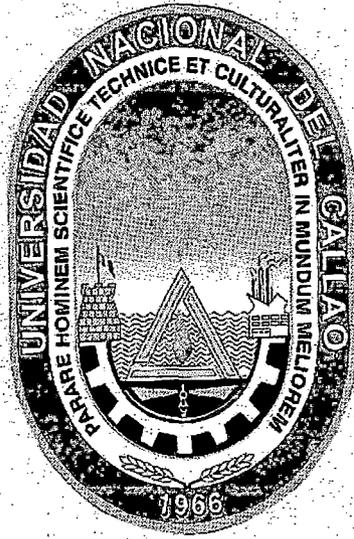


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
CALLAO**



**“EVALUACIÓN DE AISLADORES A TRAVÉS
DEL USO DE CÁMARA ULTRAVIOLETA”**

Presentado por:

RUIZ ROLDAN, Kernick Jesús Erasmo

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

**LIMA – PERÚ
2009**

*A DIOS POR ILUMINARME CADA DÍA EN
EL CAMINO DE LA VIDA, A MI MADRE POR
SU AMOR Y PREOCUPACIÓN, A MI PADRE
POR SU EJEMPLO Y APOYO INCONDICIONAL,
A MI HERMANA POR ESTAR ALLI, Y A MI
NOVIA MARCELA POR SER, QUIEN ES, PARTE
DE MI VIDA. GRACIAS A ELLOS HA SIDO
POSIBLE LA CULMINACIÓN DE ESTA TESIS.*

KERNICK RUIZ ROLDAN

**“EVALUACIÓN DE AISLADORES A TRAVÉS DEL USO DE CÁMARA
ULTRAVIOLETA”**

ÍNDICE

| | Pag. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN | |
| 1. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 2. Población y muestra del estudio..... | 4 |
| 2.1. Población | 4 |
| 2.2. Muestra | 4 |
| 3. Definición del Problema | 4 |
| 3.1. Central | 4 |
| 3.2. Sub-problemas | 4 |
| 4. Objetivos | 4 |
| 4.1. General | 4 |
| 4.2. Específicos..... | 5 |
| 5. Hipótesis | 5 |
| 5.1. General | 5 |
| 5.2. Específicas | 5 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | |
| 1. Introducción | 6 |
| 2. Aisladores | 6 |
| 2.1. Materiales Aislantes | 7 |
| 2.2. Materiales empleados para la fabricación de aisladores..... | 8 |
| 2.3. Clasificación de los aisladores..... | 9 |
| 2.4. Descripción de los materiales utilizados actualmente en la construcción de aisladores eléctricos..... | 12 |
| 2.4.1. Aisladores de vidrio | 12 |

| | |
|---|----|
| 7. Estudio en la forma del campo eléctrico y mecanismo de descarga disruptiva de un aislador contaminado..... | 49 |
| 7.1. Modelo Estimado y Método | 51 |
| 8. Método de la disrupción..... | 52 |
| 9. Método de las sustancias luminosas..... | 53 |
| 10. Método del Medidor electrónico | 53 |
| 11. Método del Pararrayos..... | 54 |
| 11.1. Pararrayos en serie..... | 55 |
| 11.2. Pararrayos en Paralelo | 56 |
| 11.3. Pararrayos en cada unidad | 56 |
| 12. Método del Explosor | 57 |

CAPÍTULO IV: DETECCIÓN DE DESCARGAS PARCIALES EN AISLADORES MEDIANTE EL USO DE CÁMARA ULTRAVIOLETA

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 58 |
| 2. Radiación Ultravioleta | 59 |
| 3. Detección de descargas parciales..... | 60 |
| 4. Metodología para evaluación de aisladores con cámara ultravioleta .. | 62 |
| 4.1. Factores que perturban la detección de las descargas..... | 62 |
| 4.2. Diferencias entre cámara ultravioleta e infrarojo | 64 |
| 5. Resultados de inspecciones realizadas en aisladores de líneas de transmisión | 65 |
| 6. Análisis de Costos del Método con Cámara Ultravioleta vs. otros Métodos usados para la evaluación de aisladores..... | 72 |
| 6.1. Costo para Implementar el Método de Medición de Campo Eléctrico | 72 |
| 6.2. Costo para Implementar las Inspecciones Nocturnas | 73 |
| 6.3. Costo para Implementar la Evaluación de Aisladores a Través de la Cámara Ultravioleta | 75 |
| 6.4. Análisis de Costos | 75 |

CAPÍTULO V: RESULTADOS OBTENIDOS EN INSTALACIONES DE RED DE ENERGIA DEL PERU

| | |
|--|-----|
| 1. Condiciones de diseño de la línea de transmisión L-2215 | |
| Paramonga – Chimbote..... | 77 |
| 1.1. Condiciones naturales de la L-2215 Paramonga – Chimbote | 77 |
| 1.1.1. Meteorología..... | 78 |
| 1.1.2. Geología | 78 |
| 1.2. Características geográficas y condiciones meteorológicas..... | 78 |
| 1.2.1. Características Geográficas | 78 |
| 1.2.2. Condiciones Meteorológicas | 79 |
| 1.3. Selección de la ruta..... | 80 |
| 1.3.1. Principio de selección de la ruta..... | 80 |
| 1.4. Aisladores | 80 |
| 1.4.1. Tipo de aisladores..... | 80 |
| 1.4.2. Número de aisladores | 81 |
| 1.4.3. Tipo de cadena de aisladores..... | 82 |
| 1.4.4. Ferretería para los aisladores | 82 |
| 1.5. Lavado de aisladores de la línea de transmisión..... | 83 |
| 1.6. Diseño del aislamiento | 87 |
| 1.7. Estado actual de la línea de transmisión..... | 88 |
| 2. Resultados Obtenidos..... | 88 |
| | |
| CONCLUSIONES | 124 |
| RECOMENDACIONES..... | 126 |
| BIBLIOGRAFÍA | 127 |

ANEXOS

DVD que incluye:

- Videos tomados con la cámara UV de la L-2215 Paramonga – Chimbote.
- Procedimiento para ensamble de cámara UV Daycor II.
- Registro de fallas de aisladores en Red de Energía del Perú.

INTRODUCCIÓN

El sistema interconectado nacional está constituido por líneas de transmisión que permiten el transporte de energía. Estas líneas de transmisión están sometidas a diversas condiciones climáticas, y por lo tanto su diseño se realizó tomando en cuenta dichas condiciones.

Sin embargo, no siempre las condiciones climáticas son favorables para mantener en buen estado los componentes de las líneas de Transmisión. Es así que podemos encontrar ambientes corrosivos en los cuales las estructuras presentan grados de corrosión severos, lo cual además de los perfiles de las torres también puede afectar las partes metálicas de los aisladores (pines). También se presentan ambientes muy contaminados en los que los aisladores y conductores se encuentran con un grado de contaminación alto, y cabría mencionar además, ambientes en los que no existe contaminación ni corrosión pero hay presencia de descargas atmosféricas capaces de dañar conductores y/o aisladores.

Por otro lado, es importante conocer el proceso de fabricación de los componentes, para lo cual se realizan visitas al lugar de fabricación del proveedor. Asimismo se debe exigir el protocolo de pruebas de estos componentes, lo que nos indicará un buen proceso de fabricación y una buena calidad en el material empleado, así como garantizamos su normal funcionamiento en las condiciones a las que se les someterá.

Centrándonos en los aisladores, las condiciones climáticas así como el cuidado que se tiene durante el proceso de fabricación, pueden dar origen a corrientes que se presentan en el interior o exterior de ellos, llamadas “Descargas Parciales”, las cuales es importante el poder detectarlas a tiempo.

En el presente trabajo de investigación se da a conocer un método para la evaluación de aisladores mediante el uso de una cámara ultravioleta que nos permite el poder detectar las descargas que se presentan en los aisladores para 220kV, evitando así que estas puedan causar daños a los aisladores. Esta metodología se

viene empleando en aisladores de 220kV de las Líneas de Transmisión costeras que forman parte de la concesión de Red de Energía del Perú, debido a que es de gran importancia para la empresa, el poder detectar estas descargas para evitar fallas en sus instalaciones, lo que permite la mejora de uno de sus indicadores principales que es la disponibilidad del servicio de transporte de energía.

Asimismo, por ser de importancia, se citarán los tipos de descargas parciales que se presentan en los aisladores, y de las que se explicará su origen, proceso y los efectos que estas causan.

Se espera que el presente trabajo de investigación sea tomado en cuenta para la mejora del mantenimiento de las empresas dedicadas al servicio de transmisión.

El Autor

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente estudio surge a partir del interés de evaluar los aisladores de 220kV usando una cámara ultravioleta para poder detectar la presencia de descargas parciales en los aisladores en instalaciones de alta tensión y así dar un resultado del estado del aislador. Asimismo, surge el interés de conocer el origen de las descargas parciales, como se manifiestan, como se detectan y finalmente cuales son las consecuencias que estas causan, porque si bien es cierto que uno de los objetivos de los mantenimientos preventivos e inspecciones que se realizan a las líneas de transmisión es el poder detectar o corregir fallas en los aisladores y con ello prevenir salidas de servicio.

El conocer más sobre el comportamiento de estas descargas, nos ayudará a tomar decisiones en casos en los cuales haya que elegir el material del aislamiento que vamos a emplear, la frecuencia con la que se tiene que efectuar un mantenimiento preventivo, mejoras en el material del aislamiento, entre otros.

Hoy en día existen diferentes opiniones respecto del tipo de aisladores a emplear en el diseño de líneas de transmisión, ya que en la actualidad no existe aislador al que no haya que efectuarle mantenimiento en zonas corrosivas y contaminantes, y es que el pensamiento que se tenía de que los aisladores poliméricos no requirieran de ningún tipo de mantenimiento fue desechado, debido a que en los últimos años han existido fallas por rotura de aisladores poliméricos, en los cuales las descargas parciales originadas en los mismos han jugado un papel importante para el desgaste del aislador polimérico.

Por todo ello considero importante el poder detectar estas descargas, así como conocer su comportamiento, y los efectos que originan en los aisladores de 220kV a

través del uso de una cámara ultravioleta en la línea costera L-2215 Paramonga - Chimbote.

2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

- 2.1. Población: Constituida por las Líneas de Transmisión de la concesión de Red de Energía del Perú (REP).
- 2.2. Muestra: Constituida por la Línea de Transmisión de Red de Energía del Perú: L-2215 Paramonga - Chimbote perteneciente al Departamento de Transmisión Norte.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

- 3.1. Central
¿Cómo se puede evaluar el estado de los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú a través del uso de una cámara ultravioleta?
- 3.2. Sub-problemas
 - ¿Cómo se originan las descargas parciales en los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú?
 - ¿Cuáles son los efectos de las descargas parciales en los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú?

4. OBJETIVOS

- 4.1. General
Evaluar el estado de los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú a través del uso de una cámara ultravioleta.

4.2. Específicos

- Conocer el origen de las descargas parciales en los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú.
- Determinar los efectos de las descargas parciales en los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú.

5. HIPÓTESIS

5.1. General

El uso de una cámara ultravioleta para la detección de descargas parciales en los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú permite una mejor evaluación de los aisladores así como una buena planificación del mantenimiento.

5.2. Específicas

- La carencia de conocimiento de los métodos para detectar descargas parciales en aisladores trae como consecuencia una mala evaluación de los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú.
- La carencia de conocimiento de los efectos de las descargas parciales en aisladores trae como consecuencia una mala planificación del mantenimiento preventivo en los aisladores de la línea de transmisión costera L-2215 Paramonga - Chimbote de 220kV de Red de Energía del Perú.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1. INTRODUCCION:

Existen factores que contribuyen para que se puedan originar las descargas parciales, entre estos tenemos: las cavidades que se originan durante el proceso de fabricación de un aislante, por el envejecimiento del material aislante que también origina cavidades, y por último podemos citar la contaminación y corrosión a la que se exponen algunos materiales aislantes.

Los fenómenos de origen eléctrico que se producen debido a estos factores son fundamentalmente, los mismos.

La experiencia en la evaluación de aisladores ha demostrado que las descargas parciales acortan el tiempo de vida de los sistemas de aislación, por lo tanto las descargas parciales pueden llegar a ser la causa de serias pérdidas económicas al producir cambios prematuros en los sistemas de aislación, pérdidas de eficiencia y seguridad en la operación de los mismos, y por último la interrupción del servicio de suministro de energía.

En el presente capítulo citaremos conceptos principales para la interpretación del presente proyecto. Podremos ver las funciones y características de los materiales aislantes, el comportamiento de las descargas parciales y los factores que contribuyen a su origen.

2. AISLADORES

Los aisladores son los elementos cuya finalidad consiste en separar eléctricamente el conductor de la línea del apoyo que lo soporta. Al emplearse los conductores, se precisa que los aisladores posean buenas propiedades dieléctricas ya que la misión fundamental de este es evitar el paso de la corriente del conductor hacia tierra.

La unión de los conductores con los aisladores y de estos con los apoyos se efectúa mediante piezas metálicas denominadas herrajes.

El paso de la corriente del conductor al apoyo puede producirse por las causas siguientes:

- **Por conductividad del material:** es decir a través de la masa del aislador. Para evitar esto se emplean materiales cuya corriente de fuga es despreciable (Ej: Vidrio, porcelana, polímeros.)

- **Por conductividad superficial:** se produce cuando una corriente de fuga contornea la parte exterior del aislador por aumento de la conductividad. Esto es ocasionado por haberse depositado en la superficie del aislador una capa de polvo o humedad.

- **Por perforación de la masa del aislador:** al ser muy difícil mantener la uniformidad dieléctrica de un material en toda su masa, existe el peligro de que se perfora el aislador, sobre todo si el espesor es grande. Por ello, los aisladores suelen fabricarse en varias piezas de pequeño espesor unidas por una pasta especial, lo cual ayuda a que un aislador se rompa cuando se perfora, detectando así anomalías.

- **Por descarga disruptiva a través del aire:** puede producirse un arco entre el conductor y el soporte a través del aire, cuya rigidez dieléctrica a veces no es suficiente para evitar la descarga. Esto suele ocurrir con la lluvia, debido a la ionización del aire, y se puede evitar con un diseño adecuado para aisladores de intemperie, tratando de aumentar la distancia entre aislador y soporte de forma que la tensión necesaria para la formación del arco en el aire sea mayor.

2.1. MATERIALES AISLANTES

Los materiales aislantes deben tener una resistencia muy elevada, requisito del que pueden deducirse las demás características necesarias.

En los materiales no conductores de la electricidad, o aislantes, los electrones están sólidamente unidos al núcleo y es difícil arrancarlos del átomo. Por este motivo, comparándolos con los conductores, se requiere una diferencia de potencial relativamente alta para separar algunos electrones del átomo, y la corriente que se obtiene es prácticamente nula.

Dentro de los tipos de materiales aislante tenemos los sólidos, líquidos y gaseosos. Siendo sus principales características las siguientes:

Gases:

- No tienen estructura cristalina.
- Autoregenerativos ante descargas.
- Rigidez dieléctrica controlable por la presión y temperatura.
- Mezclables.
- Permitividad unitaria.
- Bajo factor de pérdidas $< 10^{-5}$

Líquidos:

- Estructura cristalina débil.
- Alto grado de regeneración ante descargas.
- Alta capacidad de absorción y de transferencia térmica.
- Refrigerantes.
- Sensibles a la contaminación y a la degradación.
- Permitividades entre 2 y 100.
- Factor de pérdidas $> 10^{-3}$

Sólidos:

- Aislamiento térmico.
- Trabajan inmersos en medios gaseosos o líquidos.
- Elevada rigidez dieléctrica transversal.
- Baja rigidez dieléctrica de frontera o superficial.
- Baja capacidad de autoregeneración.
- Baja capacidad de transferencia térmica.
- Deterioro microscópico: térmico-mecánico-eléctrico-ambiental.
- Permitividades entre 2 y 10
- Factor de pérdidas $> 10^{-3}$

2.2. MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DE AISLADORES

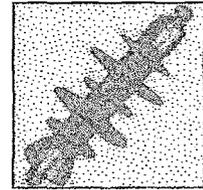
En la fabricación de aisladores eléctricos se debe utilizar materiales que posean alta resistividad, y gran resistencia mecánica, entre otras cualidades

necesarias para el buen desempeño del aislador. Hoy en día los materiales más usados son:

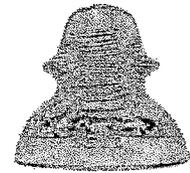
Porcelana: constituida por caolín y cuarzo, con un tratamiento de cocción a 1400 °C; se recubre de una capa de silicato, recociéndose posteriormente para obtener un vidriado en caliente que hace impermeables los aisladores y dificulta la adherencia de polvo o humedad.



Esteatita y resinas epoxi: se emplean cuando los aisladores han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es el doble que la de la porcelana.



Vidrio: es una mezcla de ácido silícico con óxidos de calcio, sodio, bario, aluminio, etc., fundida entre 1300 y 1400 °C. La composición de base cálcico-alcalina, obtenida por enfriamiento brusco mediante una corriente forzada de aire frío, posee elevada dureza y resistencia mecánica, incluso gran estabilidad, ante los cambios de temperatura, con el inconveniente del mayor coeficiente de dilatación.



Materiales compuestos (poliméricos): fibras de vidrio y resina en el núcleo y distintas "gomas" en la parte externa, con formas adecuadas, han introducido en los años más recientes la tecnología del aislador compuesto. Estas modernas soluciones con ciertas formas y usos ponen en evidencia sus ventajas sobre porcelana y vidrio en determinadas zonas.



2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS AISLADORES

Puede realizarse una clasificación según los siguientes criterios:

- **Según su constitución:**

Aislador simple, formado por una sola pieza de porcelana, esteatita, vidrio ó compuestos.

• **Según su instalación:**

El aislador de servicio interior, empleado en lugares guarecidos de la lluvia.

El aislador de servicio exterior sirve para servicio a la intemperie.

• **Por su forma y característica:**

Aislador acoplable: está diseñado de forma que permite el acoplamiento de varios elementos para obtener el aislamiento deseado. El acoplamiento puede ser rígido o articulado.

Aislador no acoplable: está constituido de forma que no puede acoplarse con otros elementos similares.

• **Por su acabado:**

Aislador con montura metálica, provisto de una o varias piezas metálicas para la fijación del conductor o del aislador.

Aislador sin montura metálica, sin ninguna pieza metálica para su fijación

• **Según su forma de colocación:**

Aisladores de apoyo, formados por una o varias capas aisladoras, destinadas a albergar un conductor.

Aisladores de suspensión, la fijación del conductor se realiza suspendiéndolo del aislador mediante herrajes adecuados

Otras características que definen un aislador y que deben tomarse en cuenta a la hora de elegir el adecuado son:

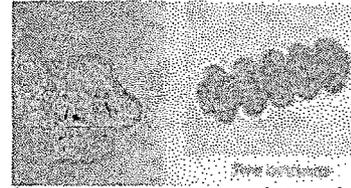
- Línea de fuga
- Distancia disruptiva
- Tensión de corona
- Tensión disruptiva en seco a frecuencia normal
- Tensión disruptiva bajo lluvia a frecuencia normal
- Tensión disruptiva con ondas de sobre tensión de frente recto
- Tensión de perforación
- Carga de rotura mecánica

La forma de los aisladores es un aspecto muy importante, de ello dependen las descargas que se producen sobre él y está bastante ligada al material a utilizar.

Podemos hacer la siguiente clasificación:

Aisladores de campana (también llamados de disco)

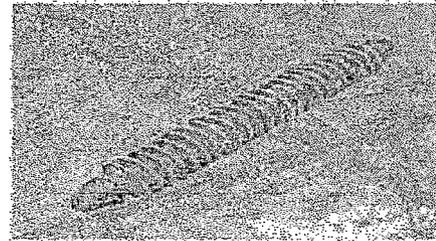
Generalmente varios forman una cadena, se hacen de vidrio o porcelana con insertos metálicos que los articulan con un grado de libertad (horquilla) o dos (caperuza y badajo, cap and pin).



Las normas fijan con detalle: geometría, tamaños, resistencia electromecánica, ensayos.

Aisladores de barra

Los hay de porcelana, permiten realizar cadenas de menor cantidad de elementos (mas cortas), la porcelana trabaja a tracción y existen pocos fabricantes que ofrecen esta solución, especialmente si se requieren elevadas prestaciones, ya que no es una solución natural para este material, en cambio es la solución natural de los aisladores de suspensión compuestos.

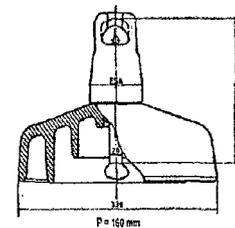


Mientras que para la porcelana se limita la longitud de la barra y en consecuencia para tensiones elevadas se forma una cadena de algunos elementos, para el aislador compuesto siempre se realiza un único elemento capaz de soportar la tensión total.

Aisladores rígidos

En tensiones bajas y medias tienen forma de campana, montados sobre un perno (pin type) y se realizan de porcelana o vidrio.

A medida que la tensión crece, tamaño y esfuerzos también, y se transforman en aisladores de columna aptos para soportar esfuerzos de



compresión y de flexión (post type) y pueden asumir la función de cruceta en líneas de diseño compacto.

En estos casos pueden ser de porcelana y modernamente de materiales compuestos. Cuando el esfuerzo vertical a que se somete la "viga" aislante es muy elevado se agrega un tensor del mismo material (inclinado 45 grados generalmente) dando origen a una forma de V horizontal.

Los aisladores se completan, como ya indicamos, con insertos metálicos de formas estudiadas para la función, y que tienden a conferir movilidad (en las cadenas) o adecuada rigidez (en las columnas).

Para evitar sollicitaciones anormales e indebidas de los elementos aislantes, los casos más comprometidos se resuelven con fusibles mecánicos instalados del lado del conductor o del lado base y que al romperse permiten el giro del aislador, cargándose entonces en forma más favorable.

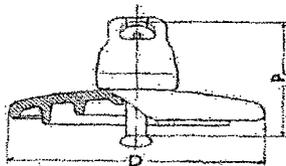
2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS ACTUALMENTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE AISLADORES ELÉCRICOS

2.4.1. Aisladores de Vidrio

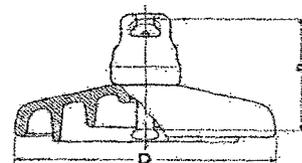
Dentro de los aisladores de vidrio los más utilizados son los de "caperuza y vástagos".

Es una pieza de vidrio templado y tiene las características y forma adecuadas a las condiciones ambientales en las que tiene que trabajar, proporcionando el necesario aislamiento eléctrico.

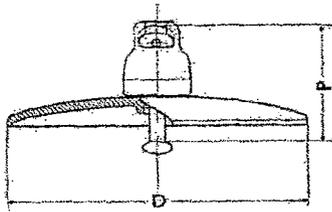
Según su forma los aisladores de vidrio se subdividen en: estándar, utilizados en líneas de baja polución, anticontaminación con dos formas distintas y mayor línea de fuga, aerodinámicos, de forma plana para facilitar su autolimpiado por la lluvia y el viento, y esféricos, de las mismas características que el anterior pero más resistentes al vandalismo.



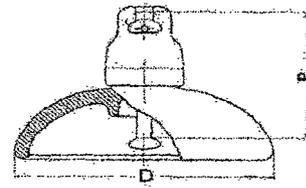
Aislador común



Aislador anticontaminación



Aislador aerodinámico



Aislador esférico

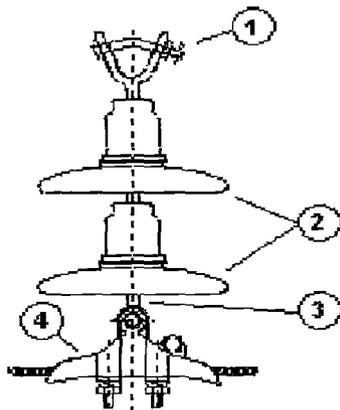
- **Caperuza.** Es una pieza de fundición maleable o dúctil galvanizada en caliente. Está ensamblada con la pieza de vidrio de forma adecuada (cemento, etc) para soportar las sollicitaciones termomecánicas. En la parte superior de la caperuza tiene un alojamiento de rótula comprendiendo además el dispositivo de enclavamiento mediante un pasador sencillo de acero inoxidable tipo R para asegurar el acoplamiento con otras unidades.

- **Vástago.** Es una pieza de acero forjado galvanizado en caliente. Está ensamblada con la pieza de vidrio mediante cemento aluminoso. Colocado sobre el vástago puede montarse el electrodo de sacrificio, consiste en un manguito de zinc utilizado como protección frente a la contaminación salina o industrial.

Las siguientes figuras muestran las distintas configuraciones del armado.

Cadenas de Aisladores de suspensión:

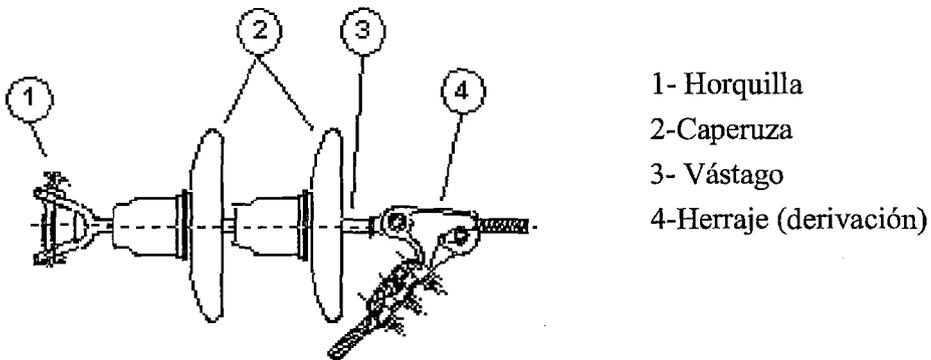
Se utilizan para suspender el conductor a la torre.



- 1- Horquilla
- 2-Caperuza
- 3- Vástago
- 4-Herraje

Cadenas de aisladores de retención:

Sirven para la retención de los conductores a las torres.



2.4.2. Aisladores de Porcelana

Los aisladores de porcelana son utilizados generalmente en baja y media tensión siendo su manera de anclaje similar a los aisladores de vidrio, se disponen en cadenas ensambladas con una cantidad de aisladores proporcional a la diferencia de potencial existente entre el conductor y tierra.

Propiedades de la porcelana

La porcelana eléctrica posee excelentes propiedades para ser utilizada como aislante eléctrico, tales como alta resistencia dieléctrica, alta resistencia mecánica, elevado punto de fusión, inercia química, etc.

Estas propiedades se obtienen mediante la adecuada combinación de materiales cerámicos, especialmente arcilla, feldespato y cuarzo. La arcilla permite una buena plasticidad que facilita la formación del aislador; el feldespato desempeña el papel de fundente y provoca la vitrificación de la porcelana y el cuarzo permite controlar el coeficiente térmico de expansión de la misma.

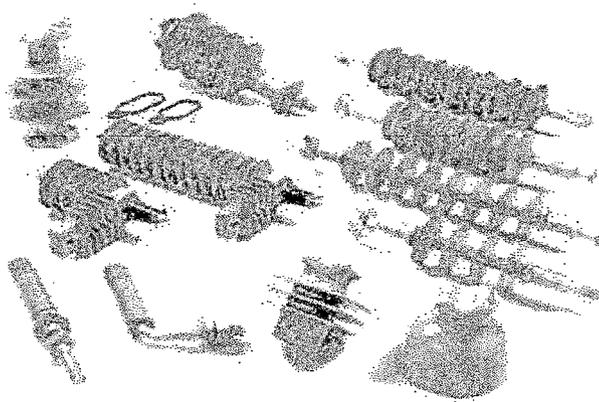
Además de las propiedades de material aislante, debe agregarse una tecnología de diseño que asegure a las piezas las condiciones necesarias para soportar severos esfuerzos electromecánicos sin perder sus propiedades.

Para el estudio de las propiedades mecánicas del aislador se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

Densidad, Volumen, Porosidades, Esfuerzos, Tensión, Compresión, Fractura, Agrietamiento, Impacto de energía, Módulos de elasticidad - Tensión.

2.4.3. Aisladores Poliméricos

Hoy, con la incorporación de nuevos compuestos a partir de cauchos de silicona, evolucionadas y modernas técnicas de producción, se han desarrollado los aisladores poliméricos, los que tienen como gran ventaja comparativa respecto a los aisladores de porcelana y vidrio templado su peso muy inferior lo que facilita la instalación. Otra característica sobresaliente en el caso de aisladores de suspensión es que son de un solo cuerpo, desarrollados según la necesidad, lo que evita armar cadenas de aislación, facilitando su instalación y resistiendo acciones vandálicas pues por su composición no sufren daños por golpes. Pero dentro de las contras que tiene este aislador están los defectos propios del material y la destrucción por parte de las aves.



Propiedades de los polímeros

Combinan tanto el soporte mecánico como el eléctrico y permiten el control de la superficie de fuga o protección de partes internas. Son utilizados cuando se requiere controlar fugas externas mientras se protege el contenido (alma de fibra) contra el agua y daños por fugas de corriente y descargas.

Las principales ventajas de los polímeros son:

Livianos, resistentes, seguros, mayor vida útil, confiabilidad, menor tamaño, autolavables, flexibilidad, alta rigidez dieléctrica, reduce los costos de construcción e impacto ambiental, baja conductividad térmica, elevado punto de inflamabilidad, resistencia al vandalismo, estéticos.

Hidrofobidad

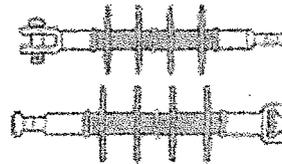
Cuanto más hidrófoba sea la superficie del aislador mayor será su resistencia superficial y por lo tanto su resistencia a la formación de corrientes de fuga. Los polímeros son generalmente hidrófobos comparados con la porcelana, que es hidrofílica. Sin embargo, todas las superficies perderán su hidrofobidad cuando se expongan a corrientes de fuga, entonces la degradación de la superficie se acelerará hasta que la lluvia o niebla se acabe o la parte húmeda de un ciclo de prueba se detenga. La degradación del polímero es causada usualmente por descargas eléctricas o por reacciones electroquímicas en la capa de contaminantes del aislador. Este fenómeno se incrementa con la densidad de la corriente de fuga y puede ser limitado reduciendo la superficie del esfuerzo eléctrico.



Aisladores para Transformadores



Aisladores para postes



Aisladores de distribución

La siguiente tabla muestra las principales ventajas y desventajas de los diferentes aisladores.

| | Ventajas | Desventajas |
|-----------------|--------------------------------------|---|
| Porcelana | Muchos años en uso | Peso elevado |
| | Buena performance | Defectos ocultos |
| | Fácil recambio | Susceptibles al vandalismo |
| Vidrio templado | Muchos años en uso | En servicio no es fácil detectar fallas |
| | Buena performance | Peso elevado |
| | Fácil recambio | Susceptibles al vandalismo |
| | Fácil detección de fallas | |
| Poliméricos | Buena performance a la contaminación | Quebradizos |
| | Livianos | Dañados por los materiales orgánicos |
| | Bajo costo de instalación | Difícil recambio |
| | No sufren de vandalismo | Defectos ocultos |
| | | No existen técnicas de mantenimiento bajo potencial |

3. CAUSAS DE DETERIORO Y DE MALA CONSERVACIÓN DE LOS AISLADORES

3.1. AISLADORES DE VIDRIO Y PORCELANA

Pasaremos revista a las causas de deterioro en los aisladores de vidrio y de porcelana, así como a las que hacen que éstos no den un resultado satisfactorio.

Mala distribución del campo eléctrico: Es el resultado de haber sido mal proyectada la forma del aislador; en la actualidad se ha logrado evitarlo.

Mala distribución de las superficies de fuga: Su origen es el mismo que el anteriormente citado.

En algunos casos, las superficies de fuga se modifican en los aisladores en servicio como consecuencia de depósitos de polvo, sal, etc., en las mismas.

En cuanto a los depósitos de polvo, sus efectos se dejan sentir principalmente en las inmediaciones de las fábricas de cemento y de los talleres de fundición.

En tales circunstancias, lo más adecuado es equipar las líneas con los aisladores especiales que, para estos casos, fabrican las casas constructoras.

Porosidad: Durante bastante tiempo fue considerada como un defecto de poca importancia. Se procuraba obtener una elevada resistencia mecánica que es inversamente proporcional al grado de porosidad. En la actualidad se exige a la porcelana una gran capacidad para soslayar los fenómenos de ionización del aire que llena los poros y que favorece las perforaciones.

Pequeña resistencia mecánica: Conviene que la resistencia mecánica de los aisladores sea grande, para que los peligros de rotura sean menores.

Una elevada resistencia favorece la buena conservación bajo los efectos de los esfuerzos de tracción que ejercen los conductores.

Es conveniente, además, que los aisladores sean lo más resistentes posibles al fuego, y a los golpes que inevitablemente sufren en los transportes por malos caminos, por el campo, pedradas, etc.

Pájaros y animales que pueden provocar cortocircuitos en las líneas: En diversas ocasiones se han llegado a colocar protecciones especiales para impedir que los pájaros provoquen cortocircuitos al extender sus alas, o bien al depositar sus excrementos.

Tensiones internas: Son indicio de una fabricación defectuosa.

Pequeña resistencia a las tensiones bruscas (tempestades): La tensión de formación del arco en seco, con altas frecuencias es mayor que la correspondiente a las frecuencias normales. Esta particularidad se debe a que la ionización del aire es más fácil en el primer caso que en el segundo.

Peek determinó la relación de las dos tensiones de arco con alta frecuencia y con la normal denominándola “relación de impulsión”. Mediante su conocimiento se puede determinar cómo se comportará el aislador al hallarse sometido a descargas atmosféricas.

En la actualidad, y hablando en términos generales, los aisladores no originan trastornos si han sido bien construidos, y se puede suponer que su duración en condiciones eficientes es muy larga.

3.2. AISLADORES NO CERÁMICOS (POLIMÉRICOS)

Las propiedades eléctricas y el comportamiento de los aisladores no cerámicos dependen principalmente de sus propiedades superficiales (como la hidrofobicidad) y de los cambios de estas propiedades debidos a la exposición a la intemperie (envejecimiento).

Asimismo, dicho comportamiento depende también de un diseño adecuado al reducir el número de interfaces donde se pueden presentar arcos y donde puede ocurrir una degradación acelerada del material.

El proceso de selección de un aislador no cerámico para una aplicación particular debe incluir un análisis de los materiales disponibles, de la experiencia operativa, del dimensionamiento de su longitud y distancia de fuga, de los resultados de pruebas de envejecimiento acelerado y de las condiciones bajo las cuales va a operar.

Los aisladores no cerámicos están sujetos a diferentes condiciones ambientales y de contaminación, por lo que el material de los faldones y de la cubierta debe ser capaz de soportar los efectos de las descargas superficiales (erosión o tracking) y diversos mecanismos de falla que pueden presentarse en campo.

Mecanismos de degradación asociados con la exposición a la intemperie

Los aisladores no cerámicos pueden envejecerse y presentar cambios debido a los múltiples esfuerzos encontrados en servicio, ya que tienen uniones más débiles que los materiales cerámicos.

El envejecimiento y la vida esperada de los aisladores no cerámicos dependen de varios factores, muchos de los cuales están asociados con la exposición a la intemperie, mientras que otros están relacionados con las condiciones de operación. Aunque el exponerse a los elementos naturales ha demostrado que envejece los materiales, existe una gran experiencia que sugiere que la vida del aislador está más relacionada con diseños de pobre desempeño y un mal control de calidad durante el proceso de fabricación.

Dependiendo de los materiales utilizados en los aisladores, de su diseño y de las condiciones ambientales, se pueden generar diferentes mecanismos de degradación que pueden provocar la falla del aislador. Algunos de estos mecanismos son:

1. Diversas formas de falla mecánica de la barra de fibra de vidrio.
2. Formación de caminos conductores sobre la superficie del material aislante.
3. Aparición de partículas del relleno en la superficie aislante.
4. Cambios en el color base del material aislante.
5. Rompimiento del material no cerámico como resultado de la exposición a altos niveles de energía UV asociada con la presencia de corona.
6. Corrosión de las partes metálicas debido a la reacción química con el ambiente.

7. Microfracturas superficiales con profundidades entre 0.01 y 0.1 mm.
8. Rompimiento del material adhesivo usado para unir químicamente dos materiales del aislador.
9. Pérdida significativa del material aislante, irreversible y no conductora (erosion).
10. Exposición de la barra de fibra de vidrio al ambiente.
11. Fracturas superficiales con profundidad mayor a 0.1 mm.
12. Fuga de grasa de las interfaces faldón-cubierta o faldón-núcleo hacia la superficie .
13. Penetración de agua en forma líquida o vapor, causando el ablandamiento de cubierta o faldones (hydrolisis).
14. Pérdida de hidrofobicidad.
15. Pérdida de adhesión del sello de los herrajes.
16. Daños por arco de potencia.
17. Daños por perforación.
18. Separación o apertura del material aislante.
19. Daños por vandalismo

Aunque muchos factores están involucrados en el envejecimiento de los aisladores no cerámicos, la humedad y la contaminación juegan los papeles más importantes. En condiciones secas y ambientes sin contaminación, los aisladores no cerámicos tienen una vida muy larga. La humedad y la contaminación provocan un incremento en la corriente de fuga sobre la superficie aislante. La experiencia ha mostrado que existe una apreciable diferencia en el nivel de corriente de fuga entre los aisladores cerámicos y los no cerámicos. La corriente de fuga en los aisladores no cerámicos indica la pérdida de la hidrofobicidad de los faldones y cubierta. Si la corriente de fuga es suficientemente alta puede conducir a la formación de arqueo de bandas secas. El calor producido por las descargas en forma localizada causa erosión o carbonización. Por lo anterior, la retención de la hidrofobicidad es altamente deseada, aunque si esta propiedad se pierde o se reduce, la formulación del material no cerámico debe tener una alta resistencia a la erosión o a la carbonización.

La corriente de fuga también redistribuye el esfuerzo de voltaje, sobreesforzando los materiales no cerámicos y la construcción del aislador, lo cual

causa la ruptura dieléctrica de las uniones, exponiendo la barra de fibra de vidrio a la humedad. Cuando esto ocurre se presenta una falla interna por carbonización.

La clave para dar mayor tiempo de vida a los aisladores no cerámicos es asegurar que la corriente de fuga se mantenga en un nivel bajo. Debido a su hidrofobicidad, los aisladores no cerámicos de hule silicón satisfacen este requerimiento esencial. Sin embargo, una distancia de fuga protegida bien dimensionada también reduce la corriente de fuga. Asimismo, el mantenimiento por lavado natural o artificial también incrementa su vida.

EFFECTOS DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN AISLADORES POLIMÉRICOS

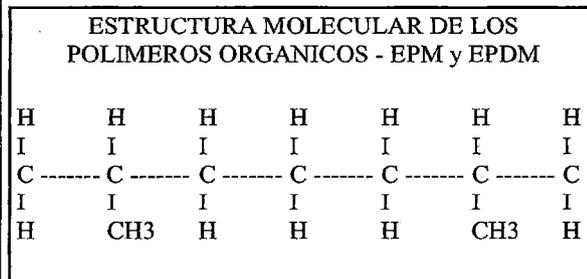
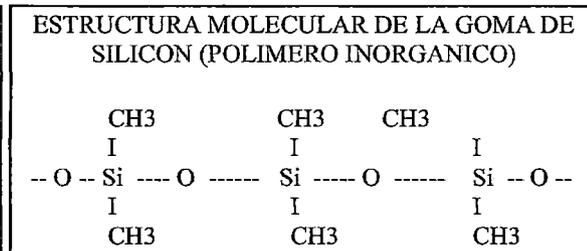
"La radiación ultravioleta es destructiva para muchas superficies poliméricas. Si la energía de la radiación ultravioleta excede la energía de unión entre los átomos de la cadena del polímero, producirá ruptura de la estructura molecular. (La tabla III muestra los tipos de estructuras de polímeros y sus energías de unión. La intensidad de la luz solar se incluye para la comparación). Esto resulta en degradación de la superficie en forma de "tiza", e inclusive formación de surcos carbonizados conductivos (tracking). Los efectos son dobles. La hidrofobicidad del propio polímero aislador es afectada, y la degradación de la superficie permite el depósito para contaminantes, promueve el desarrollo de surcos, y la mayor reducción de la hidrofobicidad".



2317

| Unión | Energía de Unión (KJ/m) |
|-----------|-------------------------|
| Si - O * | 445 |
| C - H | 414 |
| C - O | 360 |
| C - C ** | 348 |
| Si - C | 318 |
| Si - H | 318 |
| C - S | 275 |
| Si - Si | 222 |
| S - S | 205 |
| Luz Solar | 398 |

* Silicona
** EPDM, Polietileno



La información anterior, explica por qué la goma de silicón, por su estructura molecular con enlaces de Si-O (Silicio-Oxígeno) exhibe un mejor comportamiento frente a la radiación ultravioleta, que los polímeros orgánicos con estructura molecular de enlaces C-C (Carbono - Carbono).

3.3. EL PROCESO DE CONTAMINACIÓN DEL AISLAMIENTO ELÉCTRICO EXTERNO

Los aisladores que se encuentran bajo condiciones de explotación están sometidos a las condiciones del medio en que se encuentran situados, las cuales varían ampliamente de un lugar a otro, dependiendo de las características de la zona en que se encuentre la parte de la instalación en cuestión. Estas características hacen posible que el nivel de aislamiento requerido pueda variar a lo largo de una misma línea, pues las condiciones de contaminación son diferentes a lo largo de la traza de la misma.

Así mismo, la forma del aislador va a intervenir grandemente en el modo en que dicho contaminante se va a acumular a lo largo de su superficie, como se muestra en la Figura 2.3.1. mas abajo.

De manera general puede decirse que los aisladores ubicados en las líneas eléctricas aéreas siempre están expuestos a la contaminación, pues aún cuando se toman medidas con respecto a limitar o reducir las emisiones de contaminantes por parte de las fuentes industriales, la contaminación de tipo natural es prácticamente imposible de controlar, por lo que internacionalmente el trabajo investigativo se ha dirigido al diseño y selección de aislamientos adecuados así como a establecer medidas y procedimientos para su explotación, bajo las diferentes condiciones meteorológicas y de contaminación que se pueden presentar.

Existen tres tipos fundamentales de contaminación: marina, industrial y desértica, pudiéndose incluir un cuarto tipo en los casos de las zonas industriales

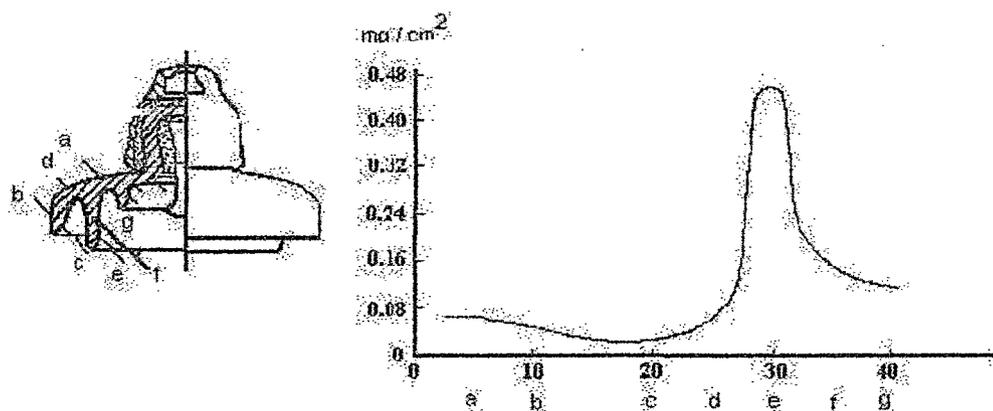


Fig. 2.3.1. Curva de distribución del contaminante acumulado a lo largo de la superficie de un aislador tipo niebla

cercanas al mar. La contaminación marina puede ubicarse no sólo en las inmediaciones de la costa, sino también a considerables distancias de las mismas por la acción de los vientos; la contaminación industrial tiene su aparición con el desarrollo de las industrias y los efectos contaminantes de las mismas al medio, pudiendo ser de diversos tipos, en dependencia de la fuente que la origina: química, petroquímica, metalúrgica, cemento, etc., teniendo sus particularidades cada una de ellas. Existe un caso particular de contaminación que se presenta en las zonas desprovistas de vegetación, por efecto del polvo que puede llegar a depositarse en los aisladores; esto es muy común en períodos de seca muy prolongados o durante el laboreo de las tierras. En algunos de los casos vistos el contaminante puede ser eliminado con facilidad con el uso de medidas de lavado, mientras que en otros como

el cemento, puede llegar a formarse incrustaciones que sólo pueden ser eliminadas con el uso de agentes químicos.

En su forma más general, los contaminantes constan de dos partes fundamentales: una parte eléctricamente inerte que al humedecerse no se disocia en iones, y que por lo tanto no es conductora y cuya función es darle a la capa sus características adhesivas y absorbentes, y una parte eléctricamente activa que al humedecerse se disocia y presenta por tanto características conductoras.

Las partículas contaminantes que se encuentran en suspensión en el aire, y que pueden ser trasladadas por este a las cercanías de los aisladores, poseen un diámetro que se encuentra en el rango de 0,001 a 400 micrones. La magnitud y distribución de la capa de contaminante sobre la superficie del aislador no es posible determinarla con precisión debido a la diversidad de factores involucrados en el proceso. Cuando una partícula de contaminante se encuentra en las cercanías de un aislador energizado la misma está sujeta a diversas fuerzas, por lo que se moverá en una dirección resultante hasta que se deposita sobre el aislador, después de lo cual estará sometida a la acción de la lluvia, el rocío y la niebla, las cuales actuarán sobre la distribución original. Las fuerzas que actúan sobre las partículas pueden resumirse en:

- **Fuerza gravitacional**, cuya tendencia es la de depositar las partículas más pesadas en la superficie superior del aislador, acentuándose su efecto en la medida que aumenta el tamaño de las mismas.
- **Fuerza del viento**, que se plantea es la de mayor incidencia; es la encargada de llevar las partículas contaminantes a las proximidades del aislador, permitiendo que actúen el resto de las fuerzas. En su efecto tiene un papel importante las características aerodinámicas del aislador.
- **Fuerza electrostática**, cuyo efecto tiene una gran dependencia del estado de carga de la partícula. El efecto de esta fuerza se hace presente cuando ocurre el fenómeno de la corona, que permite bajo la polarización alterna de las tensiones de inicio, un desplazamiento efectivo de la partícula hacia las zonas de mayor intensidad de campo.

Por otro lado, la lluvia es otro de los factores de mayor incidencia en la no uniformidad de la capa de contaminante, por su efecto de lavado, en un mayor grado, sobre la superficie de los aisladores. Esto contribuye a que el nivel de contaminación de las áreas protegidas del aislador sea muy superior al del resto. Así mismo, debido fundamentalmente al efecto del lavado de la lluvia, se comprueba que las cadenas aislantes dispuestas horizontalmente, o con cierto ángulo, presentan un mejor comportamiento con relación a las cadenas verticales.

3.3.1. Proceso de la descarga por contaminación en el aislamiento.

Independientemente de la condición de contaminación existente, para que se produzca una descarga total existen una serie de requisitos mínimos a cumplirse:

- Formación de la capa de contaminante.
- Humedecimiento de la capa de contaminante y aumento de su conductividad y de la corriente de filtración.
- Secado de la capa de contaminante en las regiones de mayor densidad de corriente. Formación de las bandas secas.
- Descarga a través de las bandas secas y crecimiento de las mismas.
- Descarga total.

La secuencia anterior no implica que cada uno de los eventos mencionados esté completamente definido en tiempo, pudiendo desarrollarse varios simultáneamente, como es el caso de la contaminación marina directa cerca de la costa en la cual la formación de la capa de contaminante, así como su humedecimiento, son eventos que ocurren al mismo tiempo.

Cuando la capa de contaminación depositada sobre la superficie del aislador se humedece, su comportamiento es el de un electrolito, disminuyendo su resistencia e incrementándose la corriente de filtración a través de ella. Con el aumento de la corriente se incrementa el calor generado y a su vez la temperatura de la capa contaminante, lo que hace que disminuya aún más su resistencia, debido al coeficiente térmico negativo de los electrolitos. Esta disminución de la resistencia de la capa se pone de manifiesto hasta que la temperatura alcanza el punto de ebullición, comenzando la capa a perder humedad por evaporación. En este instante la resistencia de la capa comienza lentamente a aumentar, hasta que la pérdida de

humedad sea tal que la capa se seca, momento en el cual la misma alcanza rápidamente altos valores de resistencia; este fenómeno es más acentuado en las partes más estrechas del aislador, donde la densidad de corriente es superior, llegándose a formar a través de este mecanismo, zonas secas perfectamente detectables, a las cuales se les nombra **bandas secas** por su disposición en el aislador. El incremento en la resistencia, producido por la formación de la banda seca, hace que la corriente disminuya, pero su formación implica que la mayor parte de la tensión aplicada al aislador aparezca a través de ella, por estar aún mojado o húmedo el resto de la capa contaminante depositada sobre el aislador y por tanto poseer baja resistencia.

El ancho de la banda seca varía en dependencia de varios factores: características de absorción de la capa, régimen de humidificación, lugar donde se forma la banda seca, etc. Dicha banda se sigue formando a través de un proceso cíclico hasta un punto en que la tensión aplicada a la misma es ligeramente inferior al valor requerido para iniciar la descarga por el aire, por lo que cualquier disminución del ancho de la banda, distorsión del campo eléctrico o el desarrollo de algún proceso de ionización provocará la descarga; el arco crecerá hasta un límite, en que dependiendo de las características del sistema éste se extingue o produce el cortocircuito del aislador. Durante años se han desarrollado diversos estudios para obtener modelos matemáticos que permitan un estudio más detallado sobre el fenómeno de la descarga del aislamiento por la contaminación; dichos modelos matemáticos presentan un compromiso entre complejidad y exactitud, ya que existen un gran número de variables de difícil obtención.

La selección del nivel de aislamiento necesario para asegurar una explotación eficiente del mismo en las instalaciones eléctricas que operan bajo los diferentes ambientes que se presentan en un país o región determinada, involucra tres aspectos fundamentales:

- La determinación del nivel (grado, severidad) de contaminación de la región.
- La caracterización del comportamiento de los diferentes tipos y modelos de aisladores bajo las diferentes condiciones ambientales naturales.
- El procedimiento de diseño y selección del aislamiento propiamente dicho.

No en todos los países son utilizados los mismos criterios y métodos para determinar o considerar cada uno de estos aspectos; el fenómeno de la contaminación del aislamiento, su proceso y desarrollo son tan complejos, y por tanto el comportamiento del aislamiento ante este problema, que no existe una fórmula única para dar solución al mismo y cada país ha desarrollado aquellos métodos o metodología de trabajo que más eficiente, económica o factible técnicamente, le ha sido.

La gran distorsión y concentración de altas intensidades de campo sobre la superficie de los aisladores contaminados, provocada por la formación de las bandas secas, explican por qué, siendo la tensión disruptiva del aire del orden de los kV/cm y estando los aisladores diseñados para tener una intensidad de campo sobre su superficie en su régimen normal de trabajo del orden de los 500 V/cm, se pueden producir descargas que pongan en peligro la operación normal del sistema.

En el mecanismo de elongación del arco inciden diversos factores tales como: la fuerza ascendente del vapor de agua generado por la descarga, el secado del contaminante en los puntos de contacto de la descarga con la superficie contaminada que aumenta el ancho de las bandas secas, la fuerza ascendente del aire calentado por la descarga, las fuerzas electrostáticas que se generan en los extremos de la descarga debido a la alta concentración de campo, la variación de la corriente con el crecimiento de la descarga, etc.

Todo lo anterior muestra lo difícil que es efectuar este análisis, ya que en cada caso intervienen varios factores, pudiendo ser el principal uno o la combinación de varios.

4. DESCARGA DE ARCO

Se suele llamar descarga de arco al tipo de conducción eléctrica que se establece en gases, caracterizada por dar lugar a corriente muy altas sin necesidad de tener grandes d.d.p., desde amperios a miles de amperios. Una descarga de arco es esencialmente un corto circuito

Vamos aclarar más el mecanismo por el cual se genera la descarga de arco. Suponga que tenemos dos electrodos metálicos puntiagudos conectados a una fuente de tensión, como se muestra en la figura 2.4.1.

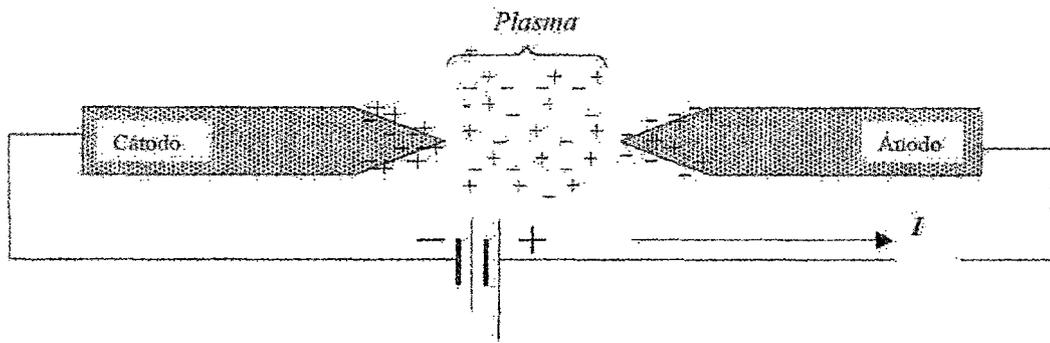


Fig 2.4.1. Proceso de la descarga de arco

Si la diferencia de potencial que proporciona la batería es suficiente para producir una descarga corona, se tendrá una pequeña corriente en el circuito formado por los conductores, los electrodos y el aire o gas existente entre las puntas de los electrodos. La ionización se inicia en las proximidades de la punta del ánodo por el impacto de los electrones contra las moléculas del gas, al ser los electrones acelerados hacia el ánodo por el intenso campo. La producción de iones positivos, mas electrones origina un gas conteniendo aproximadamente la misma concentración de cargas positivas y negativas, y también moléculas neutras, que obviamente es conductor. Este gas se le llama plasma y ocupa las regiones entre las puntas de los electrodos. Los iones positivos se dirigen hacia el cátodo y los electrones hacia el ánodo.

Téngase presente que al chocar un electrón con una molécula e ionizarla, arranca electrones que son acelerados por el campo y a su vez ionizan más moléculas y producen nuevos electrones, estableciéndose una avalancha de portadores de carga. Veamos lo que sucede cuando la corriente se aumenta elevando la diferencia de potencial entre los electrodos hasta producir que salta una chispa entre las puntas de los electrodos, es decir, hasta establecer el arco o la descarga de arco. Primero, la superficie del cátodo se calienta mucho como consecuencia de los impactos de los iones, resultando erosionada por el bombardeo de los iones y átomos del cátodo que son proyectados fuera.

Después, en cierto instante, la temperatura del cátodo se eleva tan bruscamente que algunos átomos se evaporan creando las condiciones ideales para mantener un arco de descarga a través del plasma creado entre las puntas de los

electrodos. Ahora la corriente en el circuito puede ser muy grande. ¿De dónde salen la gran cantidad de electrones que se necesita para mantener esta alta corriente y la descarga de arco?

Tres regiones se pueden considerar en el espacio comprendido entre las puntas de los electrodos, según se muestra en la figura 2.4.1. Las dos regiones inmediatas a las puntas y la región central donde se tiene el plasma emitiendo luz visible y ultravioleta. El continuo bombardeo del cátodo por los iones positivos eleva mucho su temperatura y lo mantiene caliente. Entonces la superficie del cátodo puede emitir electrones por emisión termoiónica.

Sucede que los átomos del metal están a una temperatura tan alta que sus electrones libres alcanzan tanta energía que pueden escaparse del metal. En las inmediaciones del ánodo es donde los electrones al colisionar con moléculas neutras tienen capacidad de formar los iones positivos que se requieren para mantener el plasma neutro en la región central.

5. DESCARGAS PARCIALES

5.1. NATURALEZA DEL FENÓMENO.

Cuando un material aislante es sometido a una diferencia de potencial y en dicho material existe alguna cavidad, el campo eléctrico tiende a concentrarse en dicho lugar donde se produce, dando origen a una descarga eléctrica. (Fig 2.5.1).

La ionización es un proceso físico, el cual se inicia cuando un electrón libre o un ion negativo llega a un espacio lleno de algún material ionizable, por ejemplo gas donde exista un campo eléctrico. Si un electrón tiene la suficiente libertad para moverse en el gas, éste adquirirá una gran energía dinámica tal que en la colisión del electrón con una molécula neutra se liberará un electrón de ésta por el impacto. Así cada vez que esto suceda se liberará un nuevo electrón capaz de producir el mismo efecto, logrando de esta forma que el número de electrones libres aumente, produciendo así el efecto avalancha.

Cuando esto sucede el átomo adquiere un nivel de energía superior: uno o más de sus electrones pasan a un nivel orbital superior, por lo que el electrón que lo impactó pierde parte de su energía cinética al crear dicho estado. Más tarde, el conjunto de átomos excitados volverá a su estado normal, irradiando este exceso de

energía en forma de luz, calor y ruido audible. Esta liberación de energía corresponde a la emisión de radiación electromagnética.

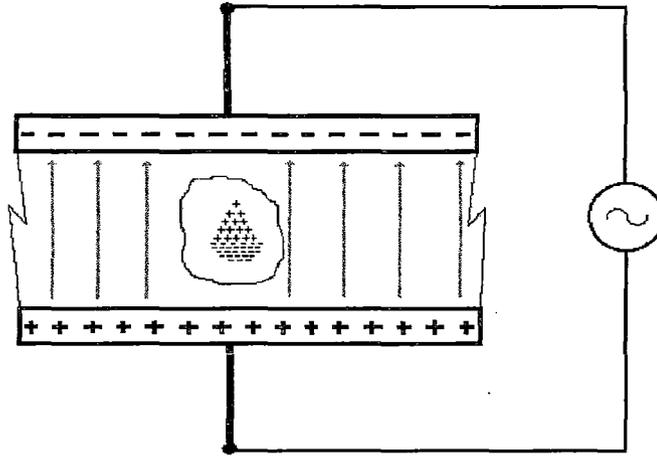


Fig 2.5.1. Avalancha inicial para la formación de una descarga parcial.

Estos electrones, cargados negativamente, se moverán rápidamente en la dirección del electrodo cargado positivamente, el cual junto con el electrodo negativo producen el campo eléctrico en el gas ionizable. Las moléculas que pierdan un electrón permanecerán cargadas positivamente y se moverán más lentamente que los electrones, en la dirección opuesta, es decir, hacia el electrodo negativo. El movimiento de los iones está gobernado por la fuerza que ejerce el campo eléctrico entre las cargas libres y la masa de cada ion. La nube de iones positivos representa una carga de espacio la cual reduce la rigidez del campo eléctrico en la región donde los electrones son liberados por las colisiones, éste y otros efectos desaceleran el proceso de ionización.

Cuando la intensidad del campo alcanza un valor menor al cual se inicio la ionización, no se generan más electrones por avalancha. La carga de espacio formada por iones positivos en la vecindad del electrodo negativo y la de los iones negativos y electrones, en la vecindad del electrodo positivo disminuye por la influencia de varios efectos. El material de los límites de la región donde la ionización ocurre, además de la distribución del campo eléctrico y la polaridad de los electrodos, influyen en la velocidad a la cual la carga se recombina.

A medida que la carga de espacio desaparece, la intensidad del campo eléctrico en la región en cuestión aumenta, cuando éste alcanza el valor al cual la

ionización fue iniciada la primera vez o ligeramente mayor, la avalancha de electrones comienza y el proceso de ionización se vuelve a repetir.

Las tensiones de inicio de estas descargas eléctricas son relativamente bajas debido principalmente a que el campo eléctrico tiende a concentrarse en las cavidades, y que la rigidez dieléctrica del gas es menor que la rigidez dieléctrica del sólido.

Este fenómeno puede ocurrir en cualquier gas y en consecuencia, en cualquier material aislante sólido con fisuras o cavidades, líquido con burbujas y también en aislaciones sólidas desgasificadas.

Estas descargas eléctricas afectan sólo a la zona en que se producen, es decir no comprometen toda la aislación, de allí su nombre genérico de descargas parciales (DPs). Se podría definir entonces DPs como pequeñas descargas eléctricas que se producen en el seno de cavidades con gas presente en un medio aislante sólido o líquido.

5.2. CLASIFICACIÓN DE LAS DPs.

En general se distinguen tres tipos de DPs.

- Internas.
- Superficiales.
- Corona.

5.2.1. Descargas internas

Ocurren en cavidades, en general gaseosas, al interior de un dieléctrico sólido. Estas pueden presentarse de varias formas.

- En el interior del dieléctrico, se presentan como una pequeña cavidad de aire.
- Entre dieléctrico y aislante, generalmente se produce porque la aislación se despega.

5.2.2 Descargas superficiales

Ocurren en gas, ocasionalmente en líquido, en la superficie de un dieléctrico o interface entre dos dieléctricos.

5.2.3 Descargas corona

Son bastante diferentes de las ya mencionadas. Las descargas corona ocurren en las superficies metálicas aguzadas o que tienen un pequeño radio de curvatura, en las cuales el campo eléctrico supera la rigidez dieléctrica del gas (en general aire). La descarga limitada a la zona de alto campo se extingue en el medio circundante lo que no origina una falla franca.

Por lo recién expuesto, hay autores que prefieren omitir a las descargas corona de la familia de las descargas parciales, en general pasan a ser fuente de interferencia en la medición de descargas parciales.

La descarga por efecto corona que se produce en torno a los puntos agudos de un cuerpo cargado se caracteriza por estar el cuerpo a un alto potencial y establecerse la corriente de descarga desde estos puntos a la atmósfera y ser pequeña. Además, puede observarse la emisión luminosa entorno a estos puntos. Si el potencial aplicado al cuerpo se sigue aumentando, la ruptura dieléctrica se produce a lo largo de un trayecto desde un punto agudo del cuerpo al punto más cercano de polaridad contraria. El aire a lo largo de este trayecto se ioniza y emite luz, se observa un arco luminoso o chispazo característico de esta descarga. El resultado es la rápida descarga del cuerpo inicialmente cargado. La descarga también puede producirse aproximando al cuerpo cargado un objeto puntiagudo hasta el extremo que se concentren tal cantidad de carga inducida en las puntas de ambos cuerpos que el campo eléctrico en la porción de aire que los separa sobrepasa el valor de su ruptura dieléctrica. No hace falta que uno toque un objeto cargado, es decir a un potencial, para sufrir una descarga.

MODELACIÓN DEL FENÓMENO.

Una falla en un determinado punto de un sistema de aislación eléctrica puede significar la presencia de una cavidad, la cual presenta una determinada capacidad frente a tensiones alternas.

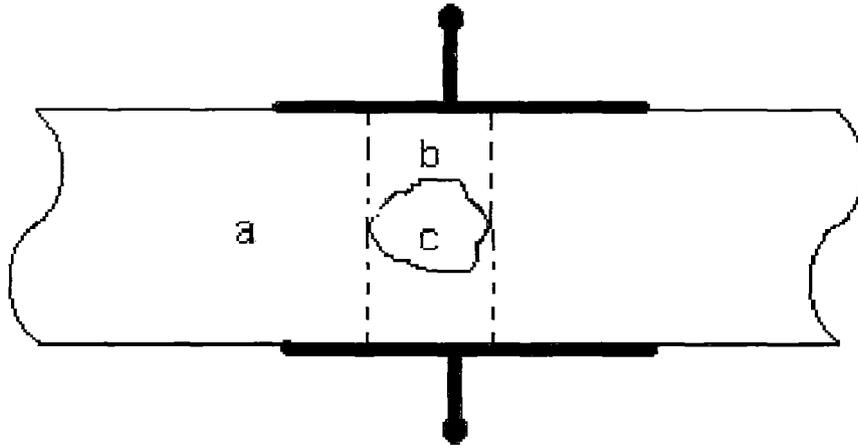


Fig 2.5.2. Modelo de un aislante sólido con falla.

Donde

- a : Representa la capacidad de la aislación sin falla.
- b : Capacidad serie a la cavidad, es decir, de la zona sin falla.
- c : Es la capacidad equivalente de la cavidad.

En general la perturbación eléctrica provocada por una descarga parcial con voltaje alterno puede ser modelada mediante un circuito análogo con condensadores y resistencias. (Fig 2.5.3)

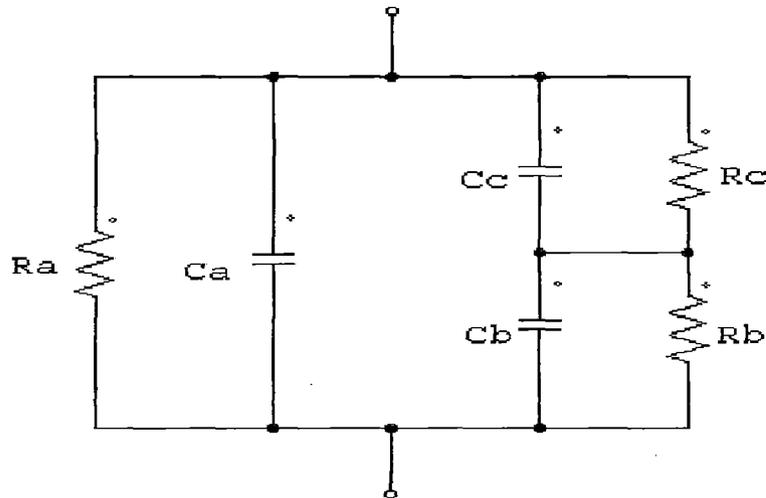


Fig. 2.5.3. Circuito eléctrico equivalente.

Donde R_c y C_c representan la resistencia y la capacidad de la imperfección o cavidad, R_b y C_b la resistencia y capacidad del aislante en serie con la cavidad, R_a y C_a la resistencia y capacidad del aislante restante.

Pero como las resistencias son tan grandes en relación a las reactancias capacitivas se adopta simplemente el modelo simplificado.

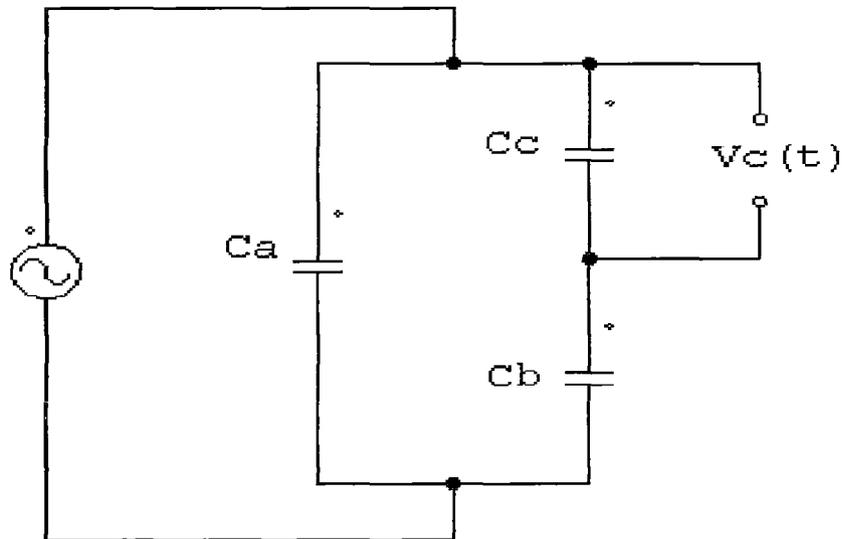


Fig. 2.5.4. Circuito eléctrico simplificado. Modelo ABC

Si se aplica una tensión alterna al aislante, designada por:

$$V_t(t) = V_m \cdot \text{Sen} \omega t \quad (2.5.1)$$

La diferencia de potencial de los bornes de la cavidad es:

$$V_c(t) = \frac{C_b}{C_b + C_c} V_m \cdot \text{Sen} \omega t \quad (2.5.2)$$

hasta el momento donde toma el valor U_i (tensión disruptiva del gas en el interior de la cavidad).

La descarga se produce cuando el valor máximo de la tensión total aplicada es igual a:

$$V_{\max} \geq V_i = \frac{C_b + C_c}{C_b} U_i \quad (2.5.3)$$

Donde;

V_i : Tensión umbral.

La descarga en la cavidad se traduce en una brusca caída de tensión $V_c(t)$ hasta un valor U_e llamado extinción de la descarga.

Después de esto, la tensión en la cavidad C empieza a subir nuevamente, ya que la capacidad de la cavidad representada por C_c , empieza a cargarse debido a la tensión externa aplicada (Curva azul). Una vez que la tensión en la cavidad C , alcanza nuevamente el valor de inicio U_i se produce una nueva descarga, y así sucesivamente hasta que, pasado el máximo de la onda V_c , se llega a valores negativos produciéndose una descarga en sentido opuesto cuando se alcanza el valor $-U_i$. Posteriormente y análogamente al caso ya descrito, se producirá una secuencia de descargas negativas. (La curva de color rojo muestra el voltaje que debería aparecer en la cavidad de no haber descarga).

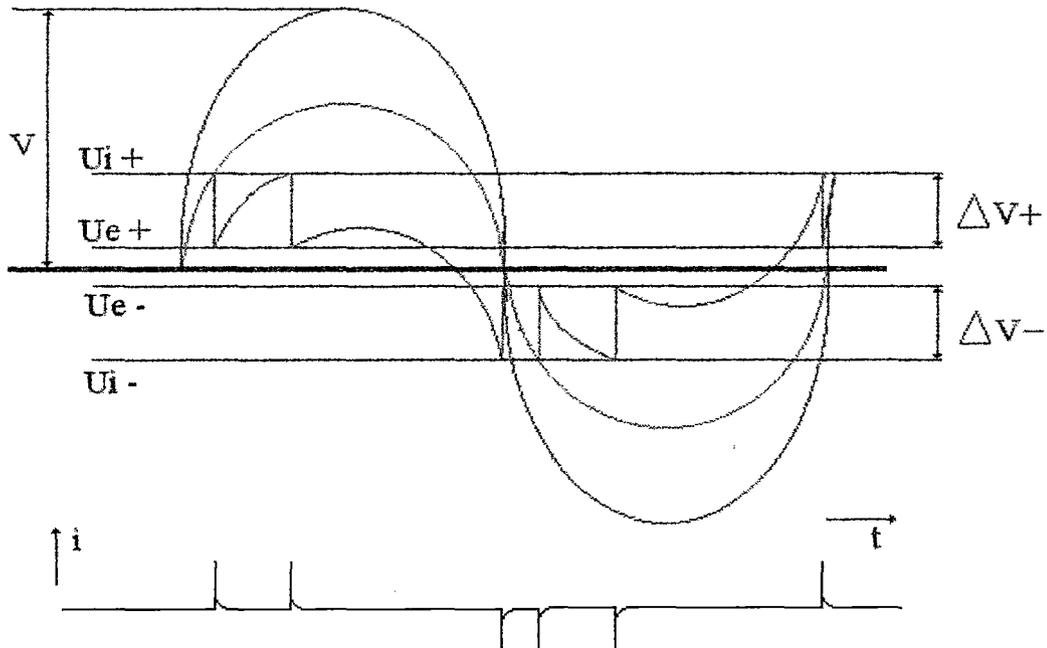


Fig. 2.5.5. Formas de onda de voltaje y corrientes generadas por DPs.

Se debe destacar que los pulsos de DPs son de signo positivo en los intervalos 0° - 90° y 270° - 360° , y negativos en el intervalo 90° - 270° , concentrándose en la región de cruce por cero de la señal.

Con tensión continua el fenómeno es irrelevante pues solo ocurre una descarga al conectar el voltaje y otra al desconectarlo, comparado con lo que ocurre con tensión alterna, en que habrá al menos dos descargas por ciclo.

5.3. ANÁLISIS DE LA FORMA DE ONDA DE LAS DPs PARA EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN.

Las formas de onda de la corriente inducida por una descarga parcial pueden clasificarse en dos tipos, descargas rápidas y lentas.

5.3.1. DESCARGAS RÁPIDAS

Estas descargas se encuentran asociadas a condiciones de sobretensión, dichas descargas tienen un frente del orden de 2ns, pero puede alcanzar tiempos menores de 700ps. En estos tiempos, la corriente puede alcanzar niveles de amperes, por lo que se genera una onda electromagnética que se difunde en el espacio circundante de la zona de descarga.

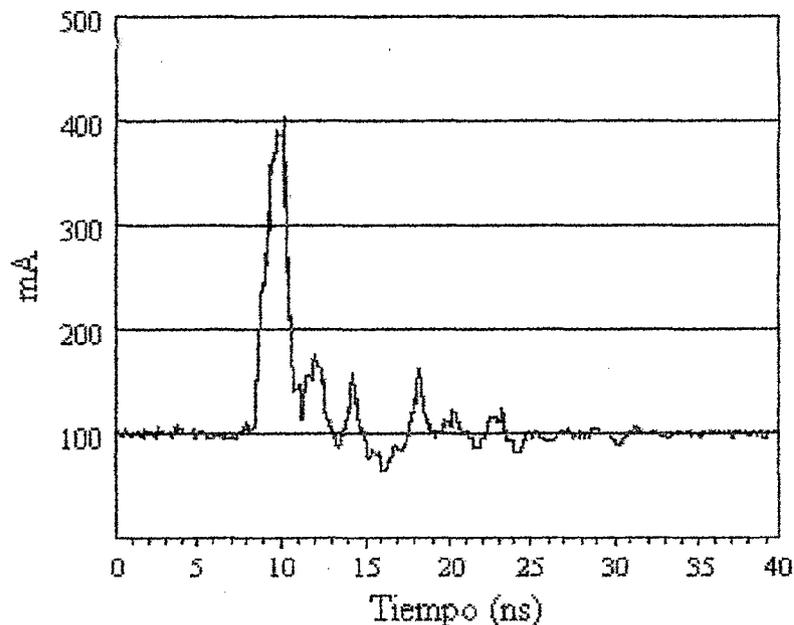


Fig. 2.5.6. Forma de onda de la corriente inducida por una DP rápida asociada a una sobretensión.

El origen de esta forma de onda de la descarga se encuentra asociado con condiciones de sobre tensión dentro de la cavidad donde se presenta la descarga. Estas condiciones de sobre tensión se originan cuando el voltaje presente en la cavidad para provocar la descarga excede los valores de ruptura del gas sin que exista un electrón libre para iniciar la avalancha de acuerdo al proceso descrito anteriormente.

La forma de onda de una descarga rápida contiene información sobre el tiempo entre el momento en que se alcanzó el gradiente de ruptura en el gas dentro de la cavidad y el momento en que apareció el primer electrón libre. Esta información es relevante para definir la energía con que se bombardea la superficie y es sin lugar a dudas, el tipo de descarga que mayor daño puede ocasionar en el aislamiento. Sirve también para la localización de esta descarga, pues la gran cantidad de energía liberada en corto tiempo es mucho mayor que la que se encuentra en el medio ambiente como interferencias y que es causada por las transmisiones de radio y telefonía inalámbrica.

Un dato importante obtenido del estudio de macrofotografías de una superficie de resina epoxica observada en un microscopio electrónico de barrido, indica que este tipo de descarga se presenta tanto en cavidades vírgenes como cavidades con severa degradación, por lo que desde el punto de vista de la evaluación de la degradación, este tipo de descargas no es importante, ya que la magnitud no se altera con la degradación.

Por ejemplo podríamos asociar a este tipo de descargas, aquellas sobretensiones ocasionadas por alguna descarga atmosférica. Dicha sobretensión al manifestarse en el aislamiento podría ocasionar daños al mismo sobre todo si en este existe alguna cavidad.

5.3.2. DESCARGAS LENTAS

Estas descargas se encuentran asociadas a las descargas parciales. Las formas de onda inducidas por las DPs en muestras que presentan degradación severa, son del tipo lento.

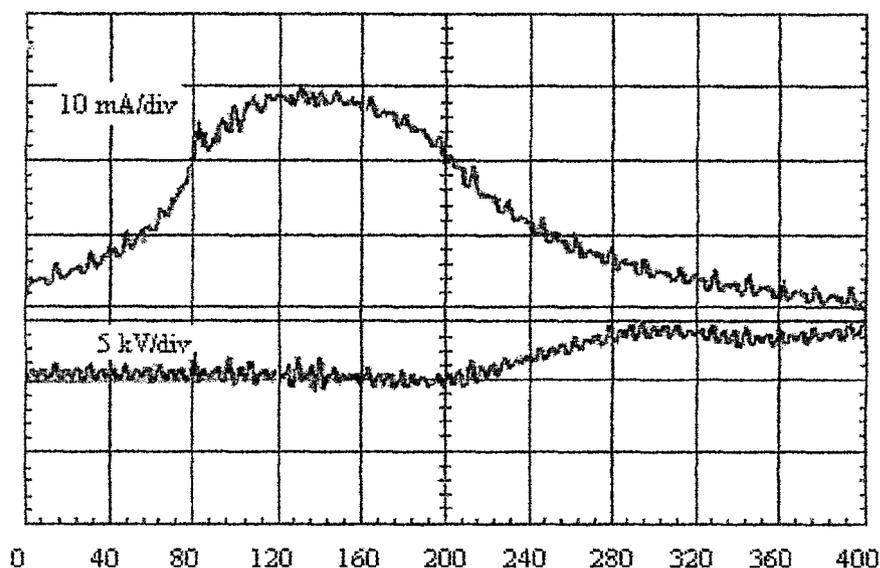


Fig. 2.5.7. Forma de onda típica de la corriente inducida por una DP lenta asociada a una fuerte degradación.

Es necesario resaltar que la escala de tiempos es 10 veces más lenta que la correspondiente a la descarga rápida.

Esta descarga lenta está relacionada con la formación de avalanchas sucesivas, generadas por una abundante cantidad de electrones libres provenientes de carga atrapada en la superficie degradada del aislamiento. Bajo estas condiciones, no se alcanzan niveles significativos de sobre tensión entre cada descarga y la duración de la descarga se extiende mientras la conducción de la superficie degradada permita la difusión de cada descarga anterior. Esta aseveración se confirmó al detectar zonas de inyección de cargas en la superficie, presentadas como áreas luminosas al barrido de un microscopio electrónico. Esto indica que los electrones necesarios para observar la imagen promueven la liberación de más carga inyectada, que se manifiesta como zonas luminosas. Esto significa que la zona de mayor degradación tiene menor resistividad superficial y volumétrica, por lo que promueve la difusión de carga dentro del volumen del aislamiento y con ello la degradación no sólo es superficial sino que avanza hacia los electrodos hasta provocar una falla.

5.4. NOCIVIDAD DE LAS DESCARGAS PARCIALES.

La degradación de un aislante sólido por las descargas parciales es el resultado de un conjunto complejo de fenómenos (Fig 5.5).

- i) Elevación de la temperatura del gas encerrado proveniente de los choques elásticos entre electrones y moléculas gaseosas.
- ii) Bombardeo iónico y electrónico de las paredes de la cavidad provocando su erosión.
- iii) Acción de rayos ultravioleta producidas por átomos excitados y por la recombinación de portadores.
- iv) Descarga química progresiva del material con producción de gases, particularmente hidrogeno.

La importancia de estos diversos fenómenos, varía ciertamente con el material dieléctrico considerado y las condiciones en las cuales él es utilizado, pero las experiencias han demostrado que en un ambiente gaseoso químicamente inerte la degradación de un aislante obedece a un mismo tipo de evolución que comprende tres fases sucesivas:

- i) Inicialmente el proceso de ataque se limita a una erosión lenta, las cavidades se agrandan y pueden entrar en contacto con otra, debilitando localmente el muro del aislante.
- ii) La segunda etapa puede aparecer en los puntos débiles de la cavidad a partir de las cuales las descargas se propagan al interior del dieléctrico sano formando caminos conductores.
- iii) Por fin, cuando el campo eléctrico en la extremidad de una de las ramificaciones alcanza al gradiente disruptivo intrínscico del aislante se observa un desgaste rápido del material en esa dirección, y cuando esta progresión de daño se produce también hacia al electrodo opuesto, la perforación completa del aislante produce una descarga total de una pieza conductora a otra.

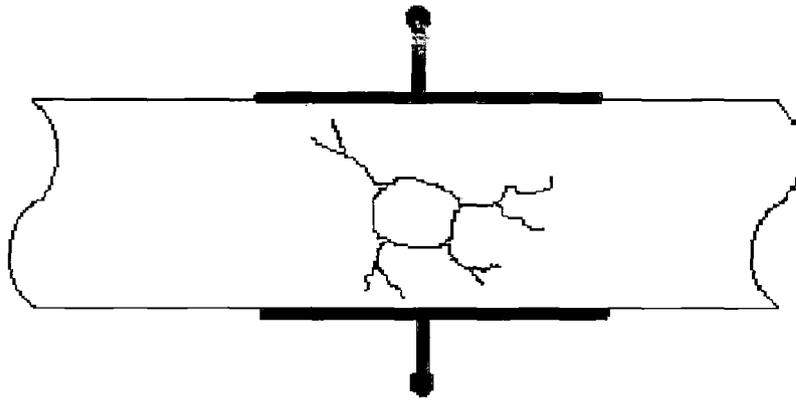


Fig 2.5.8 Formación de árboles a partir de una cavidad.

5.5. AUTOEXTINCION DE UNA DP.

Hay evidencia de que en ocasiones las DPs tras un periodo de existencia se extinguen. Esto resulta muy ventajoso en la práctica, pero plantea dificultades en los estudios sobre el fenómeno.

La explicación más plausible a la fecha apela a los depósitos semiconductores que las propias DPs dejan en las paredes de la cavidad, los cuales cortocircuitan la capacidad respectiva de la cavidad, reduciendo la tensión aplicada a ella a valores inferiores al disruptivo. También se ha probado que la autoextinción es tanto más probable cuanto menor es el espesor de la cavidad.

5.6. PERTURBACION ELÉCTRICA PRODUCIDA POR LAS DPs.

La transferencia de carga en la región donde se produce la ionización es acompañada por la correspondiente transferencia de carga en el circuito externo y la fuente de poder asociada. Por lo tanto, como resultado de esta transferencia de carga, momentánea, de corta duración, regular o aleatoria, se producen pulsos de corriente, los cuales se propagan a través del circuito externo, estos pulsos de corriente son de corta duración ya que son el resultado del movimiento extremadamente rápido de portadores de carga.

5.7. OTROS EFECTOS.

La descripción del proceso de ionización muestra que hay transferencia de carga en la región donde se produce la ionización. Esto significa que hay circulación de corriente en esta región y cierta potencia disipada. Como la corriente circula en un espacio restringido, la densidad de corriente local es extremadamente alta, lo que produce en la región un intenso calor. Esto provoca un fuerte incremento de presión en la cavidad, este efecto puede ser comparado con el de una explosión en miniatura. Así el material que rodea esta zona es comprimido, generándose una onda de pulsos sónica y ultrasónica que se propaga a través del medio.

CAPÍTULO III

MÉTODOS USADOS PARA LA EVALUACIÓN DE AISLADORES

1. DESCRIPCIÓN

En años anteriores y aún en la actualidad, se vienen utilizando muchos métodos para la detección de fallas en aisladores, estos métodos han tenido ventajas y desventajas.

La siguiente es una revisión de la literatura en el análisis de aisladores. Se mostrarán algunos de los métodos existentes para la detección de fallas en aisladores, los cuales están enfocados en conocer las fallas. A continuación veremos los trabajos hechos y algunos métodos utilizados en el campo de la detección de las fallas en los aisladores.

2. MÉTODO DE ZUMBIDO

El método de zumbido se ha utilizado comúnmente, él mismo no se considera como un método elegante pero ha demostrado ser muy útil especialmente para las cadenas largas de aisladores. Este método está basado en el principio de chispeo que se produce cuando dos porciones metálicas con diversos potenciales son cortocircuitadas. El método, básicamente, consiste en aplicar un cortocircuito a cada aislador de una cadena de aisladores y escuchar dicho zumbido (los aisladores en perfecto estado tienen un zumbido muy particular, que se conoce por experiencia previa). De otro lado, se debe tener en cuenta las consideraciones de seguridad que imposibilitan hacer los cortocircuitos de aisladores y de otras desventajas que se derivan al realizar este método.

Se necesitan dos pasos para realizar la prueba del método de zumbido a una cadena de aisladores:

1. Se debe estimar el potencial a lo largo de la cadena de aisladores. Esto se consigue tocando primero el conductor vivo solamente con un terminal del dispositivo de medición para establecer así un nivel de sonido de corona. Las

corrientes oscilantes del más variado rango y diversas formas de onda, incluso las pulsantes y de radio frecuencia, de alta tensión generan luminiscencia alrededor de los cuerpos que se interponen en su camino. Estas luminosidades, generalmente de color azul violáceo con algún tinte rojizo, aparecen como halos o coronas circundando a dicho objeto y es por eso que se le denomina "Efecto Corona". En las inmediaciones de las líneas de alta tensión, este efecto se puede percibir como un ruido (perfectamente audible), semejante al "zumbido de abejas", cuya intensidad será mayor cuanto más tensión soporten los conductores. Se trata de un fenómeno esencialmente eléctrico. Este nivel de sonido de corona se toma como referencia. Después de realizado esto, el terminal es aplicado contra algunos puntos de los aisladores a lo largo de la cadena mientras se escucha el nivel de sonido que es producido en cada una de las posiciones que se han medido. Se hace necesario hacerlo para estar seguro de que existen bastantes aisladores en buen estado (se refiere a sus características como aislador) en la cadena. Esto es verificado por una disminución en el ruido resultante de esta prueba mientras es movido el instrumento desde el conductor vivo hasta el extremo que esta puesto a tierra en la cadena. Cuando se tiene niveles altos de ruido de la misma intensidad en dos lugares contiguos en la cadena de aisladores esto es interpretado como aislamiento restante escaso (poco aislamiento). En tal caso el paso dos a continuación no se realiza, pues se corre el riesgo de causar una descarga disruptiva poniendo en cortocircuito un aislador adicional.

2. Los aisladores dispuestos a lo largo de la cadena se cortocircuitan sucesivamente colocando un puente sobre cada uno de ellos con dos electrodos metálicos en forma de "U" (un extremo va en donde se aloja el perno metálico y el otro en dicho perno, hay que tener en cuenta que estos dos no están en contacto directo por lo tanto no hay conducción de ningún tipo). Mientras, se escucha el sonido producido por el arco o corona. Un aislador internamente puesto en cortocircuito (cuando el alojamiento del perno metálico y el perno metálico están en contacto) no producirá ningún sonido debido a que no tiene ningún voltaje a través de él.

Para realizar este paso, un terminal del electrodo de prueba bifurcado se coloca en contacto con un punto del primer aislador que está unido a la estructura de

soporte mientras que el otro terminal es colocado en un punto del segundo aislador. Si al realizar esto se produce un zumbido, el aislador tiene a través de él un voltaje, este aislador estaría en buena condición. La prueba se realiza en forma continua moviendo el electrodo del medidor de un aislador a otro y escuchando si hay zumbido o carencia de éste. Los resultados de esta prueba de zumbido se deben registrar manualmente y se debe tener muy en cuenta el haber contado correctamente los aisladores.

Basándose en el método anteriormente descrito, se ha desarrollado un probador de aisladores el cual se basa en la medición y posterior registro (se hace en forma automática) del campo eléctrico a lo largo de la secuencia de aisladores de la cadena. Dicho campo eléctrico disminuye considerablemente delante de un aislador interno, puesto en cortocircuito. La forma de trabajar de este dispositivo es deslizarlo a lo largo de la cadena de aisladores mientras son contados automáticamente. La información que se obtenga en la prueba puede ser almacenada y luego ser transferida a un ordenador, para almacenamiento e interpretación de los datos obtenidos. Este probador también da otra información, y es que la distribución del voltaje a lo largo de las cadenas de aisladores, puede ser muy útil para el diseño de líneas de transmisión de energía.

Existen otros métodos muy utilizados para realizar la detección de fallas en aisladores de suspensión, algunos son activos (cuando una fuente externa de alto voltaje es aplicada al aislador para probarlo realmente y llevarlo a sus límites extremos) y otros son pasivos. Los métodos activos de prueba sólo se utilizan en el laboratorio, pero los métodos pasivos son muy utilizados en el campo.

3. MEDICIÓN O DETECCIÓN DE POTENCIAL

La manera más simple para detectar el potencial que existe a través de un aislador es ponerlo en cortocircuito, y esperar a escuchar un ruido cuando el contacto es hecho. Este es el método de zumbido descrito anteriormente. Se han ideado métodos aun más sofisticados y algunos de ellos incluso permiten la medida real del potencial a través de los aisladores en una cadena. En 1925, a Bennett le fue concedida una patente en Estados Unidos para una especie de voltímetro electrostático, él lo montó en el extremo de un aislador delgado a través del cual, el

potencial del aislador podría ser medido. En 1933, a Spangler le fue concedida otra patente para un dispositivo que utilizó una bombilla en un recinto blindado para detectar el potencial a través del aislador. En 1941, Forrest de Inglaterra presentó un artículo en el cual dio los resultados obtenidos con un dispositivo similar al de Bennett. Particularidades de su dispositivo fueron el uso de condensadores coaxiales en serie variables para ajustar la medida de sensibilidad y el campo electrostático. De esta forma se reducen errores en la lectura debido a la inducción de un campo eléctrico. Los resultados presentados en este artículo indican que el método puede ser general, práctico y además confiable en una cadena de aisladores de porcelana para sistemas de voltaje superiores a 132kV, la condición de humedad del aire debe de estar por debajo 70%. A Castelli se le concedió una patente en Italia en 1954, para un tipo de dispositivo similar, que media el potencial a través del aislador por medio de un metro D'arsonval, el cual es colocado en serie con la resistencia de alto voltaje.

4. MEDICIÓN DE RESISTENCIA

Encontrar la falla de un aislador por la medición de resistencia es mejor cuando la línea no está energizada, debido a que la presencia de alto voltaje de corriente alterna generalmente interfiere con la medición de la resistencia a realizar generalmente con corriente continua. Este método se utilizó hasta 1980 especialmente para probar aisladores antes de que estos fueran instalados en las líneas, por medio de un megómetro (medidor de resistencia) ordinario. Una patente en 1981 le fue concedida a C.W. Devine, de Canadá, para un dispositivo verdaderamente práctico de este tipo que se podría también utilizar para comprobar aisladores bajo condiciones energizadas de servicio.

Este dispositivo utiliza un condensador cargado como fuente de la corriente continua para la medición de resistencia. Se hace de dos maneras: una unidad de carga y una unidad de metro. La unidad de metro es muy simple y es diseñada para ser conectada al extremo de un electrodo energizado. Este electrodo puede ser cargado en 20 segundos conectándose a la unidad de carga y se puede utilizar solamente después que su condensador interno se haya cargado. Mientras se están probando los aisladores, el valor de la resistencia se lee directamente en el metro.

Esto no es conveniente para las cadenas largas de aisladores debido a la distancia considerable implicada. El dispositivo es práctico para cadenas de aisladores cortas.

5. MEDICIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO

La desventaja común que se aprecia en los métodos mencionados anteriormente son sus conexiones, las cuales deben ser hechas a cada aislador de la cadena. Esto implica una tarea delicada, que consume mucho tiempo, y además la operación se vuelve riesgosa. Una mejor manera sería medir el campo eléctrico a una menor distancia en cada aislador, tarea realizada a cada aislador individualmente.

Se ha desarrollado un nuevo probador de aisladores de suspensión basado en el método de la medida del campo eléctrico, figura 3.5.1 y 3.5.2. A este dispositivo se le concedió las patentes de Estados Unidos y Canadá en 1988 y 1989 respectivamente.

El dispositivo consta de dos unidades separadas: la primera es la unidad de medida y grabación del campo eléctrico la cual está montada en una especie de trineo especialmente diseñado para tal fin, se referirá como el probador. La segunda unidad, la calculadora, se le ingresa unos datos que incluyen información sobre el horario de prueba y la línea que va a probar. Este probador y la parte calculadora son totalmente independientes el uno del otro y ambos tienen relojes internos que necesitan ser sincronizados para tomar los datos contenidos en cada una de las dos unidades.

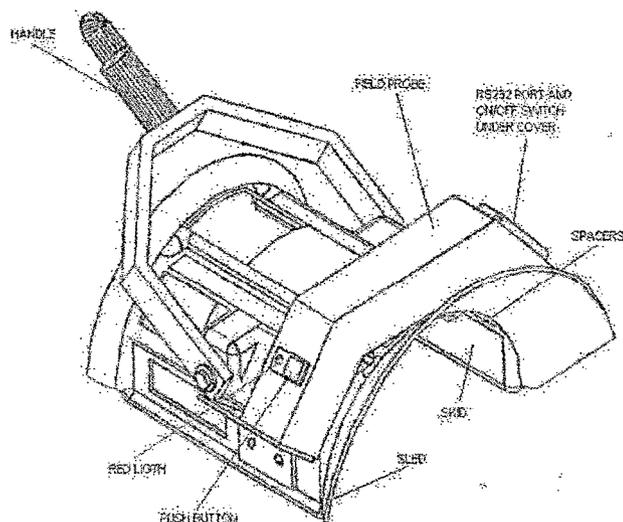


Figura 3.5.1. Probador de aisladores de suspensión

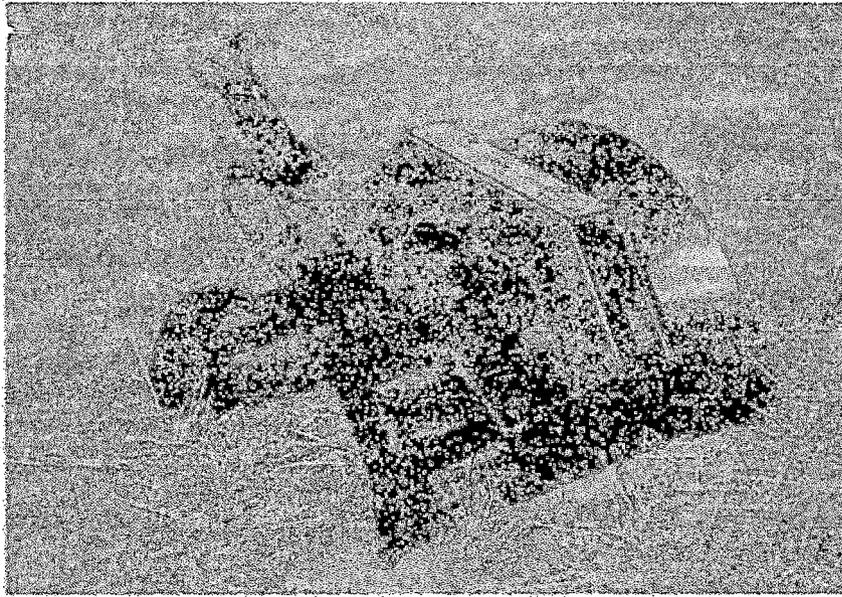


Figura 3.5.2. Vista del nuevo probador de aisladores

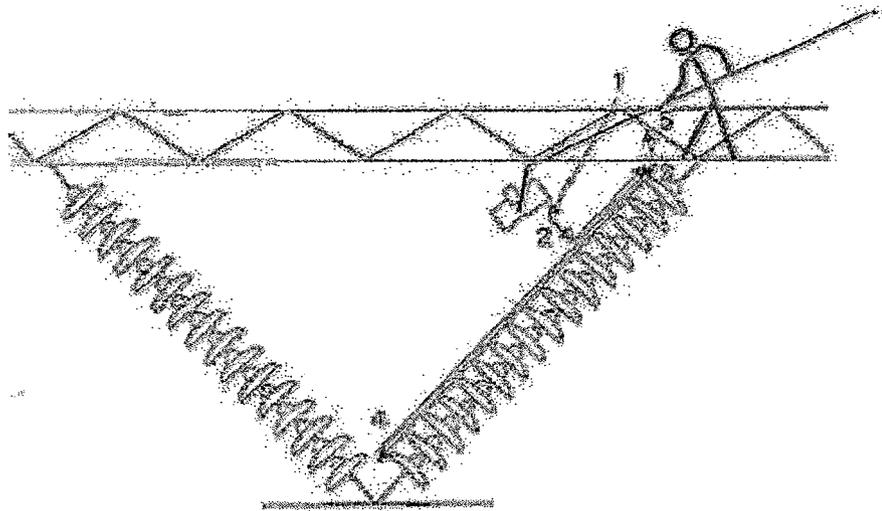


Figura 3.5.3. Descripción del uso del probador de aisladores

Para realizar la sincronización, ambas unidades están conectadas con un ordenador personal que a su vez contiene un programa para generar un horario de prueba que se colocará en la unidad calculadora. Los datos que se generan y se cargan en la unidad calculadora consisten en el número de la línea de la transmisión,

el número de la torre, la identificación de la fase y números de la secuencia del aislador. Toda esta información se coloca entonces en la unidad calculadora, que tiene suficiente memoria para almacenar dicha información. Cabe recalcar que esta unidad puede contener información de más de 500 secuencias de aisladores.

6. SIMULACIÓN DE CARGA (CSM)

El Charge Simulation Method o CSM (siglas en ingles) está particularmente bien satisfecho para los dominios con límites abiertos, tales como aisladores de alto voltaje al aire libre. Aunque el CSM no tiene ninguna restricción dentro de la geometría del dominio, este se prefiere generalmente para geometrías con superficies de curvas que tienen cierto grado de simetría, características encontradas comúnmente en los aisladores de alto voltaje. El CSM tiene la ventaja adicional de usar un número reducido de variables desconocidas y por tanto menos tiempo de cómputo, sobre otras técnicas numéricas. Aun así, la complejidad de la técnica, el tiempo de cómputo y el requisito de memoria llegan a ser considerables cuando el tamaño del objeto aumenta para aisladores de más alto voltaje.

En el método de CSM, el objeto bajo prueba es modelado por un sistema discreto de cargas internas cuyas posiciones y tipo son predeterminadas, pero cuya magnitud es desconocida. Las condiciones de frontera se asignan en un sistema de puntos elegidos arbitrariamente. El número de puntos de la frontera iguala el número de cargas desconocidas de la simulación. Los valores de las cargas desconocidas obtenidas en el CSM satisfacen las condiciones de frontera con una exactitud aceptable, número y localización de éstas cargas. De acuerdo con resultados presentados anteriormente por Kaana-Nkusi, para alcanzar una exactitud aceptable, se debe utilizar una gran cantidad de cargas de simulación para determinar el campo eléctrico de los aisladores relativamente pequeños con geometría simple. Esto conduce a un aumento subsiguiente de requerimiento de memoria y tiempo de cómputo para aisladores más largos, ya que puede degradar la capacidad de la técnica para dar una solución útil.

Para calcular el potencial y el campo eléctrico de aisladores de alto voltaje se desarrolló un método de simulación de carga usando optimización de restricciones iterativas con igualdades y desigualdades constantes.

En esta técnica, después de que el tipo y el número de cargas simuladas son elegidas, la posición y/o la magnitud de las cargas se seleccionan como variables de diseño. Después de enmarcar la función objetivo, un algoritmo de minimización se utiliza para obtener la solución que reduce al mínimo la función objetivo y también satisface las restricciones. La limitación principal de esta técnica radica en que cuando se ha obtenido las soluciones para la secuencia de la cadena de aisladores de alto voltaje, (usada para 230 kilovoltios y más) dichas soluciones son complicadas debido a la cantidad de información que se maneja. El índice de convergencia y de estabilidad del algoritmo de optimización es influenciado por el valor inicial de los parámetros de optimización así como el tipo y la eficacia de la función objetivo. También, esta técnica tiene limitaciones desde el punto de vista de los requisitos extensos de memoria y de tiempo de computación.

El objetivo del trabajo realizado por El-Kishky fue desarrollar un método modificado de simulación de carga (MCSM) que superaría los defectos principales de técnicas anteriores de simulación de carga. Esto podría permitir los cálculos del campo eléctrico y potenciales en cadenas grandes de aisladores de alto voltaje. El condicionamiento del sistema es calculado y utilizado como una bandera para determinar el algoritmo más eficaz para reducir al mínimo la función objetivo. El concepto de error relativo acumulativo se introduce como mejor indicador de la utilidad de la solución. Esto debería ser mencionado ya que hay varios paquetes comerciales basados en el elemento finito, diferencia finita, métodos finitos etc., que están actualmente disponibles para el cálculo del campo del aislador al aire libre de alto voltaje. La comparación del MCSM con estos paquetes se ha evitado, debido a que el trabajo actual, se encuentra todavía en la etapa de desarrollo.

7. ESTUDIO EN LA FORMA DEL CAMPO ELÉCTRICO Y MECANISMO DE DESCARGA DISRUPTIVA DE UN AISLADOR CONTAMINADO

En los años 70, se comenzó a estudiar el mecanismo de descarga disruptiva de aisladores contaminados. Aunque es muy difícil establecer el modelo matemático para dicha descarga, ciertos investigadores han comenzado a estudiar la relación entre la distribución del campo eléctrico a lo largo de la superficie del aislador y el desarrollo de arcos locales. Estos estudios darán luz sobre el mecanismo de la

descarga disruptiva desde el punto de vista de su esencia física. En dicho estudio se investiga la forma del campo eléctrico y el mecanismo de descarga disruptiva de un aislador de suspensión contaminado, se calcula la distribución del campo eléctrico a lo largo de la superficie del aislador de suspensión bajo condiciones de limpieza total, contaminación, humedad, apariciones de arcos locales y desarrollo de los mismos. Los investigadores basaron sus cálculos en el método simulado complejo de cargas de densidad de línea cambiables optimizadas.

El principio básico del método de simulación de carga es muy simple. Si varias cargas discretas de cualquier tipo (punto, línea, o anillo, por ejemplo) están presentes en una región, el potencial eléctrico y estático en cualquier punto C se puede encontrar por la adición de los potenciales, resultado que se obtiene de las cargas individuales, mientras el punto C no reside en ninguna de las cargas. Dejemos Q_j sea un número de n cargas individuales y ϕ_i sea el potencial en cualquier punto C dentro del espacio. Según el principio de superposición.

$$\phi_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} Q_j$$

Los valores P_{ij} son los coeficientes de potencial, que pueden ser evaluados analíticamente para muchos tipos de cargas, resolviendo las ecuaciones de Laplace o Poisson. Por ejemplo, en la figura 3.5.4, se muestra tres puntos de carga Q_1 , Q_2 y Q_3 en el vacío, el potencial ϕ_i al punto C , es obtenido por:

$$\begin{aligned} \phi_i &= \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2} + \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0 R_3} \\ &= P_{i1} Q_1 + P_{i2} Q_2 + P_{i3} Q_3 \end{aligned}$$

Así, una vez que los tipos de cargas y sus localizaciones se definan, es posible relacionar ϕ_i y Q_j cuantitativamente en cualquier punto en el límite. En el mecanismo de descarga disruptiva, las cargas de la simulación se colocan fuera del espacio donde se desea la solución del campo (o interior, cualquier superficie equipotencial tal como electrodos metálicos). Si el punto del límite C está situado en la superficie

de un conductor, entonces el ϕ_i en este punto de contorno es igual al potencial del conductor ϕ . Cuando este procedimiento se aplica a m puntos de contorno, esto conduce al sistema de m ecuaciones lineales para n cargas desconocidas.

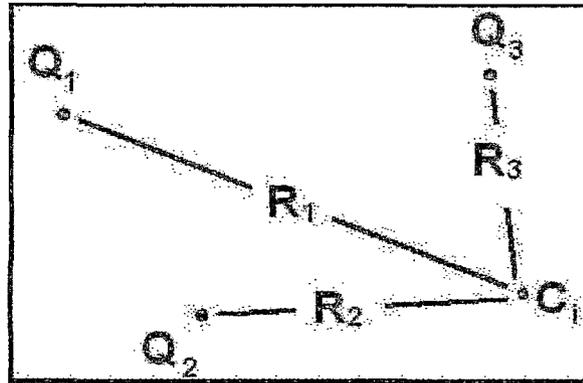


Figura 3.5.4. Tres puntos de cargas en el vacío

7.1. MODELO ESTIMADO Y MÉTODO

El modelo estimado del aislador de suspensión XP-70 se muestra en la Figura 3.5.5. Hay 37 puntos de cargas simuladas en electrodos de alto voltaje y diez cargas de línea también simuladas. Hay 132 puntos de contornos en la interfaz dieléctrica a lo largo de la distancia de fuga y por consiguiente 264 puntos de carga en los dos lados de la interface y dirección normal de los puntos de contorno.

Las coordenadas de estos puntos son conocidas. El voltaje estimado es 7.5kV (cerca del 85% del voltaje de descarga disruptiva). El término descarga disruptiva (o ruptura del dieléctrico), es aplicable a los fenómenos asociados con la falla del aislamiento bajo condiciones de demanda eléctrica, en la cual el aislamiento que se quiere probar es cortocircuitado completamente, reduciendo la tensión aplicada entre los electrodos a un valor prácticamente nulo. Es aplicable a la falla de dieléctricos sólidos, líquidos y gaseosos o sus combinaciones. Se pueden producir descargas fugitivas durante las cuales el objeto bajo estudio es momentáneamente cortocircuitado por un arco. La tensión en terminales del objeto bajo estudio entonces se reduce momentáneamente a cero o a un valor muy pequeño. Según las características del circuito de prueba y del objeto, el dieléctrico puede restablecer sus características, así mismo, la tensión de 0 voltios de prueba puede ser superada. Esto

en principio debe considerarse como una descarga disruptiva. El arco local es simulado por líneas de carga.

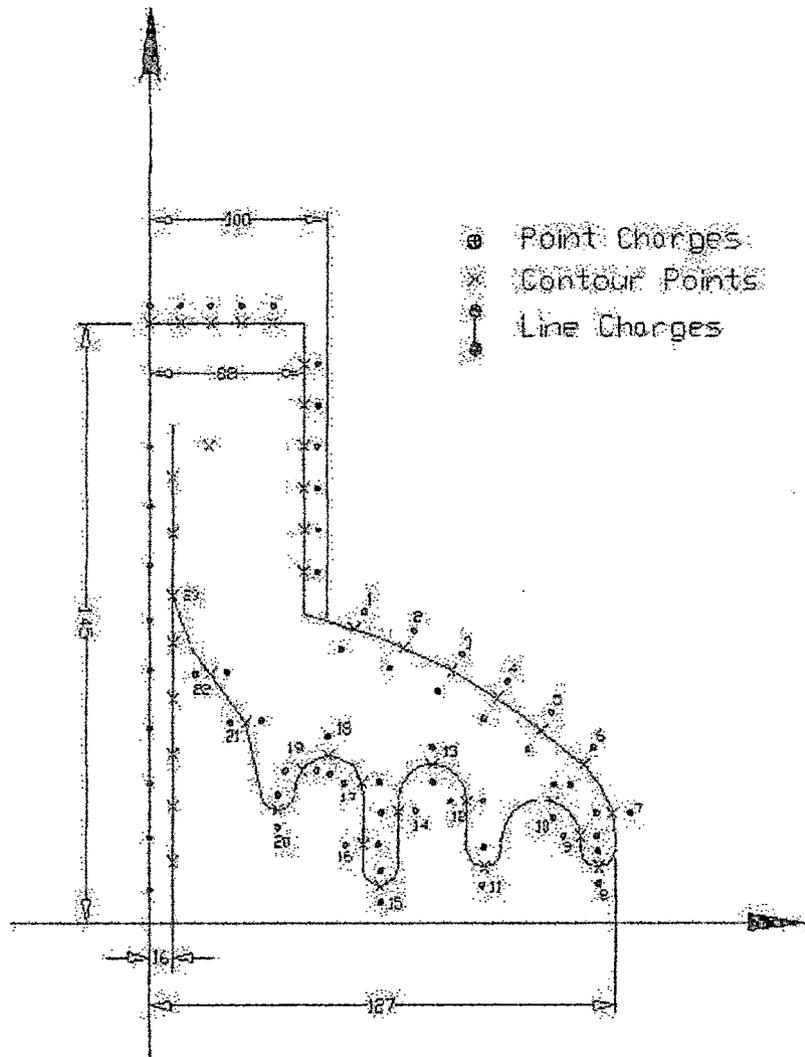


Figura 3.5.5. Modelo de cálculo del aislador de suspensión XP70

8. MÉTODO DE LA DISRUPCIÓN

En el método de la disrupción, con una intensidad de campo eléctrico suficientemente alta para aumentar la movilidad de las partículas subatómicas el medio se ioniza. Esta ionización da origen a fenómenos luminosos y sonoros que son poco apreciables en condiciones normales, siendo el efecto corona el que más se manifiesta. Utilizando técnicas fotográficas de exposición prolongada se obtienen imágenes del campo, que proporciona una idea general aunque no muy bien definida.

Como cada aislador se encuentra sometido a cierto valor de tensión, si las fotografías muestran igual luminosidad en cada unidad, la distribución de potencial será lineal, si por el contrario dicha luminosidad es diferente los aisladores más iluminados estarán soportando mayor tensión (no-linealidad). Esto permitió demostrar que los mayores gradientes de tensión ocurren en los aisladores más cercanos a la línea.

9. MÉTODO DE LAS SUSTANCIAS LUMINOSAS

El fundamento del método de las sustancias luminosas, consiste en la orientación de ciertas partículas o corpúsculos bajo la influencia de un campo eléctrico. Se necesita una mezcla de un líquido dieléctrico, con una sustancia sólida conductora cristalina en forma de polvo, que sea fluorescente y no sean solubles entre sí; con lo cual se proporciona un fino rocío artificial sobre la cadena de aisladores. Las partículas sólidas del rocío se orientan con el campo eléctrico y debido a su fluorescencia se pueden obtener fotografías con exposición prolongada. Se utiliza trementina doblemente rectificada y fluoresceína sódica para la mezcla.

10. MÉTODO DEL MEDIDOR ELECTRÓNICO

Consiste en elaborar un circuito electrónico que opere como un cuadripolo. A una cierta señal de entrada determinada por la frecuencia de una onda sinusoidal alterna, produce a la salida una cierta señal apreciable a la vista. El medidor es colocado a cada aislador entre el perno metálico y la cuenca donde se inserta este perno.

Este método del medidor electrónico, solo sirve para saber que aisladores se encuentran en buen estado, como el instrumento tiene un valor mínimo y otro máximo, los aisladores en mal estado no presentarán ningún valor de voltaje en los puntos donde se realiza la medición (entre la cuenca y el perno metálico) a la hora de realizar la prueba, debido a que el medidor solo operara en el rango que determina el usuario, dando una señal visual, en este caso se enciende el diodo led.

El diagrama de bloques se ilustra en la figura 3.5.6, en el cual se representan la cadena de aisladores, un rectificador con característica umbral (RU), un amplificador de potencia (AP), un diodo luminoso (LED) y una batería miniatura (BT). Con base en este diagrama de bloques se construyó un circuito electrónico.

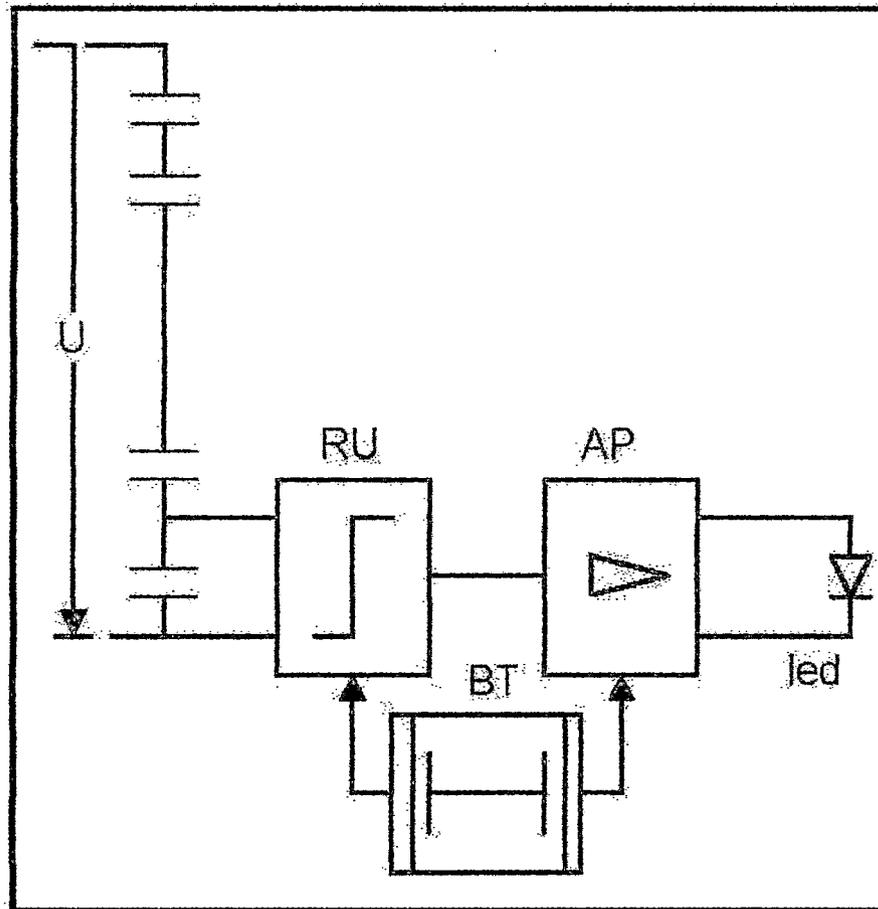


Figura 3.5.6. Diagrama de bloques circuito electrónico

Debido a que los componentes electrónicos son muy delicados y sensibles a un campo eléctrico externo es necesario hacer un apantallamiento metálico al mismo; este aparato de medida debe construirse tan pequeño como sea posible para evitar perturbaciones mayores en el campo.

11. MÉTODO DEL PARARRAYOS

El método del pararrayos, consiste en colocar un pararrayos con tensión de descarga conocida y muy bien determinada dentro del campo eléctrico producido por la cadena energizada de aisladores, según el tipo de conexión y la tensión de descarga puede determinarse la distribución de potencial; en todos los casos es necesario instalar un osciloscopio en el circuito de medida para determinar el momento exacto de la operación del pararrayos, puesto que este no presenta fenómenos claramente visibles o audibles.

11.1. PARARRAYOS EN SERIE

El método del pararrayos en serie, consiste en colocar el pararrayos en serie con el divisor resistivo (o capacitivo) que toma la señal para el osciloscopio y conectando el terminal de medida sucesivamente en cada aislador según se muestra en la figura 3.5.7. Cuando se presenta la descarga es porque en el punto de medida se ha sobrepasado el nivel de reacción del pararrayos, con este valor y el voltaje aplicado a la cadena se obtiene el porcentaje de tensión en este punto y en la unidad correspondiente.

La prueba se realiza primero con el aislador que está más cercano a potencial de tierra, para luego seguir avanzando hasta el aislador que sustenta la línea de transmisión. Se debe hacer de esta forma, pues así se conoce el valor de voltaje que está soportando el aislador al cual se le está practicando la prueba (en este caso al primero), luego se procede con el segundo en su orden de abajo (ground) hacia arriba (línea), como ya se conoce el valor del primer aislador es fácil de conocer el valor de voltaje al cual está siendo sometido este aislador, así se hace con todos los demás aisladores.

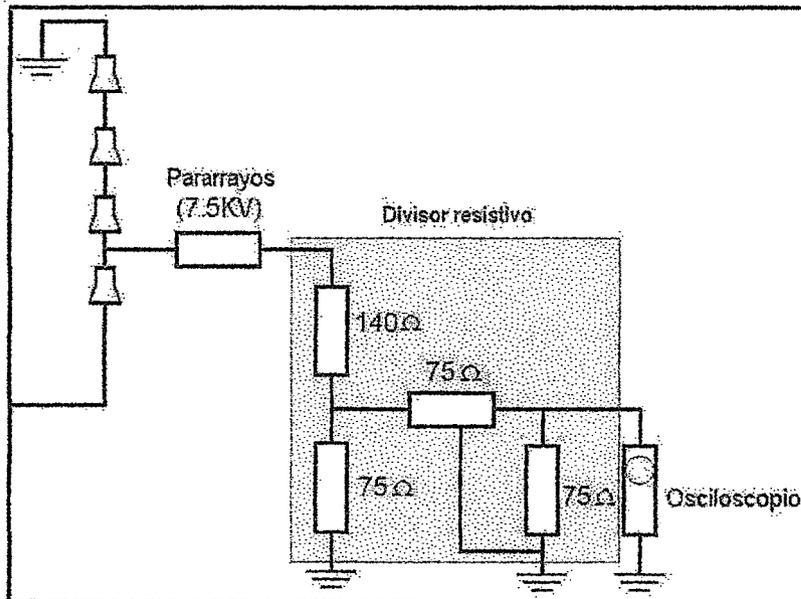


Figura 3.5.7. Montaje del pararrayos en serie

11.2. PARARRAYOS EN PARALELO

En este caso del pararrayos en paralelo el montaje de instalación del pararrayos es paralelo con el divisor que toma la señal para el osciloscopio. Con un análisis similar al anterior se obtienen los porcentajes de tensión en cada unidad. La diferencia consiste en que el divisor va antes de la descarga, mientras que en el montaje anterior (pararrayos en serie) el divisor esta después de la descarga, otra ventaja de este montaje es que la corriente es permanente, por lo tanto se obtiene una mejor visualización de la onda, la figura 3.5.8 ilustra este montaje.

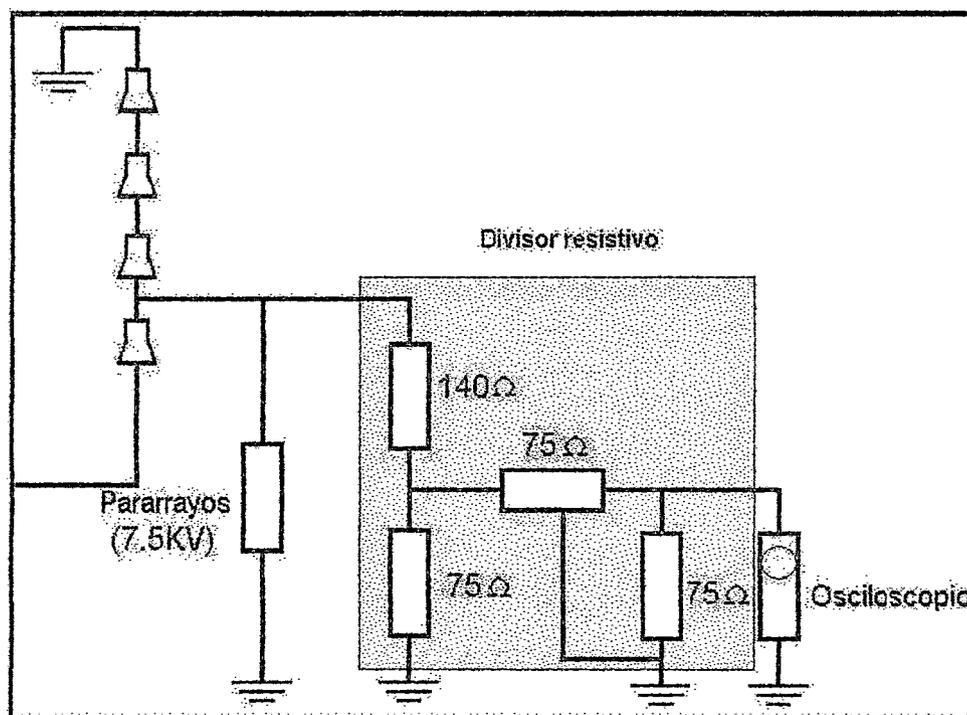


Figura 3.5.8. Montaje del pararrayos en paralelo

11.3. PARARRAYOS EN CADA UNIDAD

En este caso del pararrayos en cada unidad, se instala directamente en paralelo con cada aislador mientras el divisor resistivo se coloca entre la línea y la tierra. Cuando ocurre el corto es porque se ha sobrepasado el nivel de reacción del pararrayos por lo tanto los valores de voltaje son redistribuidos entre los aisladores que quedan presentes dentro de la cadena, esto ocurre al momento de presentarse el trasciende. La señal que es captada por el osciloscopio es mucho menor pero el

porcentaje de tensión en cada unidad es encontrado directamente.

Para estudiar cadenas de aisladores largas es necesario utilizar un pararrayos con muy baja tensión de reacción o disponer de transformadores de muy altas tensiones para poder tomar mediciones en las unidades más cercanas a tierra, el esquema del montaje puede apreciarse en la figura 3.5.9.

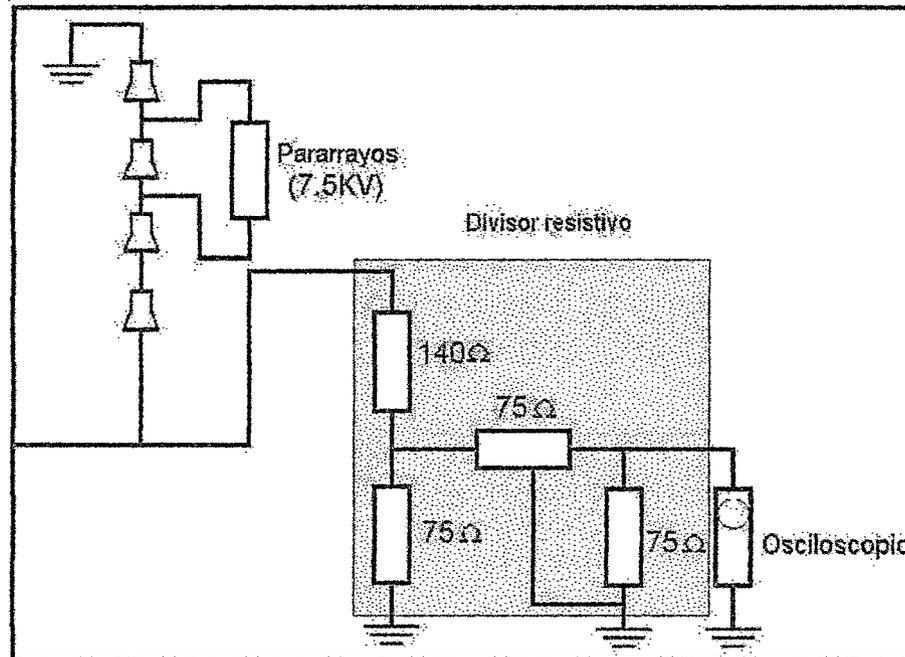


Fig. 3.5.9. Montaje del pararrayos en cada unidad

12. MÉTODO DEL EXPLOSOR

La conexión hecha en el método del explosor utilizada (se llama así debido a que reproduce un ruido al utilizar este método), es similar a la del pararrayos en cada unidad (el comportamiento de los dos es similar). La ventaja de este método es que se dispone de un mayor rango de graduación de la tensión de ruptura según la distancia y tipo de los electrodos, y por otra parte es muy notorio el punto de reacción tanto visual como auditivamente, eliminándose errores de apreciación en la onda del osciloscopio.

CAPÍTULO IV

DETECCIÓN DE DESCARGAS PARCIALES EN AISLADORES MEDIANTE EL USO DE CÁMARA ULTRAVIOLETA

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas actuales de mantenimiento basado en la condición, evolucionan en forma permanente en busca de procedimientos que permitan aumentar simultáneamente la disponibilidad y confiabilidad de las instalaciones. Esto implica una amplia tendencia al aumento de las técnicas predictivas y al desplazamiento de las actividades preventivas o de sustitución y reparación periódica. Por otra parte estamos asistiendo a un aumento mundial de la preocupación por la seguridad de las personas que operan las instalaciones, razón por la cual los pasos que conducen a este objetivo primario deben encaminarse cuidadosamente.

En los últimos veinte años ha habido un constante desarrollo de la tecnología en instalaciones de alta tensión. Este hecho es particularmente significativo cuando nos referimos al aislamiento de equipos de media y alta tensión debido al incremento en el uso de aislantes epóxicos y poliméricos. Estos aislantes demostraron ser muy sensibles a descargas superficiales, que, si bien constituía uno de los modos de falla convencionales, poseía una incidencia menor en aislantes más resistentes. A partir de investigaciones iniciadas por el EPRI, se ha desarrollado un nuevo método de detección de descargas parciales, que consiste en medir la radiación ultravioleta producida en una ventana de frecuencia definida por la zona, donde la radiación ultravioleta solar es filtrada por la atmósfera. De esta forma, pueden visualizarse los efluvios aún con luz diurna. A continuación se describe básicamente el equipo utilizado, las bases teóricas del método de detección y se muestran algunos ejemplos de aplicación en líneas aéreas de 220 kV. Los ejemplos resaltan también la utilidad de la nueva herramienta cuando es aplicada a aislamientos tradicionales como cadenas de aisladores de porcelana o vidrio.

2. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Las diversas formas de radiación se clasifican según la longitud de onda, la cual se mide en nanómetros (NM). Cuanto más corta sea la longitud de onda, mayor energía tendrá la radiación.

Se define la radiación ultravioleta como el conjunto de radiaciones del espectro electromagnético con longitudes de onda menores que la radiación visible (luz), que van desde los 200 hasta los 400nm.

En la figura 4.2.1 podemos observar el espectro electromagnético, el cual nos indica que la radiación ultravioleta se encuentra entre la luz visible y los rayos X.

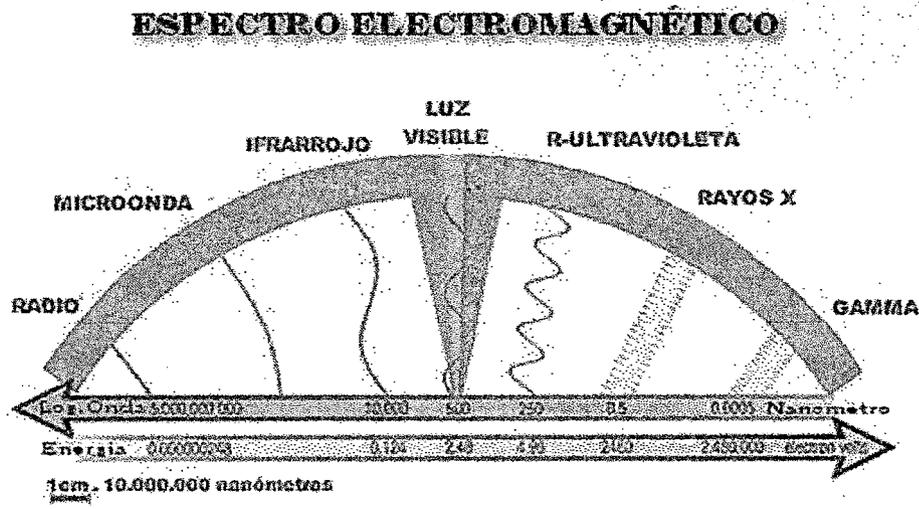


Fig. 4.2.1: Espectro Electromagnético

Existen tres categorías de radiación ultravioleta (UV):

- UV-A, entre 320 y 400 nm
- UV-B, entre 280 y 320 nm
- UV-C, entre 200 y 280 nm

De acuerdo al gráfico, añadiremos que los colores morado y violeta, tienen longitudes de onda más cortas que otros colores de luz, y la luz ultravioleta tiene longitudes de ondas aún más cortas, de manera que podemos decir que es una especie de luz "más violeta que el violeta". De ello se puede deducir el nombre de este tipo de radiación: "Ultravioleta".

3. DETECCIÓN DE DESCARGAS PARCIALES

Las descargas parciales emiten radiación, la cual en el rango Ultra Violeta posee longitudes de onda que van desde los 230nm hasta los 405nm.

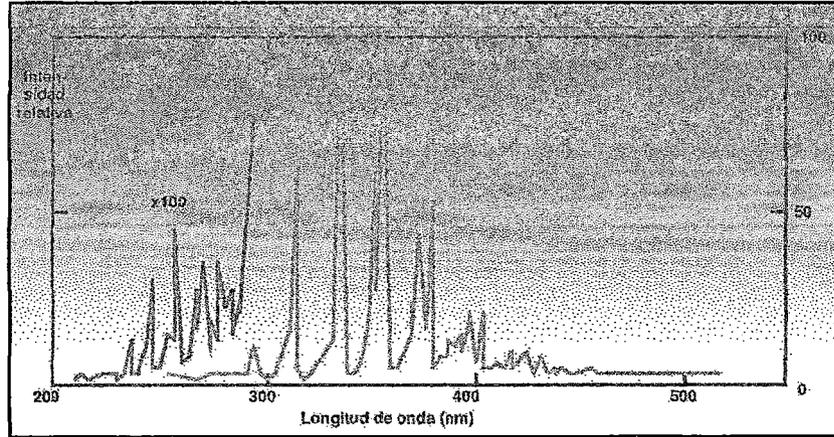


Fig. 4.3.1 -Espectro de la radiación emitida por el efecto corona

La radiación emitida por las descargas parciales, cuya longitud de onda se encuentra dentro del rango de la radiación visible, tiene una intensidad mucho menor a la de la radiación que se recibe del sol y, por lo tanto, resulta invisible al ojo humano durante el día.

La tecnología desarrollada por Ofil Ltd., permite la detección de descargas a plena luz solar: mediante un filtro especialmente diseñado se logra eliminar toda la radiación que está fuera del rango de los 240 a 280nm.

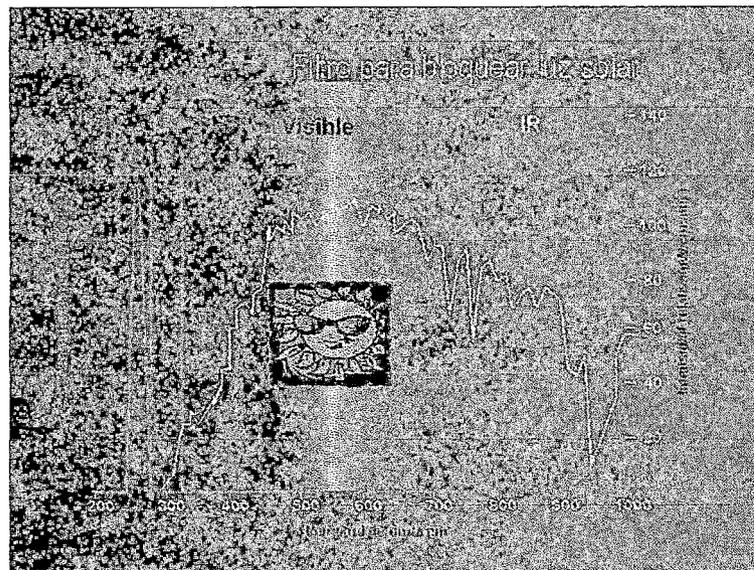


Fig. 4.3.2 -Espectro de la radiación solar superpuesto con el espectro de la radiación del efecto corona.

El sistema posee dos canales de detección que funcionan simultáneamente y constituyen la llamada tecnología biespectral desarrollada por Ofil Ltd., uno para la imagen visible y otro a través del cual se filtra la radiación incidente, pudiendo observarse así sólo la radiación debida a las descargas parciales. Este segundo canal de detección posee un amplificador para hacer apreciable dicha radiación. Finalmente, ambas imágenes se superponen y puede identificarse con claridad el objeto que está produciendo la descarga parcial.

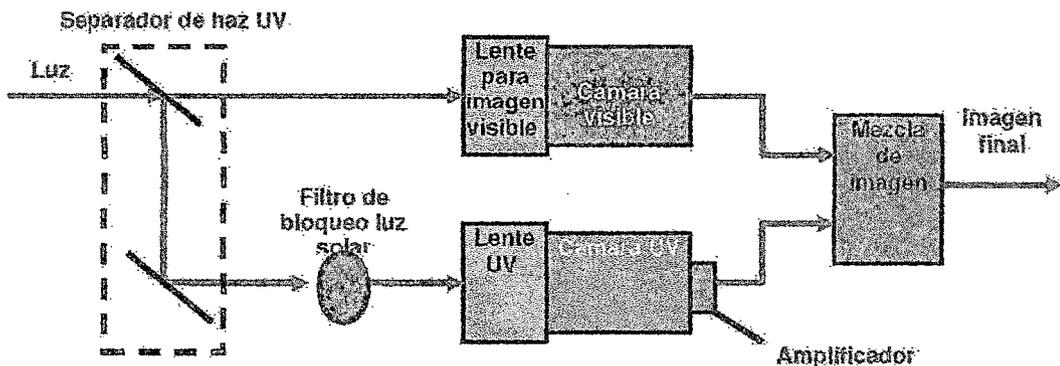


Fig 4.3.3. Diagrama de bloques

Las descargas parciales son un indicador de posibles fallas, inminente disparo o salida de servicio de la línea o subestación, daños físicos en los componentes, degradación de los aisladores, instalación inapropiada, falta de anillos corona, lavado no efectivo, pérdidas de energía, etc. Asimismo, pueden producir interferencia de radio y ruido audible. Por todos estos motivos, es de suma importancia su apropiada detección y corrección.

Las principales ventajas de la inspección con sistema de detección de descargas, cámara con tecnología biespectral -son las siguientes: permite encontrar defectos evitando acercarse riesgosamente a elementos con tensión, tanto desde el suelo como con helicóptero, es no invasiva y rápida, permite la documentación, puede hacerse a cualquier hora, permite ensayos de laboratorio sin la necesidad de costosos oscurecimientos y es más sensible que la visión nocturna.

4. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE AISLADORES CON CÁMARA ULTRAVIOLETA

Esta evaluación consiste en visualizar el aislador desde tierra por medio de la cámara ultravioleta (Daycor II), para lo cual es necesario desplazarse desde diversos puntos alrededor del aislador (se recomienda desde 6 puntos).

Al visualizar el aislador mediante la cámara, en caso este presente alguna descarga, se podrá observar en la cámara un chisporroteo en el punto que presenta esta anomalía, por lo que en estos casos es necesario escalar la estructura para visualizar este punto del aislador (sin la cámara).



Fig. 4.4.1. Cámara Ultravioleta

4.1. FACTORES QUE PERTURBAN LA DETECCIÓN DE LAS DESCARGAS

La radiación Ultravioleta de las descargas es muy débil en relación a la emisión UV de otras fuentes en la zona de inspección, por lo que existen fuentes capaces de distorsionar la inspección, tales como:

- a. Maquinas de soldar en zonas industriales o construcciones cercanas.
- b. Llamas de refinerías en las cercanías.
- c. Molinos de acero en zonas industriales.
- d. Lámparas halógenas fuertes en Subestaciones.
- e. Fuegos hecho por agricultores al quemar campos de arroz.
- f. Algunos tipos de fluorescentes y lámparas en laboratorios.
- g. Dispersión fuerte de las descargas en SSEE.

Estas fuentes pueden “evadirse” con la reducción de la ganancia de la cámara UV, evitando así confusiones en el diagnóstico del estado del aislador.

A continuación se muestra la perturbación debido a una máquina de soldar.

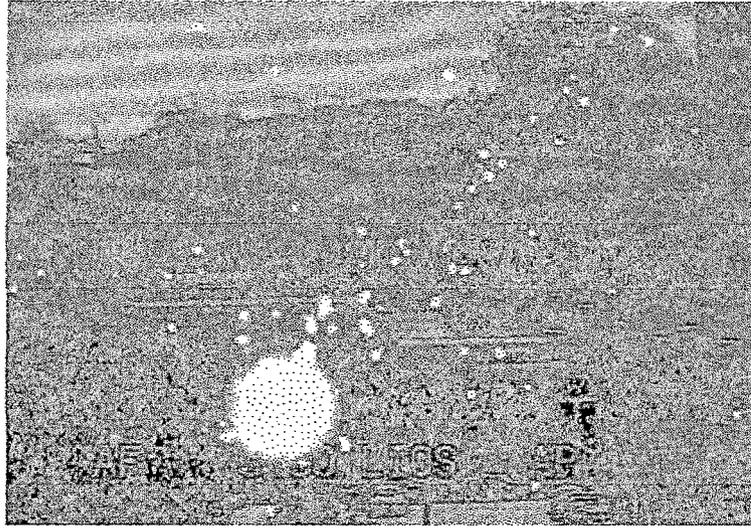


Fig. 4.4.2. Cielo con máquina de soldar a 600m de distancia.

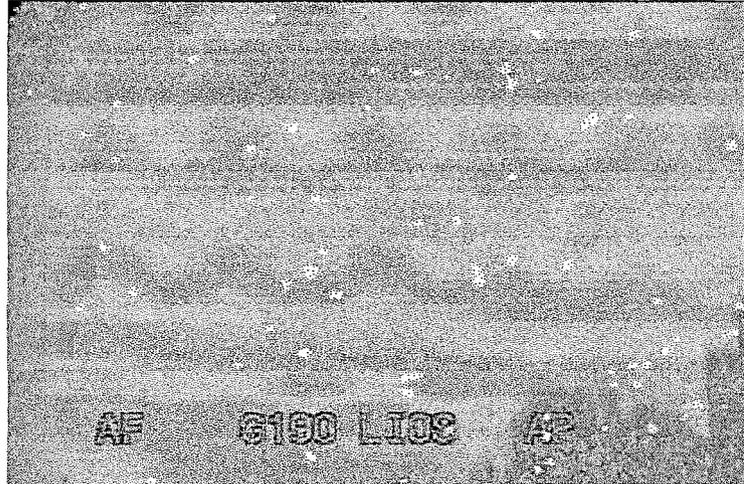


Fig. 4.4.3. Lámpara potente emitiendo radiación UV.

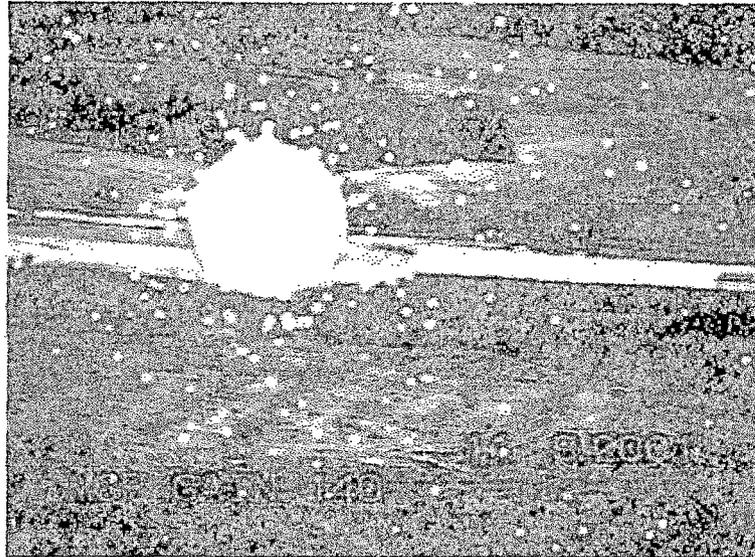


Fig. 4.4.4. Distorsión ocasionada por quema de campos de arroz.

4.2. DIFERENCIAS ENTRE CÁMARAS ULTRAVIOLETA E INFRAROJA

En el mantenimiento predictivo, usualmente se realizan inspecciones con cámara infrarroja para la detección de puntos calientes.

Hablando de la cámara ultravioleta y de la infrarroja, diríamos que ambas son importantes para el mantenimiento, por lo tanto son complementarias, convirtiéndose en un buen equipo.

A continuación citaremos las características y diferencias que tienen cada una de estas cámaras.

| Cámara Ultravioleta | Cámara Infraroja |
|--|---|
| Detecta efecto corona, descarga parcial y arco (Fenómenos externos). | ΔT – Puntos caliente – No Corona (Fenómenos internos). |
| Depende de la tensión únicamente (No de la carga de la línea). | Dependiente de la corriente (requiere carga elevada). |
| Chequeos a cualquier hora y en cualquier tipo de ambiente (la humedad es una ventaja). | Radiación solar y ambiente caliente representan un problema. |
| La detección ocurre en cualquier etapa de la degradación (p.ej. Puesta en servicio). | Detección normalmente se hace en un estado avanzado de degradación. |
| No se requiere software para la elaboración de informe | Requiere software para la elaboración de informe final. |

5. RESULTADOS DE INSPECCIONES REALIZADAS EN AISLADORES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

A continuación mostraremos imágenes de diversas inspecciones realizadas con cámara ultravioleta. Dichas imágenes nos muestran los diversos resultados e interpretaciones que se dan.

Desgaste del pin y cemento en aisladores cerámicos.

Los ambientes corrosivos llevan al desgaste de los pines, originándose así el efecto corona, el cual llevará lentamente a erosionar el pin y el cemento, lo cual puede llevar a falla por separación.

Para estos casos, estas descargas pueden ser detectadas por la cámara ultravioleta, observándose lo siguiente:

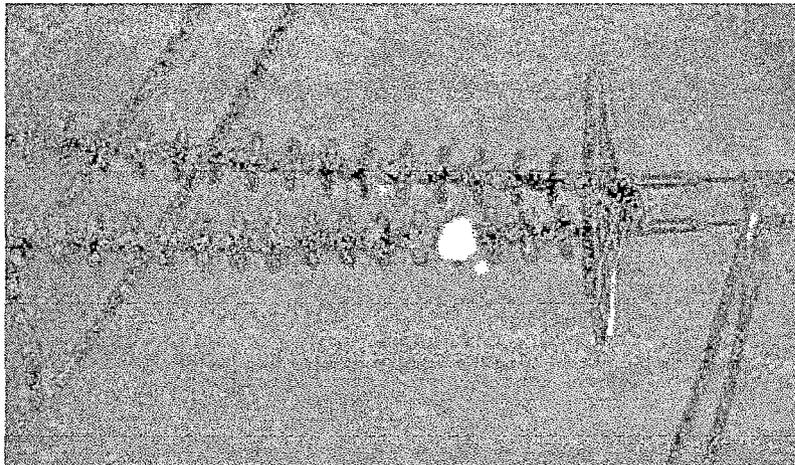


Fig. 4.5.1. Descargas en aisladores de porcelana

En la figura 4.5.1 podemos observar claramente que se presentan descargas en el cuarto aislador de la cadena de porcelana. Estas descargas, como hemos mencionado anteriormente se deben a un desgaste, el cual podemos observarlo en la siguiente figura:

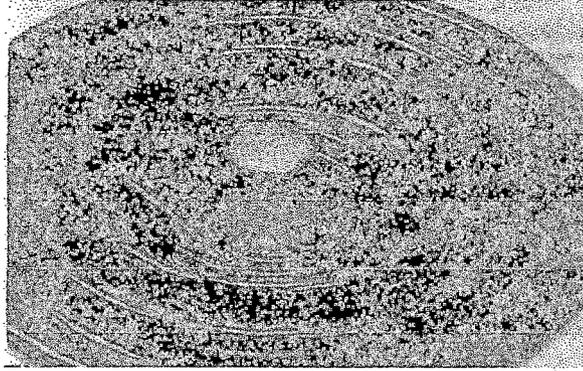


Fig. 4.5.2. Desgaste de aislador de porcelana

Conforme va avanzando el tiempo, y de estar estos aisladores sometidos a ambientes corrosivos, el desgaste es más rápido, llegando a producir la rotura del aislador.

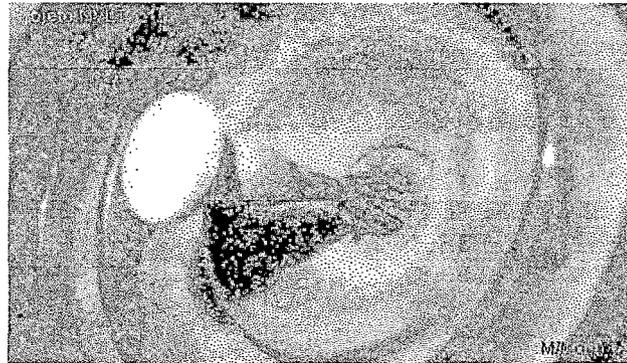


Fig. 4.5.3. Desgaste de aislador de porcelana

Asimismo estas descargas observándolas en los herrajes de las cadenas de aisladores significan presencia de desgaste.

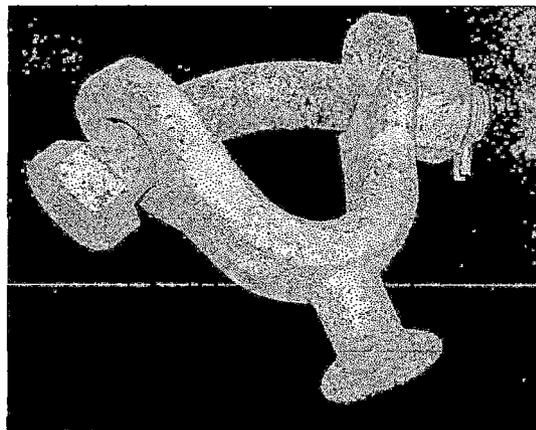


Fig. 4.5.4. Corrosión en herrajes.

Los aisladores de porcelana se quiebran en la región de la campana.

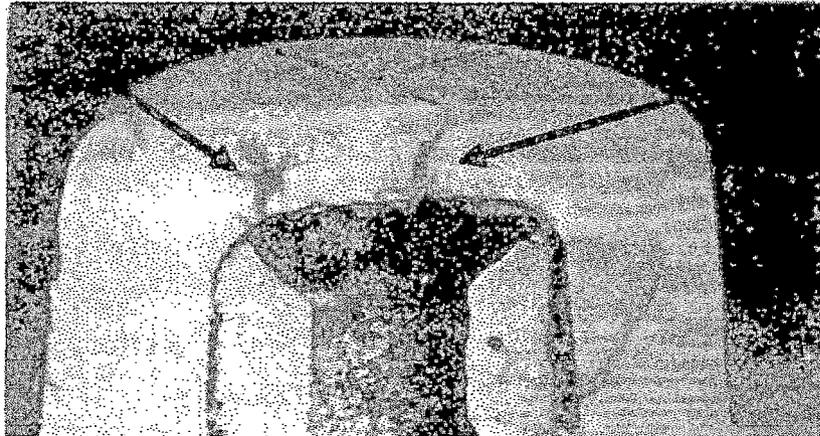


Fig. 4.5.5. Corrosión en herrajes de aisladores.

Asimismo, se encontrará el mismo fenómeno para el caso de aisladores de vidrio.

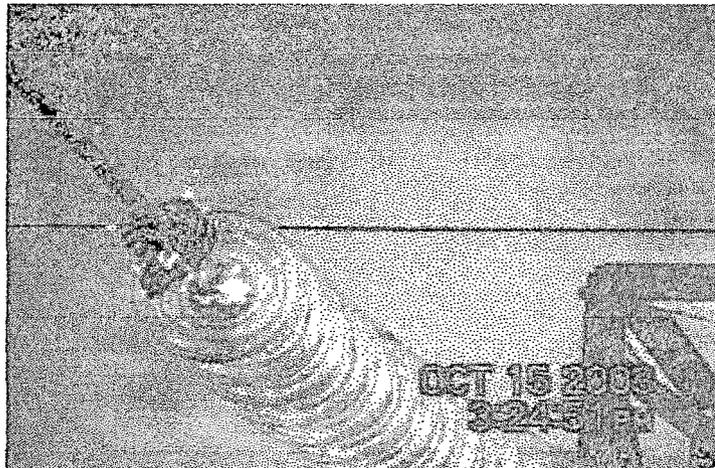


Fig. 4.5.6. Descargas en aisladores de vidrio

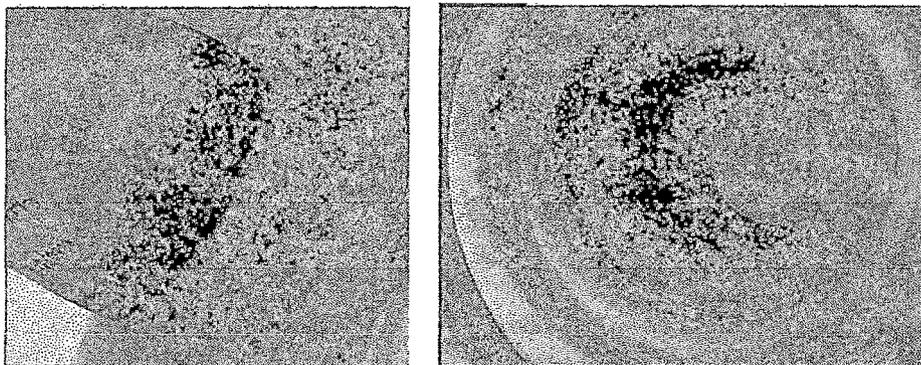


Fig. 4.5.7. Desgaste de herrajes en aisladores de vidrio.

Para el caso de aisladores poliméricos, la detección de descargas significa deterioro del material polimérico.

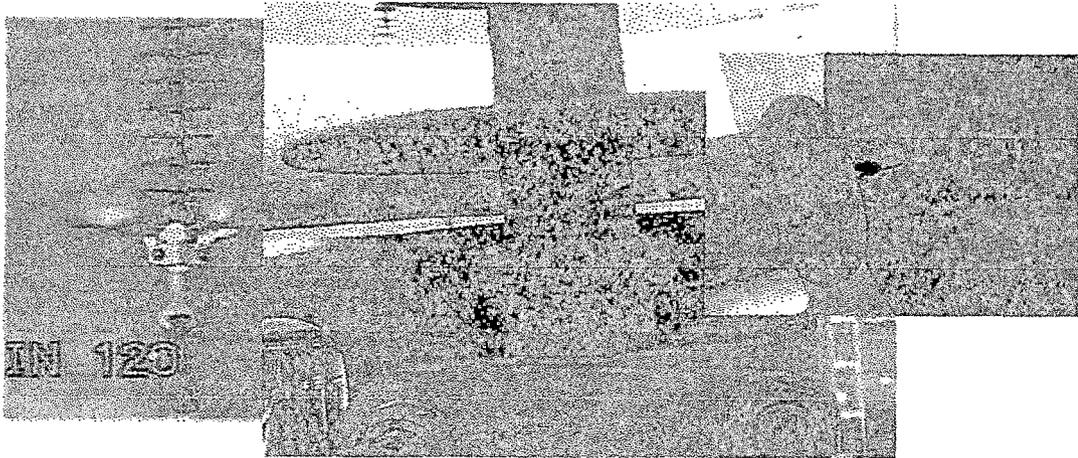


Fig. 4.5.8. Desgaste de aislador polimérico en el núcleo.

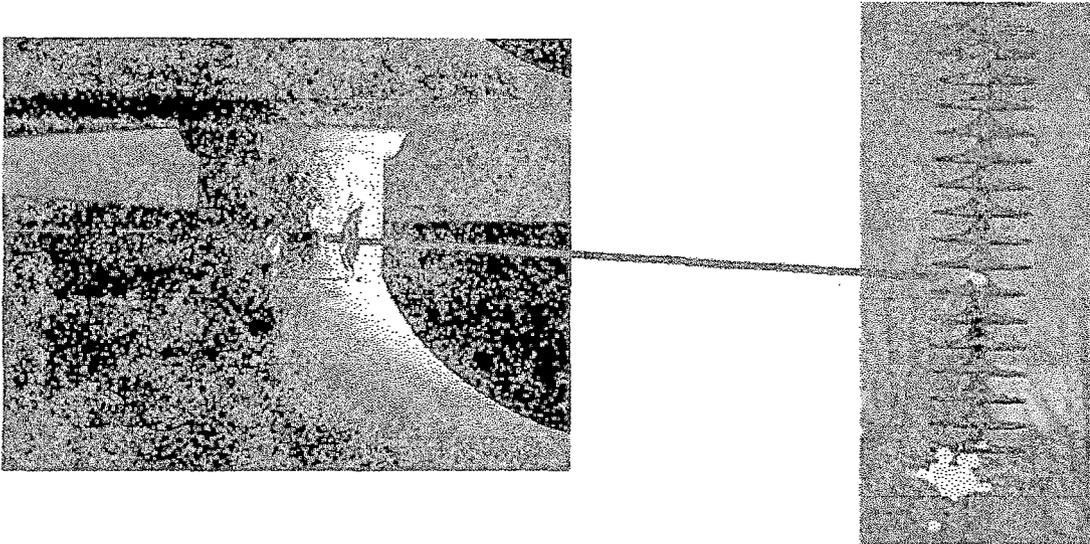


Fig. 4.5.9. Descargas en núcleo de aislador polimérico.

Cámara ultravioleta vs Cámara infrarroja.

Es importante mencionar también el complemento de la cámara ultravioleta con la cámara infrarroja, mediante la cual también es posible de detectar dicha anomalía, pero con la diferencia de ser cuando el aislador está más degradado.

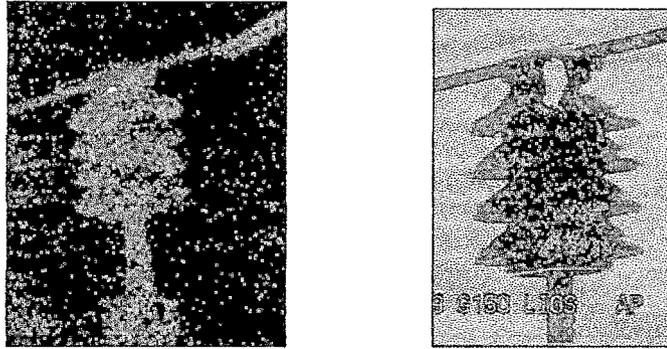


Fig. 4.5.10. Calentamiento originado por descargas.

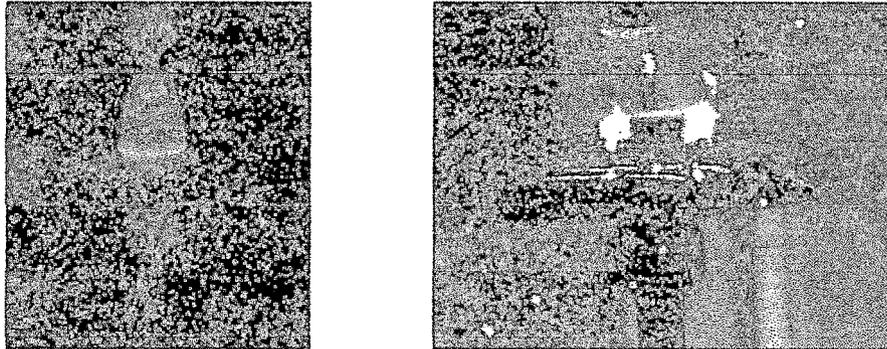


Fig. 4.5.11. Calentamiento originado por descargas en aisladores de porcelana.

Contaminación de aisladores.

La sal del mar, la arena del desierto, la polución del aire (las cuales son resultado del grado de desarrollo de cada sociedad) pueden posicionarse sobre aisladores de alta tensión produciéndose fugas de corriente con el riesgo de flashover (flameo) y consecuentemente pérdida del suministro. El proceso es el siguiente:

- Los Contaminantes, llevan a fugas de corriente no controladas.
- Las altas corrientes de fuga llevan al arco de los aisladores.
- Los arcos producen perforación de aislamiento y salidas de servicio.
- Corrientes de fuga bajas producen erosión en zonas de alta contaminación, la erosión de pines tanto en aisladores de porcelana o vidrio ha causado caídas de conductores.

La cámara ultravioleta puede detectar fácilmente estos elementos contaminantes. Las siguientes figuras muestran la detección de este fenómeno mediante el uso de cámara ultravioleta.

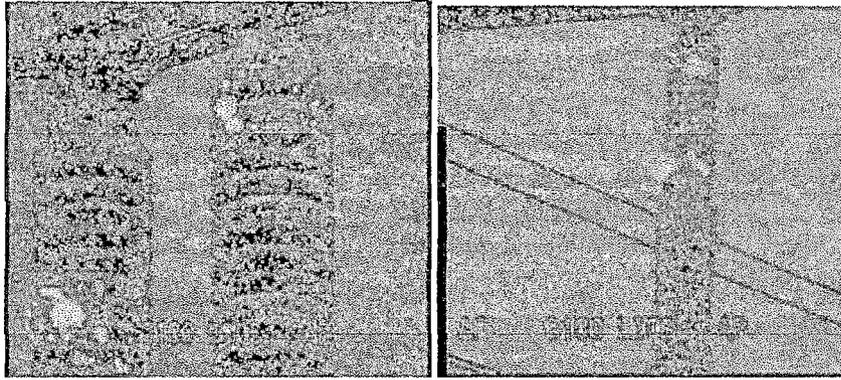


Fig. 4.5.12. Descargas superficiales en aisladores cerámicos.

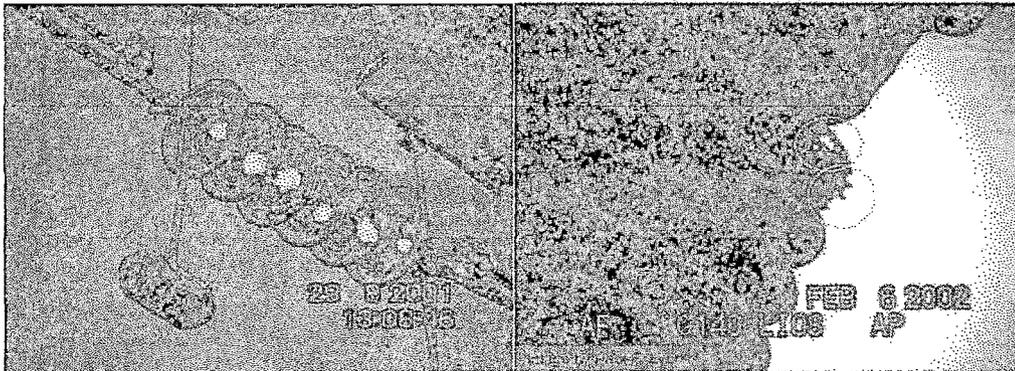


Fig. 4.5.13. Descargas superficiales en aisladores cerámicos.

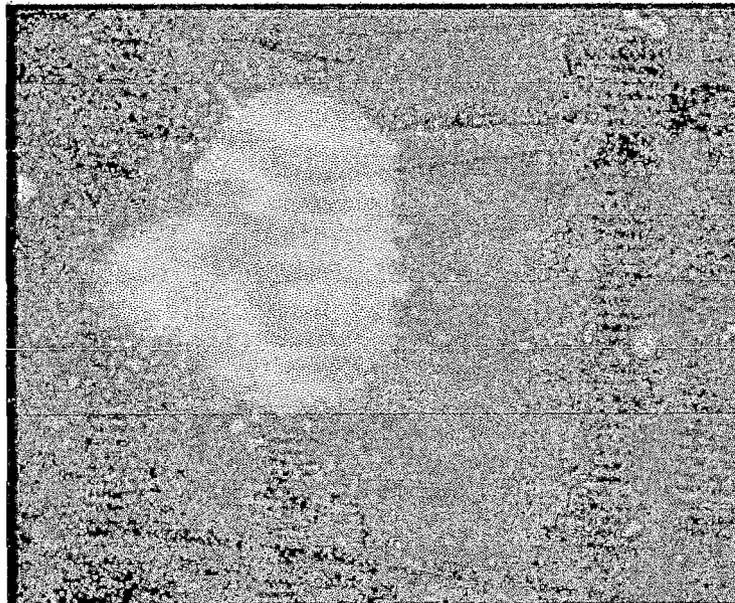


Fig. 4.5.14. Descargas superficiales originadas por contaminación.

Importancia del anillo corona.

Con el uso de la cámara ultravioleta podemos comprobar la importancia del anillo corona en aisladores poliméricos para la uniformidad del campo eléctrico.

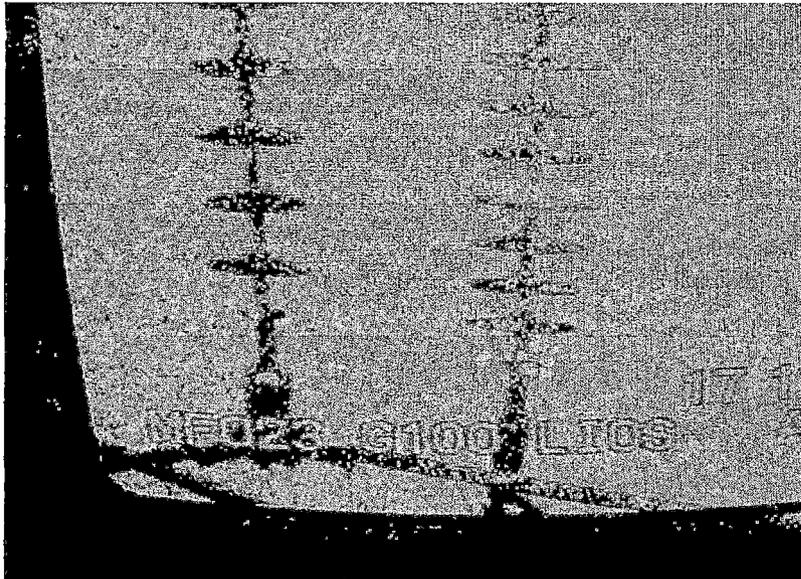


Fig. 4.5.15. Descargas originadas por la concentración de campo eléctrico.

En la presente figura se puede observar la concentración de las descargas en la parte activa debido a que estos aisladores no poseen anillo corona. Estas descargas posteriormente originarán el desgaste del material polimérico, causando luego la rotura de la fibra de vidrio, y por ende la caída del conductor que sujeta.

La instalación del anillo hará que el campo eléctrico tienda a uniformizarse, desapareciendo así las descargas en la parte activa, como se muestra en la siguiente figura:

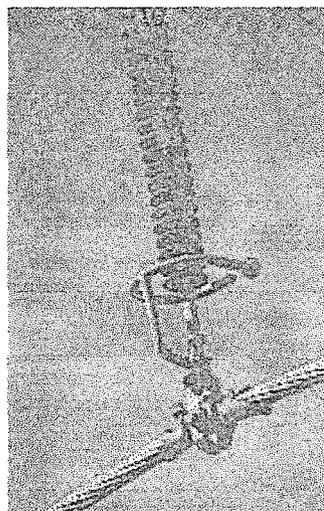


Fig. 4.5.16. Aislador polimérico sin descargas parciales.

6. ANÁLISIS DE COSTOS DEL MÉTODO CON CÁMARA ULTRAVIOLETA VS OTROS MÉTODOS USADOS PARA LA EVALUACIÓN DE AISLADORES

En el capítulo III se describieron los métodos que se usaban y que aún en la actualidad se utilizan para evaluar los tipos de aisladores que existen. En el presente capítulo, hemos visto el uso de la cámara ultravioleta para la evaluación de aisladores.

Hablando en general de todos los métodos existentes, todos tienen ventajas como desventajas, ya que no hay un método 100% asertivo. Sin embargo en la actualidad, los métodos que vienen usando las empresas del sector eléctrico en el Perú, son:

- El método de la medición del campo eléctrico, el cual nos permite visualizar en un diagrama la distribución del mismo a través de la cadena de aisladores. Este método tiene bastante tiempo de ser aplicado.
- Inspección nocturna, la cual se realiza en horas de la noche para poder visualizar los efluvios en los aisladores. Este método siempre ha sido aplicado.
- Inspección del aislador con pértiga, el cual consiste en escalar la estructura y ayudarse de una pértiga con un espejo para poder ver alrededor del aislador.
- Inspección del aislador con salida de servicio de la línea, para lo cual es necesario que la línea de transmisión esté desenergizada.
- La evaluación de aisladores a través del uso de cámara ultravioleta, el cual ha sido descrito líneas arriba. Dicho método es utilizado aproximadamente desde el año 2001.

Ambos métodos son muy efectivos, y el elegir cualquiera de los dos sería una buena decisión. Sin embargo, existen factores importantes en toda empresa como lo son el costo del equipo, cuanto podríamos ganar si aplicamos uno u otro método, cuanto se gastará en capacitación, de prestar el servicio cual será más rentable, etc.

Siendo estas las preguntas a resolver, veremos a continuación la inversión que realizaría una empresa al aplicar uno u otro método de evaluación.

6.1. COSTO PARA IMPLEMENTAR EL MÉTODO DE MEDICIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

Para la implementación de este método se consideran los costos del equipo, el cual incluye una capacitación acerca del manejo del equipo. Sin embargo para que este equipo obtenga resultados, se requiere que la línea esté energizada, es decir es un trabajo en caliente, lo cual demanda una capacitación adicional para que el personal que trabaje con este equipo esté habilitado.

El costo del equipo es de aproximadamente \$ 80 000, y el costo de la habilitación para realizar este trabajo es de aproximadamente \$ 10 000, en el cual se incluyen los desplazamientos del persona, viáticos, horas extras y el tiempo del personal. Lo que nos da un total de \$ 90 000.

Ahora, veremos el costo que demanda inspeccionar cada torre con este equipo. Para realizar este trabajo, se emplea el siguiente personal diario:

| RECURSOS | CANTIDAD | COSTO | PARCIAL |
|--------------|----------|-------|------------|
| SUPERVISOR | 1 | 140 | 140 |
| LINIERO 1 | 2 | 130 | 260 |
| LINIERO 2 | 1 | 120 | 120 |
| CHOFER | 1 | 120 | 120 |
| CAMIONETA | 1 | 350 | 350 |
| TOTAL | | | 990 |

Es decir, de acuerdo al cuadro, es una inversión de S/ 990 por día. De otro lado, suponiendo que la inspección se realice en un terreno no muy montañoso, que las condiciones ambientales son favorables, que estamos inspeccionando torres solo de suspensión de simple cadena, cada torre con dos ternas (es decir 6 cadenas de aisladores por torre), la cantidad de torres a inspeccionar diaria sería de 6 torres por día, lo que hace un total 36 cadenas de aisladores por día, y si realizamos la división del costo diario con el total de cadenas inspeccionadas, nos daría un resultado de S/ 27.5 por cadena. Otro factor que incide en este trabajo es el riesgo, ya que al escalar una estructura siempre existen riesgos de caídas.

6.2. COSTO PARA IMPLEMENTAR LAS INSPECCIONES NOCTURNAS

Para la implementación de las inspecciones nocturnas no se requiere de equipo alguno, solo lo básico que son los binoculares, y la capacitación. El costo de

capacitación estaría alrededor de los \$ 10 000, el cual sería el único monto de inversión para comenzar a usar este método. Hay que tener en cuenta que anterior a esta inspección hay una inspección previa que es la inspección ligera en la cual se detectan aisladores contaminados o con posible falla, los cuales se inspeccionarán en la inspección nocturna.

En lo que respecta al costo diario del personal y equipamiento, se describe en el cuadro siguiente:

INSPECCIÓN LIGERA

| RECURSOS | CANTIDAD | COSTO | PARCIAL |
|--------------|----------|-------|------------|
| SUP | 1 | 140 | 140 |
| LINIERO 1 | 1 | 130 | 130 |
| LINIERO 2 | 2 | 120 | 240 |
| CHOFER | 1 | 120 | 120 |
| CAMIONETA | 1 | 350 | 350 |
| TOTAL | | | 980 |

INSPECCIÓN NOCTURNA

| RECURSOS | CANTIDAD | COSTO | PARCIAL |
|--------------|----------|-------|------------|
| SUP | 1 | 140 | 140 |
| LINIERO 1 | 1 | 130 | 130 |
| CHOFER | 1 | 120 | 120 |
| HHEE | 5 | 50 | 250 |
| CAMIONETA | 1 | 350 | 350 |
| TOTAL | | | 990 |

Viendo ambos cuadros, el total de la inspección por día es de S/ 1970, y si suponemos las mismas condiciones que en el anterior método, tenemos que se pueden realizar aproximadamente unas 15 torres por día, es decir 90 cadenas por día, lo que sería S/ 21.88 por cadena. Este método no implica que se escalen las torres por lo que ese riesgo queda nulo.

Debido a que en los métodos de la inspección con pértiga y con salida de servicio se emplea mayor personal para tener un resultado de 15 torres por día, el costo de estos trabajos será mayor a S/ 21.88, por lo que no realizaremos el análisis de dichos métodos. Estos métodos si implican escalamiento por que se presenta el riesgo de caída.

6.3. COSTO PARA IMPLEMENTAR LA EVALUACIÓN DE AISLADORES A TRAVÉS DE LA CÁMARA ULTRAVIOLETA

Para la implementación de este método se consideran los costos del equipo, el cual incluye una capacitación acerca del manejo del equipo.

El costo del equipo es de aproximadamente \$ 100 000.

Ahora, veremos el costo que demanda inspeccionar cada torre con este equipo. Para realizar este trabajo, se emplea el siguiente personal diario:

INSPECCIÓN CON CÁMARA ULTRAVIOLETA

| RECURSOS | CANTIDAD | COSTO | PARCIAL |
|------------|----------|-------|------------|
| SUPERVISOR | 1 | 140 | 140 |
| LINIERO 1 | 2 | 130 | 260 |
| CHOFER | 1 | 120 | 120 |
| CAMIONETA | 1 | 350 | 350 |
| TOTAL | | | 870 |

Viendo este cuadro, el costo diario es de S/ 870. Al igual que en los casos anteriores, si suponemos las mismas condiciones, el total de torres inspeccionadas sería de 10 torres que significarían 60 cadenas, cuyo costo por cadenas sería de S/ 14.50 por cadena. Tener en cuenta que el usar este método reduce todo tipo de riesgos, ya que no se escalaría la torre para todos los casos.

6.4. ANÁLISIS DE COSTOS

De acuerdo a lo observado, podemos decir que si nos basamos en la seguridad, el método de la inspección nocturna sería ideal para disminuir todo riesgo al momento de realizar la evaluación, sin embargo entre los métodos descritos, los que tienen mejores resultados son aquellos que usan equipamiento, es decir el de la cámara ultravioleta y el de la medición del campo eléctrico. Viéndolo por ese lado, entre los dos el que implica menor riesgo es el método de la cámara ultravioleta.

Por el lado de inversión, de igual manera, la inspección nocturna tiene menor inversión y la cámara ultravioleta tiene la mayor inversión, pero viéndolo por el lado de mejores resultados, estaría entre la cámara UV y el equipo de medición de campo

eléctrico. Ahora bien para este caso el más barato sería el equipo de medición de campo.

De otro lado, en el caso del costo que demanda cada inspección, entre el equipo de medición de campo y la cámara UV (la inspección nocturna quedaría descartada por lo dicho anteriormente), la inversión por cadena inspeccionada en el caso de la cámara UV es de S/ 14.50, mientras que con el equipo de medición de campo es de S/ 27.50, que es aproximadamente el doble.

Por estas razones de costo, y viendo también los riesgos que demanda cada equipo es que sería más conveniente implementar el método de la evaluación de aisladores a través de la cámara ultravioleta.

CAPÍTULO V

RESULTADOS OBTENIDOS EN INSTALACIONES DE RED DE ENERGÍA

DEL PERÚ

1. CONDICIONES DE DISEÑO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Para el presente estudio se ha tomado como muestra la L-2215 Paramonga - Chimbote, la cual es parte de la concesión otorgada a la empresa Red de Energía del Perú. Dicha línea atraviesa la zona costera del Perú, por lo que es de suponerse tenemos existencia de corrosión debido a la cercanía al mar, y la presencia de contaminaciones del tipo marina y desértica.

A continuación citaremos algunas de las condiciones de diseño con las que fue construida dicha línea de transmisión, para ver el tipo de línea que se ha inspeccionado.

1.1. CONDICIONES NATURALES DE LA L-2215 PARAMONGA – CHIMBOTE

La Cordillera de los Andes atraviesa todo el territorio nacional del Perú. Comúnmente, esta región montañosa de mesetas altas es denominada la Sierra, mientras que la región adyacente al Océano Pacífico se llama la Costa, y el Oriente se denomina la Selva, y estas tres regiones son completamente diferentes en condiciones naturales, tales como características de suelo y clima, y cada una tiene características prominentes.

Toda el área de la línea L-2215 está situada en la Costa, siendo esta región la faja de territorio comprendida entre los Contrafuertes Andinos y el Océano Pacífico, alcanzando un ancho máximo de 200 km en dirección oeste – este, mientras que en las partes más angostas se proyectan formaciones rocosas hacia el mar. En general esta faja de territorio es plana con pequeñas ondulaciones y tiene una longitud de aproximadamente 2000 km en dirección norte – sur.

Excepto por el área cercana al Ecuador en el norte, hay muy poca precipitación pluvial en la región, y ésta es una continuación de territorio desértico. Hay diversos ríos que nacen en la Cordillera de los Andes y atraviesan esta región

en dirección al mar, pero estos ríos generalmente tienen poca descarga y algunos tienen el cauce seco al acercarse al mar.

1.1.1. METEOROLOGÍA

Desde el punto de vista de latitud, el Perú está situado en la región tropical, pero existe gran diferencia entre sus regiones con respecto al clima, y el año se puede dividir básicamente en dos estaciones, la estación de verano de Diciembre a Mayo, y la estación de invierno de Junio a Noviembre.

El clima de la costa se divide en verano e invierno, pero es relativamente templado, y en el caso de la ciudad de Lima, la temperatura alcanza un máximo de 30°C en el verano, y un mínimo de 13°C en el invierno, con una temperatura media de 22°C. Sin embargo, en el invierno, aunque hay mucha neblina no hay lluvias, de modo que la humedad es extremadamente alta.

1.1.2. GEOLOGÍA

Este proyecto está localizado en la región de la Costa entre las dos ciudades de Lima y Chimbote, en donde existe un ramal de la Cordillera Occidental de los Andes.

La ruta de la línea de transmisión corre a una distancia entre 5 y 15 km del mar, y en la mayor parte de la ruta las variedades de afloramiento son pocas en número.

Estos afloramientos se ven con frecuencia en el lecho de los ríos y en los ríos que se abren en abanicos hacia los valles.

Arroyos, quebradas con escaso o ningún caudal, y depresiones donde el agua se ha acumulado se encuentran a lo largo de la ruta. La gradiente de estas quebradas y ríos es suave, especialmente cerca de sus desembocaduras, y donde se acumula el sedimento que llevan.

1.2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CONDICIONES METEOROLÓGICAS

1.2.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

La línea de transmisión recorre a lo largo de la Costa entre el Océano Pacífico y los contrafuertes Andinos en una franja de 5 a 15km, hasta alcanzar la proyectada Subestación Chimbote N°1, en Chimbote, una ciudad en la parte central – norte del

Perú. El terreno montañoso se encuentra cerca del mar, en las vecindades de Paramonga – Huarmey – Casma; en estas áreas la ruta es ondulada, pero la mayor parte de la ruta corre por un área desértica plana, con elevaciones por debajo de los 600m.

1.2.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Los resultados del estudio respecto a las condiciones meteorológicas del área del Proyecto, son las siguientes:

- (a) La temperatura atmosférica alcanza un máximo de 35°C y un mínimo de 5°C.
- (b) La dirección del viento es, generalmente de sur a suroeste.
- (c) La velocidad promedio del viento es de 4 a 6 m por segundo. La velocidad máxima registrada en Chimbote ha sido de 18.5m/seg.
- (d) Hay muy poca lluvia llegando a un promedio anual de menos de 50 mm. Hay neblina en el invierno. No nieva.
- (e) No se han observado rayos en el área del Proyecto y se puede asumir que éstos no habrán.
- (f) La humedad relativa es alta y hay sitios donde llega de 90% a 100%.
- (g) La ruta proyectada atraviesa un área de actividad sísmica, habiéndose registrado en el pasado temblores de magnitud hasta el grado 7.8 de la Escala de Mercalli Modificada.

El diseño fue efectuado en base a las características arriba indicadas y asignando las siguientes condiciones meteorológicas como apropiadas:

| | |
|-----------------------------|----------|
| Temperatura Máxima | 35°C |
| Temperatura Promedio | 20°C |
| Temperatura Mínima | 0°C |
| Máxima velocidad del viento | 25 m/seg |
| Nivel Isocerámico | 0 |

El medio ambiente natural también fue tomado en consideración en el diseño de la línea de transmisión. Debido a que el ambiente es corrosivo para el metal, debido a la adherencia de sal por los vientos de la costa y la alta humedad, la

resistencia a la corrosión fue tomada en consideración para seleccionar los materiales.

También se consideraron fuerzas sísmicas en el diseño de las torres de acero.

1.3. SELECCIÓN DE LA RUTA

1.3.1. PRINCIPIO DE SELECCIÓN DE LA RUTA

Como resultado de los estudios por aerografía e investigaciones de campo, se decidieron los siguientes principios para la selección de ruta:

- (a) La ruta está 5 km o más, alejada del mar. Con el fin de prevenir fallas causadas por disminución del aislamiento y corrosión en las torres de acero y accesorios metálicos de las líneas, debido a la adherencia de la sal marina.
- (b) Se evita el recorrido sobre terreno montañoso, a fin de reducir el costo de construcción y lograr una operación efectiva de los camiones para el lavado de aisladores y otras tareas de mantenimiento.
- (c) Se evita, en tanto como sea posible, las áreas con posibilidades de desarrollo urbano cercanas a las líneas de transmisión, así como las áreas cultivadas.
- (d) Se evita, en tanto como sea posible, atravesar la Carretera Panamericana, a fin de evitar problemas durante la construcción.
- (e) La ruta de la Línea de Transmisión al atravesar ríos, incluyendo el “río seco”, se seleccionó de modo que sea segura y económica, tomando en consideración la influencia de las grandes avenidas que ocurren, peculiarmente en el Perú, con periodos de varias decenas de años, así como el desplazamiento de arenas debido a la geología y al viento en las áreas desérticas.

1.4. AISLADORES

1.4.1. TIPO DE AISLADORES

Se seleccionaron aisladores tipo niebla de alta tensión disruptiva, en consideración a la posible contaminación salina a lo largo de la longitud de la ruta. Esto hizo posible disminuir la longitud de las cadenas de aisladores y reducir la

altura de las torres. Además, como resultado de las investigaciones de campo, se puso especial atención al hecho de que podría haber adelgazamiento de los pasadores debido a la fuga de corriente causada por la contaminación salina. Se efectuó un estudio comparativo de los costos de reparación durante la vida útil de la línea de transmisión, y se obtuvo como resultado que sería favorable adoptar el aislador tipo niebla, de 254mm de diámetro (especificación de 12,000 kg), teniendo un manguito de zinc en la parte del pasador que empotra en el cemento del aislador.

1.4.2. NÚMERO DE AISLADORES

Se tomaron en consideración las siguientes condiciones de diseño para determinar el número de aisladores:

- (a) La elevación de la ruta está por debajo de los 600m, con nivel isocerámico cero.
- (b) La tensión máxima del sistema es de 240kV, estando directamente conectado a tierra. Se adoptó un factor de multiplicación por sobretensiones transitorias y por tensiones anormales de frecuencia normal de 2.8; ello fue hecho considerando los valores usuales y los resultados del análisis de sistemas directamente puestos a tierra.
- (c) Debido a que la ruta recorre a una distancia de 5 a 15 km desde la línea costera, la línea de transmisión está sujeta a una fuerte contaminación salina del mar y no se puede esperar un lavado de los aisladores por lluvias, debido a la escasa precipitación en el área.
- (d) La adherencia salina equivalente para aisladores del tipo niebla de 254 mm, que se usa en el Proyecto, se decidió que fuera de 1.0 mg/cm², en base a un valor de adherencia salina máxima de 0.95 mg/cm² encontrado durante dos años en la línea de transmisión existente de 138kV, entre Chimbote y Trujillo y las cifras obtenidas del lavado de aisladores, realizado para la línea de transmisión existente de 220kV, a lo largo de la línea costera entre Lima y Pisco.

Como resultado de efectuar el diseño del aislamiento en base a las consideraciones indicadas, el número de aisladores quedó determinado por la resistencia a la contaminación salina y se calculó la tensión disruptiva del aislador a

tierra, en 7.8 kV por aisladores. La separación de los diversos elementos en el aire, fue determinada de acuerdo con las tensiones transitorias y con los modelos de separación adecuados para soportar tensiones disruptivas de frecuencia normal; los resultados, se indican a continuación:

- Número de aisladores por cadena 21
- Separación normal de aislamiento línea a tierra 1950 mm
- Separación mínima de aislamiento línea a tierra 1450 mm
- Separación anormal del aislamiento línea a tierra 620 mm
- Separación normal entre conductores 3400 mm
- Separación mínima entre conductores 2600 mm
- Separación anormal entre conductores 840 mm

1.4.3. TIPO DE CADENA DE AISLADORES

| | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| <u>Tipo</u> | <u>220kV</u> |
| Juego de aisladores para suspensión | A, B (especificación: 800 kg) |
| Juego de aisladores para anclaje | D1, D2 (especificación: 12,000 kg) |

El factor de seguridad para cargas de tracción, usado en las cadenas de aisladores arriba indicadas, es de 3. Estas cadenas de aisladores están fijadas a los brazos de las torres de acero con abrazaderas en U, para las de tipo suspensión y grilletes en U, para las de anclaje.

1.4.4. FERRETERÍA PARA LOS AISLADORES

Como resultado de las investigaciones de campo, hubo la preocupación de que se produjera el adelgazamiento de los pasadores de los aisladores y se observara corrosión de las piezas metálicas, debido a las corrientes de fuga cuando los aisladores son ensuciados por acumulaciones salinas. Como resultado del estudio de la relación entre la vida de servicio y el costo de reparación, se determinó que para los aisladores de 220kV, sería más adecuado usar ferretería de un mejor grado, tomando en consideración la reducción en la resistencia mecánica, debida a la corrosión.

Consecuentemente, mientras que la resistencia requerida en los aisladores de suspensión era de 5 t y en los aisladores de anclaje, de 8 t, se decidió usar accesorios metálicos más resistentes. Como resultado de los estudios de las características de resistencia a la descarga, se juzgó que sería posible proteger los aisladores contra fugas de corriente, sin utilizar cuernos de descarga.

Se decidió usar varillas de armado en la zona de contacto con las grampas de suspensión, con el fin de prevenir el daño a los conductores debido a las corrientes de descarga que se presentan al fallar el aislamiento de las cadenas de aisladores y también para proteger los conductores contra fatigas de vibración.

Se decidió usar grampas de suspensión adecuadas y varillas de armado de una aleación de aluminio, muy resistente a la corrosión.

Se especificaron grampas de anclaje del tipo compresión, de alta seguridad eléctrica y mecánica. Toda la ferretería es galvanizada, para prevenir la oxidación.

1.5. LAVADO DE AISLADORES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

El medio ambiente a lo largo de la ruta de la línea de transmisión se describe a continuación:

- (a) Debido a que la línea corre en forma paralela y a una distancia entre 5 y 15 km de la costa, está sujeta, todo el tiempo, a la acción de los vientos salinos que soplan desde el mar.
- (b) Debido a la escasa precipitación, el lavado de la sal y el polvo por las lluvias no es posible; la contaminación salina será acumulativa.
- (c) Durante el invierno, existen condiciones en las cuales pueden producirse fallas debido a la contaminación salina, sobre todo, durante las lloviznas que ocurren en esta estación.

Por consiguiente, es necesario que el lavado de los aisladores sea efectuado, estableciendo un valor de control de la contaminación salina en los aisladores. Entretanto, la adherencia salina y las medidas tomadas contra la contaminación salina de las líneas de transmisión existentes son las siguientes:

- (a) La medición en un punto a 2 km desde la costa, en la línea de 138 kV Chimbote – Trujillo, fue de 0.95 mg/cm² en 22 meses. La línea de transmisión ha sido desenergizada y se ha aplicado una capa de silicona como medida contra la contaminación salina producida por esta acumulación.
- (b) La línea existente a 220kV, Lima – Pisco, usa cadenas de 17 aisladores tipo niebla, de 250mm de diámetro, con lavado en línea viva realizado tres veces por año.

Como resultado del análisis realizado considerando el número de aisladores por cadena y el costo requerido para el lavado de aisladores y con la situación de referencia arriba mencionada, del mantenimiento de líneas de transmisión, se decidió usar para este proyecto, cadenas de 21 aisladores tipo niebla de 250mm de diámetro, y debiendo realizar el lavado de aisladores en toda la línea, una vez por año.

1. Adherencia salina en el área del proyecto

Los estudios de contaminación salina que fueron realizados por ELECTROPERU, en 8 sitios a lo largo de la ruta del proyecto y la información obtenida, están en la lista que figura a continuación. Los valores indicados son las adherencias salinas equivalentes en la superficie inferior de los aisladores.

| <u>Periodo de Exposición</u> | <u>Tipo Estándar</u> | <u>Tipo Niebla</u> |
|------------------------------|--|--|
| 1 mes | Mín. 0.0175 (mg/cm ²) Máx, 0.1175 (mg/cm ²) | - - |
| 3 meses | Mín. 0.0587 (mg/cm ²) Máx, 0.312 (mg/cm ²) | 0.0730 (mg/cm ²) 0.1846 (mg/cm ²) |
| 6 meses | Mín. 0.0687 (mg/cm ²) Máx, 0.720 (mg/cm ²) | 0.0240 (mg/cm ²) 0.1599 (mg/cm ²) |

Se han programado mediciones posteriores para períodos de exposición de 12 meses y 24 meses. Se anticipa como resultado que el valor de la medición final en 24 meses, en lugares cercanos al mar donde existe el efecto a los vientos estacionales, se aproximará al valor medido de 0.95 mg/cm².

2. Método para el lavado de los aisladores

a) Se conciben los siguientes métodos para el lavado de los aisladores:

- i) Método de lavado por inyección de agua (chorro o lluvia)
- ii) Método de lavado por escobillas húmeda
- iii) Método de limpieza manual, usando trapo.

De los métodos arriba indicados, el lavado es posible con los métodos de los ítems i) y ii) mientras la línea está viva, pero con el método del ítem iii) se necesitará desenergizar la línea de transmisión. Debido a que la línea de transmisión de interconexión de Lima a Chimbote comenzó operando con un solo circuito en el comienzo, se pensó que no era practicable desde el punto de vista de la operación, desenergizar la línea para realizar el lavado de los aisladores.

Por consiguiente, se consideró un sistema de lavado en línea viva, usando camiones o limpiadores portátiles.

b) Períodos de lavado

Aunque la forma de contaminación en el área del proyecto es del tipo de acumulación sobre un largo período, debido a los vientos estacionales, es concebible que en algunos lugares haya incrementos bruscos en la adherencia debido a los fuertes vientos estacionales. Por consiguiente, como resultado de la recopilación de datos de los estudios de contaminación salina mencionados, se consideró necesario, se deban colocar aisladores piloto después del comienzo de la operación, para efectuar investigaciones de contaminación salina a largo plazo y determinar las características de contaminación salina por zonas.

La determinación del período adecuado para el lavado de aisladores se basó en los resultados obtenidos; por ejemplo, inmediatamente antes que los vientos estacionales tomen fuerza durante el invierno.

3. Control de la contaminación salina

El límite de adherencia permisible en el control de la contaminación salina será diferente, de acuerdo con el tipo de aislador y con el grado de sobreaislamiento; pero para la línea de Transmisión de Interconexión de Lima a Chimbote, se estableció de acuerdo con lo siguiente:

- (a) El número de aisladores de tipo niebla, de 250mm de diámetro, que se usa, es de 21 aisladores para la línea de transmisión de 220kV.

- (b) De acuerdo con el número de aisladores de las cadenas y según el párrafo (a), y con las características de tensión disruptiva de lavado de aisladores contaminados tipo niebla, de 250mm de diámetro, se estima que los límites de contaminación salina son como sigue:

| | | |
|----|-------------------------------|------------------------|
| i) | Línea de transmisión de 220kV | |
| | Tensión de línea de 220kV: | 0.7 mg/cm ² |
| | Tensión de línea de 230kV: | 0.6 mg/cm ² |
| | Tensión de línea de 240kV: | 0.5 mg/cm ² |

Sin embargo, la resistividad específica del agua para el lavado de los aisladores debe ser no menor de 5 kohms-cm. Por otra parte, según el valor medido de 0.95 mg/cm² para la línea Chimbote – Trujillo, se considera adecuado el lavado de los aisladores una sola vez por año; sin embargo, existió una buena posibilidad de que como resultado de las mediciones reales en sitios cercanos al mar, donde los aisladores están sujetos a los vientos estacionales, se requiera el lavado dos o tres veces por año, mientras que en otros sitios, más alejados del mar, solo se requiera lavar una vez cada uno o dos años. El lavado es realizado desde el lado de abajo, hacia la parte alta.

1.6. DISEÑO DEL AISLAMIENTO

| Ítem | Valores de Diseño | Referencia |
|--|--------------------|---|
| Tensión Nominal (kV) | 220 | Tensión máx. permisible 240kV |
| Tensión Anormal (kV) | 276 | 240 x 1.15 |
| Altitud Máxima (m) | 1000 | |
| 1) <u>Diseño por Contaminación</u> | | |
| Clase de Contaminación | Sal Marina | 1.0 mg/cm ² sobre el aislador |
| Tensión a tierra (kV) | 160 | $276 \times 1 / \sqrt{3}$ |
| Tensión de diseño del aislador (kV por cada uno) | 7.82 | |
| Cantidad de aisladores | 21 | Tipo niebla 254 mm ϕ 160 / 7.82 |
| 2) <u>Diseño por sobretensiones de Maniobra</u> | | |
| Tensión a tierra, valor a pico (kV) | 226 | $276 \times 2 / \sqrt{3}$ |
| Coefficiente por sobretensión de maniobra | 2.8 | |
| Coefficiente del aislador | 1.2 1.1 1.09 | Factor para altitudes inferiores a 1000m. Factor de capacitancia de la cadena de aisladores. |
| Tensión de diseño (kV) | 758 | $276 \times \sqrt{2} / \sqrt{3} \times 2.8 \times 1.2$ |
| Cantidad de aisladores | 14 | Tipo suspensión, 254 mm ϕ |
| 3) <u>Conclusión</u> | | |
| Cantidad de aisladores | 21 | Tipo niebla, 254 mm ϕ |
| Longitud de la cadena de aisladores (mm) | 3440 | Cadena de suspensión |
| Espaciamiento normal (mm) | 1950 | |
| Espaciamiento mínimo (mm) | 1450 | |

| | | |
|--|------|--|
| Espaciamiento anormal (mm) | 620 | |
| Espaciamiento para cuello de enlace (mm) | 2340 | |

1.7. ESTADO ACTUAL DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

En la actualidad, la L-2215 Paramonga -- Chimbote posee aisladores de vidrio, porcelana y poliméricos. Estos últimos no han tenido un buen desempeño en la zona, ya que en dos oportunidades se ha tenido rotura de poliméricos, en las cuales ha interferido en gran magnitud las descargas ocurridas en el cuerpo del aislador, originadas por el ambiente corrosivo y contaminante.

El ambiente corrosivo y contaminante hace que en la actualidad el lavado en caliente se realice tres veces al año en algunas zonas, además de realizar limpieza de aisladores dos veces al año y cambio de grasa silicona en el caso de los aisladores de vidrio y porcelana para las zonas inaccesibles.

2. RESULTADOS OBTENIDOS

Debido a los problemas que se presentaron en la L-2215, así como en otras líneas costeras, en las cuales hubo roturas de aisladores por el desgaste del material del aislador, se decidió inspeccionar esta línea con la cámara ultravioleta Daycor II para poder evaluar el estado de los aisladores.

Los resultados obtenidos son en base a videos que se tomaron con de la cámara ultravioleta. Es de aclarar que del total de estructuras de la línea que son 586 entre postes de madera y torres metálicas, se inspeccionaron 199 estructuras (34% del total, 148 torres y 51 postes) de manera aleatoria.

Los videos obtenidos han sido analizados y descritos en una tabla en la cual se indica el nombre del video, la estructura inspeccionada, el tipo de descarga que se observa y la magnitud de la misma de acuerdo a lo observado, teniendo en cuenta que la ganancia del equipo no varió y se mantuvo en 110.

Asimismo, en dicha tabla se tiene una columna la cual indica la cantidad de descargas por minuto máxima que el equipo calcula en el punto de la descarga.

Dicho parámetro al momento no es confiable en un 100%, y su implicancia en la evaluación de un aislador está en investigación, aunque algunos operadores de este equipo indican que una falla en un aislador que arroje un valor de 10 000 descargas por minuto implica una falla grave la cual conllevaría a un cambio del aislador.

A continuación se muestra la tabla de descripción de los videos con los resultados obtenidos, así como las gráficas que nacen a partir de dicha tabla.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|-------------------|------------|-----------------|------------------|----------|------------------|--------------------------|
| 1 | P-009 a P-008 FS | P-009 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 2 | P-011 FS | P-011 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | 3011 | Pin de aislador |
| 3 | P-011 FS-2 | P-011 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 2388 | Pin de aislador |
| 4 | P-012 FT | P-012 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | 1662 | Terminal lado conductor |
| 5 | P-013 FS | P-013 | Descarga Corona | Polimérico | Alta | 5974 | Anillo corona |
| 6 | P-013 FS-2 | P-013 | Descarga Corona | Polimérico | Media | 4025 | Anillo corona |
| 7 | P-014 FR | P-014 | Descarga Corona | Polimérico | Alta | 3898 | Anillo corona |
| 8 | P-014 FT | P-014 | Descarga Corona | Polimérico | Media | 2248 | Anillo corona |
| 9 | P-015 FR | P-015 | Descarga Corona | Polimérico | Media | 2703 | Terminal lado conductor |
| 10 | P-015 FT | P-015 | Descarga Corona | Polimérico | Media | 3559 | Anillo corona |
| 11 | P-017-3 | P-017 | Descarga Corona | Polimérico | Alta | 2169 | Anillo corona |
| 12 | P-018-1 | P-018 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | 1452 | Anillo corona |
| 13 | P-025 a P-026 FT | P-025 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 1139 | Socket de aislador |
| 14 | P-053 | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 4972 | Pin de aislador |
| 15 | P-053 a P-52 FR | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | 2641 | Pin de aislador |
| 16 | P-053 a P-052 FS | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 1235 | Pin de aislador |
| 17 | P-053 a P-052 FT | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | 1697 | Pin de aislador |
| 18 | P-053 a P-54 FR | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | 3808 | Socket de aislador |
| 19 | P-053 a P-54 FR-2 | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 2749 | Terminal lado estructura |
| 20 | P-053 a P-054 FS | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 7038 | Socket de aislador |
| 21 | P-053 a P-054 FT | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 3546 | Socket de aislador |
| 22 | P-053 Jumper FR | P-053 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | 3034 | Pin de aislador |
| 23 | P-131 a P-130 FS | P-131 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | 572 | Anillo corona |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|--------------------|------------|-----------------|------------------|----------|------------------|---------------------------|
| 24 | P-162 a P-163 FR | P-162 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 2217 | Socket de aislador |
| 25 | P-162 a P-163 FS | P-162 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 3020 | Socket de aislador |
| 26 | P-162 a P-163 FT | P-162 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 2581 | Socket de aislador |
| 27 | P-341 a P-340 FS | P-341 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | | Pin de aislador |
| 28 | P-341 a P-340 FT | P-341 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | | Pin de aislador |
| 29 | P-341 a P-342 FS | P-341 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | | Pin de aislador |
| 30 | P-341 a P-342 FS-2 | P-341 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Pin de aislador |
| 31 | P-349 a P-348 FR | P-349 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Socket de aislador |
| 32 | P-349 a P-348 FS | P-349 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Pin de aislador |
| 33 | P-349 a P-348 FT | P-349 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Socket y pin del aislador |
| 34 | P-349 a P-350 FS | P-349 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Socket y pin del aislador |
| 35 | P-350 FS | P-350 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | | Anillo corona |
| 36 | P-354 a P353 | P-354 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 37 | P-362 a P-361 | P-362 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | | Socket de aislador |
| 38 | P-365 a P-364 | P-365 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Socket de aislador |
| 39 | P-372 a P-371 | P-372 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 40 | P-389 a P-388 | P-389 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 41 | P-404 a P-405 | P-404 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Socket de aislador |
| 42 | P-415 | P-415 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | | Terminal lado conductor |
| 43 | P-452 a P-453 | P-452 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Pin de aislador |
| 44 | T-001 FS a Pórtico | T-001 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | 4919 | Pin de aislador |
| 45 | T-002 a T-001 FS | T-002 | Descarga Corona | Porcelana | Media | 2404 | Socket de aislador |
| 46 | T-002 a T-003 FR | T-002 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 1923 | Socket de aislador |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|--------------------|------------|-----------------|------------------|----------|------------------|-------------------------|
| 47 | T-002 a T-003 FS | T-002 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 2580 | Pin de aislador |
| 48 | T-003 a T-002 FR | T-003 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 2174 | Socket de aislador |
| 49 | T-004 a T-003 FS | T-004 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 1831 | Socket de aislador |
| 50 | T-053 a T-052 FT | T-053 | Descarga Corona | Porcelana | Alta | 2538 | Pin de aislador |
| 51 | T-068 a T-069 FR | T-068 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 1960 | Socket de aislador |
| 52 | T-068 a T-069 FR-2 | T-068 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 2783 | Socket de aislador |
| 53 | T-068 a T-069 FS | T-068 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 1162 | Socket de aislador |
| 54 | T-068 a T-069 FT | T-068 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 1131 | Socket de aislador |
| 55 | T-111 FS | T-111 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | 1232 | Anillo corona |
| 56 | T-113 FT | T-113 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | 2741 | Anillo corona |
| 57 | T-114 FT | T-114 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | 567 | Anillo corona |
| 58 | T-115 FR-2 | T-115 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | 827 | Terminal lado conductor |
| 59 | T-115 FS-2 | T-115 | Descarga Corona | Polimérico | Media | 1765 | Terminal lado conductor |
| 60 | T-130 | T-130 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | | Anillo corona |
| 61 | T-204 Jumpers | T-204 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Pin de aislador |
| 62 | T-244 | T-244 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | | Anillo corona |
| 63 | T-278 a T-279 | T-278 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 64 | T-286 a T-285 | T-286 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | | Anillo corona |
| 65 | T-323 a T-322 | T-323 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 66 | T-473 a T-472 | T-473 | Descarga Corona | Polimérico | Baja | | Anillo corona |
| 67 | T-536 a T-535 | T-536 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Pin de aislador |
| 68 | T-339 a T-338 | T-339 | Descarga Corona | Porcelana | Media | | Socket de aislador |
| 69 | P-009 a P-008 FR | P-009 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | 2170 | Socket de aislador |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|--------------------|------------|-------------------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 70 | T-329 a T-330 | T-329 | Descarga Corona | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 71 | P-014 FR-2 | P-014 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Alta | 2004 | Nucleo del aislador |
| 72 | P-014 FS | P-014 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Baja | 1555 | Nucleo del aislador |
| 73 | P-131 a P-132 FR | P-131 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Media | 3219 | Nucleo del aislador |
| 74 | P-441 | P-441 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Alta | | Nucleo del aislador |
| 75 | P-447 a P-446 | P-447 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Alta | | Nucleo del aislador |
| 76 | P-447 a P-448 | P-447 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Alta | | Nucleo del aislador |
| 77 | P-448 | P-448 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Alta | | Nucleo del aislador |
| 78 | T-057 FS | T-057 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Media | 2780 | Nucleo del aislador |
| 79 | T-114 FS | T-114 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Media | 2517 | Nucleo del aislador |
| 80 | T-114 FS-2 | T-114 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Media | 2060 | Nucleo del aislador |
| 81 | T-116 a T-117 FR | T-116 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Alta | 3543 | Nucleo del aislador |
| 82 | T-116 a T-117 FS | T-116 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Baja | 1248 | Nucleo del aislador |
| 83 | T-116 a T-117 FS-2 | T-116 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Baja | 843 | Nucleo del aislador |
| 84 | T-116 a T-117 FS-3 | T-116 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Media | 925 | Nucleo del aislador |
| 85 | T-116 a T-117 FT | T-116 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Alta | 2179 | Nucleo del aislador |
| 86 | T-117 a T-118 FT | T-117 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Baja | 1160 | Nucleo del aislador |
| 87 | T-230 | T-230 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Baja | | Nucleo del aislador |
| 88 | T-272 a T-273 | T-272 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Baja | | Nucleo del aislador |
| 89 | T-273 | T-273 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Media | | Nucleo del aislador |
| 90 | T-475 a T-474 | T-475 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Baja | | Nucleo del aislador |
| 91 | T-475 a T-476 | T-475 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Media | | Nucleo del aislador |
| 92 | T-478 Jumpers | T-478 | Descarga Interna ó Daño | Polimérico | Media | | Nucleo del aislador |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|--------------------|------------|-------------------------|------------------|----------|------------------|-------------------------|
| 93 | P-349 a P-350 FT | P-349 | Descarga Interna ó Daño | Porcelana | Media | | Socket de aislador |
| 94 | P-009 a P-010 FR | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 2343 | Superficie del aislador |
| 95 | P-009 a P-010 FT | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 3141 | Superficie del aislador |
| 96 | P-009 Jumper FR | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 3516 | Superficie del aislador |
| 97 | P-009 Jumper FR-2 | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 2914 | Superficie del aislador |
| 98 | P-009 Jumper FS | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 4140 | Superficie del aislador |
| 99 | P-009 Jumper FS-2 | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 3402 | Superficie del aislador |
| 100 | P-009 Jumper FT | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 4195 | Superficie del aislador |
| 101 | P-009 Jumper FT-2 | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 2344 | Superficie del aislador |
| 102 | P-009 Jumper FT-3 | P-009 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 2300 | Superficie del aislador |
| 103 | P-012 FR | P-012 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 675 | Aletas del aislador |
| 104 | P-016 FS | P-016 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 4108 | Aletas del aislador |
| 105 | P-017-1 | P-017 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 3756 | Superficie del aislador |
| 106 | P-018-3 | P-018 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 2846 | Superficie del aislador |
| 107 | P-025 a P-024 FT | P-025 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 856 | Superficie del aislador |
| 108 | P-025 a P-024 FT-2 | P-025 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 233 | Superficie del aislador |
| 109 | P-025 a P-026 FR | P-025 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 427 | Superficie del aislador |
| 110 | P-053 Jumper FS | P-053 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 2935 | Superficie del aislador |
| 111 | P-053 Jumper FT | P-053 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 2426 | Superficie del aislador |
| 112 | P-131 a P-130 FT | P-131 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 1470 | Aletas del aislador |
| 113 | P-131 a P-132 FR-2 | P-131 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 1647 | Aletas del aislador |
| 114 | P-131 a P-132 FS | P-131 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 1321 | Aletas del aislador |
| 115 | P-131 a P-132 FT | P-131 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 796 | Aletas del aislador |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|------------------------|------------|----------------------|------------------|----------|------------------|-------------------------|
| 116 | P-133 | P-133 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 117 | P-145 a P-144 | P-145 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 118 | P-162 Jumper FS | P-162 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 3117 | Superficie del aislador |
| 119 | P-162 Jumper FT | P-162 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 3659 | Superficie del aislador |
| 120 | P-162 Jumper FT-2 | P-162 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | | Superficie del aislador |
| 121 | P-162 Jumper FT (Veri) | P-162 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | | Superficie del aislador |
| 122 | P-162 Jumpers FR | P-162 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 3272 | Superficie del aislador |
| 123 | P-340 a P-339 | P-340 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 124 | P-341 a P-340 FR | P-341 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | | Superficie del aislador |
| 125 | P-341 a P-342 FT | P-341 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | | Superficie del aislador |
| 126 | P-344 a P-343 | P-344 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | | Superficie del aislador |
| 127 | P-349 a P-350 FR | P-349 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 128 | P-354 a P-355 | P-354 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 129 | P-357 a P-356 | P-357 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | | Superficie del aislador |
| 130 | P-362 a P-363 | P-362 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | | Superficie del aislador |
| 131 | P-365 a P-366 | P-365 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | | Superficie del aislador |
| 132 | P-372 a P-373 | P-372 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 133 | P-375 a P-374 | P-375 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | | Superficie del aislador |
| 134 | P-375 a P-376 | P-375 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | | Superficie del aislador |
| 135 | P-389 a P-390 | P-389 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 136 | P-404 a P-403 | P-404 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | | Superficie del aislador |
| 137 | P-413 | P-413 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 138 | P-414 | P-414 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|--------------------|------------|----------------------|------------------|----------|------------------|-------------------------|
| 139 | P-422 a P-423 | P-422 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | | Superficie del aislador |
| 140 | P-425 | P-425 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 141 | P-437 a P-436 | P-437 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 142 | P-437 a P-438 | P-437 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | | Superficie del aislador |
| 143 | P-440 | P-440 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 144 | P-468 a P-467 | P-468 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 145 | P-468 a P-469 | P-468 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 146 | T-001 a T-002 FR | T-001 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 2855 | Superficie del aislador |
| 147 | T-001 a T-002 FS | T-001 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 2358 | Superficie del aislador |
| 148 | T-001 a T-002 FT | T-001 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 3325 | Superficie del aislador |
| 149 | T-001 FT a Pórtico | T-001 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 2670 | Superficie del aislador |
| 150 | T-003 a T-004 FR | T-003 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 1694 | Superficie del aislador |
| 151 | T-003 a T-004 FS | T-003 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 819 | Superficie del aislador |
| 152 | T-004 a T-005 FS | T-004 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 2839 | Superficie del aislador |
| 153 | T-004 a T-005 FT | T-004 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 2306 | Superficie del aislador |
| 154 | T-008 a T-007 FR | T-008 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 1781 | Superficie del aislador |
| 155 | T-008 a T-007 FS | T-008 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | 2264 | Superficie del aislador |
| 156 | T-008 a T-007 FT | T-008 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 1492 | Superficie del aislador |
| 157 | T-054 a T-053 FR | T-054 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 1412 | Superficie del aislador |
| 158 | T-054 a T-053 FS | T-054 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 944 | Superficie del aislador |
| 159 | T-054 a T-055 FT | T-054 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | 880 | Superficie del aislador |
| 160 | T-057 FR | T-057 | Descarga Superficial | Polimérico | Media | 2917 | Aletas del aislador |
| 161 | T-057 FT | T-057 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 813 | Aletas del aislador |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|--------------------|------------|----------------------|------------------|----------|------------------|-------------------------|
| 162 | T-068 a T-067 FR | T-068 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 2680 | Superficie del aislador |
| 163 | T-068 a T-067 FR-2 | T-068 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 1805 | Superficie del aislador |
| 164 | T-068 a T-067 FT | T-068 | Descarga Superficial | Porcelana | Alta | 2062 | Superficie del aislador |
| 165 | T-105 FR | T-105 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 1230 | Aletas del aislador |
| 166 | T-105 FS | T-105 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 1253 | Aletas del aislador |
| 167 | T-105 FT-3 | T-105 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 1861 | Aletas del aislador |
| 168 | T-106 a T-105 FR | T-106 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 493 | Aletas del aislador |
| 169 | T-106 a T-105 FS | T-106 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 305 | Aletas del aislador |
| 170 | T-106 a T-107 FR | T-106 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 476 | Aletas del aislador |
| 171 | T-106 a T-107 FR-2 | T-106 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 955 | Aletas del aislador |
| 172 | T-113 FR | T-113 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 1071 | Aletas del aislador |
| 173 | T-113 FS | T-113 | Descarga Superficial | Polimérico | Media | 1319 | Aletas del aislador |
| 174 | T-114 FR | T-114 | Descarga Superficial | Polimérico | Media | 1978 | Aletas del aislador |
| 175 | T-115 FT | T-115 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 403 | Aletas del aislador |
| 176 | T-115 FT-2 | T-115 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 371 | Aletas del aislador |
| 177 | T-117 a T-116 FS | T-117 | Descarga Superficial | Polimérico | Media | 2254 | Aletas del aislador |
| 178 | T-117 a T-118 FR | T-117 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | 1218 | Aletas del aislador |
| 179 | T-120 | T-120 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 180 | T-121 | T-121 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 181 | T-122 | T-122 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 182 | T-124 | T-124 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 183 | T-199 a T-198 | T-199 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 184 | T-204 a T-205 | T-204 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|---------------|------------|----------------------|------------------|----------|------------------|-------------------------|
| 185 | T-226 a T-225 | T-226 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 186 | T-228 a T-229 | T-228 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 187 | T-243 | T-243 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 188 | T-253 | T-253 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 189 | T-262 | T-262 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 190 | T-267 a T-268 | T-267 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 191 | T-268 a T-267 | T-268 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 192 | T-268 a T-269 | T-268 | Descarga Superficial | Polimérico | Media | | Aletas del aislador |
| 193 | T-269 | T-269 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 194 | T-270 | T-270 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 195 | T-271 a T-272 | T-271 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 196 | T-293 a T-292 | T-293 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 197 | T-304 a T-303 | T-304 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Superficie del aislador |
| 198 | T-307 a T-306 | T-307 | Descarga Superficial | Polimérico | Media | | Aletas del aislador |
| 199 | T-307 a T-308 | T-307 | Descarga Superficial | Polimérico | Media | | Aletas del aislador |
| 200 | T-324 a T-325 | T-324 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 201 | T-325 a T-326 | T-325 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 202 | T-326 | T-326 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 203 | T-478 a T-479 | T-478 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 204 | T-480 a T-479 | T-480 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 205 | T-480 a T-481 | T-480 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 206 | T-485 a T-484 | T-485 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 207 | T-490 a T-489 | T-490 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|------------------|------------|----------------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 208 | T-490 a T-491 | T-490 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 209 | T-496 a T-495 | T-496 | Descarga Superficial | Polimérico | Baja | | Aletas del aislador |
| 210 | T-512 a T-513 | T-512 | Descarga Superficial | Porcelana | Media | | Socket de aislador |
| 211 | T-531 a T-530 | T-531 | Descarga Superficial | Porcelana | Baja | | Socket de aislador |
| 212 | P-009 a P-008 FT | P-009 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 213 | P-009 a P-010 FS | P-009 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 214 | P-011 FT | P-011 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 215 | P-012 FS | P-012 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 216 | P-013 FR | P-013 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 217 | P-013 FT | P-013 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 218 | P-015 FS | P-015 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 219 | P-016 FR | P-016 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 220 | P-016 FT | P-016 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 221 | P-017-2 | P-017 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 222 | P-018-2 | P-018 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 223 | P-025 a P-024 FR | P-025 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 224 | P-037-1 | P-037 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 225 | P-037-2 | P-037 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 226 | P-037-3 | P-037 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 227 | P-037-4 | P-037 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 228 | P-037-5 | P-037 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 229 | P-037-6 | P-037 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 230 | P-037 a P-038 FT | P-037 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|-------------------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 231 | P-131 FT | P-131 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 232 | P-131 Jumper FR | P-131 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 233 | P-131 Jumper FS | P-131 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 234 | P-131 Jumper FT | P-131 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 235 | P-145 a P-146 | P-145 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 236 | P-162 a P-161 FR | P-162 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 237 | P-162 a P-161 FS | P-162 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 238 | P-162 a P-161 FT | P-162 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 239 | P-162 a P-161 FT (Veri) | P-162 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 240 | P-340 a P-341 | P-340 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 241 | P-344 a P-345 | P-344 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 242 | P-350 FR | P-350 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 243 | P-350 FT | P-350 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 244 | P-351 a P-350 | P-351 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 245 | P-351 a P-352 | P-351 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 246 | P-351 Jumpers | P-351 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 247 | P-352 a P-353 | P-352 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 248 | P-357 a P-358 | P-357 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 249 | P-403 a P-402 | P-403 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 250 | P-403 a P-404 | P-403 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 251 | P-419 | P-419 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 252 | P-420 | P-420 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 253 | P-422 a P-421 | P-422 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|--------------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 254 | P-424 | P-424 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 255 | P-436 a P-435 | P-436 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 256 | P-436 a P-437 | P-436 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 257 | P-449 | P-449 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 258 | P-450 | P-450 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 259 | P-452 a P-451 | P-452 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 260 | P-453 a P-452 | P-453 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 261 | P-453 a P-454 | P-453 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 262 | T-001 FR a Pórtico | T-001 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 263 | T-002 a T-001 FR | T-002 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 264 | T-002 a T-001 FT | T-002 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 265 | T-002 a T-003 FT | T-002 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 266 | T-003 a T-002 FS | T-003 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 267 | T-003 a T-002 FT | T-003 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 268 | T-003 a T-004 FT | T-003 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 269 | T-004 a T-003 FR | T-004 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 270 | T-004 a T-003 FT | T-004 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 271 | T-004 a T-005 FR | T-004 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 272 | T-008 a T-009 FR | T-008 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 273 | T-008 a T-009 FS | T-008 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 274 | T-008 a T-009 FT | T-008 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 275 | T-054 a T-053 FT | T-054 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 276 | T-054 a T-055 FR | T-054 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|--------------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 277 | T-054 a T-055 FS | T-054 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 278 | T-079 | T-079 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 279 | T-079 a T-080 FT | T-079 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 280 | T-088 FT | T-088 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 281 | T-105 FT | T-105 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 282 | T-105 FT-2 | T-105 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 283 | T-105 FT-4 | T-105 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 284 | T-106 a T-105 FR-2 | T-106 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 285 | T-106 a T-105 FS-2 | T-106 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 286 | T-106 a T-105 FT | T-106 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 287 | T-106 a T-105 FT-2 | T-106 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 288 | T-106 a T-107 FS | T-106 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 289 | T-106 a T-107 FS-2 | T-106 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 290 | T-106 a T-107 FT | T-106 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 291 | T-107 FR | T-107 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 292 | T-107 FS | T-107 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 293 | T-107 FT | T-107 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 294 | T-108 FR | T-108 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 295 | T-108 FS | T-108 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 296 | T-108 FT | T-108 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 297 | T-109 FR | T-109 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 298 | T-109 FS | T-109 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 299 | T-109 FT | T-109 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|------------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 300 | T-110 FR | T-110 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 301 | T-110 FS | T-110 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 302 | T-110 FT | T-110 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 303 | T-111 FR | T-111 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 304 | T-111 FT | T-111 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 305 | T-112 FR | T-112 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 306 | T-112 FS | T-112 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 307 | T-114 FT-2 | T-114 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 308 | T-115 FR | T-115 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 309 | T-115 FR-3 | T-115 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 310 | T-115 FS | T-115 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 311 | T-115 FS-3 | T-115 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 312 | T-115 FT-3 | T-115 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 313 | T-116 a T-115 FS | T-116 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 314 | T-116 FR | T-116 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 315 | T-116 FS | T-116 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 316 | T-116 FT | T-116 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 317 | T-117 | T-117 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 318 | T-117 a T-116 FR | T-117 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 319 | T-117 a T-116 FT | T-117 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 320 | T-117 a T-118 FS | T-117 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 321 | T-118 | T-118 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 322 | T-119 | T-119 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|---------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 323 | T-123 | T-123 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 324 | T-125 | T-125 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 325 | T-126 | T-126 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 326 | T-127 | T-127 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 327 | T-128 | T-128 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 328 | T-129 | T-129 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 329 | T-171 a T-170 | T-171 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 330 | T-171 a T-172 | T-171 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 331 | T-192 | T-192 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 332 | T-196 | T-196 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 333 | T-199 Jumpers | T-199 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 334 | T-201 a T-200 | T-201 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 335 | T-201 a T-202 | T-201 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 336 | T-204 a T-203 | T-204 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 337 | T-216 a T-215 | T-216 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 338 | T-216 a T-217 | T-216 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 339 | T-226 a T-227 | T-226 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 340 | T-228 a T-227 | T-228 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 341 | T-229 | T-229 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 342 | T-231 | T-231 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 343 | T-232 | T-232 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 344 | T-233 | T-233 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 345 | T-234 | T-234 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.
Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|---------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 346 | T-235 | T-235 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 347 | T-236 | T-236 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 348 | T-237 | T-237 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 349 | T-238 | T-238 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 350 | T-239 | T-239 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 351 | T-240 | T-240 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 352 | T-241 | T-241 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 353 | T-242 a T-241 | T-242 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 354 | T-242 a T-243 | T-242 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 355 | T-245 | T-245 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 356 | T-246 | T-246 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 357 | T-247 | T-247 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 358 | T-248 a T-247 | T-248 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 359 | T-248 a T-249 | T-248 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 360 | T-249 | T-249 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 361 | T-250 | T-250 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 362 | T-251 | T-251 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 363 | T-252 | T-252 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 364 | T-254 a T-253 | T-254 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 365 | T-254 a T-255 | T-254 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 366 | T-263 | T-263 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 367 | T-264 | T-264 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 368 | T-265 | T-265 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.
Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|---------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 369 | T-266 a T-265 | T-266 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 370 | T-266 a T-267 | T-266 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 371 | T-267 a T-266 | T-267 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 372 | T-271 a T-270 | T-271 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 373 | T-272 a T-271 | T-272 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 374 | T-278 a T-277 | T-278 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 375 | T-285 a T-284 | T-285 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 376 | T-285 a T-286 | T-285 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 377 | T-286 a T-287 | T-286 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 378 | T-287 a T-286 | T-287 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 379 | T-287 a T-288 | T-287 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 380 | T-288 a T-287 | T-288 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 381 | T-288 a T-289 | T-288 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 382 | T-291 a T-290 | T-291 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 383 | T-291 a T-292 | T-291 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 384 | T-293 a T-294 | T-293 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 385 | T-299 a T-298 | T-299 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 386 | T-299 a T-300 | T-299 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 387 | T-301 a T-300 | T-301 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 388 | T-301 a T-302 | T-301 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 389 | T-304 a T-305 | T-304 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 390 | T-305 a T-304 | T-305 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 391 | T-305 a T-306 | T-305 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|---------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 392 | T-306 a T-305 | T-306 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 393 | T-306 a T-307 | T-306 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 394 | T-310 a T-309 | T-310 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 395 | T-310 a T-311 | T-310 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 396 | T-323 a T-324 | T-323 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 397 | T-324 a T-323 | T-324 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 398 | T-325 a T-324 | T-325 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 399 | T-327 | T-327 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 400 | T-328 a T-327 | T-328 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 401 | T-328 a T-329 | T-328 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 402 | T-329 a T-328 | T-329 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 403 | T-338 a T-337 | T-338 | Sin descargas | Vidrio | Ninguna | | Sin Descargas |
| 404 | T-338 a T-339 | T-338 | Sin descargas | Vidrio | Ninguna | | Sin Descargas |
| 405 | T-339 a T-340 | T-339 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 406 | T-471 a T-470 | T-471 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 407 | T-471 a T-472 | T-471 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 408 | T-472 a T-471 | T-472 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 409 | T-472 a T-473 | T-472 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 410 | T-473 a T-474 | T-473 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 411 | T-474 a T-473 | T-474 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 412 | T-474 a T-475 | T-474 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 413 | T-476 a T-475 | T-476 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 414 | T-476 a T-477 | T-476 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.
Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|------------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 415 | T-477 | T-477 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 416 | T-478 a T-477 | T-478 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 417 | T-479 a T-478 | T-479 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 418 | T-479 a T-480 | T-479 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 419 | T-485 a T-486 | T-485 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 420 | T-493 a T-492 | T-493 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 421 | T-493 a T-494 | T-493 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 422 | T-495 a T-493 FT | T-495 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 423 | T-495 a T-494 | T-495 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 424 | T-495 a T-496 | T-495 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 425 | T-496 a T-497 | T-496 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 426 | T-497 a T-496 | T-497 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 427 | T-497 a T-498 | T-497 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 428 | T-501 a T-500 | T-501 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 429 | T-501 a T-502 | T-501 | Sin descargas | Polimérico | Ninguna | | Sin Descargas |
| 430 | T-503 a T-502 | T-503 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 431 | T-503 a T-504 | T-503 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 432 | T-506 a T-505 | T-506 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 433 | T-506 a T-507 | T-506 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 434 | T-510 a T-509 | T-510 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 435 | T-510 a T-511 | T-510 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 436 | T-512 a T-511 | T-512 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 437 | T-517 a T-516 | T-517 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.
Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Item | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|---------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 438 | T-517 a T-518 | T-517 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 439 | T-531 a T-532 | T-531 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 440 | T-536 a T-537 | T-536 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 441 | T-537 a T-536 | T-537 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 442 | T-538 a T-537 | T-538 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 443 | T-538 a T-539 | T-538 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 444 | T-539 a T-538 | T-539 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 445 | T-539 a T-540 | T-539 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 446 | T-540 a T-539 | T-540 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 447 | T-540 a T-541 | T-540 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 448 | T-541 a T-540 | T-541 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 449 | T-541 a T-542 | T-541 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 450 | T-545 a T-544 | T-545 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 451 | T-545 a T-546 | T-545 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 452 | T-546 a T-545 | T-546 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 453 | T-546 a T-547 | T-546 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 454 | T-547 a T-546 | T-547 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 455 | T-547 a T-548 | T-547 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 456 | T-548 a T-547 | T-548 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 457 | T-548 a T-549 | T-548 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 458 | T-549 a T-548 | T-549 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 459 | T-549 a T-550 | T-549 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 460 | T-550 a T-549 | T-550 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |

Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.

Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

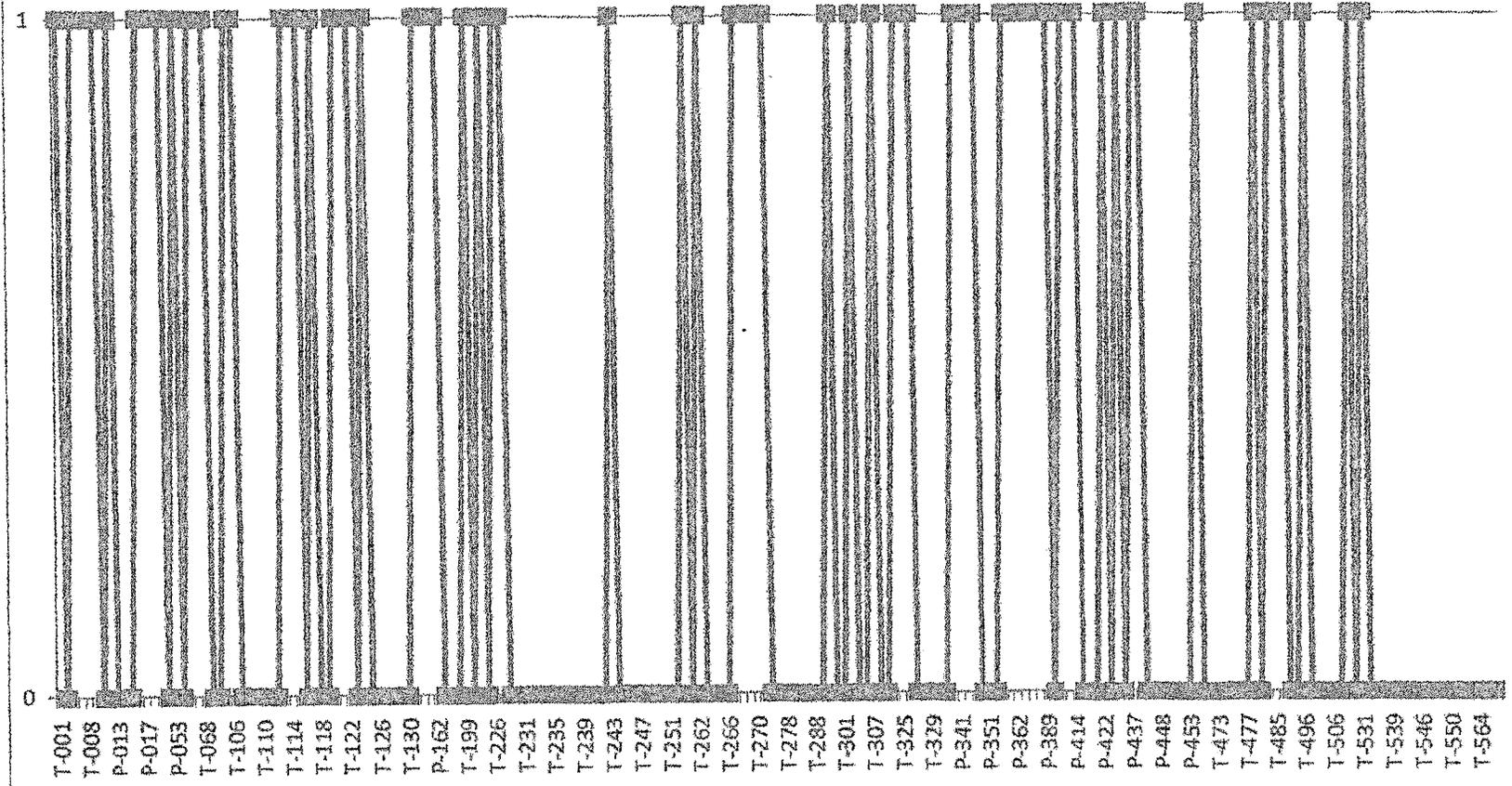
RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION CON CÁMARA ULTRAVIOLETA
L-2215 PARAMONGA - CHIMBOTE

Ganancia: 110

| Ítem | Nombre Video | Estructura | Diagnóstico | Tipo de aislador | Magnitud | Descarga por Min | Ubicación de Descarga |
|------|---------------|------------|---------------|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| 461 | T-550 a T-551 | T-550 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 462 | T-551 a T-550 | T-551 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 463 | T-551 a T-552 | T-551 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 464 | T-553 a T-552 | T-553 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 465 | T-553 a T-554 | T-553 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 466 | T-561 a T-560 | T-561 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 467 | T-561 a T-562 | T-561 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 468 | T-564 a T-563 | T-564 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 469 | T-564 a T-565 | T-564 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 470 | T-566 a T-565 | T-566 | Sin descargas | Vidrio | Ninguna | | Sin Descargas |
| 471 | T-566 a T-567 | T-566 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 472 | T-571 a T-570 | T-571 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |
| 473 | T-571 a T-572 | T-571 | Sin descargas | Porcelana | Ninguna | | Sin Descargas |

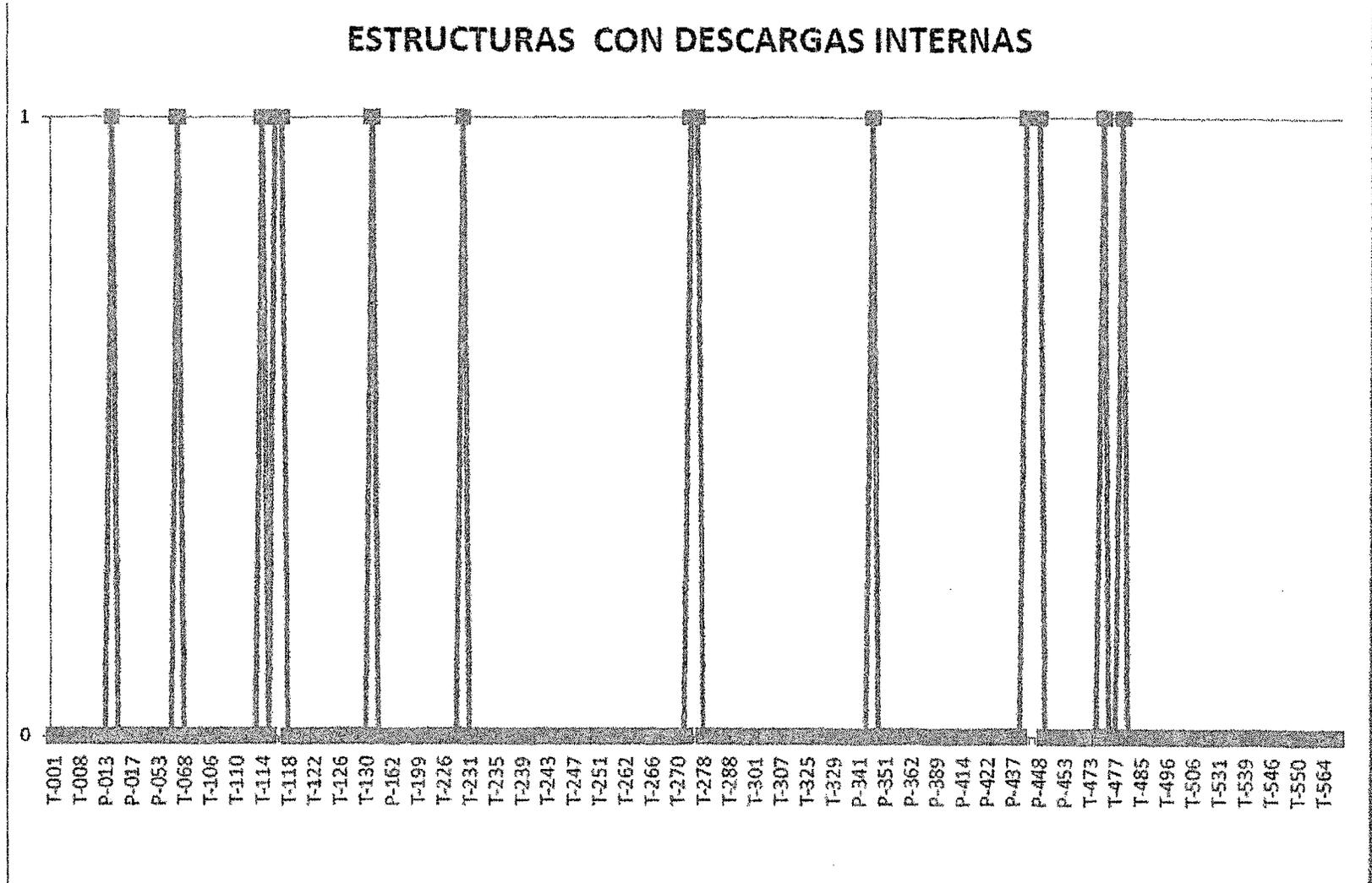
Resultados obtenidos del Análisis de los videos grabados con cámara UV.
Los videos están grabados en DVD adjunto, como anexo.

ESTRUCTURAS CON DESCARGAS SUPERFICIALES



1: Presenta el tipo de descargas indicado.
 0: No presenta el tipo de descarga indicado.

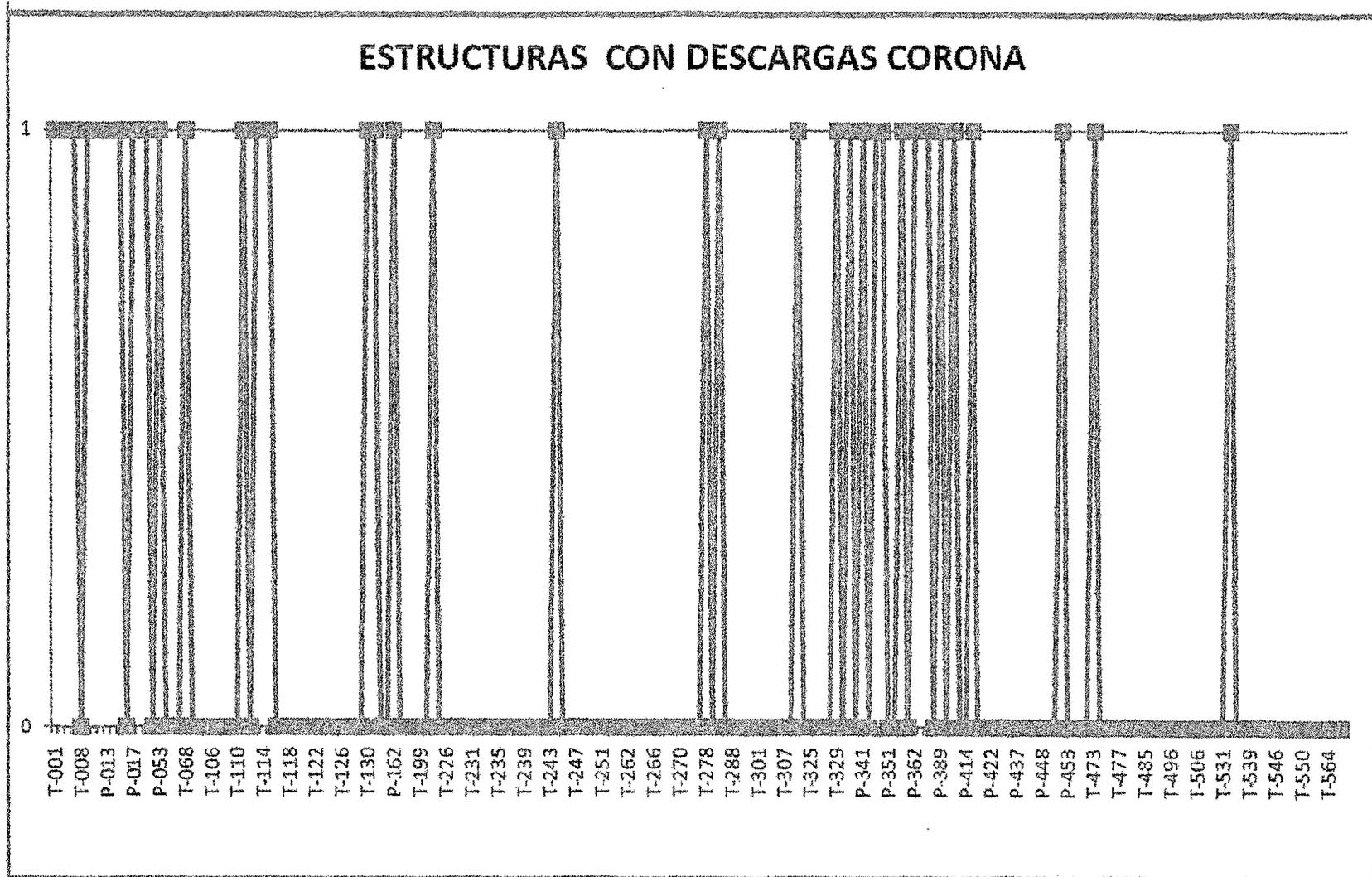
ESTRUCTURAS CON DESCARGAS INTERNAS



1: Presenta el tipo de descargas indicado.

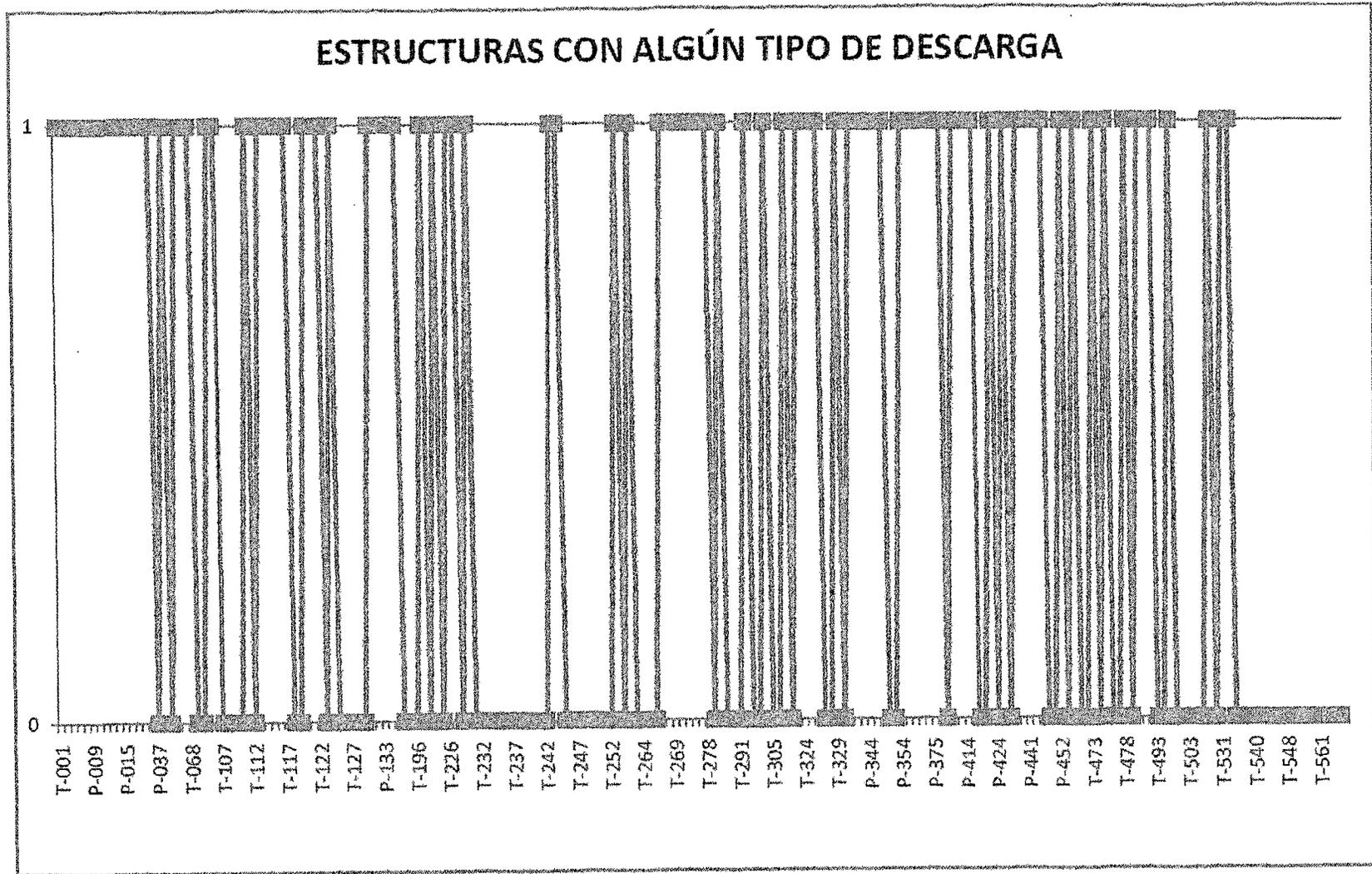
0: No presenta el tipo de descarga indicado.

ESTRUCTURAS CON DESCARGAS CORONA



1: Presenta el tipo de descargas indicado.

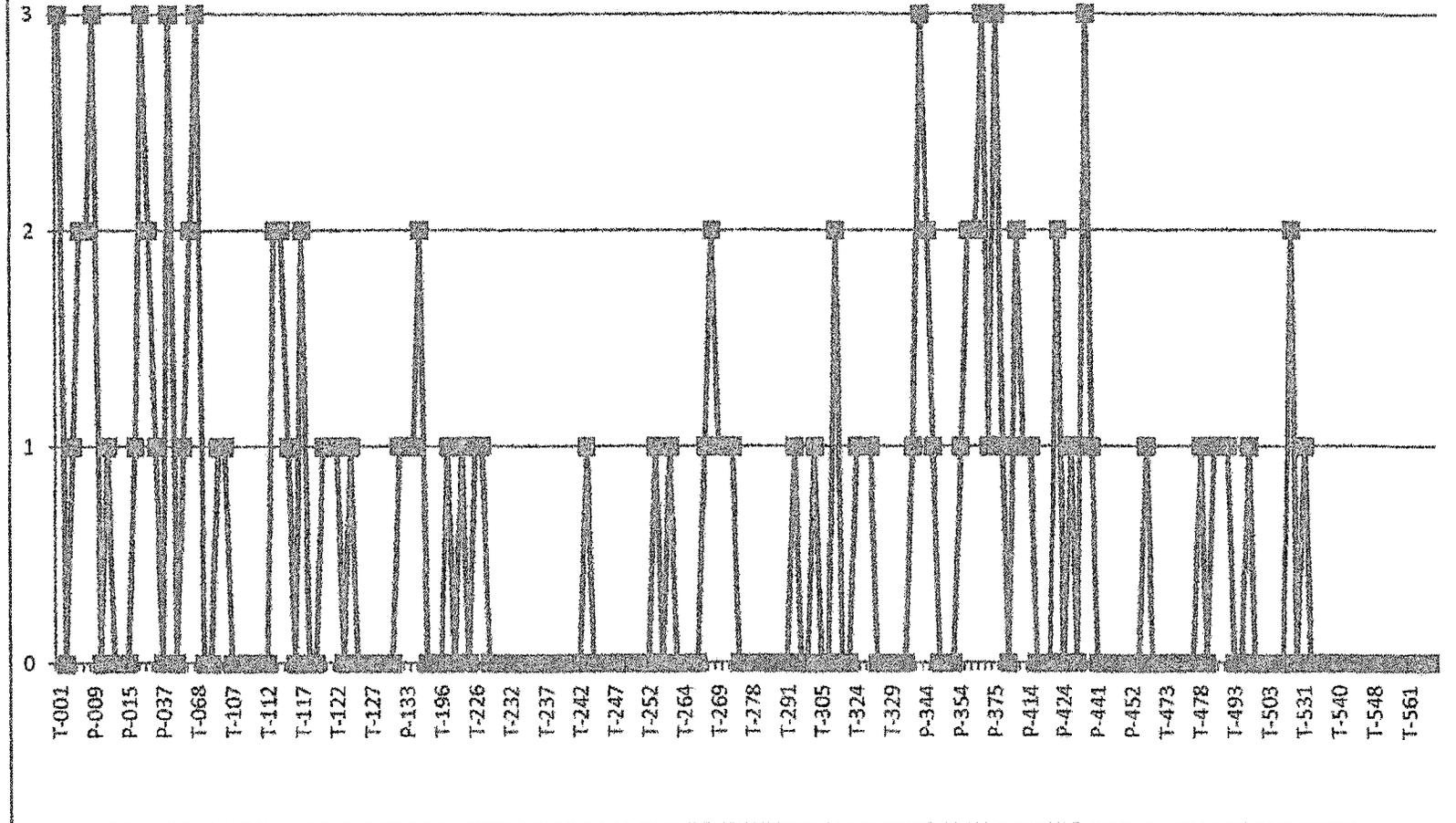
0: No presenta el tipo de descarga indicado.



1: Presenta el tipo de descargas indicado.

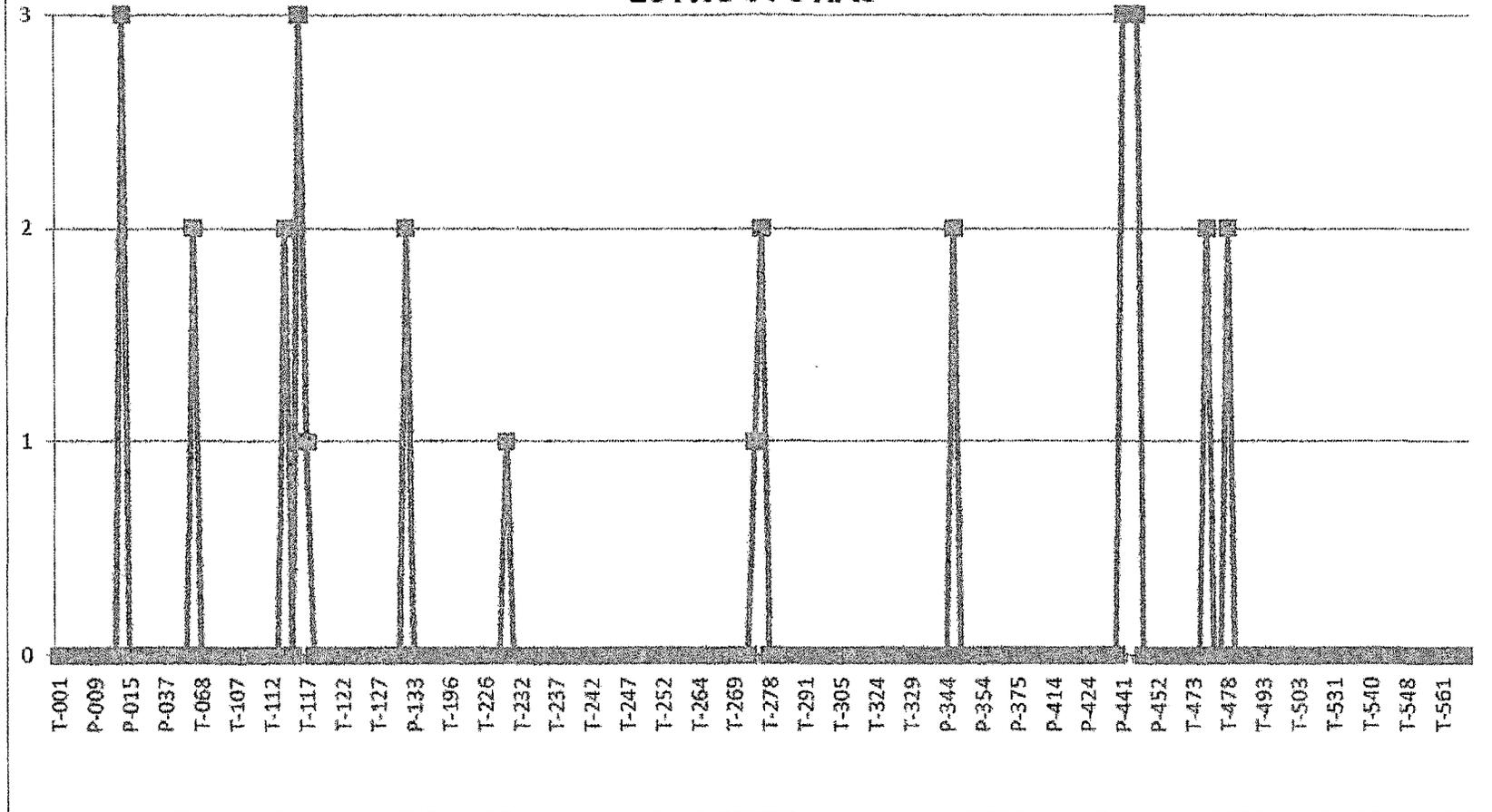
0: No presenta el tipo de descarga indicado.

GRADOS DE DESCARGAS SUPERFICIALES PRESENTADAS EN LAS ESTRUCTURAS



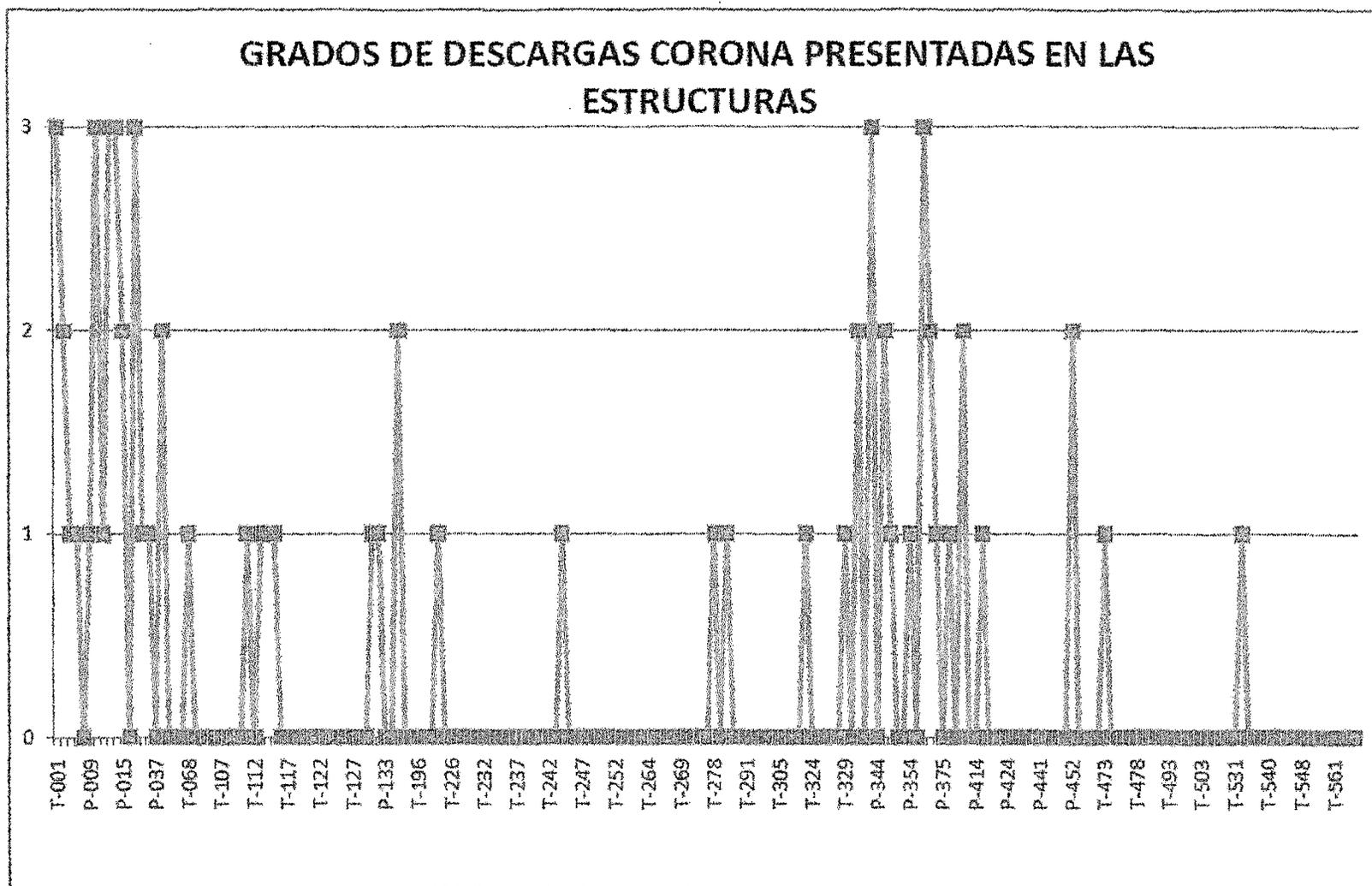
- 0: No presenta el tipo de descarga indicado.
- 1: La descarga presentada es de baja magnitud.
- 2: La descarga presentada es de magnitud media.
- 3: La descarga presentada es de magnitud alta.

GRADOS DE DESCARGAS INTERNAS PRESENTADAS EN LAS ESTRUCTURAS

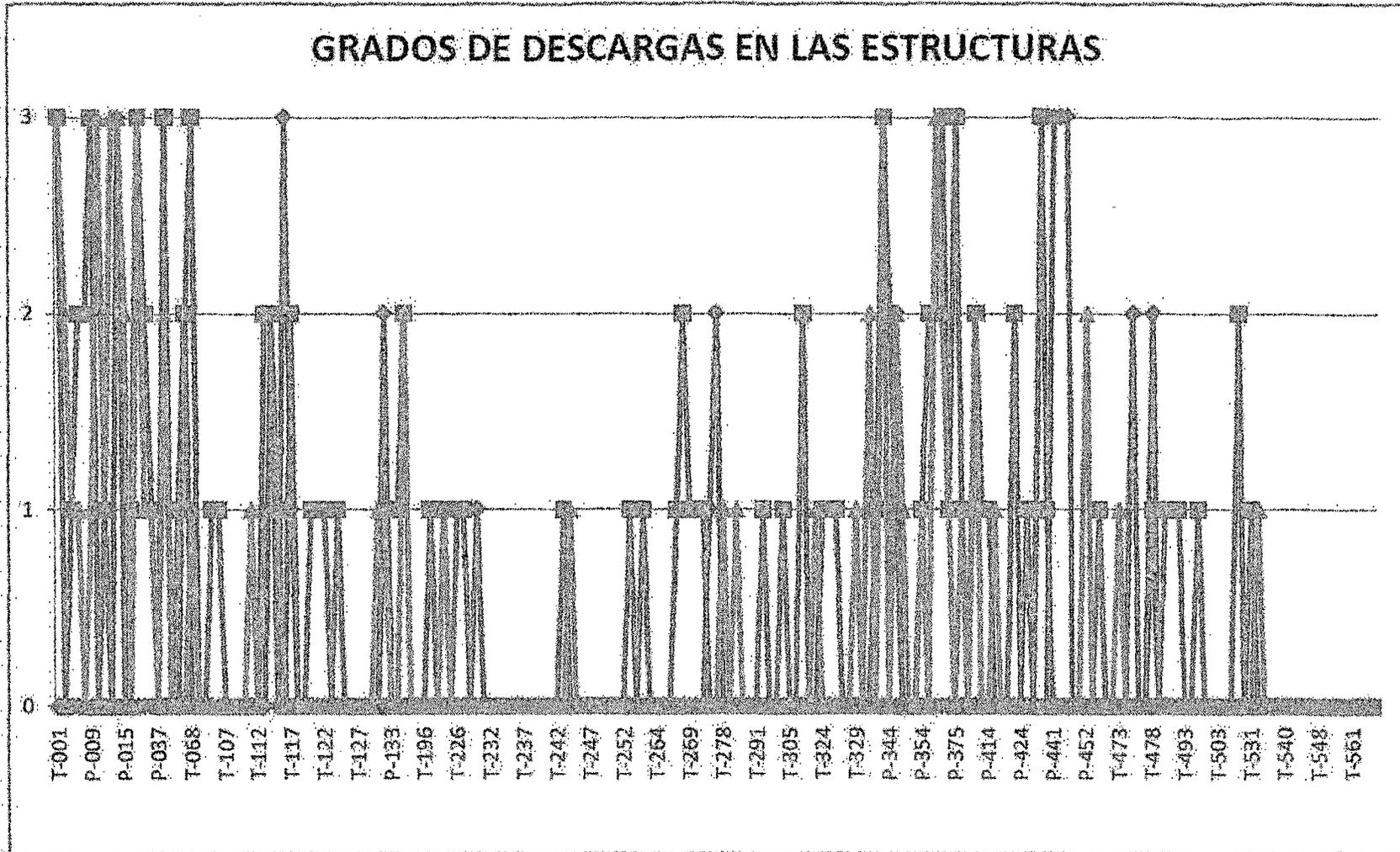


- 0: No presenta el tipo de descarga indicado.
- 1: La descarga presentada es de baja magnitud.
- 2: La descarga presentada es de magnitud media.
- 3: La descarga presentada es de magnitud alta.

GRADOS DE DESCARGAS CORONA PRESENTADAS EN LAS ESTRUCTURAS



- 0: No presenta el tipo de descarga indicado.
- 1: La descarga presentada es de baja magnitud.
- 2: La descarga presentada es de magnitud media.
- 3: La descarga presentada es de magnitud alta.



- 0: No presenta el tipo de descarga indicado.
- 1: La descarga presentada es de baja magnitud.
- 2: La descarga presentada es de magnitud media.
- 3: La descarga presentada es de magnitud alta.

Como podemos observar, tenemos dos tipos de gráficos: uno en los que se grafican las torres versus el grado de las descargas que presentan, para lo cual “0” implica que no hay descargas, “1” que la descarga es baja, “2” media y “3” alta. También se tiene el gráfico de las torres versus el que tengan o no algún tipo de descarga, en el cual “0” significa que no hay descargas y “1” significa que si existen descargas.

A continuación veremos la descripción de los resultados obtenidos.

RESULTADOS DE ACUERDO A LA CANTIDAD DE ESTRUCTURAS ANALIZADAS

| TIPO DE DESCARGA | CANT. ESTRUCT. | % | GRADO | CANT. ESTRUCT. X GRADO | % |
|------------------|----------------|--------|---------|------------------------|--------|
| | | | | | |
| SUPERFICIALES | 72 | 36.18% | GRADO 1 | 47 | 65.28% |
| | | | GRADO 2 | 16 | 22.22% |
| | | | GRADO 3 | 9 | 12.50% |
| INTERNAS | 15 | 7.54% | GRADO 1 | 3 | 20.00% |
| | | | GRADO 2 | 7 | 46.67% |
| | | | GRADO 3 | 5 | 33.33% |
| CORONA | 42 | 21.11% | GRADO 1 | 26 | 61.90% |
| | | | GRADO 2 | 9 | 21.43% |
| | | | GRADO 3 | 7 | 16.67% |

| | | |
|---------------------------------|-----|--------|
| ESTRUCTURAS SIN DESCARGAS | 101 | 50.75% |
| ESTRUCTURAS CON ALGUNA DESCARGA | 98 | 49.25% |
| TOTAL DE ESTRUCTURAS ANALIZADAS | 199 | |

Podemos observar que del total de estructuras inspeccionadas con la cámara ultravioleta, aproximadamente la mitad presenta algún tipo de descarga, y la mayoría de estas descargas son del tipo superficiales, siguiéndolas las del tipo corona y en menor cantidad las del tipo internas.

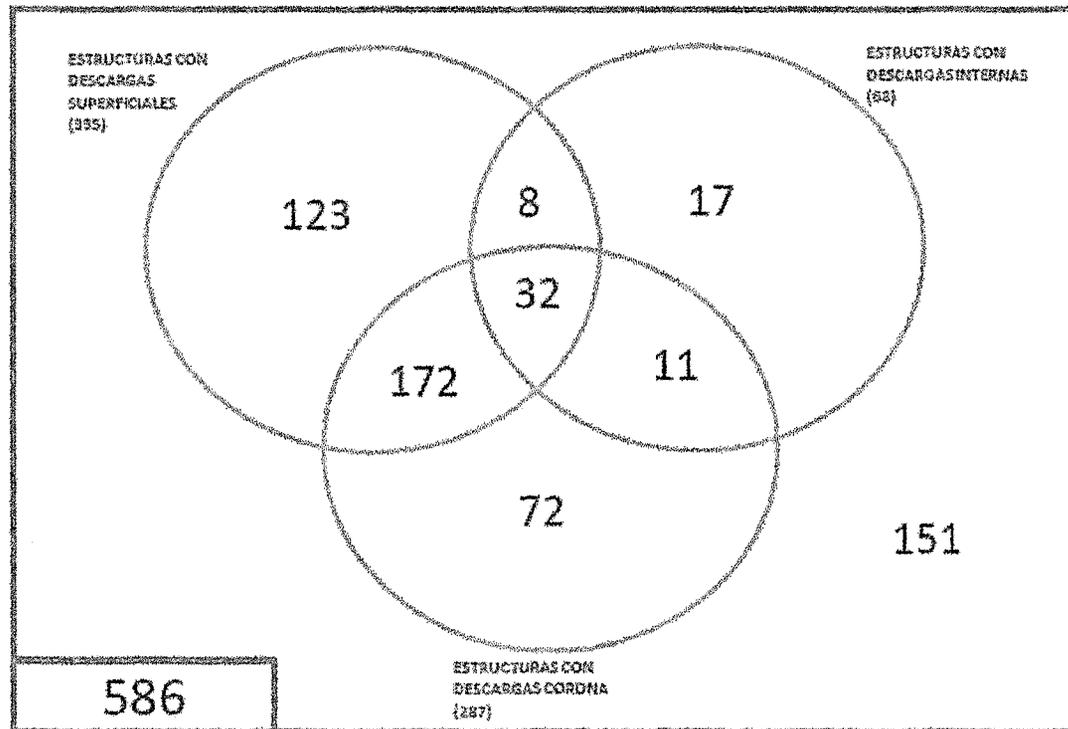
Asimismo, de acuerdo a los gráficos que se tienen, y a la densidad de descargas en determinadas zonas, se pudieron establecer zonas con descargas. Ello se muestra en el siguiente cuadro.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE GRÁFICOS

| | GRADO | ZONAS | CANTIDAD | TOTAL | ZONA | % Línea |
|-----------------------------------|---------|---|----------|-------|--|---------|
| ZONAS CON DESCARGAS SUPERFICIALES | GRADO 1 | T-119 a T-125, T-170 a T-229, T-251 a T-263, T-266 a T-271, T-290 a T-325, T-477 a T-500, T-510 a T-535 | 172 | 335 | T-001 a T-070, T-112 a T-125, T-170 a T-229, T-251 a T-263, T-266 a T-271, T-290 a T-325, T-340 a T-425, T-477 a T-500, T-510 a T-535 | 57.17% |
| | GRADO 2 | T-112 a T-118, T-401 a T-425 | 32 | | | |
| | GRADO 3 | T-001 a T-070, T-340 a T-400 | 131 | | | |
| ZONAS CON DESCARGAS INTERNAS | GRADO 1 | T-228 a T-231 | 4 | 68 | T-013 a T-015, T-054 a T-068, T-112 a T-118, T-130 a T-133, T-228 a T-231, T-271 a T-278, T-342 a T-350, T-474 a T-479 | 11.60% |
| | GRADO 2 | T-054 a T-068, T-112 a T-118, T-130 a T-133, T-271 a T-278, T-342 a T-350, T-474 a T-479 | 49 | | | |
| | GRADO 3 | T-013 a T-015, T-438 a T-449 | 15 | | | |
| ZONAS CON DESCARGAS CORONA | GRADO 1 | T-110 a T-116, T-128 a T-205, T-243 a T-245, T-273 a T-287, T-315 a T-324, T-531 a T-537 | 120 | 287 | T-001 a T-068, T-110 a T-116, T-128 a T-205, T-243 a T-245, T-273 a T-287, T-315 a T-324, T-328 a T-419, T-450 a T-453, T-472 a T-474, T-531 a T-537 | 48.98% |
| | GRADO 2 | T-328 a T-419, T-450 a T-453, T-472 a T-474 | 99 | | | |
| | GRADO 3 | T-001 a T-068 | 68 | | | |

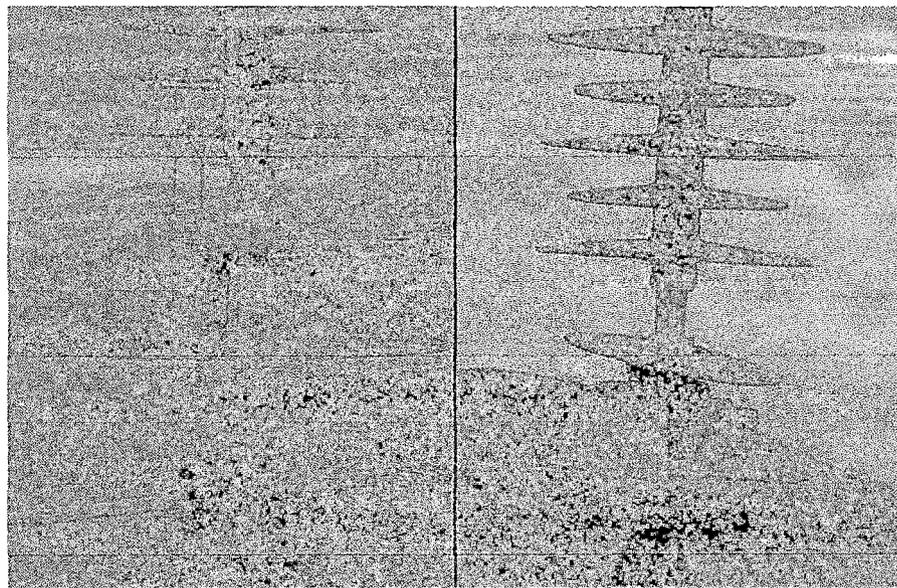
CANTIDAD DE ESTRUCTURAS CON DESCARGAS

| TIPO DE DESCARGA | CANTIDAD | % DEL TOTAL DE ESTRUCTURAS |
|-------------------------------|----------|----------------------------|
| SUPERFICIAL | 123 | 20.95% |
| INTERNA | 17 | 2.90% |
| CORONA | 72 | 12.29% |
| SUPERFICIAL E INTERNA | 8 | 1.37% |
| SUPERFICIAL Y CORONA | 172 | 29.85% |
| INTERNA Y CORONA | 11 | 1.88% |
| SUPERFICIAL, INTERNA Y CORONA | 32 | 5.46% |

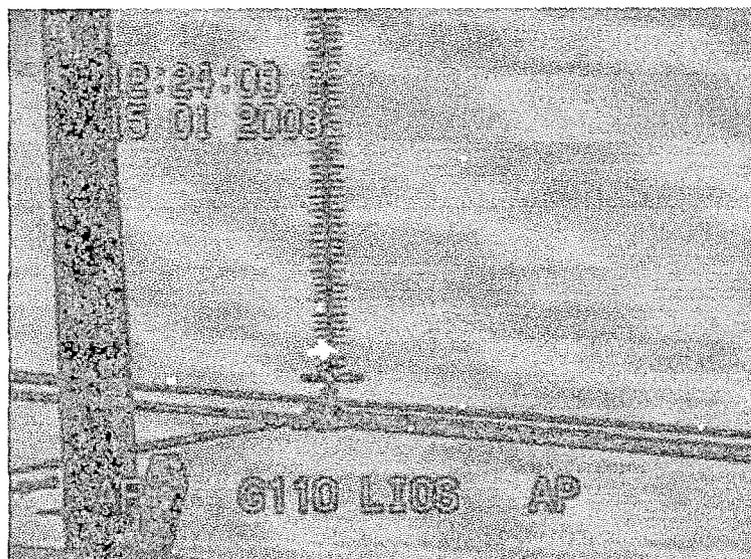


En este último cuadro podemos observar la cantidad de estructuras que presentan un solo tipo de descargas, así como también las que tienen solo dos e incluso los tres tipos de descargas.

Las imágenes que se muestran a continuación nos describen el hallazgo de un aislador, el cual presenta pérdida de material polimérico, e incluso se puede observar la fibra de vidrio que tiene como núcleo. En estas condiciones, el tiempo para que se dé una rotura del aislador, es corto.



Este estado del aislador fue detectado por la cámara ultravioleta, la cual mostraba efluvios en las zonas con defectos, tal como se muestra en la figura siguiente:



De esta forma se puede conocer las zonas más afectadas de la línea de transmisión y de esta manera tomar acciones al respecto, como realizar lavado de aisladores dependiendo de la magnitud de la descarga superficial, realizar un cambio de aisladores cuando se presentan descargas internas, ó hacer inspecciones periódicas con el fin de hacer un seguimiento al estado del aislador. Todo esto nos ayudará a realizar una mejor planificación de las actividades preventivas, la frecuencia de mantenimiento y los aisladores a ser reemplazados, así como también establecer zonas en las cuales se realicen cambios por aisladores de mejor calidad o de otro material más resistente a los problemas que se presentan.

CONCLUSIONES

- El mayor problema de descargas parciales que se presenta en la línea de transmisión L-2215 Paramonga – Chimbote es el de descargas superficiales, las que son originadas por la contaminación que se presenta en las zonas desérticas, que son características de la zona costera del Perú.
- Las descargas del tipo interna en la L-2215 Paramonga – Chimbote se presentan en menor proporción y en los aisladores poliméricos, representando cerca del 3% de estructuras de la línea. Dichas descargas representan un daño en el cuerpo de aislador polimérico, y son las más críticas de las descargas existentes.
- De acuerdo al grado de intensidad de las descargas superficiales se puede establecer la prioridad del lavado en caliente en zonas críticas, optimizando recursos al realizar un mantenimiento selectivo.
- El uso de la cámara ultravioleta reduce gastos de inspecciones nocturnas que normalmente realizan las empresas de transmisión, además de disminuir riesgos al no tener siempre la necesidad de escalar alguna estructura para evaluar un aislador.
- Es importante el detectar la presencia de las descargas parciales, ya que estas nos indican posibles fallas, inminente disparo o salida de servicio de la línea o subestación, daños físicos en los componentes, degradación de los aisladores, instalación inapropiada, falta de anillos corona, lavado no efectivo, pérdidas de energía, etc.

- La detección de descargas parciales utilizando la cámara de detección de emisión ultravioleta ha mostrado ser una herramienta práctica y efectiva.
- La introducción de este tipo de inspecciones en el programa de mantenimiento preventivo implica un mejoramiento en los tiempos, además de la obtención de resultados rápidos con menor esfuerzo, menor riesgo y menor costo.
- Existen líneas en las que se realizan inspecciones nocturnas para poder determinar los aisladores que se lavaran, lo cual implica mayores recursos y horas hombre. Para realizar esta inspección, no se requieren más de tres personas, y además se realiza a horas del día, evitando así las inspecciones nocturnas.
- La causa de las descargas corona que vemos, es la corrosión, la cual origina el desgaste del pin de los aisladores cerámicos. Dicha corrosión originará la rotura del aislador.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mantenimientos preventivos de acuerdo a los resultados obtenidos, empezando por las zonas más críticas.
- Se recomienda el cambio de los aisladores poliméricos que presentan descargas internas intensas, así como el seguimiento de aquellos que poseen grado 1 y 2.
- Se recomienda el cambio de los aisladores cerámicos que presentan descargas corona intensas en sus terminales, por ser estas significados de corrosión, lo cual puede ocasionar la rotura del aislador.
- Para la obtención de resultados más óptimos y reales, se recomienda efectuar las mediciones con la cámara ultravioleta, en situaciones desfavorables para la cadena de aisladores, es decir cuando se tiene un clima húmedo.
- Se recomienda la introducción de esta herramienta para detectar frecuencias de mantenimiento e inspecciones.
- Se recomienda realizar un estudio más minucioso de la aplicación de esta herramienta, realizando pruebas en laboratorios especializados.
- Se recomienda seguir el procedimiento establecido en esta tesis para establecer zonas críticas a lo largo de una línea de transmisión.

BIBLIOGRAFÍA

- “Memoria descriptiva de la Línea de transmisión de interconexión de Lima a Chimbote” (Volumen 2). Electroperú - Septiembre 1975 - Perú.
- “Instruction Manual Daycor II”. OFIL ltd – 2004 – Israel.
- DayCor “Solar Blind” Corona Camera. EPRI solutions – 2001 – EEUU.
- Daycor II “El sistema más avanzado para detección de efecto corona de día”. OFIL ltd – 2003 – Israel.
- “Fire Detection”. OFIL ltd – 2003 – Israel.
- “Defects on HV Lines Causing Corona”. OFIL ltd – 2002 – Israel.
- “Users Manual Daycor II”. OFIL ltd – 2003 – Israel.
- Presentación de equipo Daycor II. OFIL ltd – 2004 – Israel.
- Accelerated environmental testing of distribution class silicone terminations. H.C. HERVIG. 3M Electrical Products Division Laboratory - Dic. 1989.
- “Materiales conductores y aislantes”. Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería y Medio Ambiente, curso de Materiales Eléctricos – 2003.
- “Aisladores Poliméricos. Compositz”. MacLean Power Systems – 2000.

Artículos:

- Artículo técnico: “Aisladores no cerámicos para líneas de transmisión. Parte II: aplicación que requiere de una selección cuidadosa”. José Luis Fierro Chávez – Abril 1999.
- Artículo pdf: “Efecto Corona”. Joaquin Abenza Moreno.
- Artículo pdf: “Contaminación”.

- Artículo pdf: “Efecto de la contaminación atmosférica sobre el aislamiento eléctrico externo”. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” – Laboratorio de Alta tensión – Ing. María Carolina Blanco.

Congresos:

- “Detección de efecto corona en aislamientos de media y alta tensión”. Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, URUMAN 2005. Ing. Marcos Andrade Raffo, Ing. Ariel Liptching, Ing. Maria Eugenia Gómez – 2005.

Tesis:

- “Distribución de voltaje en aisladores de suspensión, utilizando el método de elemento finito”. Jesús María Bedoya Arango – Universidad de Puerto Rico – 2005.

Direcciones electrónicas:

- http://es.wikipedia.org/wiki/Vidrio_aislante.
- http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/physical_science/magnetism/em_ult_raviolet.sp.html
- <http://www.tierramerica.net/capadeozono/losabia.shtml><http://es.wikipedia.org/wiki/Ultravioleta>.
- <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/libros/le/le-03/le-03.htm>
- <http://www.meltec.cl/1.htm>
- <http://www.insulators.com/general/faq.htm#style>
- <http://www.chilnet.cl/icb/32754-99.htm>
- <http://www.iie.org.mx/publica/boletin%20mar-abr99/tec2ma99.htm>

ANEXOS

PROCEDIMIENTO PARA ENSAMBLE DE CÁMARA UV DAYCOR II

Counting: Para visualizar la cantidad de fotones por minuto. Aparece un cuadro cuyo tamaño varia presionando los botones Down ó Up.

Gain: Para variar la ganancia de visualización de la descarga. La variación se realiza con los botones Down y Up. Al iniciar la medición empezar con un valor de 180, el cual si existe algún agente externo que perturba se bajará.

Display Mode: Para cambiar el tipo de cámara con la que se visualizará en la pantalla. Puede ser: Solo la cámara UV, solo la cámara visual o la combinación de ambas.

Long Int.: Para cambiar la velocidad con la que se visualiza la descarga, esta varía presionando los botones Down y Up.

Visible Zoom: Para acercar o alejar el lente visual, usando los botones Down y Up.

Power: Para encender o apagar el equipo.

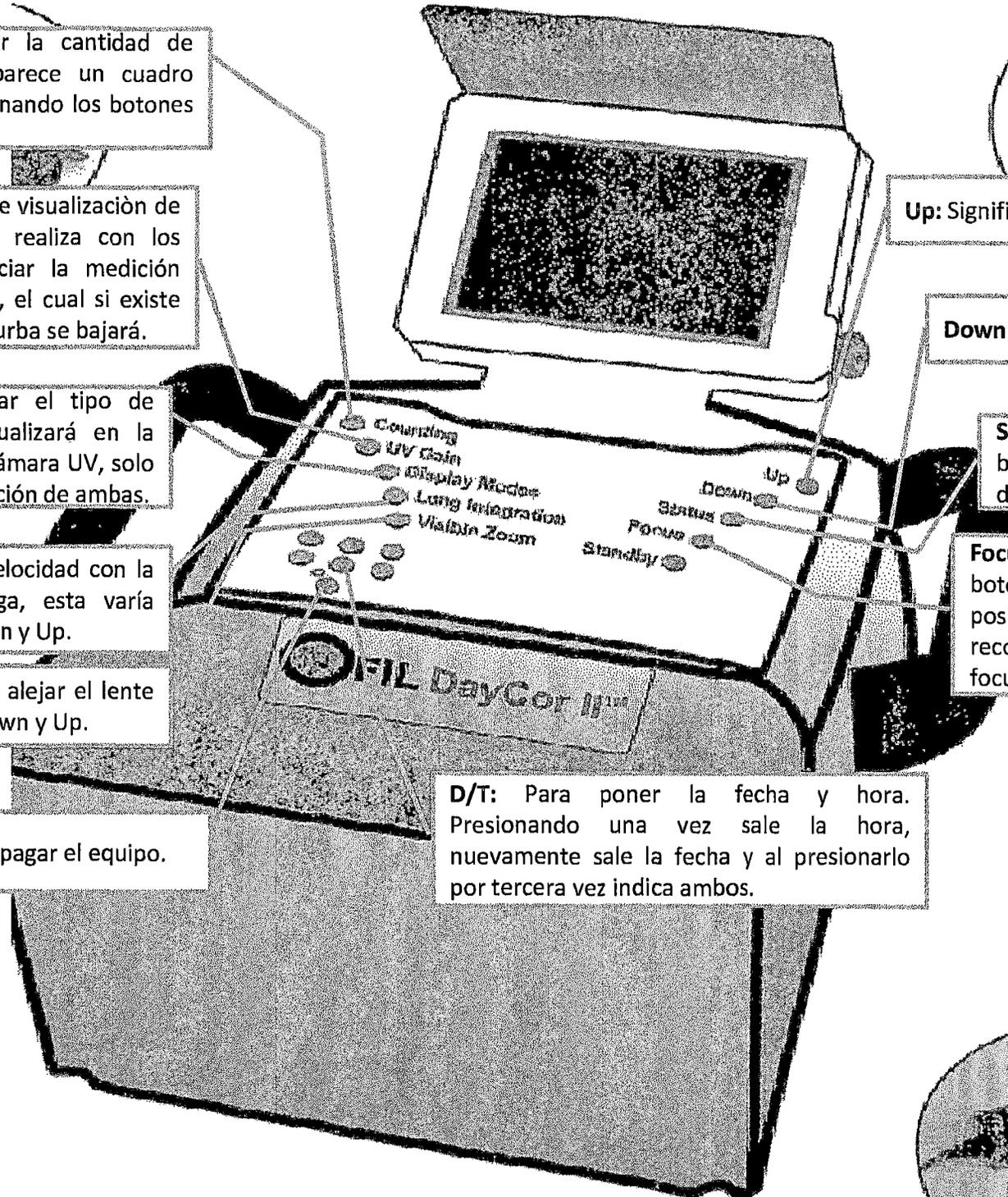
D/T: Para poner la fecha y hora. Presionando una vez sale la hora, nuevamente sale la fecha y al presionarlo por tercera vez indica ambos.

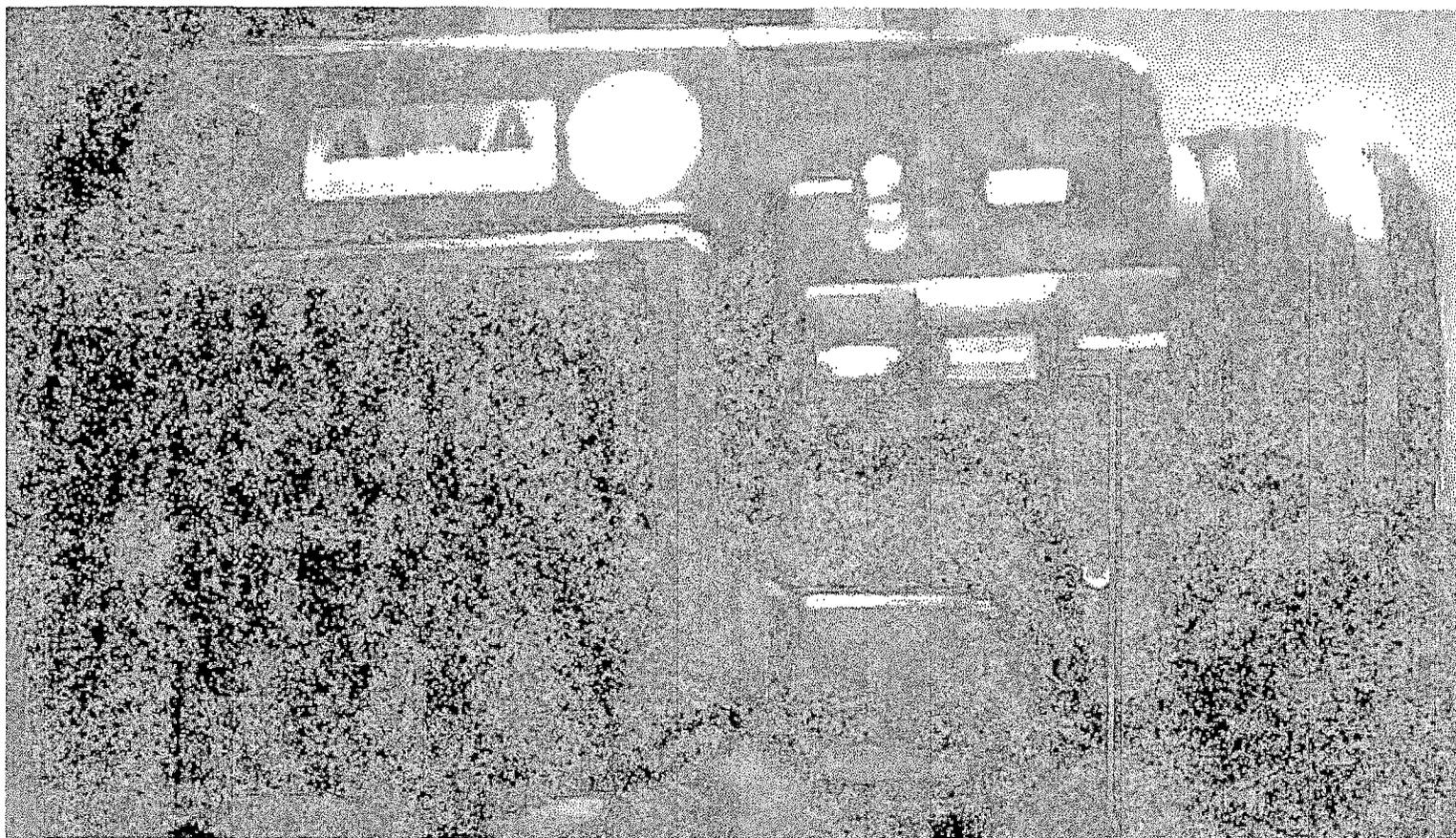
Up: Significa subir.

Down: Significa bajar.

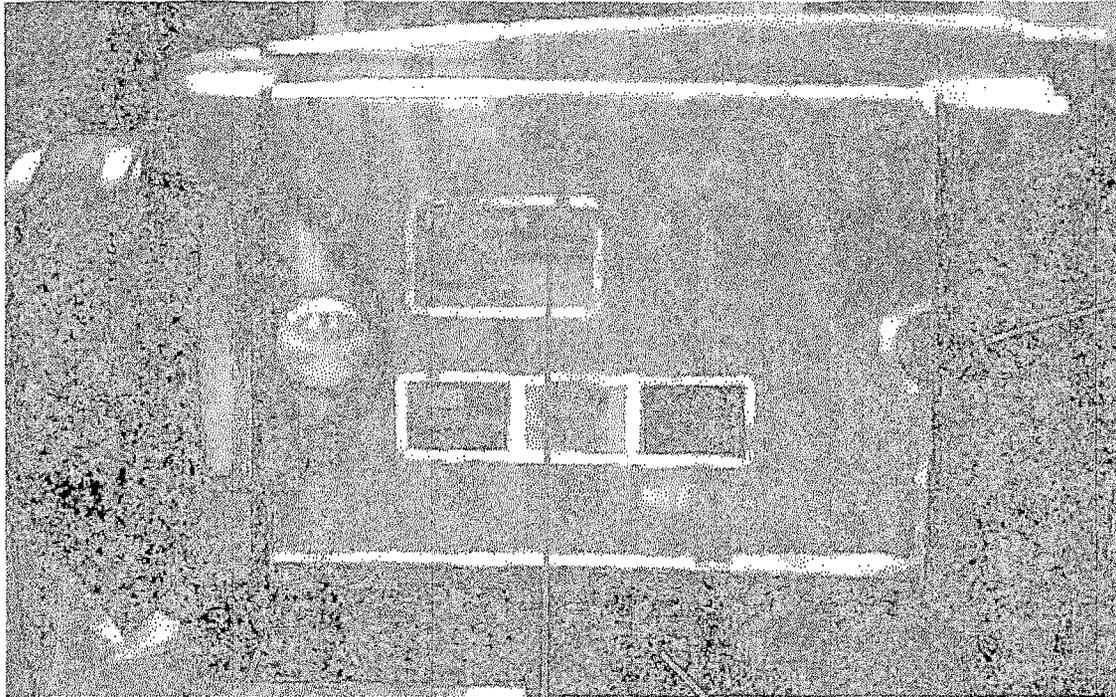
Status: Al presionar este botón se visualiza el estado del equipo.

Focus: Al presionar este botón se puede variar la posición de enfoque. Se recomienda tenerlo en auto focus (AF). No variar.





Al presionar este botón se inicia la grabación del video, y volviéndolo a presionar se detiene la grabación. Como referencia este boton tiene un punto rojo.

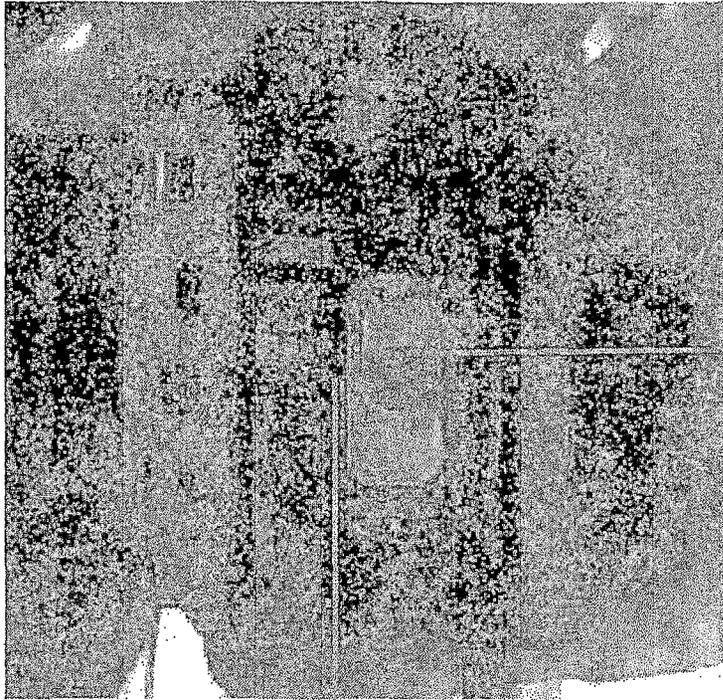


Jalar para abrir la pantalla.

Touch Panel: Presionar para desaparecer las opciones que aparecen cuando se enciende la cámara.

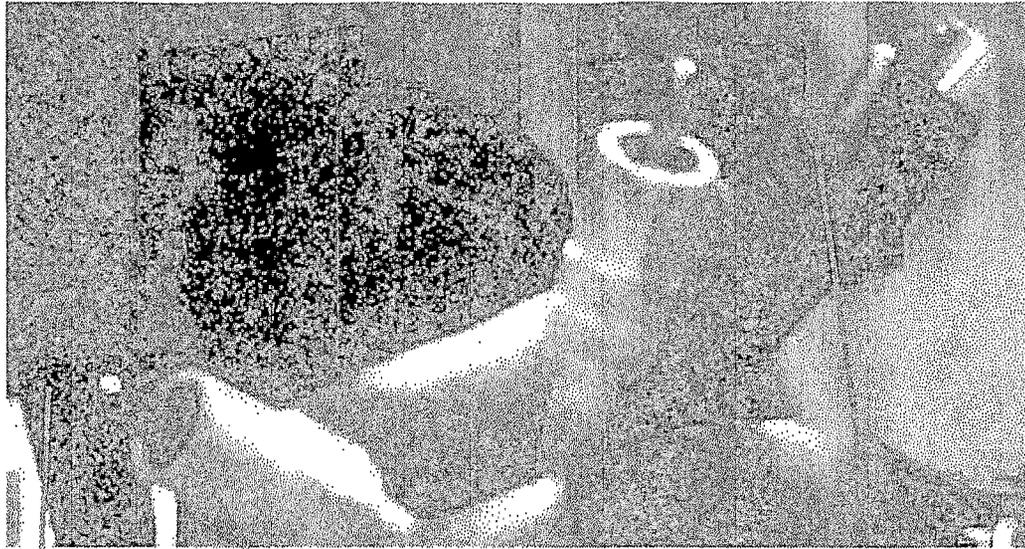
Abrir para cargar la cámara.

Pantalla de la cámara de video. Al abrirla solo gira en un sentido.



Presionar el boton verde y jalar hacia abajo para encender. Jalar hacia abajo tres veces para visualizar lo que visualiza el Daycor. Una luz verde encenderá en la parte inferior de un juego de tres luces. Para ver las grabaciones, jalar hacia abajo hasta que la luz verde se pose en el medio del juego de tres luces.

Juego de tres luces.

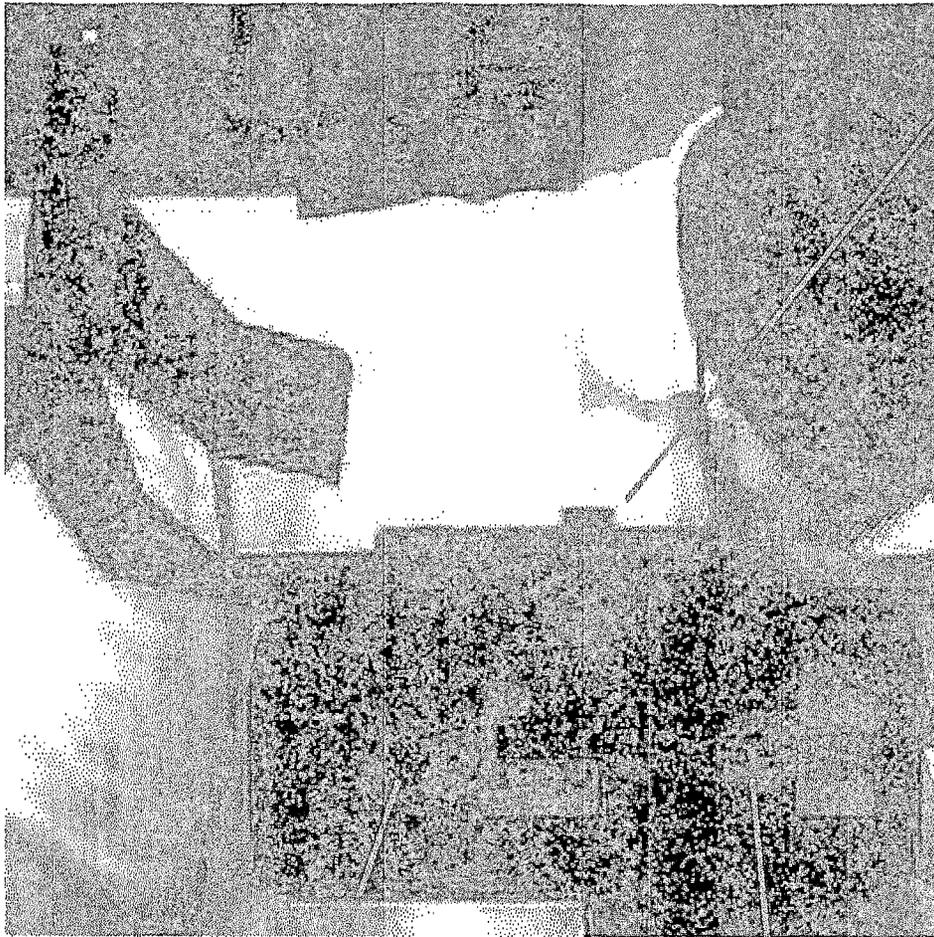


Para audio, se conecta a la interface donde se apoya la cámara de video.



Para video, se conecta al Daycor II.

Se conecta a la cámara filmadora.

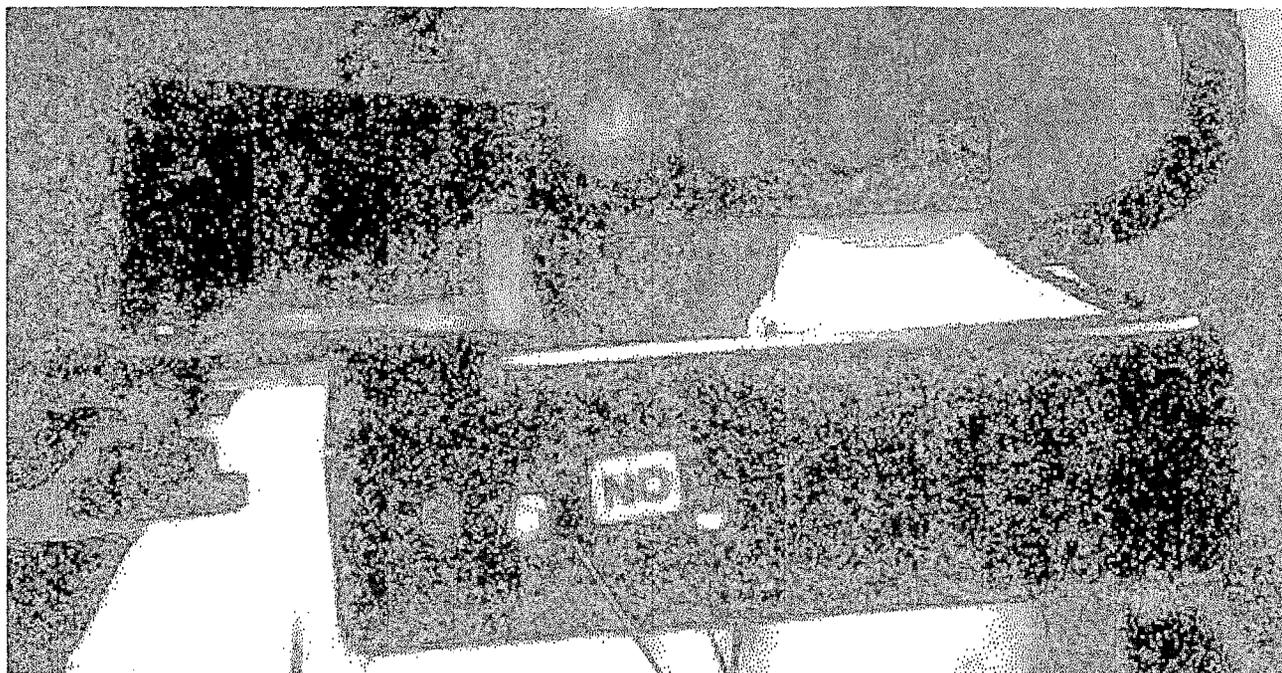


Para asegurar la cámara filmadora.

INTERFASE PARA ADHERIR LA CÁMARA FILMADORA AL EQUIPO DAYCOR II.

Para conectar el conector rojo que es para audio.

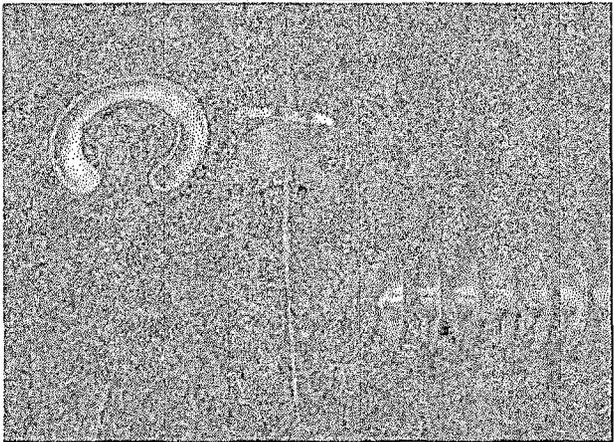
Para conectar el micro, es el conector de color rosado.

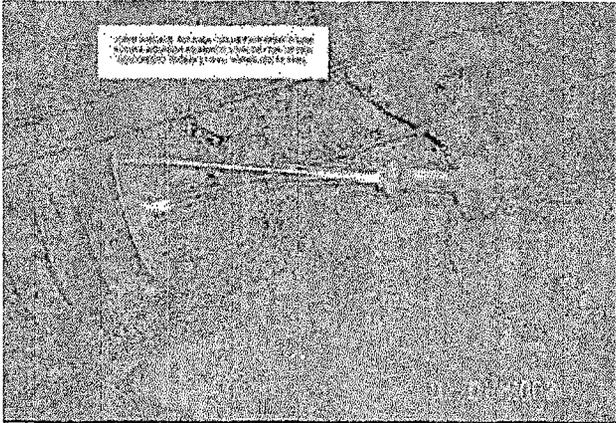
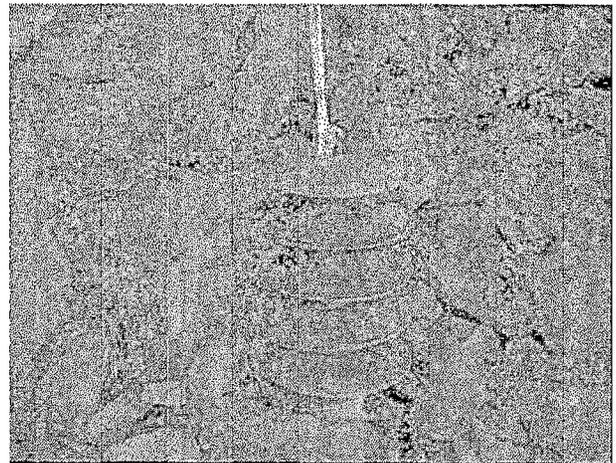


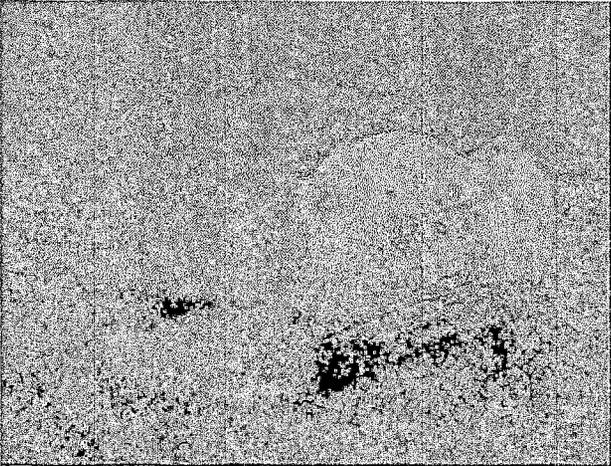
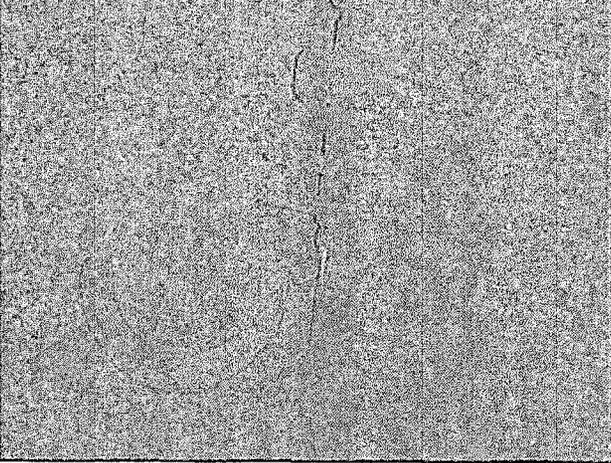
Para iniciar la grabación con voz, poner en ON y luego de la grabación apagar, verificar que parpadee la luz roja al encender.

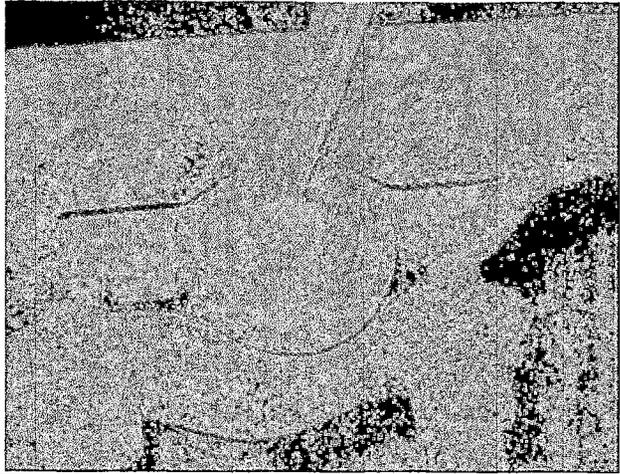
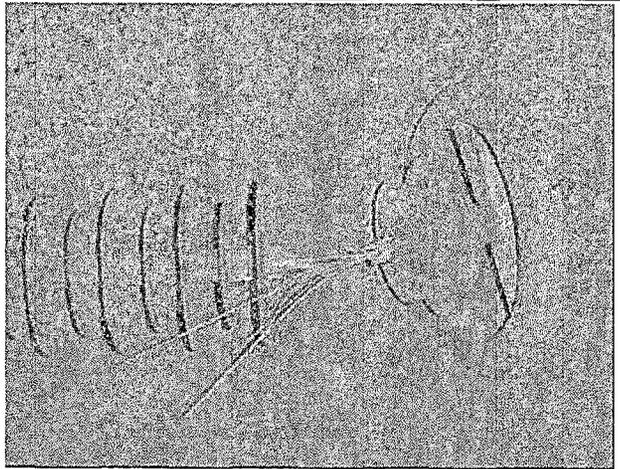
INTERFASE PARA ADHERIR LA CÁMARA
FILMADORA AL EQUIPO DAYCOR II.

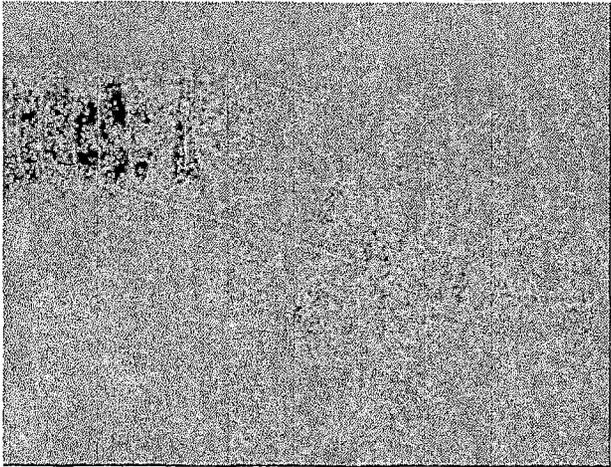
FALLAS POR DESPRENDIMIENTO DE AISLADORES

| LINEA | TORRE | FECHA | DESCRIPCION DE LA FALLA | FOTOGRAFIA |
|--------|-------|------------|---|--|
| L-2211 | T-707 | 2000-03-16 | Rotura de aislador de vidrio por corrosión de pin (*). Torre de suspensión. | |
| L-2211 | T-781 | 2002-10-29 | Rotura de aislador de porcelana por corrosión de pin. Torre de suspensión. | |
| L-2249 | T-009 | 2004-01-24 | <p>Poste de anclaje Lado Zorritos Fase inferior Rotura de aislador</p> <p>Marca ISOELECTRIC Catalogo ¿? Longitud de fuga ¿? Núcleo E-glass FRP Goma LSR Fabricación 1996 Instalación 1997</p> |  |

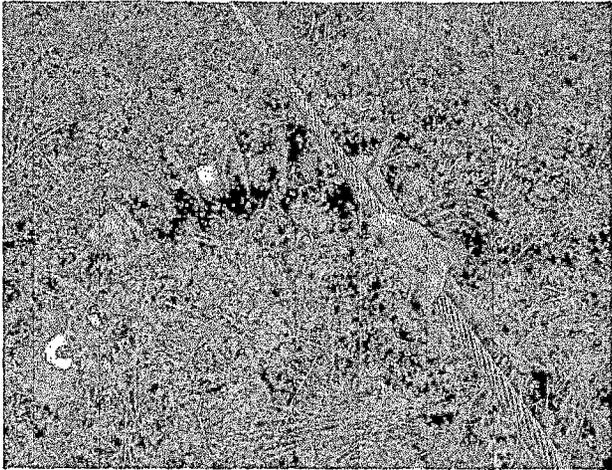
| LINEA | TORRE | FECHA | DESCRIPCION DE LA FALLA | FOTOGRAFIA |
|--------|-------|------------|--|--|
| L-2206 | T-507 | 2004-04-16 | <p>Torre de anclaje Lado San Juan Fase inferior Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo 251-SF-440-SJ-W Longitud de fuga 7832 mm Núcleo E-glass FRP Fabricación 1996 Instalación 1998</p> |  |
| L-2205 | T-555 | 2004-12-13 | <p>Torre de anclaje Lado San Juan Fase inferior Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo 251-SF-440-SJ-W Longitud de fuga 7832 mm Núcleo E-glass FRP Fabricación 1996 Instalación 1997</p> |  |

| LINEA | TORRE | FECHA | DESCRIPCION DE LA FALLA | FOTOGRAFIA |
|--------|-------|------------|--|--|
| L-1124 | T-011 | 2006-11-09 | <p>Torre de anclaje Lado Aucayacu (lado anterior) Fase media Rotura de aislador</p> <p>Marca Isoelectric (India) Catalogo Sin código Longitud total 1330 mm Longitud de fuga 3225mm Núcleo FRP No tiene anillo anti-corona Fabricación 1998 Instalación 1998</p> |  |
| L-2205 | T-593 | 2007-04-01 | <p>Torre de suspensión Fase inferior Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo 251-SF-440-SJW Longitud de fuga 7832 mm Núcleo E-glass FRP Fabricación 1996 Instalación 1998</p> |  |

| LÍNEA | TORRE | FECHA | DESCRIPCION DE LA FALLA | FOTOGRAFIA |
|--------|-------|------------|--|--|
| L-2215 | T-479 | 2007-11-13 | <p>Torre de anclaje Fase inferior Lado Paramonga Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo E121-SL910-CB-09 Longitud de fuga 10 161 mm Núcleo E-glass FRP Fabricación 2000 Instalación 2003</p> |  |
| L-2215 | T-479 | 2007-11-19 | <p>Torre de anclaje Lado Chimbote Fase inferior Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo E121-SL910-CB-09 Longitud de fuga 10 161 mm Nucleo E-glass FRP Fabricación 2000 Instalación 2003</p> |  |

| LINEA | TORRE | FECHA | DESCRIPCION DE LA FALLA | FOTOGRAFIA |
|--------|-------|------------|---|---|
| L-2238 | T-006 | 2007-11-28 | <p>Torre de anclaje Lado Chiclayo Fase inferior Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo E121-SL790-CB-09 Longitud de fuga 8823 mm Núcleo E-glass FRP Fabricación 2000 Instalación 2003</p> |  |
| L-2203 | T-520 | 2008-06-29 | <p>Torre de anclaje Lado Independencia Fase inferior Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo 251-SF-440-SJ-W Longitud de fuga 7832 mm Núcleo E-glass FRP Fabricación 1996 Instalación 1997</p> | <p>DT CENTRO NO ENTREGO FOTO</p> |

| LINEA | TORRE | FECHA | DESCRIPCION DE LA FALLA | FOTOGRAFIA |
|--------|-------|------------|---|--|
| L-2216 | T-307 | 2008-08-23 | <p>Torre de anclaje Fase inferior Lado Chimbote Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo E121-SL910-CB-09 Longitud de fuga 10 161 mm Núcleo E-glass FRP Fabricación 2000 Instalación 2003</p> |  |
| L-2238 | T-036 | 2008-10-06 | <p><u>FALTAN DATOS DEL DT NORTE</u></p> <p>Torre de anclaje Fase inferior <u>Lado xxxxxxxxxxxx</u> Rotura de aislador</p> <p>Marca NGK Catalogo <u>xxxxxxxxxxx</u> Longitud de fuga <u>xxxxx mm</u> Núcleo E-glass FRP Fabricación <u>2000</u> Instalación 2001-10-30</p> |  |

| LÍNEA | TORRE | FECHA | DESCRIPCION DE LA FALLA | FOTOGRAFIA |
|--------|-------|------------|--|--|
| L-1122 | T-029 | 2009-02-16 | <p>Torre de suspensión Fase superior (Fase R) Rotura de aislador de porcelana por descargas atmosféricas (explosión interna de la porcelana) Marca JSI - India Catalogo 80 kN (7-95) Tipo Socket - Bola Longitud de fuga 290 mm Acople IEC 16 mm Tiene descargadores superior e inferior Fabricación 1995 Instalación 1997</p> |  |
| L-2236 | T-137 | 2009-02-16 | <p>FALTAN DATOS DEL DT NORTE</p> <p>Torre de suspensión Fase media (fase T) Rotura de aislador de vidrio por corrosión de pin Marca xxxxxxxxxxxx Catalogo xxxxxxxxxxxx Tipo Socket - Bola Longitud de fuga xxxx mm Acople IEC xxxxx mm Fabricación xxxxxx Instalación xxxxxx</p> | <p>DT NORTE NO ENTREGO FOTO FALTAN DATOS DEL AISLADOR TENEMOS 2 FOTOS QUE NO MUESTRAN CON CLARIDAD EL PROBLEMA</p> |