



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DETERMINACIÓN DE PATRONES DE DESCARGAS SUPERFICIALES Y DE EFECTO
CORONA EN AISLADORES POLIMÉRICOS DE 13.8 kV HASTA 22 kV**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: LUIS ALBERTO SANCHEZ PULLA
GEOVANNY LEONARDO NUGRA IÑIGUEZ
TUTOR: ING. FLAVIO ALFREDO QUIZHPI PALOMEQUE.

Cuenca - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Alberto Sanchez Pulla con documento de identificación N° 0105318562 y Geovanny Leonardo Nugra Iñiguez con documento de identificación N° 0105983043; manifestamos que:

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

Cuenca, 5 de mayo del 2025

Atentamente,



Luis Alberto Sanchez Pulla
0105318562



Geovanny Leonardo Nugra Iñiguez
0105983043

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

Nosotros, Luis Alberto Sanchez Pulla con documento de identificación N° 0105318562 y Geovanny Leonardo Nugra Iñiguez con documento de identificación N° 0105983043, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico investigativo: “Determinación de patrones de descargas superficiales y de efecto corona en aisladores poliméricos de 13.8 kV hasta 22 kV”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 5 de mayo del 2025

Atentamente,



Luis Alberto Sanchez Pulla
0105318562



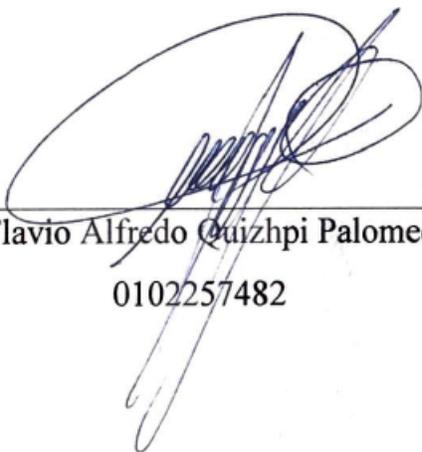
Geovanny Leonardo Nugra Iñiguez
0105983043

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Flavio Alfredo Quizhpi Palomeque con documento de identificación N° 0102257482, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DE PATRONES DE DESCARGAS SUPERFICIALES Y DE EFECTO CORONA EN AISLADORES POLIMÉRICOS DE 13.8 kV HASTA 22 kV, realizado por Luis Alberto Sanchez Pulla con documento de identificación N° 0105318562 y por Geovanny Leonardo Nugra Ñiguez con documento de identificación N° 0105983043, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico investigativo que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de mayo del 2025

Atentamente,



Ing. Flavio Alfredo Quizhpi Palomeque.

0102257482

Agradecimientos

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios, por habernos dado salud y vida para culminar un éxito mas en nuestras vidas, a nuestras familias y amigos por el apoyo que nos han brindado durante todo el tiempo de estudios, a nuestro tutor de proyecto Ing. Flavio Alfredo Quizhpi Palomeque, por su ayuda y colaboración en todo lo necesario en la realización de este proyecto, al Ing. Flavio Mateo Quizhpi Cuesta docente universitario, por brindar todo su conocimiento, experiencia, apoyo y tiempo de una manera desinteresada en su colaboración con nuestra investigación, siendo clave en los resultados obtenidos.

Luis, Geovanny

Dedicatoria

Agradezco a Dios por permitirme cumplir esta meta en mi vida, de manera especial a mis padres Manuel Nugra y Sara Iñiguez quienes me brindaron un apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera. A mi esposa Alexandra e hijo Sneyder quienes son mi motivación y sentido de mi vida. A mi hermano Diego Nugra que me ayudo en los momentos mas dificiles en mi carrera, amigos incondicionales por haberme apoyado en todo momento con sanos valores y demás personas que me vieron formar desde niño a todos ellos gracias infinitas.

Geovanny Leonardo Nugra Iñiguez

Primeramente, a Dios por haberme dado salud y permitirme llegar hasta este punto pudiendo alcanzar mis objetivos, de manera especial a mi madre Clara Luzmila Sánchez Pulla ella es el pilar y sentido de mi vida, a mis hermanos Maria Samaniego y Bryan Samaniego quienes me aconsejan y me brindan su apoyo para alcanzar nuevas metas y oportunidades que se me presentan en la vida a todos ellos gracias infinitos.

Luis Alberto Sánchez Pulla

RESUMEN:

Este documento describe el comportamiento de los aislantes poliméricos al aplicar una cantidad controlada de voltaje, junto con su definición. Se han realizado pruebas de campo aplicando el voltaje necesario para las cuales se han creado. Se ha diseñado un programa en Matlab para realizar una comparación visual de cada descarga ocurrida durante las pruebas técnicas, de modo que se pueda diferenciar entre descargas parciales superficiales y descargas de efecto corona, siguiendo la norma IEC 60270.

Palabras claves:

Alto voltaje
Aislante de polímero
Corriente de fuga
Descarga de efecto corona y superficial
Descarga superficial

ABSTRACT:

This document presents a description of the behavior of polymeric insulators when a controlled amount of voltage is introduced, along with this its definition is also presented. There have also been some field tests applying the necessary voltage for which have been created. A program has also been designed in the Matlab software to make a visual comparison of each of the discharges that have occurred during the technical tests, so that it can be differentiated between superficial partial discharges and corona discharges, following the main standard which is IEC 60270.

Key words:

High voltage
Polymer insulator
Leakage current
Corona and surface discharge
Surface discharge

Introducción

La energía eléctrica es muy importante para el desarrollo de una nación, es por eso que al momento de su producción se desea transportar hasta la etapa final del consumo, hasta ahora se han estudiado los desgastes que se provocan en los componentes que sirven como sujetadores de las líneas de alta y media tensión, los mismos que son el camino para llevar dicha energía, en este caso se produce por descargas parciales en los materiales aislantes como son los cerámicos y los poliméricos. Para hacer las mediciones de las Descargas Parciales, se cuenta con un laboratorio de alta tensión en la Universidad Politécnica Salesiana, donde se han realizado proyectos de investigación tales como: simulador de lluvia, que recrea un ambiente húmedo en el cual permite analizar las descargas ya sea en conductores y aisladores en diferentes ambientes en los que pueden estar sometidos dichos elementos [1].

También se ha determinado el análisis de corriente de fuga, esto sirve para medir las DPs mediante la adquisición de datos de la señal de carga eléctrica desplazada por la misma sobre los elementos dieléctricos, mediante una impedancia de medida en serie con un aislante eléctrico. Estas descargas también son analizadas por el método de emisiones acústicas que emplea un filtro que capta las ondas elásticas generadas por las DPs en un aislador cerámico dando a conocer qué tipo de descarga es: interna, superficial o efecto corona.

Sin embargo, el laboratorio de alta tensión no cuenta con patrones para aisladores poliméricos que son necesarios para la comparación y clasificación de descargas superficiales y de efecto corona. Es por ello que se pretende obtener información de las diferentes descargas que se produzcan en el aislador mediante un análisis de corriente, la descripción y el comportamiento de cada una de estas descargas, cada una de las fallas fueron controladas por los autores, de tal manera que se tiene como partida la respuesta esperada. [2].

Justificación

En el laboratorio de alta tensión de la UPS se han realizado varios proyectos los cuales fueron elaborados exitosamente en su totalidad los cuales son: diseño y construcción de un simulador de lluvia, ensayo de descargas parciales en aisladores cerámicos, clasificación de patrones utilizando una red neuronal, entre otros. Es por ello que se desea continuar con la elaboración de este proyecto, ya que el laboratorio de alta tensión cuenta con los elementos necesarios para realizar la obtención de patrones de los aisladores poliméricos.

Una vez conocidos los patrones que provocan las descargas parciales en los elementos de estudio como son los polímeros, se pretende realizar algunas pruebas en diferentes condiciones ambientales. De esta manera se hará un estudio donde se podrá clasificar las DPs en descargas superficiales o de efecto corona, a través de los patrones generados en los distintos aspectos ambientales, para esto se debe conocer como está constituido un aislador polimérico, es por esa razón que se ha hecho una revisión de algunos artículos científicos que ayudan a recopilar información para completar el estudio que se está realizando, por ejemplo, se puede afirmar que un aislador es insustituible en el sector eléctrico, es así que desde el simple papel que aísla los bobinados dentro de un transformador, hasta los aisladores poliméricos en las líneas de transmisión. Los polímeros como protección exterior son vitales en el negocio eléctrico como resultado de su fantástica presentación en condiciones húmedos y contaminados.

Una de las propiedades de los polímeros que contribuyen a su gran presentación duradera es la hidrofobicidad superficial. La hidrofobicidad es la propiedad de los materiales poliméricos que no permite que se forme una capa uniforme de agua sobre ellos cuando se mojan, sino pequeñas gotas sobre su superficie [3].

Cuando los aisladores se exponen a condiciones perjudiciales, empiezan a envejecer y pierden así su hidrofobicidad [4]. A medida que los aisladores poliméricos pierden su hidrofobicidad, permitirán que una gota de agua se extienda por su superficie formando una capa uniforme que, al mezclarse con contaminantes, provocará el desarrollo de pequeñas descargas parciales que a su vez irán incrementándose. Estos desprendimientos superficiales dejan una vía conductora de carbono conocida como “seguimiento”, que es posiblemente-

te de lo más difícil en la protección polimérica, ya que la corrompe hasta provocar una falla [5].

En 2014, realizaron unos estudios de los árboles, eléctricos que suceden en cubiertas poliméricas, este estudio se termina con normativas técnicas de medición eléctrica, presentando la estrategia de conteo de bordes que es una de las estrategias más involucradas por su facilidad, este estudio se realiza en dos y tres dimensiones. Además, se hace una simulación de cómo se crean los árboles eléctricos [6].

Las descargas parciales tienen comportamientos únicos, es por eso que se han hecho algunas investigaciones de las mismas en el año 2020, por Simeng Song, el cual ha reconocido patrones tridimensionales basados en secuencia de pulsos que tienen las diferentes descargas, es decir, se le han dado diferentes niveles de tensión eléctrica y se ha determinado un modelo tridimensional de descarga, el mismo que puede clasificar cada salida de frecuencia en un rango diferente [7].

En la actualidad los aisladores poliméricos han demostrado ser una excelente opción como aislamiento externo de alta tensión. Este tipo de aisladores han ido suplantando a los aisladores cerámicos como resultado de sus ventajas tales como, su bajo peso y su protección frente al vandalismo. Una propiedad importante que deben tener estos materiales es oponerse a la presencia de descargas eléctricas superficiales. En cualquier caso, como resultado de la apertura a las descargas superficiales, estos materiales experimentan una rápida pérdida de hidrofobicidad, desarrollo de direcciones carbonizadas y desintegración [8].

Índice

I	Marco Referencial	1
1.1	Descargas Parciales	1
1.2	Tipos de descargas parciales	1
1.3	Aislador polimérico de 13.8 kV y 70 kN	2
1.4	Partes de un aislador polimérico	3
1.5	Propiedades de los polímeros	4
1.6	tipos de polímeros	4
1.7	Norma para medir las descargas parciales	5
1.8	Norma IEEE std4-2013, resistividad del agua	7
II	Proceso de laboratorio	8
2.1	objetivo	8
2.2	Toma de datos	9
2.3	Programa	12
2.4	Procesamiento	15
2.5	Resultados	16
2.6	Validación	17
III	Ensayos	20
3.1	Ensayos con elevación de voltaje	20
3.2	Ensayos con Fallas Forzadas	28
3.3	Análisis comparativo	32
IV	Conclusiones	38
V	Recomendaciones	39
VI	ANEXOS	43
6.1	ANEXO 1	43
6.2	ANEXO 2	46
6.3	ANEXO 3	48

Índice de figuras

1	Descargas internas en CA. [9]	1
2	Partes de un polímero. [10]	3

3	Circuito para medida de DP, Norma IEC. [11]	6
4	Procesos de descarga. [11]	8
5	Procesos de descarga.	12
6	Simulador de lluvia.	16
7	Aisladores Polímeros para mediciones.	17
8	Superior; Descarga parcial superficial, Inferior Descarga parcial de efecto corona.[12]	18
9	Patrón de descarga parcial superficial.[13]	18
10	Patrón de descarga parcial de efecto corona.[13]	19
11	Aislador Polímero nuevo. [Autores]	21
12	Onda de voltaje y descarga producida en un aislador nuevo, obtenida en el osciloscopio	22
13	Onda de voltaje de 12 kV y descarga obtenida en Matlab	22
14	Onda de voltaje de 15 kV y descarga obtenida en Matlab	23
15	Onda de voltaje de 20 kV y descarga obtenida en Matlab	23
16	Onda de voltaje de 12 kV y descarga obtenida en Matlab, con punta de aguja en la primera aleta.	24
17	Onda de voltaje de 15 kV y descarga obtenida en Matlab, aislador polímero con punta de aguja en la primera aleta.	24
18	Onda de voltaje de 15 kV y descarga obtenida en Matlab, aislador polímero con punta de aguja en la cuarta aleta.	25
19	Onda de voltaje de 18kV y descarga obtenida en Matlab, aislador polímero con punta de aguja en la cuarta aleta.	25
20	Onda de voltaje de 18kV y descarga obtenida en Matlab, aislador polímero con punta de aguja en la cuarta aleta.	26
21	Onda de voltaje de 18kV y descarga obtenida en Matlab, en una solo periodo de tiempo.	26
22	Onda de voltaje de 12kV y descarga, para un aislador viejo con punta en la primera aleta.	27
23	Onda de voltaje de 12kV y descarga, para un aislador viejo con punta en la cuarta aleta.	28
24	Onda de voltaje de 12kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la primera aleta.	29
25	Onda de voltaje de 16kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la primera aleta.	29
26	Onda de voltaje de 22kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la primera aleta.	30

27	Onda de voltaje de 13kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la cuarta aleta.	30
28	Onda de voltaje de 22kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la cuarta aleta.	31
29	Onda de voltaje de 13kV y descarga, para un aislador viejo con perforación en la primera aleta.	31
30	Onda de voltaje de 18kV y descarga, para cualquier aislador con punta en la primera aleta.	32
31	Onda de voltaje de 22kV y descarga, para cualquier aislador con perforación en la cuarta aleta.	33
32	Descargas en el polímero en diferentes condiciones.	37

Índice de tablas

1	Propiedades de los Polímeros de media tensión. [11]	4
2	Propiedades eléctricas de los Polímeros de media tensión. [14]	5
3	Elementos para realizar las pruebas en Polímeros de media tensión. [Autores]	10
4	Montaje del aislador polímero en diferentes condiciones.	11
5	Patrones de descarga de polímero nuevo en diferentes condiciones.	34
6	Patrones de descarga de polímero nuevo con perforación en la primera aleta.	35
7	Patrones de descarga de polímero nuevo con punta en la primera aleta.	36

I Marco Referencial

1.1 Descargas Parciales

Las descargas parciales son conocidas por sus siglas en inglés como PD (Partial Discharges), son un fenómeno eléctrico en el cual se presenta un cortocircuito del aislamiento entre conductores y materiales que pueden ser adyacentes a un conductor. Este fenómeno de ruptura dieléctrica está confinado y localizado en una cierta región de un medio aislante ya sea cerámico o polimérico [15]. El daño que producen las descargas parciales se puede ver a simple vista en los componentes aislantes, esto se debe al paso de energía eléctrica que sobrepasa el nivel de aislamiento para los sujetadores de los conductores entre los postes y el cable. Además, existen otros métodos de detección de descargas parciales tales como: métodos acústicos, ópticos, electromagnéticos y químicos. Las DP también provocan un aceleramiento al desgaste ya sea del equipo o del conductor eléctrico que está expuesto, provocando a su vez pérdidas en el transporte de energía y así mismo reducen la vida útil del aislador.

1.2 Tipos de descargas parciales

- Descargas internas: Son causadas principalmente por cavidades o mala construcción del material aislante o por la degradación del mismo con el paso del tiempo de trabajo [9].

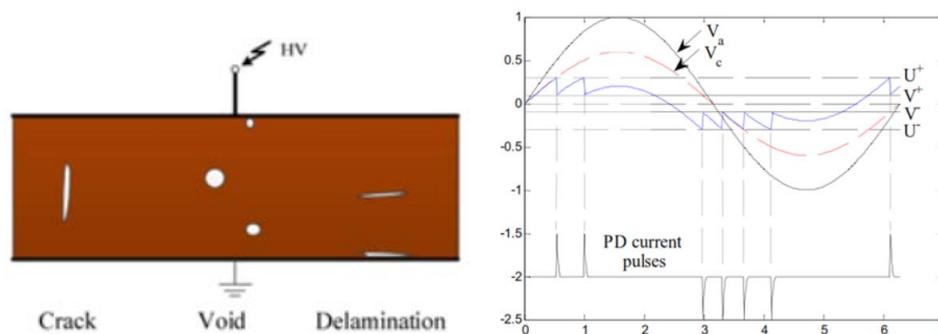


Figura 1: Descargas internas en CA. [9]

- Descargas externas: este tipo de descargas se presentan cuando la com-

ponente tangencial de campo eléctrico paralelo a una superficie dieléctrica es más elevada de lo normal, como se puede encontrar en los terminales de los conductores de alta tensión y también en superficies contaminadas [10], [16].

- - Descargas Corona: se presentan principalmente en las puntas de las superficies dieléctricas. Este tipo de descarga es visible y se caracteriza por un color muy azulado [12]–[13]. Esta descarga es conocida también como la más destructiva, debido a que, si se presenta por un tiempo muy prolongado, puede terminar de destruir al aislante que contiene junto con los conductores eléctricos [17], [14].

1.3 Aislador polimérico de 13.8 kV y 70 kN

Este tipo de aislador se compone de dos términos griegos poli (muchas) y meros (partes), estas partes se llaman monómeros, y se encuentran conectadas entre sí por medio de enlaces covalentes, y estos a su vez forman entre sí una molécula gigante [5]. Para poder formar una cadena de polímero se debe unir dos o más monómeros [8]. Las cadenas de polímeros que más se utilizan para hacer el aislamiento se denominan semisintéticos, estos se pueden fabricar a base de caucho y la nitrocelulosa, aunque se debe pasar por un proceso de pulido, otro tipo de polímeros como son los de plástico, nylon, el PVC [4],[7].

1.4 Partes de un aislador polimérico

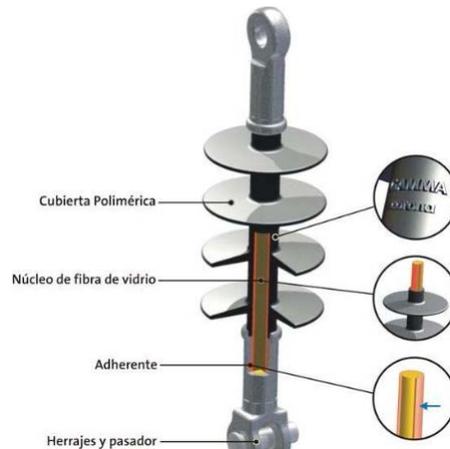


Figura 2: Partes de un polímero. [10]

- Cubierta polimérica: está hecha de silicona más conocida como HTV (High Temperature Vulcanized), que es de muy alta resistencia a la intemperie. Además, posee un bajo módulo de elasticidad, presenta alta resistencia a la tracción, y tiene un excelente desempeño bajo las condiciones de humedad.
- Núcleo de fibra de vidrio: esta parte nunca está expuesta a condiciones medioambientales ya que esta recubierta con silicona. Tiene un proceso de elaboración que se llama protrusión, esto garantiza la uniformidad de las fibras y evita el agrietamiento axial. Tiene la resistencia mecánica requerida y permite que la silicona se vulcanice uniformemente.
- Herrajes y pasador: es una parte fija y otra móvil, que se utiliza para la transferencia de carga. Por lo general estas partes se fabrican en base a fundición de acero galvanizado o aluminio. Sirven de sujeción de conductores eléctricos por un lado y por el otro lado se adhiere hacia el poste con una abrazadera de aluminio.

- Adherente: conecta a la fibra de vidrio con la estructura de aluminio, y tiene un sello hermético de caucho que evita la filtración de humedad hacia el interior del polímero [18].

1.5 Propiedades de los polímeros

Como todos los materiales eléctricos y conductores, los polímeros también tienen sus características únicas que pueden ser muy bien aprovechadas dentro del campo de la energía eléctrica como: resistencia a las descargas corona y al ozono, resistencia a la degradación física y química por el agua, Hidrofobicidad, resistencia a la intemperie y los rayos UV, resistencia al flameo eléctrico, temperatura de transición vítrea [13], [19].

1.6 tipos de polímeros

Los polímeros que se van a utilizar para hacer las diferentes pruebas de laboratorio serán de 8 aletas, tienen propiedades mecánicas que se pueden ver en la tabla número 1.

propiedades mecánicas	unidad	valor
Esfuerzo de tensión max	kN	70
Esfuerzo de tensión de prueba	kN	35
Esfuerzo de torsión	N-m	60
peso	kg	1.45

Tabla 1: Propiedades de los Polímeros de media tensión. [11]

En la tabla 1, se ve que el polímero que se va a utilizar para las diferentes pruebas puede soportar una fuerza de tensión de hasta 70kN, es decir no se puede sobrepasar éste varlor debido a que se puede producir algún accidente, de igual manera para trabajar en condiciones normales sin ningún problema se debe aplicar un esfuerzo de tracción hasta 35 kN, todos los polímeros para estos niveles de esfuerzos de prueba tienen un peso total de 1.45 kg.

De igual manera todos los polímeros tienen propiedades eléctricas establecidas y vericadas según la NORMA IEC 61109, la cual permite un sólo

diseño y con características únicas que pueden ser construidos para evitar futuros accidentes y éstas se pueden ver en la tabla 2.

propiedades eléctricas	unidad	valor
Tensión Nominal	kV	23
Tensión de impulso Negativo	kV	202
Tensión de impulso positivo	kV	187
Flashover en seco a 60Hz	kV	114
Flashover en Húmedo a 60Hz	kV	87
Distancia de arco	mm	209
Distancia de fuga	mm	180
Numero de aletas	Und	8
Clase de contaminación IEC 815		111

Tabla 2: Propiedades eléctricas de los Polímeros de media tensión. [14]

Según la norma IEC 7602, los polímeros que se pueden utilizar para los niveles de voltaje desde 1000 V hasta 23kV son solamente de 8 aletas con tensiones de impulso positivo y negativo que están entre 187 y 202 kV, también se puede ver que el elemento se vuelve vulnerable cuando está en condiciones húmedas es por eso que el Flashover se produce desde los 87kV, con este nivel de voltaje puede tener una distancia de arco de 209 mm y una distancia de fuga de 180 mm, es decir si se disminuye la distancia del polímero, se estaría afectando las demás distancias, es por eso que existen medidas estandarizadas para el nivel de voltaje específico.

1.7 Norma para medir las descargas parciales

Este tipo de descargas eléctricas tiene un circuito propio para detectar cada anomalía, es así que se implementó la norma IEC 60270.[19] En la Figura número 3 se puede observar el circuito planteado en la norma, y está compuesto por:

- Un transformador (HV), que permite aplicar alto voltaje libre de perturbaciones.
- Una impedancia (Z) que está destinada a disminuir las perturbaciones generadas por la red.

- Un condensador de acoplamiento (C_a) que evita el paso de corriente de alta frecuencia.
- Un objeto de ensayo (C_k) que representa o modela el elemento a ser ensayado.
- Impedancia de medida (Z_m), por donde circula las DP y se obtienen las señales de descarga.
- Conductor de acoplamiento (CD).
- Medidor de descargas (MI).

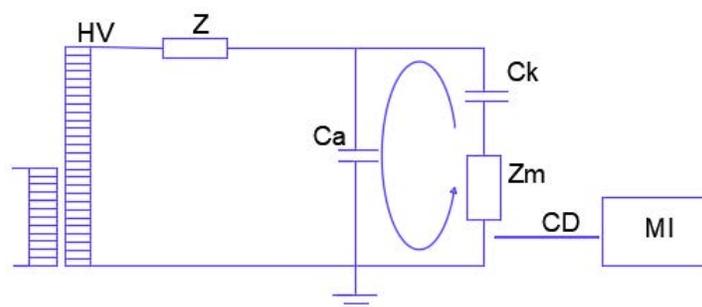


Figura 3: Circuito para medida de DP, Norma IEC. [11]

Los pulsos de corriente que se producen en este tipo de descargas, permiten obtener un valor de una carga aparente, y ésta misma corriente es tomada por el medidor de impulsos de manera instantánea, debido a que se produce en milisegundos [20]. Existe también otra forma no convencional de obtener medidas de las descargas parciales, por ejemplo, la Norma IEC 62478 [11].

Se basa en la recopilación de datos electromagnéticos y acústicos como los siguientes:

- Pérdidas dieléctricas.
- Radiación.
- Sonido.
- Presión de gas elevada.

- Reacciones químicas.
- Emisiones acústicas.
- Olor muy distintivo.

Las descargas pueden presentar una de estas características o pueden presentarse cuatro juntas permitiendo el desgaste del polímero que estuvo expuesto al fenómeno eléctrico [21]–[22].

1.8 Norma IEEE std4-2013, resistividad del agua

Para simular el efecto de lluvia se ha tenido que obtener información a partir de proyectos de titulación elaborados anteriormente en la Universidad Politécnica Salesiana, los cuales mencionan que el agua debe tener una conductividad entre 9 y 10 microSiemens por centímetro, esto permite que se obtenga un valor de entre 90 y 100 ohmios por metro de resistividad, aplicando el Std 4-2013 el cual es el nivel óptimo que se necesita para implementar el circuito de la norma IEC 60270.

II Proceso de laboratorio

Algunos de los métodos principales de medición de Descargas Parciales están basados en la detección de corrientes de impulso de DP $i(t)$, circulando en la conexión paralela de los capacitores C_k más conocido como capacitor de acople y C_a capacitor del objeto de prueba por la medición de la impedancia Z_m . La medición de la Impedancia Z_m puede no necesariamente ser conectada en serie con el capacitor de acople C_k o con el capacitor del objeto bajo prueba C_a . En ocasiones se pensaba que las Corrientes de impulsos de DP son generados por los cambios transferidos en medio de las conexiones paralelo del capacitor C_k y el capacitor C_t .

Todas las descargas parciales presentan un distintivo particular en el aislante polimérico como por ejemplo en la figura número 4 se puede ver el inicio y final de la misma.

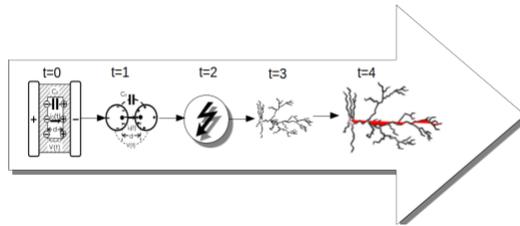


Figura 4: Procesos de descarga. [11]

Como se ve en la figura número 4, en el tiempo $t=0$ se empieza a apreciar micro-espacios en el aislante, producidos por: envejecimiento del polímero, humedad, sobrecarga. Estos micro-espacios pueden ser representados como un dipolo en el que un campo electromagnético es producido por la influencia de cargas a una distancia de separación entre el ánodo y cátodo del dispositivo de medición.

2.1 objetivo

Lo que se debe hacer en esta parte es tomar pruebas eléctricas normalizadas sobre aisladores nuevos y viejos, según esté estipulado en la norma del circuito y de los aisladores poliméricos. Además, se muestra la metodología usada para llevar a cabo dichas pruebas aplicando protocolos según la normativa existente y se describen los elementos empleados en cada uno de los ensa-

yos, colocándolos en diferentes condiciones medioambientales lo mas parecido posible, debido a que se desea recopilar datos exactos sin variaciones.

2.2 Toma de datos

Se utilizaron una variedad de elementos e instrumentos disponibles en el laboratorio de Alta Tensión de la Universidad Politécnica Salesiana para realizar cada una de las pruebas de referencia y adaptarlas a las necesidades específicas de cada uno de los ensayos eléctricos. En la tabla número 3, se muestra los elementos utilizados en las etapas de potencia (generación), junto con sus características principales, aplicación y relaciones de transformación teórica.

- Lo que se recomienda antes de tomar las diferentes adquisiciones de datos es tener equipos de medición en buenas condiciones debido a que pueden generar ciertas alteraciones al momento de compararlas entre ellas, y para poder determinar un cierto numero de repeticiones.
- Para obtener mayor presición en las mediciones, se recomienda tomar en cuenta el número mas grande de pruebas físicas, esto hará que se pueda obtener el patrón exacto que se busca dentro de la investigación.
- Algunos polímeros se deterioran muy fácilmente con el aumento de voltaje que se le aplique, es por eso que se recomienda tener un número considerable de aisladores para obtener los datos de medición.
- Se debe comprobar la conexión de puesta a tierra de todo el laboratorio de alta tensión, puesto que, al momento de tomar las muestras de datos en el osciloscopio, arroja una serie de variaciones en la onda de voltaje y descarga, ésto produce una gran diferencia entre la falla de puesta a tierra y dato de descarga del polímero al que se le esté poniendo a prueba.
- Se debe tomar en cuenta la máxima cantidad de pruebas con diferentes niveles de voltaje, esto hace que los resultados obtenidos sean mas exactos y un número mayor de pruebas da como resultado un análisis comparativo mucho mas exacto.

GENERACION		
Elemento	caracteristicas	Aplicación
Transformador	0V-25kV	Elevar y reducir el voltaje
Condensador Capacitivo	100pF – 100 kV	Para medición de alto voltaje y como filtro de descargas.
Cable coaxial	HV 9150	lector de voltaje.
Aislador Polimérico		Pruebas y mediciones
Módulo de control		Modulo de control para la generación de altas tensiones.
MEDICION		
Divisor Resistivo	1k Ω	Lector de voltaje generado por el circuito.
Osciloscopio		Generador de datos en archivo Excel.

Tabla 3: Elementos para realizar las pruebas en Polímeros de media tensión. [Autores]

Es importante tomar medidas de voltaje y corriente, así como tener un sistema de adquisición de datos sólidos para cada uno de los ensayos eléctricos, se utilizaron instrumentos que permiten obtener señales confiables para su posterior análisis en conjunto con divisores de voltaje (alto y bajo). Se ha utilizado en este caso es un divisor resistivo de 1k Ω , y además de eso se ha acoplado un osciloscopio electrónico de dos canales, el cual permite obtener datos en formato CSV, estos datos se le toma y se le transforma a formato xls para que sea mas cómodo y se pueda trabajar con los datos entre Matlab y excel.

Para obtener los datos numéricos se realizaron ensayos de voltaje y corriente en los aisladores poliméricos nuevos y viejos, las pruebas realizadas en los aisladores incluyen: aislador nuevo, aislador con punta en la primera aleta, aislador con punta en la cuarta aleta, aislador con ruptura, aislador con perforación en la primera eleta, aislador con perforación en la cuarta eleta y aislador con grieta en la primera aleta. Estos casos se los realizo en condiciones secas y condiciones húmedas para todos los aisladores, los montajes se puede ver en la tabla número 4.

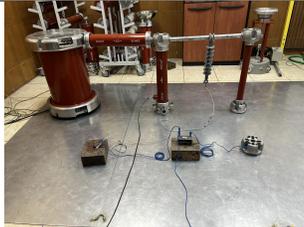
Asilador	Figura	Condicion ambiente	Tensión suministrada
Aislador tipo suspensión ANSI DS-15		Seco	13.8 kV – 22.8 kV
Aislador tipo suspensión ANSI DS-15		Húmedo	13.8 kV – 22.8 kV

Tabla 4: Montaje del aislador polímero en diferentes condiciones.

En la tabla número 4 se puede ver dos imágenes de los componentes que se han utilizado para hacer las distintas mediciones de descargas, en la primera se puede ver el circuito con los elementos que se pueden ver en la tabla 3 y en la segunda imagen sólo se incrementa el simulador de lluvia y se va a aplicar el mismo nivel de voltaje. Este tipo de aislador fue considerado según los limitantes en los niveles de voltaje máximo permitido en el laboratorio de alta tensión para el desarrollo de los diferentes ensayos eléctricos.

Ensayo en ambiente seco

En el circuito realizado se empleó el divisor resistivo de $1\text{ k}\Omega$ para las lecturas de voltaje y corriente. La Figura número 5 muestra el montaje físico implementado que se ha basado en el diagrama eléctrico que se encuentra en la figura número 3 de este documento, aquí se puede apreciar todos los elementos que están citados en la tabla número 3.

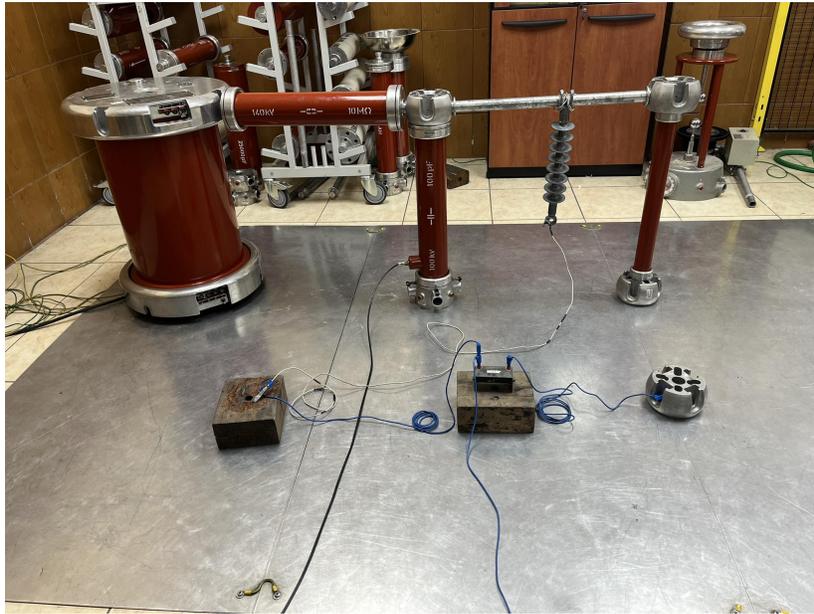


Figura 5: Procesos de descarga.

Ensayo en ambiente húmedo

Para el desarrollo de la prueba en estas condiciones, es necesario ajustar el valor de resistividad del agua usada para el rocío, esto se lo realizo mediante varias pruebas en un laboratorio de Biotecnología UPS. Para aplicar el ensayo de voltaje en húmedo se deben seguir todos los lineamientos anteriormente descritos para las pruebas en condiciones secas. Según la normativa IEEE 4-2013 [3], establece que la variación debe ser un rocío artificial uniforme sobre la superficie de los aisladores, además el agua debe tener una conductividad de 95 a $100\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.3 Programa

Una vez realizado las pruebas en los dos tipos de ambientes, se procede a desarrollar un programa en el software matlab, el mismo que tiene como principal objetivo simular las descargas parciales que se producen en los diferentes aislantes poliméricos en un instante de tiempo determinado. En este caso, para obtener los datos numéricos de cada una de las descargas que se produzcan se debe de armar el circuito propuesto por la norma IEC

60270, con cada uno de los elementos, los datos obtenidos en el osciloscopio se deben almacenar para luego ser clasificados según la descarga a la cual corresponda, la línea de código que se genera en el programa para recibir los datos es la siguiente:

```

% INGRESO DE DATOS
voltaje= readmatrix('ALL0002.xlsx','sheet','AVH4','
    range','A26:A10000');
descarga= readmatrix('ALL0002.xlsx','sheet','AVH4','
    range','C26:C10000');

```

Después de haber ingresado los datos que se adquieren desde el osciloscopio se procede a declarar un vector de tiempo para que el programa pueda graficar en un instante de tiempo, es decir se le asigna con un valor de mil elevado a la sexta potencia para que pueda tomar los diez mil datos que se recopilan en un segundo.

```

% vector de tiempo
Fs=1000e6;
A=length(voltaje)/Fs;
D=length(voltaje);
t=0:1/Fs:(A-1/Fs);

```

Se debe diseñar un tipo de filtro pasa alto para que pueda eliminar algún tipo de ruido excesivo que se produzca en la descarga eléctrica, es por eso que se debe utilizar las siguientes líneas de código.

```

n=1;
wn=70e3/(Fs/2);% frecuencia
[num den]= butter(n,wn,'high'); %Pasa alto
sfiltradavoltaje=filter(num,den,voltaje);
srestada=voltaje-sfiltradavoltaje;

```

Con los valores ingresados en el programa se procede a graficar cada una de las mediciones y estas son las líneas de código empleadas para llevar a cabo este proceso.

```

figure (1)
subplot(3,1,1)
plot(t,voltaje)
title('Se al de voltaje aplicado')
xlabel ('Tiempo [s]');ylabel ('Amplitud');

```

```

%grid minor

subplot(3,1,2);
plot(t,descarga, '.');
title('Señal de descarga')
xlabel ('Tiempo [s]');ylabel ('Amplitud');
grid minor

```

Con las líneas de código establecido se puede observar las dos gráficas independientes, pero se le va a unir para que se visualizen en una sola ventana tanto la señal de voltaje como la señal de descarga que se ha producido, éste imagen se puede observar en la figura 13 en la sección de "ensayos con elevación de voltaje".

Cuando ya se han obtenido esas imágenes se procede a elaborar la segunda parte en la cual se va a crear una carpeta con de aisladores la misma que dentro de ella contiene todos los aisladores que estuvieron sometidos a prueba.

```

format long
outputFolder=fullfile("aisladores");
rootFolder=fullfile(outputFolder, '20mediciones');
categorias={'nuevo', 'viejo', 'nuevo punta'};
imds=imageDatastore(fullfile(rootFolder, categorias),
    'LabelSource', 'foldernames');

```

En el programa se puede crear una carpeta para guardar las imágenes obtenidas, las cuales luego van a ser comparadas con gráficas producidas en los conductores XLPE descargadas desde la página de megger que tienen componentes aislantes similares a los poliméricos a los que se está sometiendo a pruebas en este documento investigativo. Se debe entrenar una matriz de datos aleatorios entre todas las imágenes, lo que hace argumenttrainingset es elegir en microsegundos entre la más óptima y demostrarle mediante una columna de grises porque dentro de los datos que se tiene no puede tomar imágenes con colores.

```

augmentedTrainingSet=augmentedImageDatastore(
    imageSize, trainingSet, 'ColorPreprocessing', '
    gray2rgb');
featureLayer='fc1000';
trainigfeatures=activations(net,

```

```

    augmentedTrainingSet, featureLayer, '
    MiniBatchSize',32, 'OutputAs','columns');
trainigLabels=trainingSet.Labels;

classifier=fitcecoc(trainigfeatures,trainigLabels, '
    Learners','linear', 'Coding', 'onevsall', '
    ObservationsIn','columns' );

```

Cada que se introduzca una tabla de datos al programa, éste realizará una comparación inmediata entre imagen principal e imagen obtenida, entonces decidirá en que rango deberá ubicarse ya sea de descarga de efecto corona o descarga parcial superficial, incluso en la última parte del programa saldrá un mensaje en el cual se le informa al usuario que imagen pertenece aparte de que se demuestre visualmente a que grupo corresponde, como en el siguiente código.

```

newImage=imread(fullfile('figura123.jpg'));

ds=augmentedImageDatastore(imageSize, newImage, '
    ColorPreprocessing','gray2rgb');

imageFeatures=activations(net, ds, featureLayer, '
    MiniBatchSize', 32, 'OutputAs','columns');

respuesta=predict(classifier, imageFeatures, '
    ObservationsIn','columns');
sprintf('la imagen pertenece a las mediciones de
    polimero %s', respuesta)

```

Con todas las imágenes que se ha obtenido en este diseño de código se puede obtener el resultado que se había esta buscando desde el principio de el proyecto investigativo, ésto se va a explicar de mejor manera en la siguiente sección de Procesamiento.

2.4 Procesamiento

Cada uno de los montajes realizados en las pruebas eléctricas se basa en el estándar establecidos en la Norma IEC 60270, que dice que los procedimientos de prueba para aisladores eléctricos de potencia, los aisladores de retención (poliméricos) y los elementos dispuestos para el ensayo, se encuentran a una

distancia moderada entre ellos para evitar cualquier falla eléctrica en el laboratorio. Por otra parte, para el análisis de los aisladores en condiciones de lluvia se utilizó un simulador de la misma, que dispone el laboratorio de alta tensión y de esta manera se realizó los montajes como se muestra en la figura número 6, que se muestra a continuación y de esta manera se puede adquirir los datos en condiciones de lluvia de los polímeros.



Figura 6: Simulador de lluvia.

2.5 Resultados

Los resultados obtenidos durante cada una de las mediciones de referencia fueron obtenidos en hojas de datos en archivo CSV, el mismo que fue importado hacia un archivo XLSX, tal y como se muestra en el Anexo número 1 de este documento. Estos archivos se desarrollaron con el fin de usarlo en un programa para optimizar el tiempo en la recolección de información para cada uno de los ensayos eléctricos citados. Conforme a lo descrito en el apartado antes mencionado los aisladores fueron designados con un nombre para llevar un control sobre cada elemento ejemplo (aislador nuevo con punta, aislador roto, aislador viejo con punta, entre otros). Se utilizaron una cantidad de 30 aisladores y en su gran mayoría fueron expuestos a condiciones climáticas similares a las que se tiene en el país, por ejemplo en la figura número 7 se puede ver una cantidad de polímeros que fueron puestos a prueba, en este caso son aisladores viejos en la parte superior y seis aisladores nuevos en la parte inferior.



Figura 7: Aisladores Polímeros para mediciones.

Se utilizaron también aisladores viejos que estaban siendo parte de la red eléctrica de la ciudad de Gualaceo, la Empresa Eléctrica ha mencionado que han estado brindando el servicio de aislamiento por 10 años, a estos polimeros se le ha aplicado solamente las condiciones de humedad debido a que ya han recibido las condiciones climaticas suficientes. Es decir algunos de estos polímeros estan cubiertos de polvo endurecido en la superficie.

Durante las mediciones que se realizaron, éste tipo de polímeros viejos producen una distorcion más pronunciada en cada una de las gráficas de las descargas producidas por los diferentes niveles de voltaje que se le da en el banco de pruebas.

2.6 Validación

En el caso de estudio que se está realizando se puede identificar repeticiones de descargas muy similares en cada polímero que se ha puesto a prueba, esto se ha llevado a comparar con algunos estudios que ya se han hecho anteriormente, por ejemplo, en la página de megger que se dedica a la medición y demostración de patrones de descargas parciales en transformadores y máquinas eléctricas, dice que las DPs superficiales y de efecto corona poseen “una amplitud de fase y presentan un conteo de pulsos distinto en cada uno de ellos” por ejemplo, en la figura número 8, se puede observar el comportamiento de cada descarga al momento de proporcionarle un voltaje.

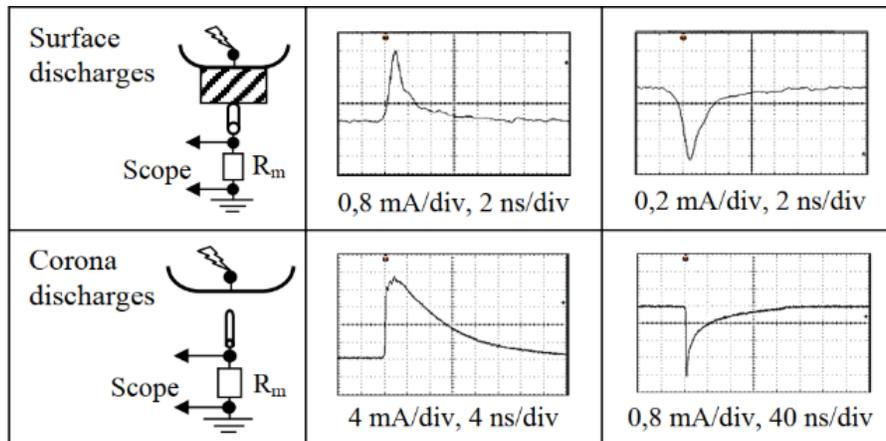


Figura 8: Superior; Descarga parcial superficial, Inferior Descarga parcial de efecto corona.[12]

En la figura 8, se puede ver los pulsos positivos y negativos de cada descarga, en la parte superior se aprecia que tanto en pulso positivo como negativo son similares en frecuencia pero no en fase, es por esta razón que al pulso negativo se la ha ampliado un poco más en comparación con el pulso positivo. En cambio para la descarga de efecto corona se produce un pico muy grande en el pulso positivo y se reduce para el pulso negativo, esto se debe a que este tipo de descarga se produce fuera del material aislante. Estos pulsos se producen en nanosegundos dando lugar a miles de repeticiones a las cuales se le nombra como patrones de indentificación de descargas parciales, por ejemplo en todas las descargas parciales superficiales se va a producir patrones como se ve en la imagen de la figura 9.

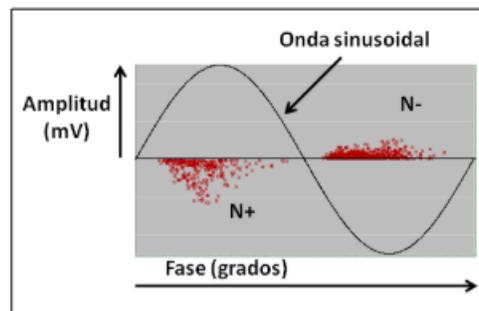


Figura 9: Patrón de descarga parcial superficial.[13]

En la figura 10 se puede ver un instante de tiempo, (amplitud, periodo), para identificar una descarga parcial superficial, en este caso se tiene un ciclo positivo y un ciclo negativo junto con su descarga, en el caso de los aislantes poliméricos, las repeticiones de estas descargas que se produzcan por un tiempo determinado hará que el material se vaya deteriorando constantemente, es por eso que se recomienda cambiar de aislantes cada cierto tiempo. Para el caso de las DP de efecto corona, el patrón de descarga es más pronunciado, esto se puede ver a simple vista debido a que se produce un campo eléctrico muy grande fuera del conductor produciendo ionización del aire y chisporroteo en el conductor cercano al aislante eléctrico, en la siguiente imagen se puede apreciar el desarrollo de este tipo de descarga.

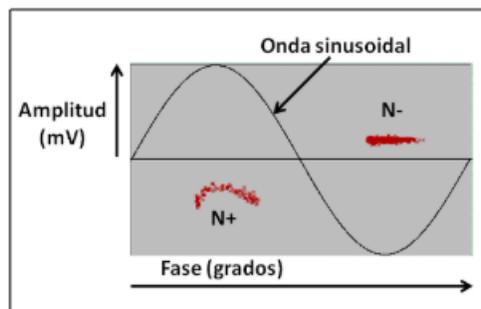


Figura 10: Patrón de descarga parcial de efecto corona.[13]

En las dos imágenes de la figura 9 y 10, se puede distinguir los tipos de descargas parciales, cada una presenta una singularidad por debajo de la onda de voltaje al cual está sometido el aislante sólido, la repetición que se produzca va a generar un daño mínimo y con el tiempo va a terminar perjudicando al aislante, es por esa razón que se debe utilizar cada elemento para un solo nivel para el cual ha sido diseñado de manera que no haya gastos innecesarios en el mantenimiento del aislante eléctrico.

III Ensayos

Para esta sección se han tomado todos los datos respectivos de la mayoría de aisladores polímeros en diferentes estados físicos en los que se pueden encontrar al momento de su uso para el transporte de energía eléctrica.

3.1 Ensayos con elevación de voltaje

Se ha decidido tomar los datos de polímeros completamente nuevos a los que se le da niveles de voltaje desde los 12 kV hasta llegar a los 23 kV, para los cuales están diseñados, éste aislante polímero se puede ver en la figura 11. Para simular las descargas de efecto corona se le va a incrustar una punta empezando desde la primera aleta hasta la cuarta aleta y se va a recopilar la información para hacer comparaciones entre ellos. Después de haber adquirido los datos de los polímeros con punta, se va tomar esos mismos polímeros y se le hará unas perforaciones empezando desde la primera aleta hasta la cuarta aleta para simular un daño físico muy grave de la misma manera se irá incrementando los niveles de voltaje para recopilar información de cada uno de ellos. Esto se hace para los aislantes poliméricos viejos, éstos aislantes ya tienen un desgaste por el tiempo de uso que se le proporcionado en la zona en los que han sido utilizados.



Figura 11: Aislador Polímero nuevo. [Autores]

Según la teoría de probabilidad y estadística dice que mientras mas muestras se tomen de algún componente, la obtención de los datos cada vez son más exactos, es por eso que se ha decidido comparar una cantidad considerable de aislantes para hacer las respectivas comparaciones, por ejemplo la gráfica de la figura número 12, es el resultado de la medición en el osciloscopio.

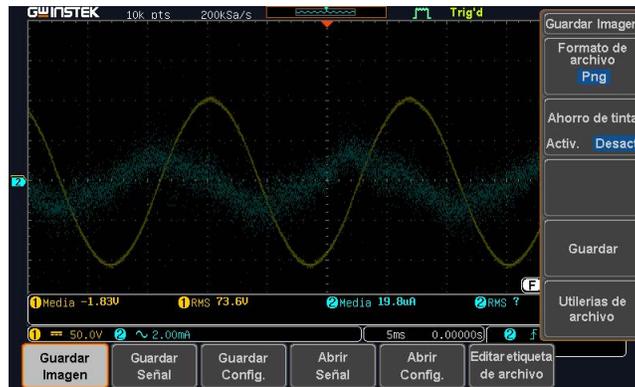


Figura 12: Onda de voltaje y descarga producida en un aislador nuevo, obtenida en el osciloscopio

Todas las mediciones tienen una tabla de datos los cuales se le van ingresar al software computacional para hacer una comparación de las mismas, primero se va separar las dos ondas de voltaje y descarga como se ve en la figura 13.

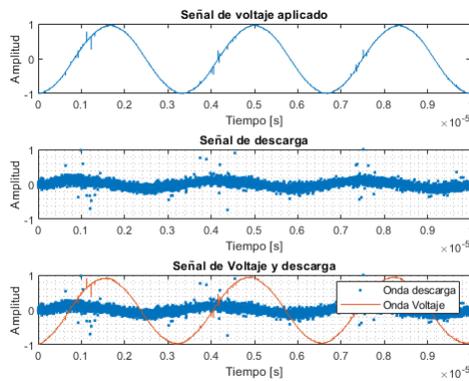


Figura 13: Onda de voltaje de 12 kV y descarga obtenida en Matlab

A este polímero se le debe ir incrementando el voltaje desde el centro de control para comprobar la descarga que se produce en el mismo, para este caso se lo hará con un aislador completamente nuevo.

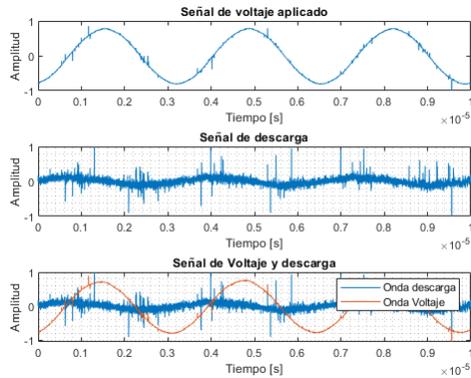


Figura 14: Onda de voltaje de 15 kV y descarga obtenida en Matlab

Como se puede ver en la figura número 10, tomada de la página de megger, la onda de voltaje posee un solo nivel y se mantiene constante, mientras que la onda de descarga empieza a producir unos ciertos picos de distorsión, en el caso de ésta investigación, anteriormente en la figura número 14, se le dio un voltaje de 15 kV, y para la nueva toma de datos se le va dar un voltaje de 20 kV.

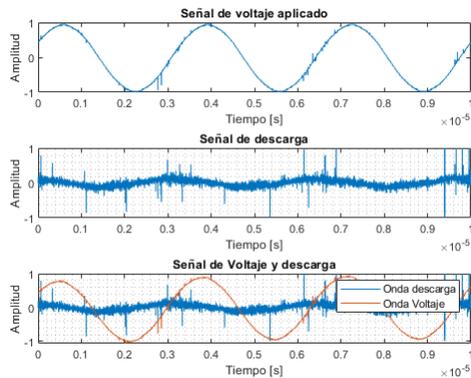


Figura 15: Onda de voltaje de 20 kV y descarga obtenida en Matlab

En cada figura hay un cierto nivel de distorsión en cuanto a descarga eléctrica que se produce en el polímero, ahora se le va dar los mismos niveles de voltaje al polímero pero esta vez, se lo hará con una punta en la primera aleta para ver como se produce la descarga.

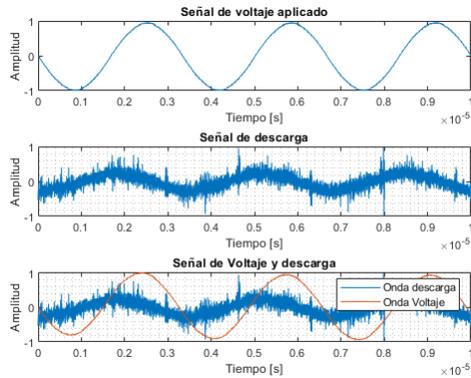


Figura 16: Onda de voltaje de 12 kV y descarga obtenida en Matlab, con punta de aguja en la primera aleta.

En la figura 16, se puede observar que, cuando al aislador polímero se le coloca una punta de aguja en la primera aleta del polímero, la descarga que se produce, se empieza a notar desde un voltaje menor, esto se debe a que el polímero está muy expuesto y vulnerable para este nivel de voltaje. De igual manera se le va a dar una tensión un poco más elevada para observar su descarga, y se puede observar lo siguiente.

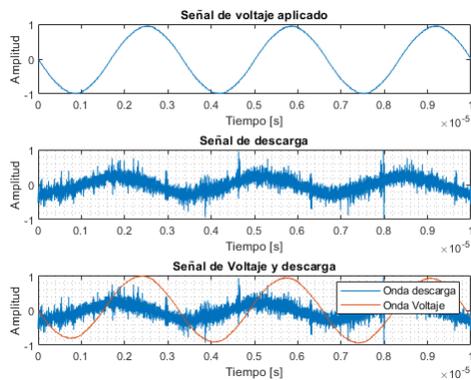


Figura 17: Onda de voltaje de 15 kV y descarga obtenida en Matlab, aislador polímero con punta de aguja en la primera aleta.

Ahora se le va a colocar la punta de la aguja en la cuarta aleta del polímero

para observar el comportamiento de la descarga que se produce con este nivel de voltaje.

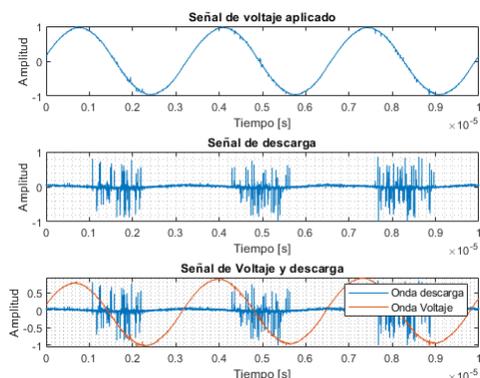


Figura 18: Onda de voltaje de 15 kV y descarga obtenida en Matlab, aislador polímero con punta de aguja en la cuarta aleta.

En la figura 18 se puede ver el comportamiento de la descarga en la cuarta aleta del aislador, en este caso se ha ampliado a la onda de la descarga para apreciar de mejor manera, la diferencia que hay entre la figura número 15 es que, con este mismo voltaje, mayor es la descarga producida, ahora si se coloca la punta a una mayor distancia desde el conductor eléctrico menor es la descarga, por esta razón se va a elevar al voltaje para observar la descarga.

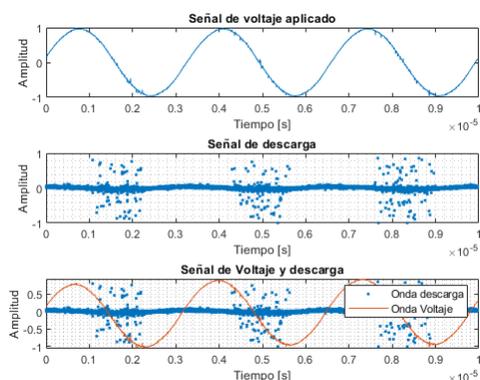


Figura 19: Onda de voltaje de 18kV y descarga obtenida en Matlab, aislador polímero con punta de aguja en la cuarta aleta.

Cuando se eleva el voltaje en el centro de mando con este tipo de polímero, se obtiene las descargas similares como a las imágenes que contiene el documento [4] de la bibliografía que se ha hecho la recopilación de información, por esa razón a la gráfica número 20 se le va a sacar un periodo para observar de una mejor manera, obteniendo como la imagen que se puede ver en la figura número 21.

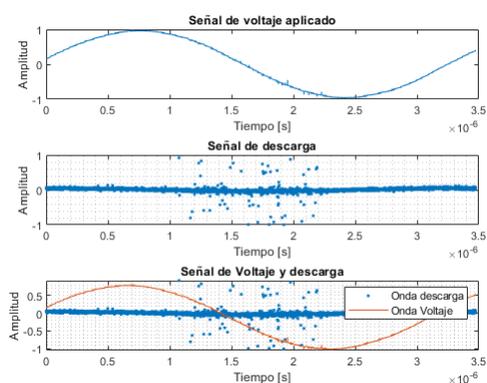


Figura 20: Onda de voltaje de 18kV y descarga obtenida en Matlab, aislador polímero con punta de aguja en la cuarta aleta.

Ahora se va a demostrar en una sola imagen donde se pueda ver la gráfica del voltaje la gráfica de la descarga de efecto corona de una forma más clara.

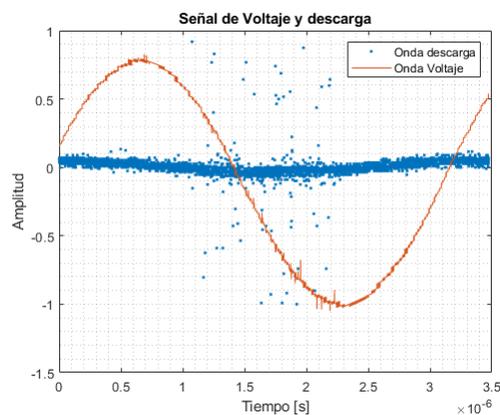


Figura 21: Onda de voltaje de 18kV y descarga obtenida en Matlab, en una solo periodo de tiempo.

Con la demostración de la figura 20 y 21, se tiene bien en claro como es el comportamiento de las descargas parciales de efecto corona en los aislantes poliméricos, se puede afirmar que los aisladores están en muy buen estado para el nivel de voltaje que han sido diseñados y construidos. Ahora se va a comprobar el mismo proceso que se hizo con los aislantes nuevos, se lo hará con los aisladores que han estado en uso por mas de diez años y se va a observar el comportamiento de cada uno de ellos. Al principio se va observar al polímero con una punta de aguja en la primera aleta y se puede observar en la siguiente imagen.

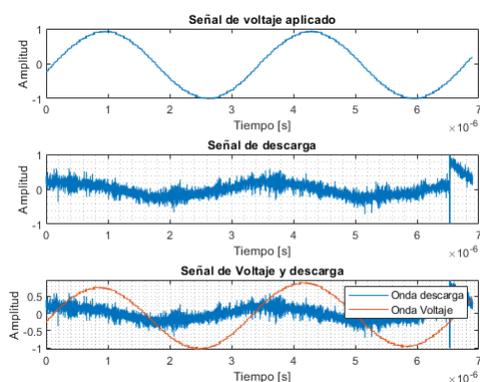


Figura 22: Onda de voltaje de 12kV y descarga, para un aislador viejo con punta en la primera aleta.

En la imagen número 23 se puede observar que la descarga empieza a tener efecto desde un voltaje muy bajo que es de 12kV, en este nivel hay una distorción muy grande, esto se debe a que el aislador viejo tiene un desgaste debido al uso que se le a dado durante un cierto tiempo, además de eso se le ha colocado la punta de una aguja, eso hace que el polímero se vuelva mas vulnerable a los niveles de voltaje que se le aplique en el banco. Con esta información se va hacer algunas pruebas en ocho polímeros viejos con agujas en la primera y cuarta aleta y se va a ver su comportamiento.

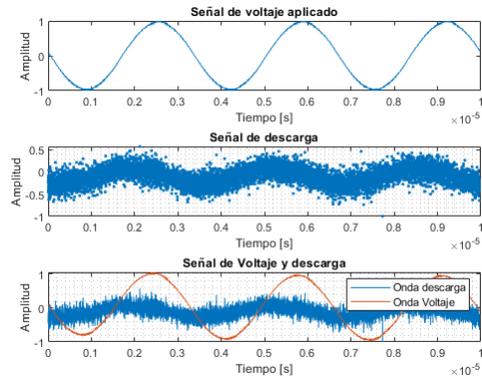


Figura 23: Onda de voltaje de 12kV y descarga, para un aislador viejo con punta en la cuarta aleta.

3.2 Ensayos con Fallas Forzadas

Después de haber analizado el comportamiento de las descargas parciales de efecto corona en los aislantes poliméricos, se va a comprobar cada uno de ellos haciéndole unas pequeñas perforaciones en las aletas para simular una construcción en mal estado, y de esa manera observar como se comporta las descargas parciales superficiales, primero se va a analizar con los aislantes totalmente nuevos y por último todos los aislantes viejos. Para el caso de los aisladores nuevos se tiene la siguiente imagen.

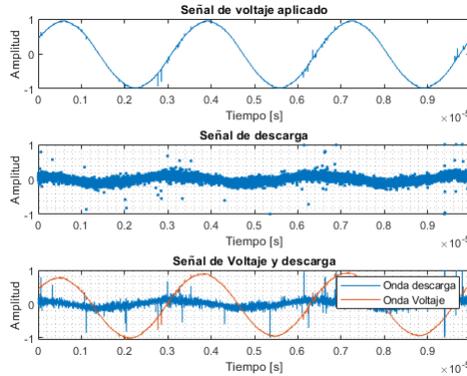


Figura 24: Onda de voltaje de 12kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la primera aleta.

Se puede ver en la figura número 24 que hay una ligera distorsión en descarga, esto se debe a que el voltaje se concentra únicamente por el agujero que se le ha hecho, esto producirá un estado térmico al cual se va a ir incrementando según el nivel de voltaje que se le vaya aplicando. de la misma manera que se ha hecho para comprobar las descargas parciales de efecto corona se va a incrementar el voltaje para ver en la siguiente figura.

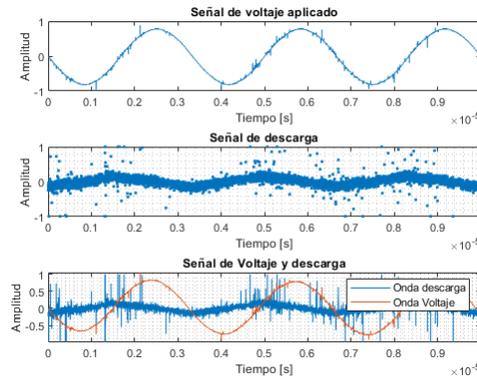


Figura 25: Onda de voltaje de 16kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la primera aleta.

Se le va a realizar un incremento de voltaje, esta vez se le hará con 22kV para ver cual es el nivel de distorsión que tiene en cada ciclo de muestreo.

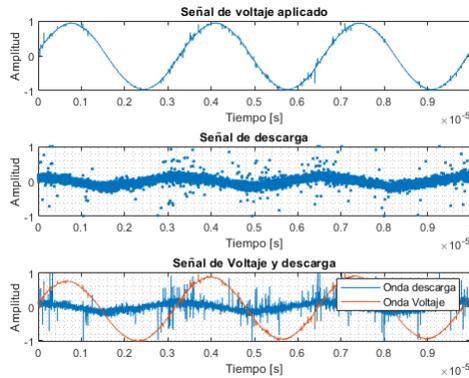


Figura 26: Onda de voltaje de 22kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la primera aleta.

Como se puede ver en las dos figuras anteriores, las perforaciones que se le hagan al aislador, le provocará un daño permanente el cual le afectará al momento cumplir con la función de aislante para el cual ha sido diseñado. Ahora se va a tomar otro aislador polimérico completamente nuevo y se le va a perforar en la cuarta aleta para comprobar la descarga que se le produzca, la siguiente imagen permite ver el comportamiento de la descarga.

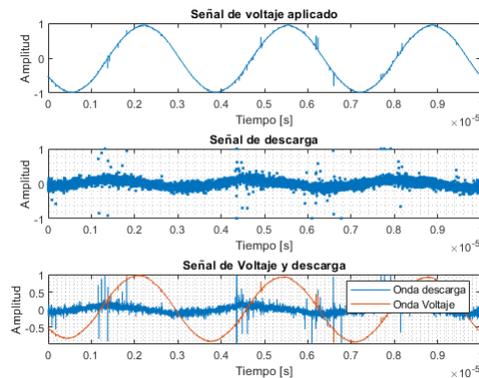


Figura 27: Onda de voltaje de 13kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la cuarta aleta.

En la figura número 28 se puede ver que la descarga se produce con un nivel más elevado que las anteriores que se le hicieron las perforaciones en la

primera aleta, según las perforaciones que se le vayan haciendo al aislador, las descargas también se van aumentando, y el aislador va quedando obsoleto. Se le va elevar el voltaje para comprobar la descarga que se produce.

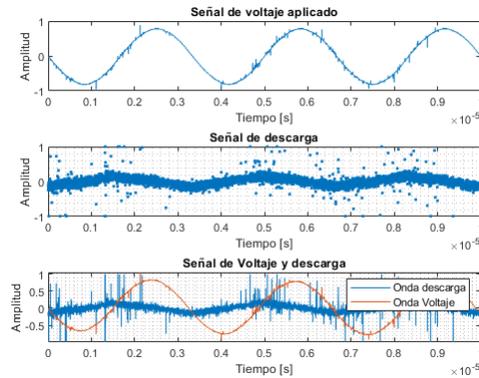


Figura 28: Onda de voltaje de 22kV y descarga, para un aislador nuevo con perforación en la cuarta aleta.

De la misma forma que se ha determinado las descargas con los aisladores nuevos se lo hará con todos los diez aisladores viejos que se tenga, a los primeros cinco se le hará perforaciones en la primera aleta y a los demás se lo hara en la cuarta aleta, para este caso se va a tomar la imagen más representativa y es la siguiente.

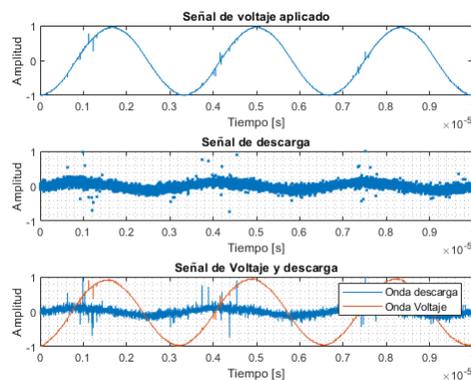


Figura 29: Onda de voltaje de 13kV y descarga, para un aislador viejo con perforación en la primera aleta.

Como se vió anteriormente en los aisladores nuevos, el daño va en incremento cuando se producen perforaciones muy pronunciadas, esto permite que el aislador no cumpla con el objetivo para el cual ha sido diseñado, se puede decir entonces que las perforaciones afectan drásticamente el funcionamiento de los aisladores.

3.3 Análisis comparativo

Se va a realizar una selección de imágenes representativas de todos los aisladores que se han puesto a prueba para los diferentes niveles de voltaje, según el programa que se ha diseñado, se ha realizado una carpeta de 500 imágenes solamente de descargas parciales de efecto corona y la que representa como imagen patrón de las descargas de efecto corona con un porcentaje mas alto es la siguiente.

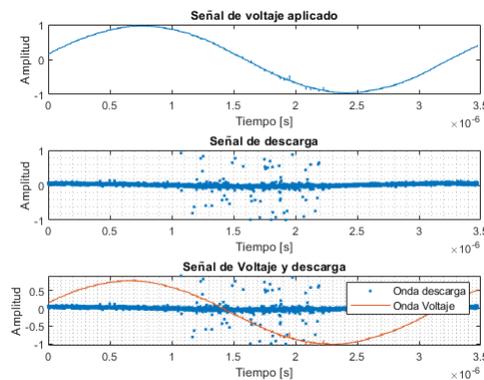


Figura 30: Onda de voltaje de 18kV y descarga, para cualquier aislador con punta en la primera aleta.

De la misma manera se ha obtenido una cantidad de 400 imágenes para los aisladores con perforaciones en la primera y cuarta aleta, y se ha visto que existe una similitud entre las mismas, es por eso que el programa ha seleccionado a la mas óptima para representar las descargas superficiales y la que mejor representa como patrón de descarga superficial es la siguiente.

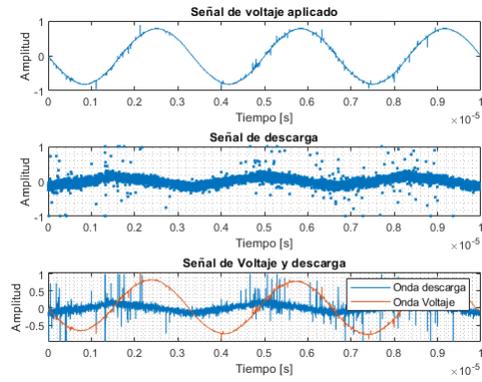


Figura 31: Onda de voltaje de 22kV y descarga, para cualquier aislador con perforación en la cuarta aleta.

TABLAS DE PATRONES

Asilador	Figura	Condicion ambiente	Tensión suministrada
Aislador Nuevo	<p>Three subplots showing the electrical characteristics of a new insulator at 11 kV in dry conditions. The top plot, 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal voltage waveform with an amplitude of approximately 10 kV over a 1 ms period. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy baseline with no significant discharge events. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', shows the voltage waveform and discharge signal together, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Seco	11 kV
Aislador Nuevo	<p>Three subplots showing the electrical characteristics of a new insulator at 13.8 kV in dry conditions. The top plot, 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal voltage waveform with an amplitude of approximately 13.8 kV over a 1 ms period. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy baseline with no significant discharge events. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', shows the voltage waveform and discharge signal together, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Seco	13.8 kV
Aislador Nuevo	<p>Three subplots showing the electrical characteristics of a new insulator at 15 kV in dry conditions. The top plot, 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal voltage waveform with an amplitude of approximately 15 kV over a 10 ms period. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy baseline with no significant discharge events. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', shows the voltage waveform and discharge signal together, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Seco	15 kV
Aislador Nuevo	<p>Three subplots showing the electrical characteristics of a new insulator at 18 kV in humid conditions. The top plot, 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal voltage waveform with an amplitude of approximately 18 kV over a 10 ms period. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy baseline with no significant discharge events. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', shows the voltage waveform and discharge signal together, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Húmedo	18 kV
Aislador Nuevo	<p>Three subplots showing the electrical characteristics of a new insulator at 22 kV in humid conditions. The top plot, 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal voltage waveform with an amplitude of approximately 22 kV over a 10 ms period. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy baseline with no significant discharge events. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', shows the voltage waveform and discharge signal together, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Húmedo	22 kV

Tabla 5: Patrones de descarga de polímero nuevo en diferentes condiciones.

Asilador	Figura	Condicion ambiente	Tensión suministrada
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked plots. The top plot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 10 V and a period of 0.1 s. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal fluctuating around zero with a maximum amplitude of about 1 V. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Ordo descargas' (discharge events) and 'Ordo Voltaje' (voltage).</p>	Seco	11 kV
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked plots. The top plot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 13.8 V and a period of 0.1 s. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal fluctuating around zero with a maximum amplitude of about 1 V. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Ordo descargas' (discharge events) and 'Ordo Voltaje' (voltage).</p>	Seco	13.8 kV
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked plots. The top plot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 15 V and a period of 0.1 s. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal fluctuating around zero with a maximum amplitude of about 1 V. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Ordo descargas' (discharge events) and 'Ordo Voltaje' (voltage).</p>	Seco	15 kV
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked plots. The top plot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 18 V and a period of 0.1 s. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal fluctuating around zero with a maximum amplitude of about 1 V. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Ordo descargas' (discharge events) and 'Ordo Voltaje' (voltage).</p>	Húmedo	18 kV
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked plots. The top plot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 22 V and a period of 0.1 s. The middle plot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal fluctuating around zero with a maximum amplitude of about 1 V. The bottom plot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Ordo descargas' (discharge events) and 'Ordo Voltaje' (voltage).</p>	Húmedo	22 kV

Tabla 6: Patrones de descarga de polímero nuevo con perforación en la primera aleta.

Asilador	Figura	Condicion ambiente	Tensión suministrada
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked subplots. The top subplot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 10 kV over a time interval of 0 to 1 microsecond. The middle subplot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal with a peak amplitude of about 5 kV. The bottom subplot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Seco	11 kV
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked subplots. The top subplot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 13.8 kV over a time interval of 0 to 1 microsecond. The middle subplot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal with a peak amplitude of about 5 kV. The bottom subplot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Seco	13.8 kV
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked subplots. The top subplot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 15 kV over a time interval of 0 to 9 microseconds. The middle subplot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal with a peak amplitude of about 5 kV. The bottom subplot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Seco	15 kV
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked subplots. The top subplot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 18 kV over a time interval of 0 to 9 microseconds. The middle subplot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal with a peak amplitude of about 5 kV. The bottom subplot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Húmedo	18 kV
Aislador Nuevo	<p>The figure consists of three vertically stacked subplots. The top subplot, titled 'Señal de voltaje aplicado', shows a sinusoidal wave with an amplitude of approximately 22 kV over a time interval of 0 to 9 microseconds. The middle subplot, 'Señal de descarga', shows a noisy signal with a peak amplitude of about 5 kV. The bottom subplot, 'Señal de Voltaje y descarga', overlays the voltage and discharge signals, with a legend indicating 'Onda descarga' (blue) and 'Onda Voltaje' (red).</p>	Húmedo	22 kV

Tabla 7: Patrones de descarga de polímero nuevo con punta en la primera aleta.

Para un mejor entendimiento se presenta la figura 32 de las descargas del

aislador en diferentes condiciones que se propuso en este proyecto.

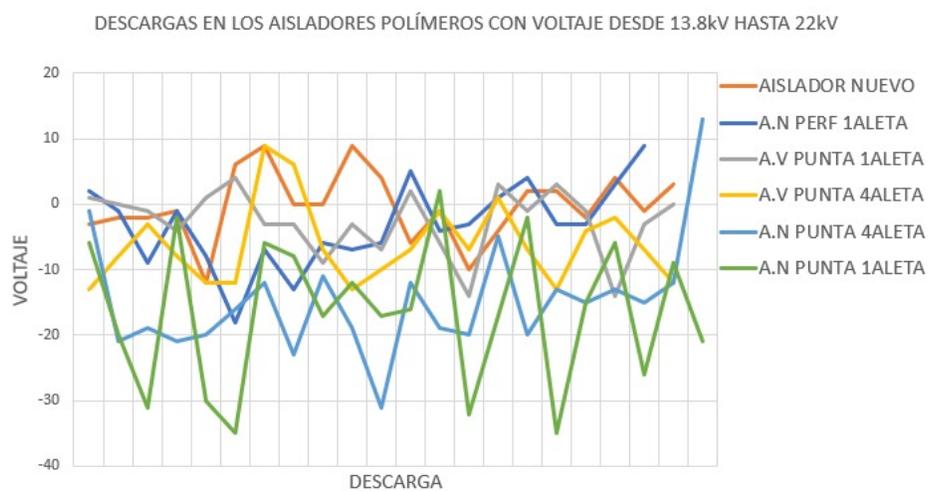


Figura 32: Descargas en el polímero en diferentes condiciones.

IV Conclusiones

Los patrones que se han generado con el programa desarrollado en la investigación son muy similares a los que se han visto en las investigaciones que se han leído para elaborar este proyecto investigativo, es por eso que se han tomado valores numéricos que han dado por sentado la reacción similar de los daños que reciben los aislantes al recibir cierto nivel de voltaje.

Con el programa que se ha desarrollado, se ha podido comprobar el comportamiento de cada descarga parcial, existe una gran diferencia entre ellas, es así que las descargas superficiales son las más perjudiciales para el aislante eléctrico por que se producen en un solo punto de concentración dando lugar a un desgaste muy pronunciado en la superficie del aislante.

Para crear descargas de efecto corona se ha recurrido a situaciones un tanto extremas, se ha incrustado una aguja en algunas aletas de los polímeros que se han sometido a las pruebas, esto ha dado lugar a obtener valores muy similares a los que se producen en las redes de distribución, los valores numéricos que se han obtenido se han introducido en el programa y se ha podido observar una diferencia muy grande entre las dos descargas.

La metodología aplicada en el desarrollo del proyecto es muy importante para aplicar a otro tipo de aislantes, ya sea poliméricos, cerámicos o aislantes de vidrio, los cuales están diseñados para voltajes mucho más altos.

Al principio de esta investigación se propuso encontrar patrones de descargas parciales superficiales y de efecto corona, los mismos que se han logrado con éxito, se ha diseñado un programa para identificar cada uno de ellos en el nivel de voltaje que se encuentren, el método aplicado si sirve para este tipo de aislantes, para aplicar a otro tipo de aislantes se deberá realizar un cierto ajuste de código y continuar con las mediciones.

V Recomendaciones

- Se puede realizar las pruebas en diferentes aislantes eléctricos, es decir se debe ingresar al laboratorio y analizar a que nivel de voltaje se puede soportar en diferentes condiciones climáticas, Se puede aplicar nuevos proyectos relacionados con patrones de descargas parciales en cables, aceites, motores, aisladores de BT, entre otros.
- Se recomienda realizar ensayos en aisladores de baja tensión (aislador rollo) para establecer el comportamiento de las descargas parciales y obtener patrones que pueden servir para proyectos a futuro.
- Realizar ensayos eléctricos de referencia y bajo condiciones que se pueden presentar en aisladores de alta, media y baja tensión. Esto con el fin de obtener resultados que amplíen la temática abordada en este proyecto, en el cual solo se analizó el aislador polimérico.
- Analizar el desempeño eléctrico de aisladores a lo largo de diferentes periodos, realizando ensayos de laboratorio de forma periódica para establecer si el tiempo empleado en la adquisición de datos es lo suficiente para aplicar en otros materiales.
- Realizar ensayos eléctricos para la adquisición de patrones de descargas parciales internas en los diferentes aisladores ya sean de alta, media o baja tensión.

Referencias

- [1] J. Ochoa C., J. Macas S., F. Quizhpi P., M. Quizhpi C., and F. Gómez J., “Development of a rain simulator for a hv laboratory,” in *2018 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*, 2018, pp. 1–5.
- [2] S. Song, Y. Qian, H. Wang, Y. Zang, G. Sheng, and X. Jiang, “Partial discharge pattern recognition based on 3d graphs of phase resolved pulse sequence,” *Energies*, vol. 13, 8 2020.
- [3] M. Akbar, R. Ullah, and M. R. A. Karim, “Interpreting surface degradation of htv silicone rubber filled with micro/nano-silica under ac and dc voltages,” *Journal of Electronic Materials*, vol. 49, pp. 5399–5410, 9 2020. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11664-020-08265-w>
- [4] F. Atalar, N. Özben Önhon, and M. Uğur, “Investigation of the effect of layered structure on partial discharges in transformer pressboard insulator,” *Electrical Engineering*, vol. 105, pp. 3459–3467, 12 2023.
- [5] R. Ullah, M. Akbar, and S. Amin, “Measuring electrical, thermal and mechanical properties of dc-stressed htv silicone rubber loaded with nano/micro-fillers exposed to long-term aging,” *Applied Nanoscience (Switzerland)*, vol. 10, pp. 2101–2111, 7 2020. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13204-020-01381-3>
- [6] Y. Hao, Y. Chen, Y. Chen, Y. Liu, Y. Cheng, L. Yang, J. Xiao, and T. Huang, “Partial discharge detection using the fiber-optic mach–zehnder interferometer system for xlpe cables,” *Electrical Engineering*, vol. 104, pp. 2133–2140, 8 2022.
- [7] Y. L. Ogundiran, A. Griffo, S. Sundeep, F. A. Gonzalez, and J. Wang, “A novel ring-shaped fractal antenna for partial discharge detection,” *2021 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2021 - Proceedings*, pp. 5111–5117, 2021.
- [8] J. R. Riba and P. Bas-Calopa, “Use of dslr and sonic cameras to detect and locate high-voltage corona discharges,” *Sensors 2022, Vol. 22, Page 7250*, vol. 22, p. 7250, 9 2022. [Online].

Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7250/html><https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7250>

- [9] G. Villanueva and J.-R. Riba, “Application of image sensors to detect and locate electrical discharges: A review,” *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 5886, vol. 22, p. 5886, 8 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/15/5886/html><https://www.mdpi.com/1424-8220/22/15/5886>
- [10] A. Boudiaf, S. Bouazabia, N. Harid, and M. L. Amrani, “Analytic calculation of partial discharge threshold in a gaseous cavity within high voltage cable insulation,” *Electrical Engineering*, vol. 104, pp. 555–565, 4 2022.
- [11] A. V. Zhuikov, P. A. Kolpakova, D. A. Matveev, M. V. Frolov, and S. I. Khrenov, “High-frequency models of inductive sensors for recording partial discharges in electrical-equipment insulation,” *Russian Electrical Engineering*, vol. 94, pp. 259–267, 4 2023.
- [12] S. M. Korobeynikov, A. V. Ridel, A. G. Ovsyannikov, D. I. Karpov, M. N. Lyutikova, V. A. Loman, and R. A. Savenko, “Streamers in transformer oil initiated by partial discharge in a bubble at low ac electric fields,” *Electrical Engineering*, vol. 106, pp. 5219–5228, 8 2024.
- [13] H. Xu, C. Xie, R. Wang, B. Gou, S. Luo, and J. Zhou, “Effects of electrical-hydrothermal aging degradation on dielectric and trap properties of high temperature vulcanized silicone rubber materials,” *RSC Advances*, vol. 10, pp. 3805–3816, 2020.
- [14] V. N. Varivodov, D. I. Kovalev, S. S. Zhulikov, D. V. Golubev, and V. A. Romanov, “Prevention of partial discharges in the solid insulation of high-voltage current lines,” *Russian Electrical Engineering*, vol. 92, pp. 438–441, 8 2021.
- [15] M. Quizhpi-Cuesta, F. Gómez-Juca, W. Orozco-Tupacyupanqui, and F. Quizhpi-Palomeque, “An alternative method for partial discharges measurement using digital filters,” in *2017 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, 2017, pp. 92–97.

- [16] L. Klein, J. Fulneček, D. Seidl, L. Prokop, S. Mišák, J. Dvorský, and M. Piecha, “A data set of signals from an antenna for detection of partial discharges in overhead insulated power line,” *Scientific Data*, vol. 10, 12 2023.
- [17] H. Yang, Z. Wu, W. Dong, J. Dang, and H. Ren, “Analysis of the influence of silicone rubber aging on the transmission parameters of terahertz waves,” *Energies*, vol. 14, 7 2021.
- [18] H. Mahdikia, V. Brüser, M. Schiorlin, and R. Brandenburg, “Co2 dissociation in barrier corona discharges: Effect of elevated pressures in co2/ar mixtures,” *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, vol. 43, pp. 2035–2063, 11 2023.
- [19] H. Karami, M. Azadifar, M. Rubinstein, and F. Rachidi, “An experimental validation of partial discharge localization using electromagnetic time reversal,” *Scientific Reports*, vol. 11, 12 2021.
- [20] M. Fikri and Z. Abdul-Malek, “Partial discharge diagnosis and remaining useful lifetime in xlpe extruded power cables under dc voltage: a review,” *Electrical Engineering*, vol. 105, pp. 4195–4212, 12 2023.
- [21] C. C. A. Kokalis, V. T. Kontargyri, and I. F. Gonos, “A proposal for the evaluation of htv silicone rubber composite insulators,” *Polymers 2021, Vol. 13, Page 3610*, vol. 13, p. 3610, 10 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/21/3610/html><https://www.mdpi.com/2073-4360/13/21/3610>
- [22] F. Khodaveisi, H. Karami, M. Z. Karimpour, M. Rubinstein, and F. Rachidi, “Partial discharge localization in power transformer tanks using machine learning methods,” *Scientific Reports*, vol. 14, 12 2024.

VI ANEXOS

6.1 ANEXO 1

ALGORITMO PARA LA DETERMINACIÓN DE PATRONES DE DP_s EN LOS AISLANTES POLÍMÉRICOS

```
clear all
close all
% INGRESO DE DATOS
voltaje= readmatrix('ALL0002.xlsx','sheet','ANP','
    range','A26:A10025');
descarga= readmatrix('ALL0002.xlsx','sheet','ANP','
    range','C26:C10025');
maxvoltaje=max(abs(voltaje));
voltaje=voltaje/maxvoltaje;

descarga=descarga/max(abs(descarga));

%vector de tiempo
Fs=1000e6;
A=length(voltaje)/Fs;
D=length(voltaje);
t=0:1/Fs:(A-1/Fs);
t=t';
%% GRAFICAS OBTENIDAS DE LA MEDICION

n=1; %orden del filtro
wn=70e3/(Fs/2);% freceuncia
[num den]= butter(n,wn,'high'); %Pasa alto
sfiltradavoltaje=filter(num,den,voltaje);
srestada=voltaje-sfiltradavoltaje;

figure (1)
subplot(3,1,1)
plot(t,voltaje)
title('Se al de voltaje aplicado')
```

```

xlabel ('Tiempo [s]');ylabel ('Amplitud');
%grid minor

subplot(3,1,2);
plot(t,descarga);
title('Se al de descarga')
xlabel ('Tiempo [s]');ylabel ('Amplitud');
grid minor
%figure(2)
subplot(3,1,3);
plot(t,descarga);hold on
plot(t,sfiltradavoltaje)
title('Se al de Voltaje y descarga');xlabel ('
    Tiempo [s]');ylabel ('Amplitud');
legend('Onda descarga','Onda Voltaje');grid minor

figure (2)
plot(t,descarga);hold on
%m=(t,descarga);
%plot(m); hold on
% 'g.-'
plot(t,sfiltradavoltaje) %,'r.-'
title('Se al de Voltaje y descarga');xlabel ('
    Tiempo [s]');ylabel ('Amplitud');
legend('Onda descarga','Onda Voltaje');%grid minor
saveas(gcf,'figura123','jpg');

format long
outputFolder=fullfile("aisladores");
rootFolder=fullfile(outputFolder,'20mediciones');
categorias={'nuevo','viejo','nuevo punta'};
imds=imageDatastore(fullfile(rootFolder,categorias),
    'LabelSource','foldernames');

net=resnet50();

[trainingSet testSet]=splitEachLabel(imds, 0.3, '
    randomize');

```

```

imageSize=net.Layers(1).InputSize;

augmentedTrainingSet=augmentedImageDatstore(
    imageSize, trainingSet, 'ColorPreprocessing', '
    gray2rgb');
featureLayer='fc1000';
trainigfeatures=activations(net,
    augmentedTrainingSet, featureLayer, '
    MiniBatchSize',32, 'OutputAs','columns');
trainigLabels=trainingSet.Labels;

classifier=fitcecoc(trainigfeatures,trainigLabels, '
    Learners','linear', 'Coding', 'onevsall', '
    ObservationsIn','columns' );

newImage=imread(fullfile('figura123.jpg'));

ds=augmentedImageDatstore(imageSize, newImage, '
    ColorPreprocessing','gray2rgb');

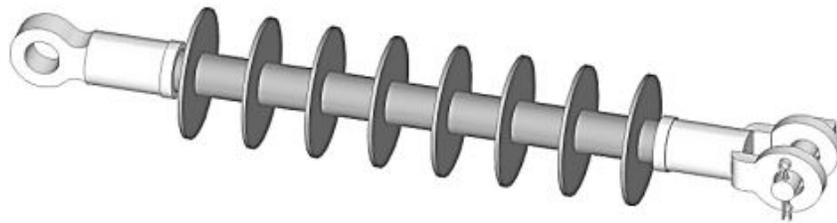
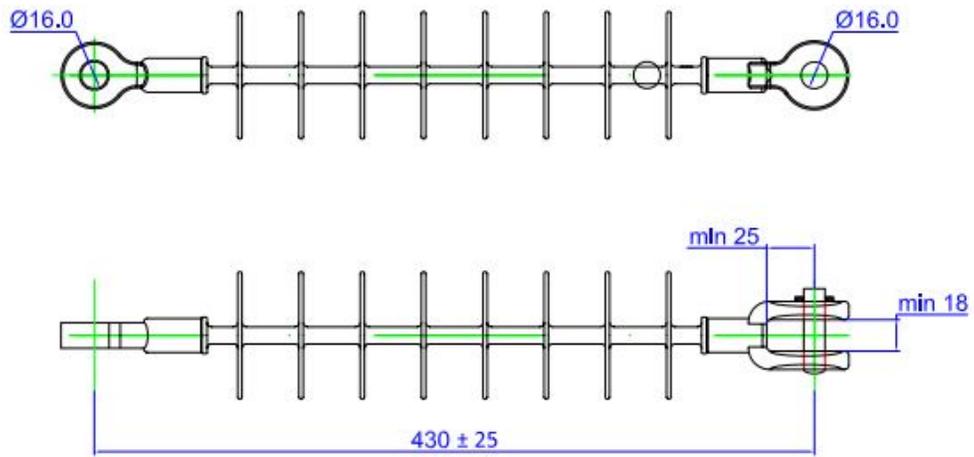
imageFeatures=activations(net, ds, featureLayer, '
    MiniBatchSize', 32, 'OutputAs','columns');

respuesta=predict(classifier, imageFeatures, '
    ObservationsIn','columns');
sprintf('la imagen pertenece a las mediciones de
    polimero %s', respuesta)
%m=imshow(respuesta);

figure (1)
subplot(1,1,1)
n=imshow("figura123.jpg");
m=net.Layers(2).Weights;
m=mat2gray(m);
figure (2)
montage();
plot respuesta

```

6.2 ANEXO 2



1	MATERIAL	Núcleo de resina de fibra de vidrio reforzada, cubierta de material polímero resistente a diferentes condiciones climatológicas
1.1	Norma de fabricación	ANSI C29.13 - IEC 61109
1.2	Clase de aislamiento	DS-28
1.3	Tipo de polimérico	NOTA 1
1.4	Núcleo del aislador	NOTA 2
1.5	Herrajes utilizados	NOTA 3
1.6	Cubierta del núcleo	NOTA 4
2	DISTANCIAS CRITICAS	
2.1	Distancia de fuga	550 mm
2.2	Distancia de arco	290 mm
3	VALORES MECÁNICOS	
3.1	Carga mecánica nominal (SML)	10000 lb (44,5 kN)
3.2	Carga mecánica de rutina (RTL)	5000 lb (22,24 kN)
3.3	Carga mecánica a la torsión	35 lb ft (47,5 Nm)
4	VALORES ELÉCTRICOS	
4.1	Voltaje típico de aplicación	25 kV
4.2	Voltaje de flameo de baja frecuencia en seco	130 kV
4.3	Voltaje de flameo de baja frecuencia en húmedo	100 kV
4.5	Voltaje de flameo crítico al impulso positivo	190 kV
4.6	Voltaje de flameo crítico al impulso negativo	Según requerimientos de las EDs
4.7	Nivel básico de aislamiento	Según requerimientos de las EDs
5	RADIO INFLUENCIA	
5.1	Voltaje de prueba	20 kV
5.2	RIV máximo a 1000 kHz	10 μ V
6	DIMENSIONES	
6.1	Largo del aislador	430mm +/- 25 mm
7	DETALLES CONSTRUCTIVOS	NOTA 5
8	ACABADO	
8.1	Galvanizado	En caliente
8.2	Norma de galvanizado	ASTM A - 153
8.3	Espesor de galvanizado	85 micras
8.4	Tipo de Conector	Horquilla - ojo

6.3 ANEXO 3

