tablero principal de distribución.*



*Nota: diseño del tablero principal con el breaker tipo s. tomado de (Autor, 2023).*

Estos equipos serán colocados en gabinetes eléctricos por ende necesitamos materiales como:

- Perneras ajustables.
- Transformadores de corriente.
- Puesta a tierra.
- Conductores de conexión.

### 3.4 Telurómetro

En toda instalación de protecciones es necesario el uso de ciertos elementos de medición de vital importancia, el telurómetro es una de las herramientas más importantes que existe actualmente, este artefacto nos ayuda a llevar el registro de la puesta a tierra de nuestra instalación.

*Figura 41. TELUROMETRO.*



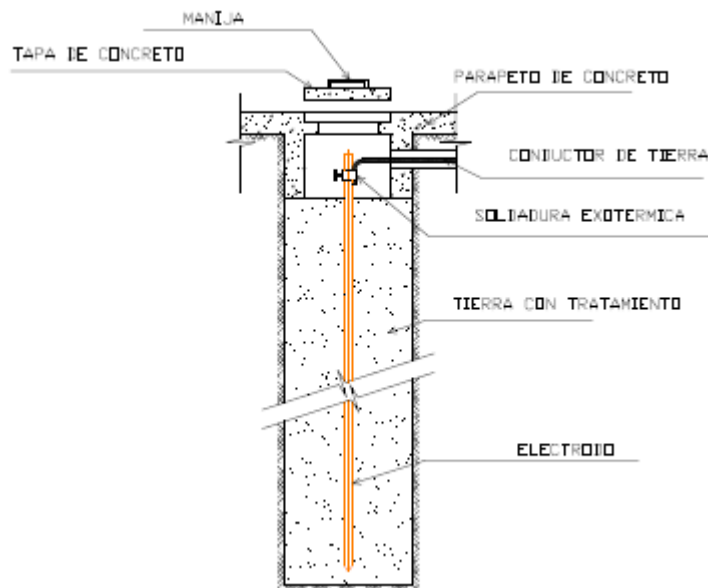
*Nota: medición de 2,5 ohm. tomado de (Autor, 2023).*

Las protecciones contra descargas atmosféricas llevan de la mano el uso del aterrizamiento ya que es por este medio don las corrientes o sobre tensiones serán disipadas.

Los sistemas de puesta a tierra deben ser medidos constantemente, para este tipo protecciones su valor debe no superar los 5 ohm, se toma en consideración las normas NEC y el NATSIM. En la figura 42 vemos el aterramiento de la puesta a tierra.

En la figura 41 y anexo 3 podemos observar la toma de datos de resistencia en una caja de registro perteneciente a uno de los pararrayos que ya está montado en la cartonera.

*Figura 42. Electrodo de puesta a tierra*



*Nota: medición de 2,5 ohm. tomado de (Autor, 2023)*

### **3.5 Costos**

Es importante evaluar no solo de manera eficaz los datos técnicos de las protecciones si no también tener en cuenta los costos de inversión del proyecto como se



muestra en el anexo 2 y 5, los costos de inversión son elevados, poniendo en una balanza el costo del montaje de las protecciones es mucho más barato que el costo de un elemento de potencia como un transformador que revienta por sobrecarga o elementos como PLC o tarjetas análogas digitales.

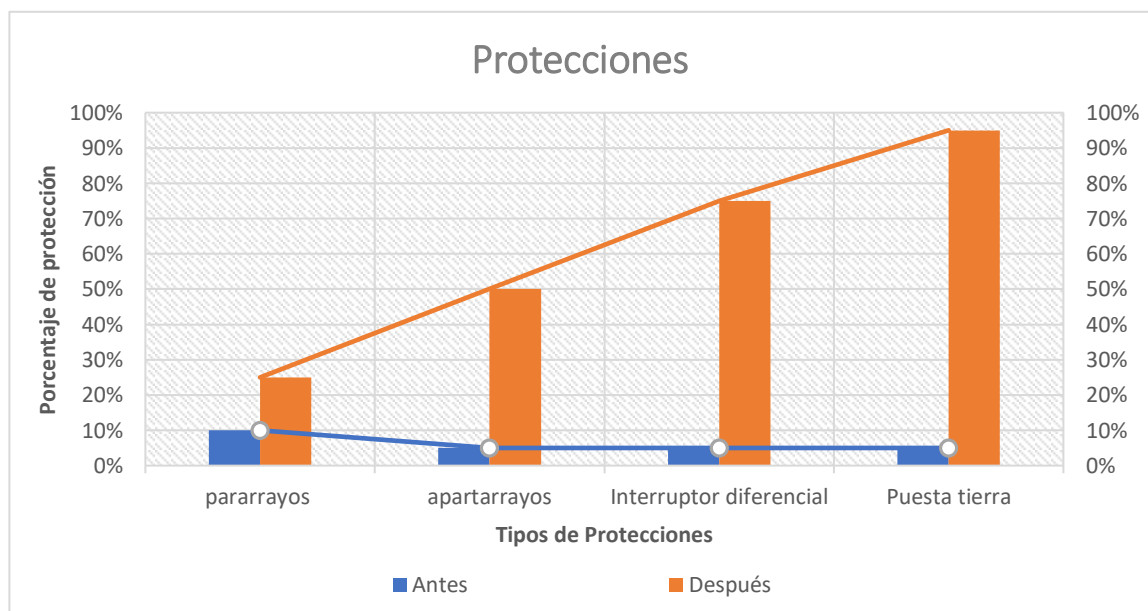
Tener en cuenta que con este levantamiento y diseño lograremos el 95% de la protección de la planta cartonera, teniendo una eficiencia mayor en protecciones tenemos un ambiente seguro de trabajo.

### 3.6 Datos actuales

Tomaremos los datos actuales con los que cuenta la empresa a nivel de protecciones atmosféricas.

La cartonera cuenta con tres pararrayos en la planta de manufactura lo cual no cubre toda el área de protección.

Figura 43. Estadística



Los apartarrayos que tiene la cartonera están despostillados y las conexiones de puesta a tierra están totalmente deterioradas o en su defecto desconectadas.

Con el telurómetro se toma mediciones de posos a tierra los cuales tienen valores muy elevados para estos elementos de protección donde la puesta a tierra debe ser muy baja para que la descarga viaje directo a tierra sin oposición.

En la figura 43 podemos observar 2 tipos de pendiente, la de color azul pertenece al porcentaje de protección que tenemos actualmente, la de naranja pertenece al diseño de las protecciones contra descargas atmosféricas.

Actualmente la planta de manufactura tiene instalados 3 pararrayos como protección contra descargas atmosféricas. El índice de protección como se observa en la figura 43 se mantiene en caída, por esto la confiabilidad de los sistemas de protección están en un 10% lo cual es un riesgo para los equipos y personas que están en la planta.

Podemos observar en las gráficas que teniendo instalado las protecciones de manera estratégica tal cual como se ve en los diseños, el nivel de protección y confiabilidad subirá y tendrá una mejora del 95%.

En la figura 43 se muestra como la tendencia sube y de esta manera el nivel de protección contra descargas atmosféricas estará optimizado.

### **3.7 Análisis de resultados**

Teniendo en cuenta los resultados del proceso de titulación de la señorita María Mireya Castillo Herrera con el tema “sistema de protección contra descargas atmosféricas en edificios” y la investigación de tesis del señor Juan José Capitán con el tema de “protecciones contra descargas atmosféricas y sistemas de puesta a tierra de protección”.

El señor (Capitan, 2020) De acuerdo a los resultados de las mediciones realizadas, podemos afirmar que la Planta Industrial se encuentra cubierta frente a posibles descargas atmosféricas en gran parte de su superficie.

La señorita (Castillo, 2020) estipula que por el diámetro de protección de cada punta descargadora debe colocarse de manera estratégica formando una jaula protectora, en su investigación logra por medio de este meto proteger las edificaciones.

Teniendo en cuenta las anteriores conclusiones de otros trabajos se debe considerar lo siguiente:

- Tener un sistema de protección contra descargas atmosféricas necesita tener un buen sistema de puesta a tierra y utilizar las mejores tecnologías de filtración contra sobre tensiones.
- Teniendo nuestro diseño tanto estructural y para los sistemas eléctricos de potencia, se compara y llega al 95% de protección, tomando en cuenta las investigaciones anteriores podemos llegar a la conclusión que el diseño de implementación es total mente necesario para la seguridad.

## Capítulo 4

### 4.1 Conclusión

El sistema contra descargas atmosféricas evitará cortes de productividad en la manufactura.

Realizando el estudio respectivo de resistividad del terreno de las protecciones se obtuvo el alcance de protección del 95% para la planta de manufactura cartonera.

Proporcionará ambientes de trabajo seguros tanto para los equipos de potencia como para el personal técnico, operativos y equipos sensibles a daños eléctricos.

El diseño técnico de los sistemas de protección contra descargas atmosféricas presenta un índice de confiabilidad que supera el 95% de protección contra descargas, debido a que el proyecto es respectivamente proporcional a las necesidades de seguridad de la fábrica respecto a las mismas.

Teniendo en cuenta las buenas prácticas de manufactura tenemos la seguridad como punto vital, por esta razón tener una correcta concientización sobre la importancia de estos sistemas y la educación sobre su correcta utilización son esenciales para maximizar la seguridad y minimizar los riesgos asociados con las descargas atmosféricas, la protección contra descargas atmosféricas no solo es una necesidad técnica, sino también un compromiso integral con la seguridad y la prevención de daños.

## **4.2 Recomendaciones**

Para realizar los diseños y la ubicación de cada uno de los elementos de protección atmosférica, se debe tomar en cuenta su datasheet.

Los elementos de protección de primera línea montados a los exteriores de la planta deben tener un mantenimiento periódico cada 3 semanas en verano, en épocas invernales cada semana, de esta manera aseguramos el funcionamiento del sistema.

El montaje y aseguramiento respectivo de cada uno de los elementos del sistema contra descargar atmosféricas, debe ser anclado correctamente, para evitar daños colaterales.

La puesta a tierra debe ser realizada siempre con suelda exotérmica, materiales de relleno conductivo y sus valores de medición para este tipo de trabajos no deben superar 1 ohm de resistencia, de esta manera se garantiza su eficacia.

Proporcionar capacitaciones al personal que está en la zona de protección, de esta manera garantizamos el entendimiento de las medidas de seguridad y la importancia de los elementos de protección contra descargas naturales.

## **Glosario**

NEC: condigo eléctrico, lleno de normas a seguir para una correcta instalación eléctrica.

NATSIM: normas eléctricas, utilizadas para el montaje de equipos o instalaciones eléctricas.

PLC: autómata programable, esto es para la automatización de máquinas de manufactura.

Ohm: valor de resistencia.

AC: nomenclatura de corriente alterna. Son los sistemas monofásicos, bifásicos y trifásicos.

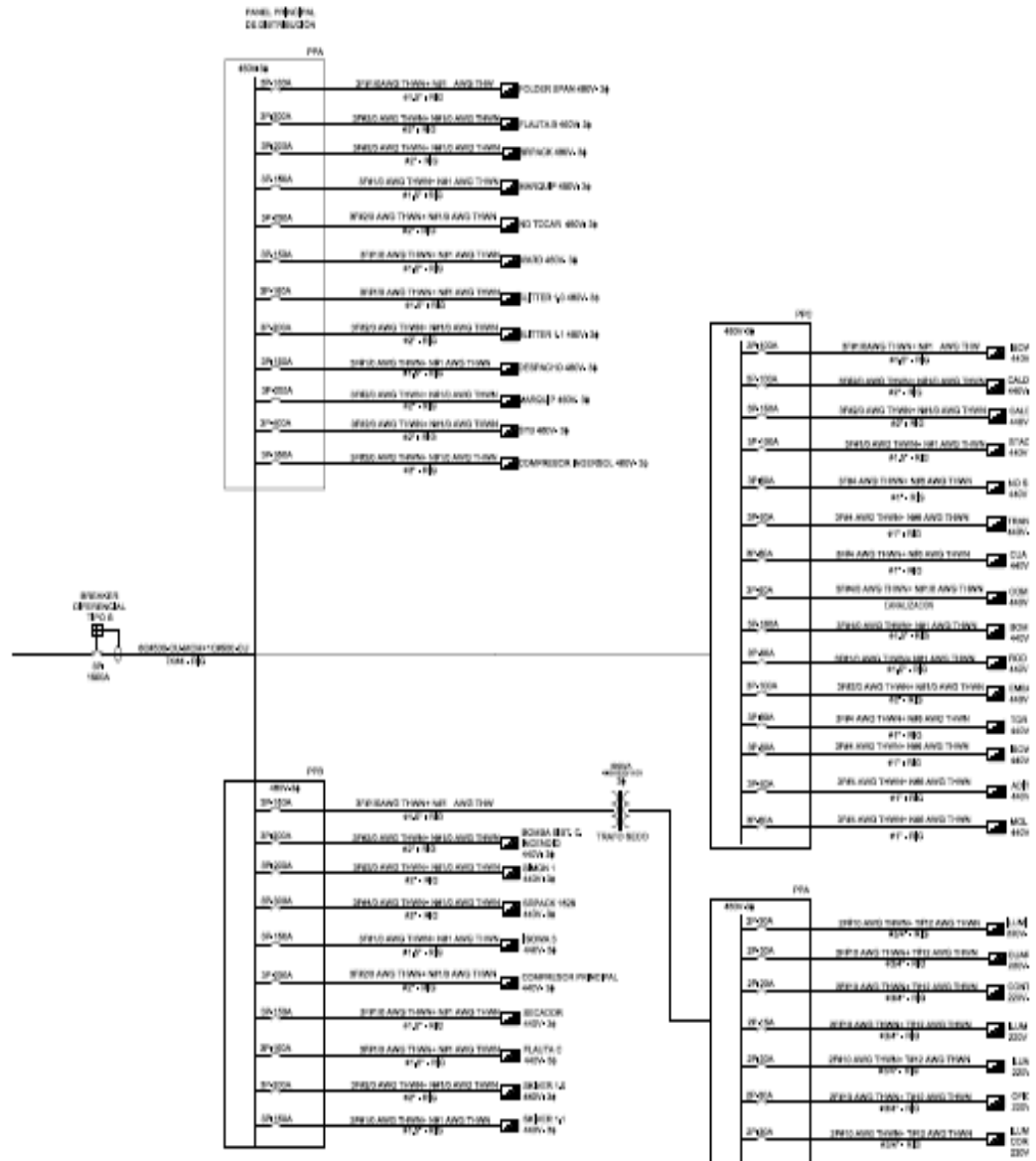
DC: nomenclatura de corriente directa. Son utilizados en sistemas de baja tensión para circuitos de control electrónico.

AutoCAD: programa de diseños estructurales y eléctricos.

Datasheet: manual de instrucciones de componentes electrónicos.

# Anexos

## Anexo I. Unifilar de cargas.



Nota: diagrama unifilar de la planta cartonera. tomado de (Autor, 2023).

*Anexo 2. Costos de los pararrayos.*

Costos				
Item	Productos y descripciones	Cantidad	PVP	Total
1	<b>PROVISIÓN E INSTALACIÓN SISTEMA PARARRAYO</b> Incluye: 4 pararrayo NIMBUS 60 PDC 4 Puesta a tierra 4 Cortantes para pararrayos. Materiales: Cable THHN cobre, Aislador de 1/2, Varilla cooperweld, Contador de pararrayo, perno 3/16. Rejilla tipo Irving, tubo de 2 pulgada, tubería de 3/4, tubo de PVC, Polvo intensificador Parres, Soldadura isotérmica, Arena, Vinchas de 1/2 Cemento, Tablas, Ripio. Servicio de instalación Detalles de trabajo: Verificación de Área de trabajo Instalación de andamio o Escalera para acceso de Galpón Instalación de Mástil y Pararrayo Instalación De Bajante Cable 19 Hilos y Accesorios Construcción de Zanja Delta De 40 Cm En Piso De Hormigón Instalación De Dispositivo Carga De Rayo Contador Medición de Omiage En La Caja De Registro Informe De Omiage Con Fotos Orden Y Limpieza De Área	1	18,925.00	18925
2	Andamios certificados para trabajo en alturas	1	650.00	650
	<b>Subtotal</b>			\$ 19.575,00
	<b>IVA</b> 12%		12,00%	\$ 2.349,00
	<b>TOTAL</b>			\$ 21.924,00

*Nota: cotización de 4 pararrayos con sus materiales. tomado de (Autor, 2023).*



*Anexo 3. Valores de resistencia con el telurómetro.*



**Nota: se toma valores de resistencia de los pozos a tierra que están actualmente para los pararrayos.**  
tomado de (Autor, 2023).

*Anexo 4. Pararrayos NIMBUS 61.*



**Nota: pararrayo actual.** tomado de (Autor, 2023).

*Anexo 5. Costos de Apartarrayos. .*

Ítem	Producto & Descripción	Cant.	PVP	Total
1	<p>MANO DE OBRA PARA CAMBIO DE 3 APARTARRAYOS DE 15KVA EN POSTE 12M CON PUESTA A TIERRA 13.8 Y OBRA CIVIL</p> <p>Incluye:</p> <p>1. instalación de 3 apartarrayos auto valvular 15kVA</p> <p>2. Mano de obra para instalación de media tensión</p> <p>3. instalación de bajantes de tubería metálica</p> <p>4. instalación puesta a tierra de 13.8KV, medición de ohmiaje</p> <p>5. Obra civil para zanja en piso de hormigón 15cm</p> <p>6. Construcción de caja de registro con rejilla Irving</p> <p>7. Escalera de fibra para trabajo en poste de alumbrado</p>	1	\$ 2.776,79	\$ 2.776,79
2	<p>MATERIALES PUESTA A TIERRA, OBRA CIVIL, CAJA DE REGISTRO</p> <p>Incluye:</p> <p>De 15KV</p> <p>25 metros de cable 2.0 THHN</p> <p>Cable N.º desnudo</p> <p>tubería metálica de 3/4</p> <p>Kit puesta a tierra con Soldadura isotérmica</p> <p>Kit caja de registro con Rejilla tipo Irving</p> <p>Sacos de Cemento</p> <p>Tablas, clavos, ripio, grapas</p>	1	\$ 1.409,43	\$ 1.409,43
			Subtotal	\$ 4.186,22
			Iva 12% (12%)	\$ 502,35
			Total	\$ 4.688,57

IMPUESTOS	Base imponible	IVA 12%	PVP con IVA
IVA 12% (12%)	4186,22	502,3464	4688,5664
Total	\$ 4.186,22	\$ 502,35	\$ 4.688,57

*Nota: cotización de 3 apartarrayos y pozo a tierra. tomado de (Autor, 2023).*

## Bibliografía

- ABB, I. (2022). *proteccion diferencial*. Recuperado el 27 de 11 de 2023, de [https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/newsletters/dinew/dinew\\_36.pdf?sfvrsn=8f025314\\_2](https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/newsletters/dinew/dinew_36.pdf?sfvrsn=8f025314_2)
- Aguirre Leon, P. (2022). *Metodología científica y logros de aprendizaje de la competencia explica el mundo físico en estudiantes de secundaria, Chíncha – 2021*. Lima, Perú. Recuperado el 19 de Octubre de 2023, de <https://repositorio.ucv.edu.pe/>
- Almachi, J. M., & Morán, J. J. (Febrero de 2021). *Implementación de un módulo didáctico sobre generación, transporte y distribución de energía eléctrica*. Obtenido de Carrera de ingeniería electromecánica : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7953/1/UTC-PIM-000379.pdf>
- Anpasa. (2020). *pararrayos Jaula de Faraday*. Mexico. Recuperado el 21 de 11 de 2023, de <https://anpasa.com/pararrayos/jaula-de-faraday/>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición*. Recuperado el 22 de octubre de 2023, de [https://books.google.es/books?id=W5n0BgAAQBAJ&dq=metodologia+cientifica&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.es/books?id=W5n0BgAAQBAJ&dq=metodologia+cientifica&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Arias, F. L. (29 de Noviembre de 2022). *Instalaciones de medida a baja tensión en hotel comitan en*. Recuperado el 25 de noviembre de 2023, de Universidad Antonio Nariño: [http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7497/2/2023\\_FreddyEliseoL%c3%b3pezArias.pdf](http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7497/2/2023_FreddyEliseoL%c3%b3pezArias.pdf)
- Arias, Y., González, P., & Álvarez, L. (23 de febrero de 2023). *Análisis de días con tormentas eléctricas*. Obtenido de Revista Cubana de Metereologia: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/699/1387>
- Autor. (2023). *protecciones atmosfericas de cartonera* . Guayaquil.
- Beltrán, M. G. (02 de noviembre de 2021). *Elección de dispositivos de protección contra cortocircuito para interruptores diferenciales*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/175926>
- Cadenzaelectric. (18 de mayo de 2022). *Todo lo que debes saber sobre el interruptor diferencial tipo AC [Fotografía]*. Obtenido de Post de Cadenzaelectric:

[https://www.cadenzaelectric.com/server/Portal\\_0008379/img/blogposts/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-interruptor-diferencial-tipo-ac\\_12400.jpg](https://www.cadenzaelectric.com/server/Portal_0008379/img/blogposts/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-interruptor-diferencial-tipo-ac_12400.jpg)

Camera.edu.vn. (19 de julio de 2023). *Transformador [Fotografía]*. Obtenido de Camera.edu: <https://camera.edu.vn/dibujo-transformador-oldrn30x/>

Castro, F. (2021). *El apartarrayos*. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://siticed.com.mx/2020/04/01/tipos-de-apartarrayos/>

Comisión Federal de Electricidad. (2020). *Apartarrayos*. Obtenido de Coordinador de distribución [Fotografía]: <https://calidadtesla.files.wordpress.com/2014/06/capitulo-07.pdf>

Comision federal de Electricidad. (noviembre de 2020). *Apartarrayos de oxidos metalicos*. Recuperado el noviembre de 2023, de Clasificacion de los Apartarrayos: <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/s/VA410-17.pdf>

Copyright. (2023 ). *Pararrayos con Dispositivo de Cebado y otros tipos de Pararrayos*. Obtenido de Copyright: <https://psr.es/pararrayos-con-dispositivo-de-cebado/>

Cuellar, A., Marroquin, A., & Segovia, M. (junio de 2018). *Diseño de sistema de protección contra descargas atmosféricas*. Recuperado el 08 de Noviembre de 2023, de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/17638/1/Diseño-de-Sistema-de-Proteccion-contra-desargas-atmosfericas-en-Planta-Generadora-Termica,-Acajutla.pdf>

Delgado, J. M. (03 de junio de 2021). *La investigación científica: su importancia en la formación de investigadores* (Vol. 5). Mexico, Mexico: Ciencia Latina; Revista Multidisciplinar. Recuperado el 22 de Octubre de 2023, de Investigacion científica: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/476/585>

Eaton. (2023). *Pararrayos clase intermedia y de estación [Fotografía]*. Obtenido de EATON: <https://www.eaton.com/cr/es-mx/catalog/medium-voltage-power-distribution-control-systems/station-class-arresters.html>

Edesur. (03 de enero de 2020). *¿Cuál es la diferencia entre disyuntor diferencial y llave?* Obtenido de Edesur: <https://www.edesur.com.ar/novedades/cual-es-la-diferencia-entre-disyuntor-diferencial-y-llave-termica/>

esolutions. (2020). *diseño de líneas de transmisión y sub transmisión*. costa rica. Recuperado el 07 de noviembre de 2023, de <https://www.sectorelectricidad.com/12673/proteccion-ofrecida-por-dos-cables-de-tierra/>

- FCM. (16 de septiembre de 2021). *¿Qué es el interruptor diferencial y cómo usarlo?* Obtenido de Fcm: <https://www.fcmsolutionsperu.com/blogs/noticias/que-es-el-interruptor-diferencial-y-como-usarlo>
- Fernandez, D. d. (7 de febrero de 2023). *Mantenimiento preventivo a equipo primario en Subestaciones Eléctricas de Alta Tensión*. Obtenido de Facultad de Ciencias químicas e ingeniería: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3484/DIHDRV00.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fg Electrical. (2023). *Apartarrayos de distribución [Fotografía]*. Obtenido de Fg Electrical: <https://www.fgelectrical.com/pages/apartarrayos-de-distribucion-y-riser-pole>
- Gallardo, C., Repetto, J., Yungan, L., & Quispi, C. (16 de febrero de 2020). *Pararrayo Multipuntas Tipo Franklin para Protección de descargas atmosféricas*. Obtenido de Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología del Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo: <http://201.249.78.46/index.php/recitium/article/view/177/pdf>
- García, M. R. (24 de Junio de 2022). *¿Qué es el diferencial eléctrico y cómo funciona?* Obtenido de Selectra: <https://selectra.es/energia/info/que-es/interruptor-diferencial>
- Garcia, R., Rodriguez, G., & Navarra, L. (7-9 de abril de 2021). *Estudio de la ionosfera*. Obtenido de In XI Congreso Argentino de Tecnología Espacial-Cate: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/134703/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/134703/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Giraldo, A. (2021). *Índice de confiabilidad de los pararrayos*. Nicaragua . Recuperado el 14 de 11 de 2023, de <https://academia.utp.edu.co/planeamiento/files/2014/01/IndiceConfiabPararrayos.pdf>
- Glizia, C. (2023). *Reglamento electrico*. España . Recuperado el 25 de 11 de 2023, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37582568/Reglamentaciones\\_comparadas\\_-libre.pdf?1431108947=&response-content-disposition=inline+filename-Analisis\\_comparado\\_de\\_reglamentaciones\\_e.pdf&Expires=1700971701&Signature=TzIr2DDOOzeFjw1dnwNpQsooWOIejHBcr](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37582568/Reglamentaciones_comparadas_-libre.pdf?1431108947=&response-content-disposition=inline+filename-Analisis_comparado_de_reglamentaciones_e.pdf&Expires=1700971701&Signature=TzIr2DDOOzeFjw1dnwNpQsooWOIejHBcr)
- Golup, G. (2022). *Tormentas eléctricas, rayos y pararrayos*. Recuperado el 14 de 11 de 2023, de <https://www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/Tormentas.pdf>
- Gonzales, M. A. (2021). *Desarrollo del sistema de pararrayo tipo PDC con cebado no electrónico*. Obtenido de Universidad tecnología del Perú:

[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4721/M.Martinez\\_Trabajo\\_de\\_Suficiencia\\_Profesional\\_Titulo\\_Profesional\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4721/M.Martinez_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Haverland. (21 de febrero de 2020). *Qué es un interruptor diferencial y cómo funciona*. Obtenido de HAVERLAND: <https://haverland.com/2020/02/21/que-es-un-interruptor-diferencial-y-como-funciona/>

Herrerías, Ó. A. (julio de 2023). *Jaula de Faraday*. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n10/r3.html#:~:text=La-jaula-de-Faraday-es,-en-telecomunicaciones-entre-otros.>

Huazheng. (2021). *apartarrayos de óxido de zinc*. Recuperado el 04 de Noviembre de 2023, de <https://es.electric-test.com/info/what-are-the-advantages-of-zinc-oxide-arrester-61794281.html#:~:text=El-pararrayos-de-oxido-de-zinc-es-un-producto-electrico,un-buen-rendimiento-de-proteccion.>

Huerta, G. (01 de abril de 2020). *Tipos de Apartarrayos*. Recuperado el octubre de 2023, de <https://siticed.com.mx/2020/04/01/tipos-de-apartarrayos/>

Iglesias, M. V. (2023). *Ciberseguridad del IoT en la industria cervecera*. Obtenido de Universitat Politècnica de Catalunya: [https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2019/05/688.19\\_S.Bitanico\\_Adolfo.A.pdf](https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2019/05/688.19_S.Bitanico_Adolfo.A.pdf)

kinenergy.internacional. (13 de Mayo de 2022). *Sistema de protección contra descargas atmosféricas [Fotografía]*. Recuperado el 11 de noviembre de 2022, de Carga Eléctrica : <https://www.kin.energy/blogs/post/sistema-de-proteccion-contra-descargas-atmosfericas>

Mappec. (2021). *Nueva generación de apartarrayos*. Mexico. Recuperado el 6 de noviembre de 2023, de <http://www.mappec.com/apartarrayos.html>

Martínez, A., Chere, B., Montes, M., Yopez, J., Acosta, C., & Ayovi, G. (15 de febrero de 2022). *Apartarrayos [Fotografía]*. Obtenido de Electrical protections in electrical substations: <https://journals.sapienzaeditorial.com/index.php/SIJIS/article/view/280/159>

Martinez, J. M. (2023). *Coordinacion de las protecciones*. obtenido de facultad de ingeniería electromecánica : <file:///C:/Users/jamib/Downloads/Memoria-Jose-Manuel-Jaramillo-Martinez-1.pdf>

Melendrez, R., Cruz, M., & Vaquero, J. (2021). *Determinación del Contenido Total de Electrones de la Ionosfera*. Obtenido de Avances en Ciencias de la Tierra, 40.: [https://ephyslab.uvigo.es/wp-content/uploads/2021/11/ACT\\_2021.pdf#page=48](https://ephyslab.uvigo.es/wp-content/uploads/2021/11/ACT_2021.pdf#page=48)

- Melville, H. (2021). *El vendedor de pararrayos*. Recuperado el 14 de noviembre de 2023, de El-vendedor-pararrayos-Herman-Melville-ebook/dp/B006EABY8C
- Molina, C., Fernández, E., & Camps, A. (2021). *Propagador de ondas electromagnéticas*. Obtenido de Universitat Politècnica de Catalunya: [https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Molina-49/publication/374698542\\_Propagador\\_de\\_ondas\\_electromagneticas\\_a\\_traves\\_de\\_la\\_ionosfera/links/6529dbb506bdd619c48c16f4/Propagador-de-ondas-electromagneticas-a-traves-de-la-ionosfera.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Molina-49/publication/374698542_Propagador_de_ondas_electromagneticas_a_traves_de_la_ionosfera/links/6529dbb506bdd619c48c16f4/Propagador-de-ondas-electromagneticas-a-traves-de-la-ionosfera.pdf)
- Morales, G. L. (2021). *Tipos de apartarrayos*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/468751853/Tipos-de-apartarrayos>
- Moreno, M., Angmen, J., & Cañedo, J. (2023). *Análisis de distribución de voltaje de un Apartarrayos ZnO con elementos finitos*. Recuperado el Noviembre de 2023, de <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE-CA236480384&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=01215299&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7E48bc01e6&aty=open-web-entry>
- National Severe Storms. (2020). *Descargas Atmosféricas – Preparación y Protección*. Recuperado el Noviembre de 2023, de Risk Engineering Services.
- Padilla, O. (2020). *Programa de mantenimiento del sistema de tierras y pararrayos*. Recuperado el 14 de 11 de 2023, de <file:///C:/Users/carlo/Downloads/PASOTSA2.pdf>
- Reina, E. (2020). *condiciones de trabajo*. Mexico. Recuperado el 11 de 24 de 2023, de <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/pt/media/group/1009930.do>
- Relsamex. (2020). *Funciones que debe cubrir un apartarrayos*. Recuperado el noviembre de 2023, de Tipos, pruebas electronicas, etc.: <https://www.relsamex.com/funciones-que-debe-cubrir-un-apartarrayos/>
- Revista Española de Electrónica. (21 de mayo de 2021). *Te Contamos Qué Es Un Diferencial, sus Tipos y Para Qué Sirven*. Obtenido de Revista Española de Electrónica: <https://www.redeweb.com/actualidad/te-contamos-que-es-un-diferencial/>
- Rio, D. (2022). *Interruptores de caja moldeada*. Europa. Recuperado el 25 de 11 de 2023, de <https://www.terasaki.es/News/Files/PDF/Articulo-Terasaki-Electra-junio-2013.pdf>

- Rte De México. (28 de junio de 2021). *Apartarrayo polimérico de distribución 21 KV Transformadores*. Obtenido de <https://rte.mx/apartarrayo-polimerico-de-distribucion-21-kv-transformadores>
- Ruiz, M. (2022). *funcionamiento del interruptor diferencial*. Mexico. Recuperado el 25 de 11 de 2023, de <https://selectra.es/energia/info/que-es/interruptor-diferencial>
- Smart Lightning. (22 de abril de 2021). *Guía básica de instalación y mantenimiento de los pararrayos de cebado (PDC)*. Obtenido de SMART LIGHTNING: <https://at3w.com/blog/guia-basica-de-instalacion-y-mantenimiento-de-los-pararrayos-de-cebado-pdc-dat-controler-remote-de-aplicaciones-tecnologicas/#:~:text=Un-pararrayos-con-dispositivo-de,el-rayo-de-alta-tecnologia>.
- Soldevila, M., & Portaro, D. (2019). *Seguridad-Riesgo eléctrico-Protecciones*. Obtenido de <http://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/14254/9304-19-Taller-Seguridad-Riesgo-electrico-Protecciones.pdf?sequence=2>
- Soliz, G. (2021). *Protección interna contra sobrecorrientes y sobretensiones transitorias aplicados a baja tensión*. España. Recuperado el 25 de 11 de 2023, de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/28021>
- Solutions, C. (2020). *descargas atmosfericas*. E.E.U.U. Recuperado el 2 de Noviembre de 2023, de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://corporatesolutions.swissre.com/dam/jcr:ab50eb1a-541d-4306-9cab-af8ad15c5f3c/guia-de-preparacion-y-proteccion-descargas-atmosfericas.pdf>
- superintendencia de electricidad y combustibles. (01 de Junio de 2023). *Consulta por uso de pararrayo con dispositivo de cebad*. Obtenido de Superintendencia de electricidad y combustibles: [https://sec.custhelp.com/app/answers/detail/a\\_id/1211/~/-consulta-por-uso-de-pararrayo-con-dispositivo-de-cebado](https://sec.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/1211/~/-consulta-por-uso-de-pararrayo-con-dispositivo-de-cebado)
- SYSE. (2021). *Pruebas a apartarrayos*. Obtenido de SYSE S.A: <https://www.syse.com.mx/pruebas-apartarrayos.html>
- Technologies, A. P. (2021). *Descargadores de sobretensiones de alto voltaje*. Obtenido de <http://www.abb.com/arrestersonline>
- Tomas, R. (2023). *tormentas electricas y pararrayos*. Recuperado el 9 de noviembre de 2023, de <https://www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/Tormentas.pdf>
- Unknown. (4 de marzo de 2013). El Apartarrayos.
- Unknown. (4 de marzo de 2020). El Apartarrayos. *ATOM*. Recuperado el 31 de octubre de 2023, de <https://apartarrayos6im6.blogspot.com/>



- Vargas, M. A. (noviembre de 2020). *Proyecto y construcción de subestación eléctrica para nueva área de producción por ampliación de planta*. obtenido de facultad de ciencias químicas e ingeniería: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3331/FUVMRG07.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Velazques, O. (2020). *Pruebas predictivas a pararrayos de óxido*. Guatemala. Recuperado el 14 de 11 de 2023, de <https://academia.utp.edu.co/planeamiento/files/2014/01/IndiceConfiabPararrayos.pdf>
- Viakon. (2021). *manual del electricista*. Mexico. Recuperado el 2 de noviembre de 2023, de [file:///C:/Users/HP/Downloads/pdf-capitulo-3-manual-electrico-viakon\\_compress\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/pdf-capitulo-3-manual-electrico-viakon_compress(1).pdf)
- Villatoro, J. P. (marzo de 2021). *Diseño de investigación para el desarrollo de un plan de mantenimiento*. obtenido de universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18781/1/Jose-Pablo-Marroquin-Villatoro.pdf>
- Zapata, E. (2023). *Diseño Constructivo de los apartarrayos de (ZnO)*. Obtenido de Instituto Tecnico Nacional: <https://1library.co/article/dise%C3%B1o-constructivo-de-los-apartarrayos-de-zno.lzgr788q>
- ZyS Cominsa. (2022). *¿Qué es un interruptor diferencial y cómo funciona?* Obtenido de Cominsa: <https://syzcominsa.pe/blog/que-es-un-interruptor-diferencial-y-como-funciona>

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Rosales Alvarado, Juan Carlos** con C.C: **0750084634**. Autor del Trabajo de Integración Curricular: **Estudio de Sistema de control de descargas atmosféricas, utilizando pararrayos, apartarrayos, telurómetro e interruptores diferenciales para la INDUSTRIA CARTONERA**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaramos tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de integración curricular para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizamos a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de integración curricular, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de febrero del año 2024



**Rosales Alvarado Juan Carlos**  
**C.C: 0750084634**

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio de <b>Sistema de control de descargas atmosféricas, utilizando pararrayos, apartarrayos, telurómetro e interruptores diferenciales para la INDUSTRIA CARTONERA.</b>		
<b>AUTOR(ES)</b>	Rosales Alvarado, Juan Carlos		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl Mgs.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Electricidad		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Electricidad		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de febrero del 2024	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	74
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Mediciones Eléctricas, Transformadores de Potencia, Subestaciones Eléctricas		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Descargas Atmosféricas, Tipos de Protecciones, Apartarrayos, Pararrayos, Interruptores Diferenciales y el Telurómetro.		
<b>RESUMEN:</b>	<p>El presente trabajo es desarrollado para la fábrica cartonera ubicado en la vía Daule KM 14 ½ dando una guía de cómo se deben implementar los sistemas de protección contra descargas atmosféricas en la planta de manufactura cartonera, se tiene una descripción detallada de las mejores protecciones que se pueden instalar para salvaguardar las máquinas de producción, los trabajadores y los equipos de potencia.</p> <p>Los elementos contra descargas naturales se deben de seleccionar según su mejor utilidad y el tipo de instalación que tenemos a proteger, cada clasificación es importante ya que nos dan un punto de vista amplio para una mejor selección o dimensionamiento de estos. Tener una guía es una estrategia contra el problema, ya que no sabemos en qué momento se puede presentar una descarga de alta energía y nos provoque una calamidad sin retorno.</p> <p>El montaje de los apartarrayos, pararrayos, interruptores diferenciales y el uso del telurómetro, son esenciales, cada uno cumple con una función en específico y una localización diferente, entre todos los elementos colocados llega a la meta de una protección más eficiente de la industria cartonera.</p> <p>Se tendrá diseños en AutoCAD de los mejores elementos y su colocación correcta tomando en cuenta la ficha técnica, espacios a proteger y normas, de esta manera se garantiza la mejor estrategia contra estas descargas producidas por la naturaleza.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>	<b>Teléfono:</b> +593- 984227671	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:juan.rosales01@cu.ucsg.edu.ec">juan.rosales01@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo PHD. <b>Teléfono:</b> +593- 995147293 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec">celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			