

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



## “MONITOREO Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN EN LOS AISLADORES DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 500KV DENTRO DE LA FRANJA COSTERA CENTRO-SUR PERUANA”

TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRICISTA

### AUTORES

HINOSTROZA RIVERA, Gianfranco Jonathan .....

DIOSES SORIANO, José Fernando .....

### ASESOR

Dr. GRADOS GAMARRA, Juan Herber .....

CALLAO, JUNIO, 2019  
PERÚ

---



## **DEDICATORIA**

Con todo nuestro cariño y amor para las personas que hicieron todo en la vida, para que nosotros pudiéramos lograr nuestros sueños, por motivarnos y darnos la el apoyo cuando sentíamos que el camino se terminaba, a ustedes por siempre nuestro corazón y nuestro agradecimiento.

¡Nuestros Padres!

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestra gratitud está dirigida a nuestros padres por habernos dado la fuerza y el coraje para seguir adelante y no declinar.

Agradecimiento sincero a nuestro asesor Juan Herber Grados Gamarra y al Ing. Guillermo Arancibia Tupayachi quienes nos orientaron e hicieron posible poder desarrollar toda la tesis.

También queremos agradecer a nuestros amigos que nos dieron esos ánimos para continuar y culminar con toda la tesis.

“El hombre nunca sabe de lo que es capaz hasta que lo intenta.” - Charles Dickens.

# INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA	
Índice de contenidos .....	5
Índice de tablas .....	8
Índice de figuras .....	10
Índice de gráficos .....	14
PROLOGO .....	15
RESUMEN .....	16
ABSTRACT .....	17
<b>I.-PLANTEAMIENTO INICIAL DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>18</b>
1.1. Identificación del problema .....	19
1.2. Formulación del problema.....	20
1.3. Objetivos de la investigación.....	21
1.4. Justificación .....	22
1.5. Limitaciones y facilidades .....	23
<b>II.-MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>24</b>
2.1 Antecedentes del Estudio .....	24
2.2 Generalidades.....	26

2.3 Contaminación Ambiental .....	61
2.4 Nivel de contaminación según la norma IEC 60815-1 .....	67
2.5 Características generales de los agentes contaminantes y factores que determinan su acumulación y distribución .....	72
2.6 Conductividad superficial en los aisladores .....	75
2.7 Proceso de descarga en aisladores contaminados.....	77
2.8 Atmosfera y clima .....	82
2.9 Caracterización regional o local del nivel de contaminación.....	86
2.10 Mantenimiento .....	87
2.11 Cronograma de mantenimiento de aisladores de vidrio.....	95
2.12 Fenómenos eléctricos .....	96
2.13 Glosario de términos.....	111
2.14 Abreviaturas utilizadas.....	112
<b>III.-VARIABLES E HIPOTESIS .....</b>	<b>113</b>
3.1 Variables de la investigación.....	113
3.2 Operacionalización de variables .....	113
3.3 Hipótesis .....	114
<b>IV.-METODOLOGÍA .....</b>	<b>115</b>
4.1 Tipo de Investigación .....	115
4.2 Diseño de la investigación .....	116
4.3 Población y Muestra.....	116
4.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	117
4.5 Procedimiento de recolección de datos .....	118

4.6 Procedimiento estadístico y análisis de datos.....	119
<b>V.-RESULTADOS</b> .....	142
5.1 Resultados del análisis de la muestra de estudio .....	142
5.2 Resultados del mapa de contaminación .....	148
5.3 Resultado del análisis económico de los mantenimientos en el tramo L-5032 de ATS.....	150
<b>VI.-DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	158
6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados .....	158
<b>VII.-CONCLUSIONES</b> .....	160
<b>VIII.-RECOMENDACIONES</b> .....	162
<b>IX.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	164
<b>ANEXOS</b> .....	169
Anexo 1 - Matriz de Consistencia.....	170
Anexo 2 – Mantenimiento limpieza manual .....	171
Anexo 3 – Mantenimiento hidrolavado .....	172
Anexo 4 – Mantenimiento cambio de aisladores.....	173
Anexo 5 – ATS base de fallas .....	174
Anexo 6 – Análisis físico .....	175
Anexo 7 – Análisis químico por conductividad.....	176
Anexo 8 – Análisis químico por composición.....	177
Anexo 9 – Mapa de contaminación.....	178
Anexo 10 – Planilla de mantenimiento por torres L-5032 .....	179
Anexo 11 - Costo de inspección ATS (Efluvios) .....	180
Anexo 12 – Formato de inspección del nivel de efluvios .....	181
Anexo 13 – Instructivo inspección nocturna .....	182

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 01:</b> Carga de ruptura para diferentes materiales conductores ..30	
<b>Tabla N° 02:</b> Índice de contaminación en base a los niveles de contaminación .....71	
<b>Tabla N° 03:</b> Corrección de los niveles de contaminación.....72	
<b>Tabla N° 04:</b> Diámetro de partículas contaminantes .....74	
<b>Tabla N° 05:</b> Niveles de efluvo .....110	
<b>Tabla N° 06:</b> Operacionalización de las variables.....113	
<b>Tabla N° 07:</b> Datos técnicos de L-5032 – 500kV .....120	
<b>Tabla N° 08:</b> Datos técnicos de L-5034 – 500kV .....120	
<b>Tabla N° 09:</b> Datos técnicos de L-5036 – 500kV .....121	
<b>Tabla N° 10:</b> Datos técnicos de L-5037 – 500kV .....121	
<b>Tabla N° 11:</b> Datos generales – SE CHILCA 500kV.....122	
<b>Tabla N° 12:</b> Datos generales – SE POROMA 500kV/220kV.....123	
<b>Tabla N° 13:</b> Datos generales – SE OCOÑA 500kV.....123	
<b>Tabla N° 14:</b> Datos generales – SE SAN JOSE 500kV/220kV.....123	
<b>Tabla N° 15:</b> Datos generales – SE MONTALVO 500kV/220kV .....124	
<b>Tabla N° 16:</b> Análisis de conductividad eléctrica.....133	
<b>Tabla N° 17:</b> Categoría del suelo por conductividad.....134	
<b>Tabla N° 18:</b> Composición por microscopía electrónica de L-5032.....136	
<b>Tabla N° 19:</b> Ventajas y desventajas de los métodos de mantenimiento .....141	
<b>Tabla N° 20:</b> Cantidad de falla por tramos de ATS .....145	



<b>Tabla N° 21:</b> Nueva selección de acuerdo al principio de Pareto .....	146
<b>Tabla N° 22:</b> Ubicación de los tramos seleccionados.....	147
<b>Tabla N° 23:</b> Valor del nivel de efluvo .....	148
<b>Tabla N° 24:</b> Valor de la distancia al límite de la costa .....	149
<b>Tabla N° 25:</b> Tipo de contaminantes .....	149
<b>Tabla N° 26:</b> Valor del nivel de salinidad .....	149
<b>Tabla N° 27:</b> Rango de valores para el grado de contaminación .....	150
<b>Tabla N° 28:</b> Periodo de mantenimiento mensual por tipos.....	151
<b>Tabla N° 29:</b> Frecuencia de mantenimiento anual por tipos .....	151
<b>Tabla N° 30:</b> Costo de mantenimiento por torre .....	152
<b>Tabla N° 31:</b> Periodo de mantenimiento mensual por grado de contaminación .....	155
<b>Tabla N° 32:</b> Frecuencia de mantenimiento mensual por grado de contaminación .....	156
<b>Tabla N° 33:</b> Comparativa de costos de inversión .....	157

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 01:</b> Elementos de una línea de transmisión de potencia.....	27
<b>Figura N° 02:</b> Herraje de una línea de transmisión de potencia.....	27
<b>Figura N° 03:</b> Aluminio desnudo.....	31
<b>Figura N° 04:</b> Aleación de aluminio desnudo .....	32
<b>Figura N° 05:</b> Vistas seccionadas del ACSR.....	32
<b>Figura N° 06:</b> Vistas seccionadas del ACAR.....	33
<b>Figura N° 07:</b> Grillete recto.....	35
<b>Figura N° 08:</b> Horquilla ojo .....	35
<b>Figura N° 09:</b> Tipos de tensores o riostras cuatro conductores.....	36
<b>Figura N° 10:</b> Cadena de suspensión con arcing horns .....	36
<b>Figura N° 11:</b> Grapa de suspensión .....	37
<b>Figura N° 12:</b> Mordaza de suspensión de guarda .....	37
<b>Figura N° 13:</b> Amortiguador del tipo stock-bridge.....	38
<b>Figura N° 14:</b> Llave para varillas de armar .....	38
<b>Figura N° 15:</b> Contrapeso doble.....	39
<b>Figura N° 16:</b> Apoyo de alineación.....	40
<b>Figura N° 17:</b> Apoyo de ángulo .....	40
<b>Figura N° 18:</b> Apoyo de fin de línea .....	41
<b>Figura N° 19:</b> Apoyo especial.....	41
<b>Figura N° 20:</b> Torres metálicas utilizadas en alta tensión .....	42
<b>Figura N° 21:</b> Distancia arco seco y línea de fuga .....	44
<b>Figura N° 22:</b> Aislador de porcelana .....	47

<b>Figura N° 23:</b> Aislador de vidrio.....	48
<b>Figura N° 24:</b> Aisladores poliméricos .....	49
<b>Figura N° 25:</b> Aisladores híbridos.....	50
<b>Figura N° 26:</b> Aislador rígido tipo line-post.....	52
<b>Figura N° 27:</b> Aislador de suspensión .....	53
<b>Figura N° 28:</b> Aislador en cadena de suspensión y de amarre .....	54
<b>Figura N° 29:</b> Aislador de suspensión .....	55
<b>Figura N° 30:</b> Aislador rígido tipo suspensión polimérico .....	55
<b>Figura N° 31:</b> Hidrofobicidad superficial.....	59
<b>Figura N° 32:</b> Pérdida de Hidrofobicidad superficial .....	60
<b>Figura N° 33:</b> Curva de distribución de contaminante acumulado en un aislador .....	61
<b>Figura N° 34:</b> Contaminación marina .....	62
<b>Figura N° 35:</b> Contaminación desértica .....	64
<b>Figura N° 36:</b> Contaminación agrícola .....	65
<b>Figura N° 37:</b> Contaminación polvo .....	65
<b>Figura N° 38:</b> Contaminación por lluvia acida .....	66
<b>Figura N° 39:</b> Gravedad de contaminación del sitio tipo A relación entre ESDD/NSDD y SPS para la tapa de referencia y el aislador de pasador .....	69
<b>Figura N° 40:</b> Gravedad de contaminación del sitio tipo A relación entre ESDD/NSDD y SPS para el aislador de barra larga de referencia .....	70

<b>Figura N° 41:</b> Gravedad de contaminación del sitio tipo B relación entre SES y SPS para aisladores de referencia o un monitor.....	70
<b>Figura N° 42:</b> Variación de la corriente superficial con la humedad.....	76
<b>Figura N° 43:</b> Proceso de flameo en aisladores de porcelana por contaminación.....	80
<b>Figura N° 44:</b> Limpieza manual de aisladores en una torre de suspensión.....	91
<b>Figura N° 45:</b> Limpieza manual de aisladores en una torre de anclaje ...	91
<b>Figura N° 46:</b> Lavado de aisladores en torre de suspensión.....	92
<b>Figura N° 47:</b> Lavado de aisladores en torre de anclaje .....	93
<b>Figura N° 48:</b> Cambio de aisladores parte 1 .....	94
<b>Figura N° 49:</b> Cambio de aisladores parte 2 .....	94
<b>Figura N° 50:</b> Representación elíptica de una DP.....	97
<b>Figura N° 51:</b> Campo eléctrico en un sistema de aislamiento .....	98
<b>Figura N° 52:</b> Fenómeno de descargas parciales .....	100
<b>Figura N° 53:</b> Curva de Paschen .....	101
<b>Figura N° 54:</b> Características de la corriente para cuatro estados diferentes de secado de la capa contaminante .....	104
<b>Figura N° 55:</b> Efectos de las descargas sobre la forma de onda de la corriente.....	105
<b>Figura N° 56:</b> Nivel de efluvio 1 .....	107
<b>Figura N° 57:</b> Nivel de efluvio 2.....	108
<b>Figura N° 58:</b> Nivel de efluvio 3.....	108

<b>Figura N° 59:</b> Nivel de efluvio 4.....	109
<b>Figura N° 60:</b> Nivel de efluvio 5.....	109
<b>Figura N° 61:</b> Sistema de transmisión - 1 .....	121
<b>Figura N° 62:</b> Sistema de transmisión - 2 .....	122
<b>Figura N° 63:</b> Subestación eléctrica de transmisión Chilca 500kV.....	124
<b>Figura N° 64:</b> Subestación eléctrica de transmisión Poroma 500kV/220kV .....	125
<b>Figura N° 65:</b> Subestación eléctrica de transmisión Ocoña 500kV .....	125
<b>Figura N° 66:</b> Subestación eléctrica de transmisión San José 500kV/220kV .....	126
<b>Figura N° 67:</b> Subestación eléctrica de transmisión Montalvo 500kV/220kV .....	126
<b>Figura N° 68:</b> Diagrama unifilar del sistema eléctrico ATS 500kV .....	127
<b>Figura N° 69:</b> Evaluación de valores.....	150

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 01:</b> Análisis de las causas de las fallas en la calidad del suministro de energía .....	129
<b>Gráfico N° 02:</b> Análisis físico de línea – 5032 de ATS.....	132
<b>Gráfico N° 03:</b> Monitoreo de la conductividad específica .....	135
<b>Gráfico N° 04:</b> Conductividad por nivel de contaminación .....	139
<b>Gráfico N° 05:</b> Análisis de la cantidad de fallas por año en las líneas de ATS .....	143
<b>Gráfico N° 06:</b> Análisis de la cantidad de fallas por temporada del año – grafico tipo línea.....	144
<b>Gráfico N° 07:</b> Análisis de la cantidad de fallas por temporada del año – grafico tipo área.....	144
<b>Gráfico N° 08:</b> Análisis de la cantidad de fallas por el método de Pareto en los tramos de ATS.....	146
<b>Gráfico N° 09:</b> Cantidad de fallas de los tramos con mayor índice de fallas .....	147
<b>Gráfico N° 10:</b> Costos con grado de contaminación baja .....	152
<b>Gráfico N° 11:</b> Costos con grado de contaminación media.....	153
<b>Gráfico N° 12:</b> Costos con grado de contaminación alta.....	154
<b>Gráfico N° 13:</b> Comparativa de costos de inversión.....	157

## PRÓLOGO

Los aisladores pueden correr el riesgo de perder su propiedad aislante a causa de la contaminación que se producen en las cercanías de este medio de transmisión provocando depósitos y por ende acumulación sobre sus superficies, formando en el tiempo una capa contaminante. Esta pérdida de aislamiento se ha acentuado considerablemente en las líneas de transmisión ubicados en la franja costera del litoral peruano.

Para mitigar y reducir estos fenómenos existen diversos monitoreos y controles con la finalidad de medir la criticidad de la contaminación, los cuales pueden ser directos e indirectos. Los monitoreos y controles indirectos evalúan la contaminación atmosférica de una zona como tal y los directos miden algún parámetro directo sobre la superficie del aislador.

Debido a la importancia de los aisladores, las líneas de transmisión de alta tensión en el litoral peruano y sus singularidades; en este trabajo se decidió analizar su comportamiento bajo el efecto de la contaminación, aportando un correcto monitoreo y control de la contaminación de los aisladores. Con la finalidad de mantener la transmisión de energía eléctrica dentro de los parámetros establecidos en la NTCSE<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> NTCSE: Norma técnica de calidad de suministro eléctrico.

## **RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivo principal, mejorar el proceso de monitoreo y control de la contaminación en los aisladores de las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro-Sur peruana, tanto técnica como económica. Para el desarrollo de esta investigación se analizaron varios aspectos, tales como: los microclimas, las especificaciones técnicas de los aisladores y las estadísticas de fallas por contaminación de los tramos de transmisión de ATS. Además, se realizó un mapa de contaminación y un análisis de los pro y contra de los tipos de mantenimiento tanto técnicos como económicamente. Finalmente, considerando los conocimientos adquiridos de otras investigaciones, los niveles de contaminación, las fallas de contaminación registradas, se realizó la propuesta de un modelo adecuado donde se desarrolla indicadores que ayudan a mejorar el monitoreo y control de la contaminación en los aisladores.



## **ABSTRACT**

The main objective of the present investigation was to improve the monitoring process and the pollution control in the insulators of the 500 kV LLTT within the Peruvian Center-South coastal strip, both technical and economic. For the development of this research, several aspects will be analyzed, such as: microclimates, the technical specifications of the insulators and fault statistics. In addition, a pollution map has been published and an analysis of the pros and cons of the types of maintenance both technically and economically. Finally, the knowledge acquired from other investigations, pollution levels, faults, results, research results, research results and pollution control in insulators.

## **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

Desde el lugar de generación de energía eléctrica hasta el lugar de su consumo existe una gran distancia, por lo que se debe transportar por líneas de transmisión de forma garantizada.

En todas las instalaciones eléctricas de alta tensión se requiere del uso de aisladores por su función mecánica y aislante.

Los aisladores instalados en zonas de contaminación están sometidos por diferentes tipos de contaminación, una de ellas es la contaminación marina, que puede aparecer no solo cerca al mar sino a una distancia considerable, ya que por la acción del viento se depositan cristales de cloruro de sodio con un alto nivel de humedad en la superficie del aislador. La contaminación industrial, que tiene su aparición en zonas industriales y su origen puede ser químico, petroquímico, cementero y cal, etc. Y la contaminación desértica, que se presenta por la alta cantidad de sal en la arena transportada por el viento, que al humedecerse puede convertirse en una capa conductiva. Por lo cual afecta directamente en su propiedad aislante originando fallas en el sistema, no llegando a cumplir el grado de confiabilidad.

Este hecho se presenta en la franja costera Centro-Sur, desarrollándose en las regiones Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna. Esta franja costera experimenta actividad industrial, agrícola, granjera, cantera y circulación vehicular; asimismo posee clima húmedo, seco y alta nubosidad. Una de

las líneas que está dentro de franja costera Centro-Sur, es la LLTT Chilca-Poroma-Ocoña-Montalvo 500kV la cual es propietaria la empresa Abengoa Transmisión Sur (ATS); presenta inconvenientes de este tipo, en ella se detectan descargas parciales a lo largo de las cadenas de aisladores, flameos continuos y corrosión, las cuales son tratados a través de técnicas de limpieza manual de aisladores y lavado en caliente (con líneas energizadas), lo cual mitiga la contaminación provisionalmente, sin embargo como la contaminación persiste en el ambiente, se debe realizar las técnicas de manera continua.

Con la finalidad de desarrollar un programa anual eficiente para el mantenimiento preventivo, en la actualidad, se realizan monitoreos y controles. Sin embargo, el monitoreo y control actual, no toma en cuenta todas las metodologías (parámetros y medidas) necesarias para llevar a cabo un monitoreo y control de la contaminación en los aisladores.

### **1.1. Identificación del Problema**

El problema objeto a ser investigado, titulado “Monitoreo y control de la Contaminación en los Aisladores de las Líneas de Transmisión de 500 kV dentro de la franja costera Centro-Sur Peruana” busca mejorar las acciones que en la actualidad ya son utilizadas y no generan resultados eficientes, por todo ello esta investigación está planteando un monitoreo y control.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

Los monitoreos y controles, actuales, de contaminación en los aisladores dentro de la franja costera Centro-Sur Peruana no son los adecuados originando una información errada para la planificación de los mantenimientos preventivos, lo cual nos lleva a la siguiente interrogante:

¿En qué medida un inadecuado monitoreo y control de la contaminación en los aisladores de las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro-Sur peruana, afecta la confiabilidad del servicio?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

**PE1:** ¿Cómo influye la zona geográfica y el medio ambiente en la contaminación de los aisladores de la LLTT en la zona costera centro-sur peruana?

**PE2:** ¿Cómo identificar el grado de contaminación en los aisladores de la LLTT en la zona costera centro-sur peruana?

**PE3:** ¿Cuál sería el proceso de optimización de costos en relación al número de intervenciones para el mantenimiento preventivo de los aisladores en la zona costera Centro-Sur peruana?

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Mejorar el proceso de monitoreo y control de la contaminación en los aisladores de las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro-Sur peruana.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

**OE1:** Evaluar las zonas geográficas y las condiciones ambientales que influyen en la contaminación de los aisladores de la LLTT en la zona costera centro-sur peruana.

**OE2:** Identificar el grado de contaminación en los aisladores de la LLTT en la zona costera centro sur peruana.

**OE3:** Optimización de costos en relación al número de intervenciones para el mantenimiento preventivo de los aisladores en la zona costera Centro-Sur peruana.

#### **1.4 Justificación**

La grave problemática que genera la contaminación en los aisladores situados cerca del mar, a causa de la presencia de subproductos industriales, las actividades agrícolas, los gases de escape, las tormentas de arena, niebla, las gotas de agua salada, etc.; se evidencia en forma de una capa sólida en la superficie del aislador; esta se origina por depósito y acumulación de los contaminantes.

Cuando esta capa se encuentra seca no afecta notablemente las propiedades eléctricas del aislador, pero cuando se humedecen debido a la niebla, lluvia o rocío, se presentan corrientes de fuga que disminuye sus propiedades eléctricas, elevando su conductividad. Provocando fallas eléctricas que afectará la confiabilidad del sistema como la salida de la línea y un cese del suministro de energía eléctrica.

Para retirar los sedimentos contaminantes (capa seca) sobre el aislador son las limpiezas manuales y lavado de los aisladores (hidrolavado), las cuales se emplean periódicamente sobre los elementos afectados. Pero, aunque parezca estar resuelto el problema, la contaminación persiste y se debe repetir las intervenciones. A causa de ello se realiza una programación de

mantenimiento el cual consiste en el monitoreo y control de la contaminación. A pesar de estas acciones preventivas no se llegó al objetivo de disminuir la cantidad de fallas, evidenciándose que el monitoreo y control no es el adecuado.

## **1.5 Limitaciones y facilidades**

### **1.5.1 Limitaciones**

La principal limitación para el desarrollo de la tesis es el tiempo que demanda la investigación, que deberá ser compartida con otras obligaciones tanto académicas como laborales. Limitación que será superada con la perseverancia y disciplina que aporta cada miembro integrante del grupo tesista.

### **1.5.2 Facilidades**

Para esta investigación se tiene la facilidad de información por parte de la empresa donde trabaja el investigador, como laboratorios y centros de experimentación. De igual manera, la existencia de otras investigaciones relacionadas al problema objeto de estudio.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del estudio**

Existe un amplio consenso de que la situación ambiental global es muy grave, pero aún, los problemas ambientales no están en la agenda de las autoridades y funcionarios de los países como temas urgentes a resolver hoy y no mañana.

Los problemas ambientales tienen las características que se acumulan y se agravan en corto tiempo, además, generan otros de forma indirecta o como consecuencia de los cambios o alteración del medio ambiente.

Las LLTT recorren diferentes zonas geográficas, las cuales, se encuentran a diferentes elementos contaminantes, como: polvos obtenidos de la combustión de carbón y petróleo, polvos de cemento, lluvias salinas, irrigación con plaguicidas, fertilizantes, etc. Generando una problemática en los aisladores, estos pueden afectar la propiedad aislante.

La contaminación de los aisladores de las líneas de transmisión eléctrica ha sido estudiada en diferentes centros de investigación y sistemas de energía por más de 50 años. Debido a la preocupación por la grave contaminación del medio ambiente, este tema es de interés hoy en día.



En el Perú existen LLTT que recorren zonas geográficas con alto índice de contaminación. Una de ellas es la LLTT 500kV Chilca – Poroma -Ocaña - San José – Montalvo (922 km de línea de transmisión y 6 subestaciones de transformación), concesionada por Abengoa Transmisión Sur (ATS).

Desde el inicio de su operación comercial, 17/01/2014, ha acaecido diversos eventos de falla a causa de la contaminación en los aisladores, las cuales se explican de forma cronológica.

El año 2014, fue afectado por 34 eventos de fallas de los cuales, 9 desconexiones definitivas, 22 recierres exitosos y 3 recierres no exitosos.

El año 2015, fue afectado por 22 eventos de fallas de los cuales, 3 desconexiones definitivas, 17 recierres exitosos y 2 recierres no exitosos.

El año 2016, fue afectado por eventos de fallas de los cuales, desconexiones definitivas, recierres exitosos y recierres no exitosos.

Por lo descrito anteriormente se evidencio que no se llevó un adecuado monitoreo y control a la contaminación de los aisladores para poder disminuir la tasa de eventos de falla en las LLTT.

## **2.2 Generalidades**

### **2.2.1 Línea de transmisión**

La línea de transmisión es un sistema de conductores o elemento del sistema de potencia que se encarga de transportar la energía eléctrica desde el sitio en donde se genera (energía generada, ya sea hidroeléctrica o térmicamente) hasta el sitio donde se consume o distribuye, las cuales se interconectan por medio de subestaciones ubicadas tanto en los centros de generación, como en los sitios donde se hace la reducción para la distribución de la energía a los usuarios finales.

Las líneas de transmisión son complejas estructuras que transportan grandes cantidades de energía eléctrica, se puede transmitir mediante los sistemas de corriente alterna como continua, pero por lo general y más conveniente es mediante la corriente alterna, son físicamente los elementos más simples pero los más extensos. La clasificación de los sistemas de transmisión puede ser realizada desde muy variados puntos de vista, según el medio: en aéreas y subterráneas.

El sistema de transmisión puede ser clasificado según el nivel de tensión en el cual transmiten las grandes cantidades de potencia, en Perú las líneas de transmisión aéreas esta discriminado en tres niveles de tensión 138kV, 220kV, 500kV y las líneas que son muy largas y de poca potencia de transporte son las de subtransmisión (60kV).

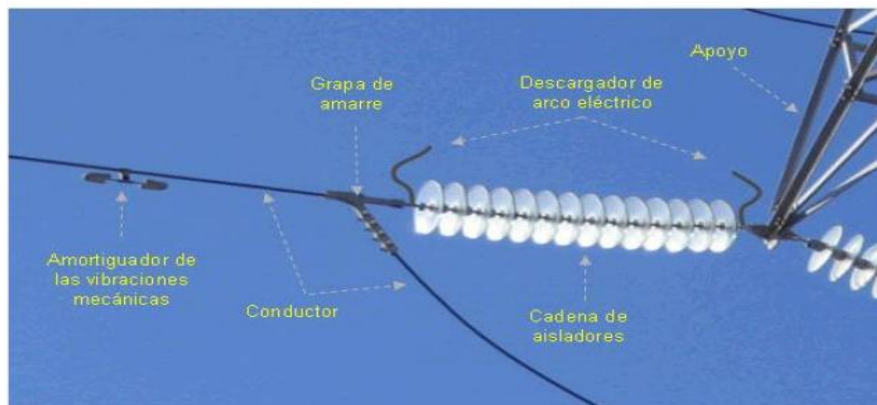
## 2.2.2 Elementos de una línea de transmisión

Una línea de transmisión está constituida básicamente por:

- A. Conductores
- B. Herrajes
- C. Torres
- D. Aisladores



**Figura N° 01.** Elementos de una línea de transmisión de potencia.  
Fuente: <https://transporteenergia2014.blogspot.com/2014/11/elementos-que-componen-una-linea-de.html>. (Rotulación propia)



**Figura N° 02.** Herrajes de una línea de transmisión de potencia.  
Fuente: [www.sectorelectricidad.com/12443/introduccion-a-las-lineas-de-transmision-de-energia-electrica/](http://www.sectorelectricidad.com/12443/introduccion-a-las-lineas-de-transmision-de-energia-electrica/)

## A. Conductores

*“Es un cuerpo o medio adecuado, utilizado como portador de corriente eléctrica. El material que forma un conductor eléctrico es cualquier sustancia que puede conducir una corriente eléctrica cuando este conductor se ve sujeto a una diferencia de potencial entre sus extremos (propiedad de la conductividad) y las sustancias con mayor conductividad son los metales”<sup>2</sup>. Los más utilizados de forma decreciente son: cobre, aluminio, aleaciones de cobre, hierro, acero.*

En la actualidad la selección de un material conductor no solo considera las propiedades eléctricas del conductor, sino también otras como: propiedades mecánicas, facilidad de hacer conexiones, su mantenimiento, la cantidad de soportes necesarios, las limitaciones de espacio, resistencia a la corrosión del material entre otros. Todo esto tiene un gran impacto en el aspecto económico. A continuación, se da las características de los materiales más comúnmente utilizados, los cuales son:

*“Cobre: Material maleable, de color rojizo, la mayoría de los conductores eléctricos están hechos de cobre”<sup>2</sup>. Sus principales características son:*

- Es el metal que tiene conductividad eléctrica más alta después del platino.

---

<sup>2</sup> Francisco M. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007

- Tiene gran facilidad para ser estañado, plateado o cadmizado y puede ser soldado usando equipo especial de soldadura de cobre.
- Tiene buena resistencia mecánica, aumenta cuando se usa en combinación con otros metales para formar aleaciones.
- No se oxida fácilmente, por lo que soporta la corrosión ordinaria.
- Tiene buena conductividad térmica.

Aluminio: Los conductores de aluminio son muy usados para exteriores en líneas de transmisión y distribución y para servicios pesados en subestaciones, sus principales características son:

- Es muy ligero: tiene la mitad del peso que el cobre para la misma capacidad de corriente.
- Es altamente resistente a la corrosión atmosférica.
- Se reduce al efecto superficial y el efecto corona debido a que para la misma capacidad de corriente, se usa diámetros mayores.

Las principales desventajas del aluminio son:

- Posee una menor conductividad eléctrica, con respecto al cobre.
- Se forma en su superficie una película de óxido que es altamente resistente al paso de la corriente por lo que causa problemas en juntas de contacto.

- Debido a sus características electronegativas, al ponerse en contacto directo con el cobre causa corrosión galvánica, por lo que siempre se deberán usar juntas bimetálicas o pastas anticorrosivas.
- El aluminio puro tiene, frente a todas sus aleaciones, la máxima conductividad, pero en contraparte posee una baja carga mecánica de ruptura. Según ensayos realizados por algunos fabricantes de conductores, la carga de ruptura viene dada por:

**Tabla N° 01.** *Carga de ruptura (kg/mm<sup>2</sup>) para diferentes materiales empleados en la conducción de electricidad.*

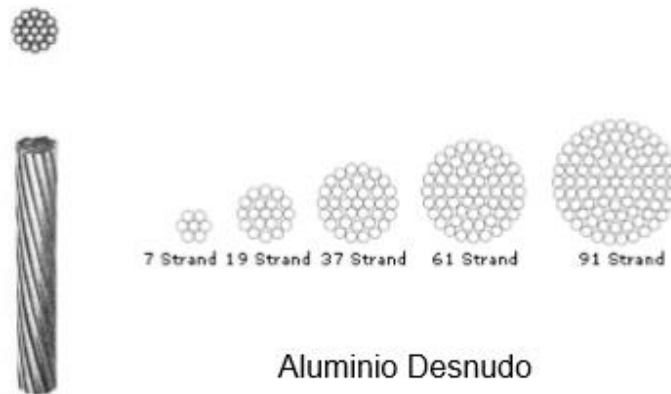
Cobre			Aluminio (AAC)	Aleación de Aluminio (AAAC)
Blando	Semiduro	Duro		
32	36	38	15	28

Fuente: Elementos de líneas de transmisión Aérea  
Francisco M. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007

Tipos de Conductores de Aluminio. - En la actualidad se utilizan los conductores de aluminio aleado y cables de aluminio reforzado con acero, por la poca carga de ruptura que tiene el aluminio. Los conductores trenzados son combinaciones de aluminio y otros elementos más, para reforzar sus características mecánicas al conductor. Entre los diferentes tipos de conductores de aluminio se tienen:

- ACC: Conductor de Aluminio (All Aluminum Conductor, Clases AA, A, B, C), las clases están relacionadas con el cableado y son un indicativo de la flexibilidad relativa del conductor, siendo AA la menos

flexible y C la de mayor flexibilidad. La clase AA normalmente son usados en líneas de transmisión aéreas.



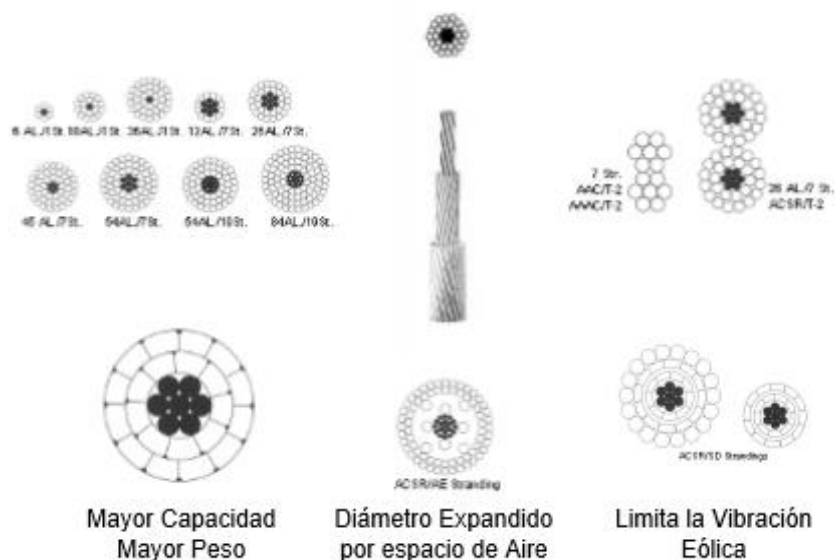
**Figura N° 03.** Aluminio desnudo  
Fuente: Elementos de líneas de transmisión Aérea  
Francisco M. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007

- AAAC: Conductor de Aluminio con Aleación (All Aluminum Alloy Conductor), este conductor tiene mayor resistencia a la tensión que los conductores de aluminio de tipo ordinario.



**Figura N° 04:** Aleación de aluminio desnudo  
Fuente: Elementos de líneas de transmisión Aérea  
Francisco M. Gonzáles – Longgat, Mayo, 2007

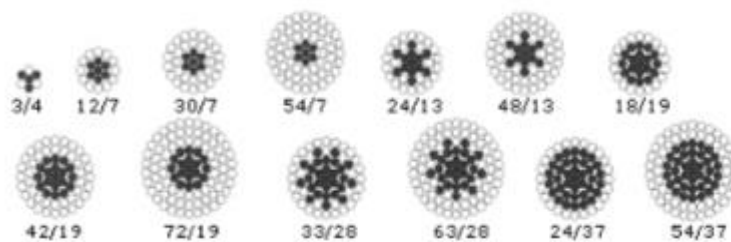
- ACSR: Conductor de Aluminio con Refuerzo de Acero (Aluminum Conductor, Steel Reinforced), este conductor consiste de un núcleo central de alambre de acero rodeado por capas de alambre de aluminio.



**Figura N° 05.** Vistas seccionadas del acsr.  
Fuente: Elementos de líneas de transmisión Aérea  
Francisco M. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007



- ACAR: Conductor de Aluminio con Refuerzo de Aleación (*Aluminum Conductor Alloy Reinforced*), este conductor tiene un núcleo de aluminio de alta resistencia rodeado por capas de conductores eléctricos de aluminio tipo especial.



**Figura N° 06:** Vistas seccionadas del acar  
Fuente: Elementos de líneas de transmisión Aérea  
Francisco M. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007

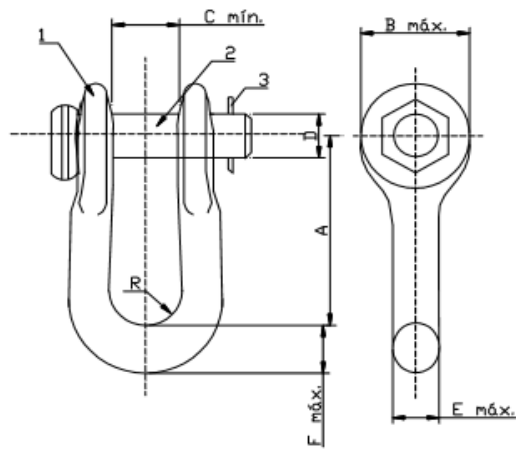
## B. Herrajes

Los Herrajes son elementos importantes en las Líneas de Transmisión Eléctrica, son los elementos encargados de realizar la fijación del aislador a la torre y al conductor, para asegurar a la estructura con las partes indispensables de la Línea de Transmisión como los aisladores y conductores. Una de las clasificaciones más común empleada es aquella que los incluye en dos grandes grupos:

### **a. Herrajes que forman arreglos o conjuntos**

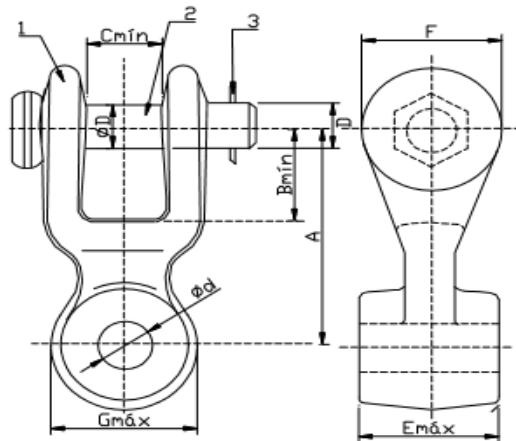
Los herrajes que forman arreglos son conjuntos de piezas que se agrupan para llevar a cabo una función muy particular (permiten uniones articuladas). La selección de cada uno de los herrajes que conforman el arreglo no puede ser realizada sin tomar en cuenta el conjunto y los elementos a los cuales acopla. Los herrajes en arreglos pueden ser:

- Herraje de fijación de cadena de aisladores a torre. (véase la figura N°7, en la página “35”)
- Herrajes para unir entre sí los extremos de la cadena de aisladores y los conductores. (véase las figuras N°8 y 9, en las páginas “35 y 36”)
- Herrajes para proteger los aisladores. (véase la figura N°10, en la página “36”)
- Mordazas de amarre y suspensión. (véase la figura N°11, en la página “37”)
- Herrajes para el cable de guarda. (véase la figura N°12, en la página “37”)



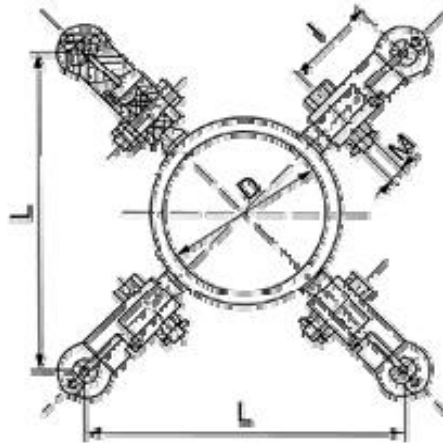
**Figura N° 07.** Grillete recto

Fuente: [https://www.eneldistribuido.com.br/ce/documentos/E-LT-005\\_R-02.pdf](https://www.eneldistribuido.com.br/ce/documentos/E-LT-005_R-02.pdf)

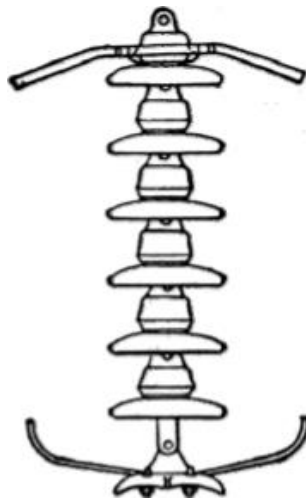


**Figura N° 08.** Horquilla ojo.

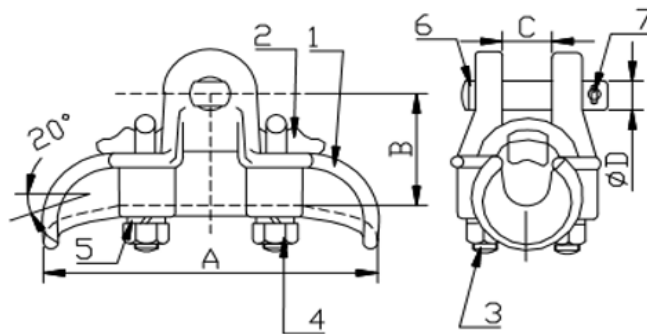
Fuente: [https://www.eneldistribuido.com.br/ce/documentos/E-LT-005\\_R-02.pdf](https://www.eneldistribuido.com.br/ce/documentos/E-LT-005_R-02.pdf)



**Figura N° 09.** Tipos de tensores o riostras cuatro conductores típico de líneas de 500kv  
 Fuente: Elementos de líneas de transmisión Aérea  
 Francisco M. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007



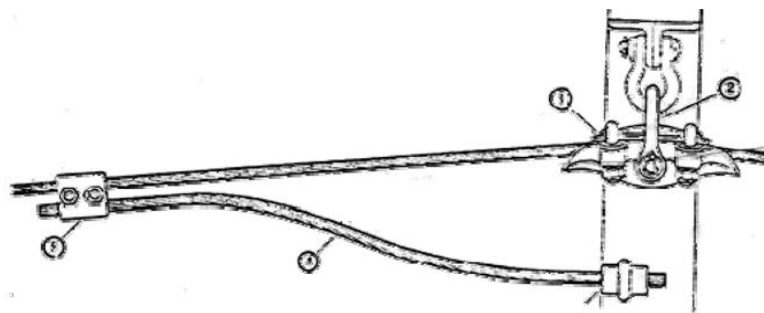
**Figura N° 10.** Cadena de suspensión con arcing horns.  
 Fuente: Elementos de líneas de transmisión Aérea  
 Francisco M. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007



ITEM	CONCEPTO
1	Cuerpo
2	Zapata(Brida "U")
3	Tornillo
4	Tuerca
5	Arandela
6	Bulón
7	Pasador de Seguridad

**Figura N°11.** Grapa de suspensión.

Fuente: [https://www.eneldistribuiacao.com.br/ce/documentos/E-LT-005\\_R-02.pdf](https://www.eneldistribuiacao.com.br/ce/documentos/E-LT-005_R-02.pdf)



**Figura N° 12.** Mordaza de suspensión de guarda.

Fuente: Elementos de líneas de transmisión Aérea  
Francisco M. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007

## b. Herrajes independientes

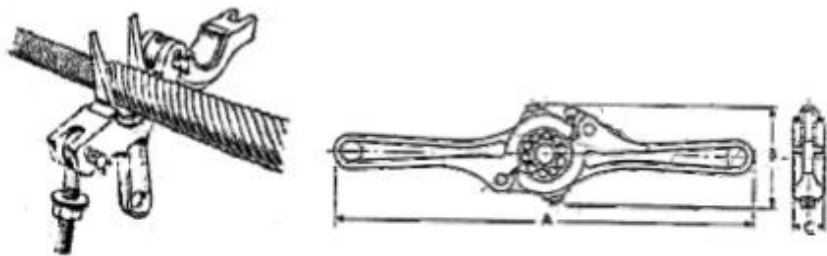
Cada herraje tiene funciones particulares, sus características son distintas para cada una. Estos se colocan a lo largo de la línea y son básicamente:

- Amortiguadores (véase la figura N°13)
- Varilla de Armar (véase la figura N°14)
- Contrapesos y Portapesas (véase la figura N°15, la página “39 “)



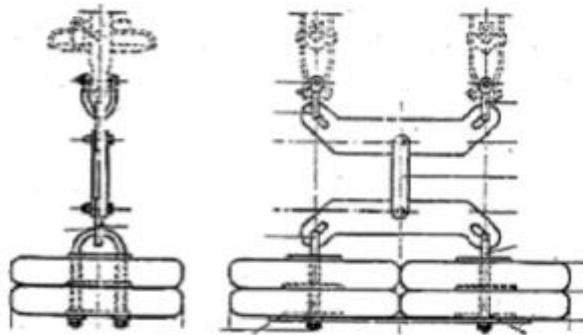
**Figura N° 13.** Amortiguador del tipo stock-bridge

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/figura-2-amortiguador-tipo-stockbridge-billc-2008\\_fig1\\_268811554](https://www.researchgate.net/figure/figura-2-amortiguador-tipo-stockbridge-billc-2008_fig1_268811554)



**Figura N° 14.** Llave para varillas de armar.

Fuente: elementos de líneas de transmisión aérea  
Francisco m. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007.



**Figura N° 15.** Contrapeso doble.

Fuente: Elementos de líneas de transmisión aérea  
Francisco m. Gonzáles – Longgat, mayo, 2007.

### C. Torres

Torres metálicas utilizadas en alta tensión. Es el apoyo o soporte de los cables aéreos desnudos, los cuales, aseguran la altura suficiente a la que han de estar dispuestos los conductores. Están constituidos por vigas de acero unidas mediante soldadura y por tornillos, formando celosías que definen estructuras fuertes y resistentes, a esto se le conoce como torres de alta tensión.

Clasificación de torres de alta tensión, según la utilidad a desempeñar:

- Torre de alineación: soportan los conductores y cables de tierra. Se usa en las alineaciones rectas.



**Figura N° 16.** Apoyo de alineación.

Fuente: Análisis estructural de una torre de alta tensión, Leganés, 2014, universidad Carlos III de Madrid.

- Torres de ángulo: sustentan los conductores y cables de tierra en los vértices o ángulos que forma la línea en su trazado.



**Figura n° 17.** Apoyo de ángulo.

Fuente: Análisis estructural de una torre de alta tensión, Leganés, 2014, universidad Carlos III de Madrid.

- Torres de fin de línea: soportan las tensiones mecánicas producidas por la línea, siendo los que con mayor resistencia se diseñan.



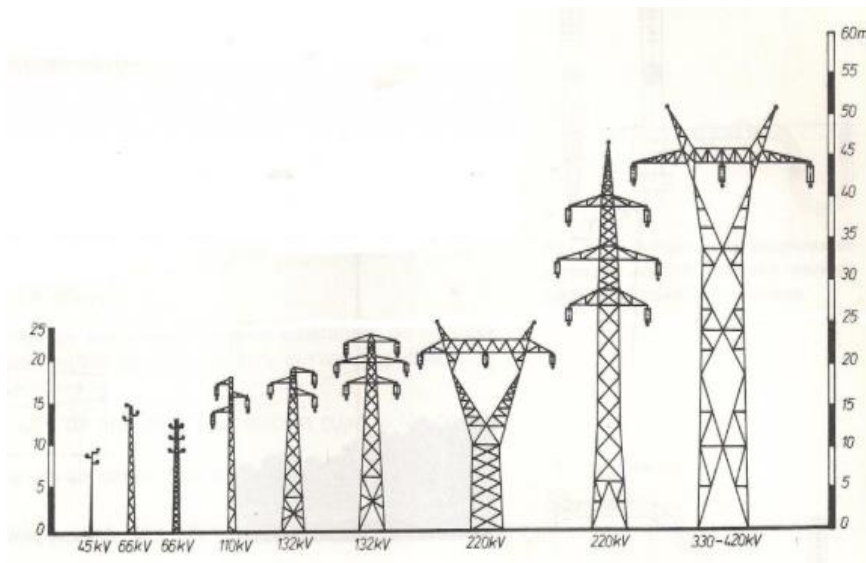


**Figura N° 18.** Apoyo de fin de línea.  
Fuente: Análisis estructural de una torre de alta tensión, Leganés, 2014, universidad Carlos III de Madrid.

- Torres especiales: utilizados en situaciones especiales como cruces con ferrocarril, vías fluviales, líneas de telecomunicación o bifurcaciones.



**Figura N° 19.** Apoyo especial.  
Fuente: Análisis estructural de una torre de alta tensión, Leganés, 2014, universidad Carlos III de Madrid.



**Figura N° 20.** Torres metálicas utilizadas en alta tensión.

Fuente: <http://www.sectorelectricidad.com/5612/tipos-de-estructuras-para-alta-media-y-baja-tension/>.

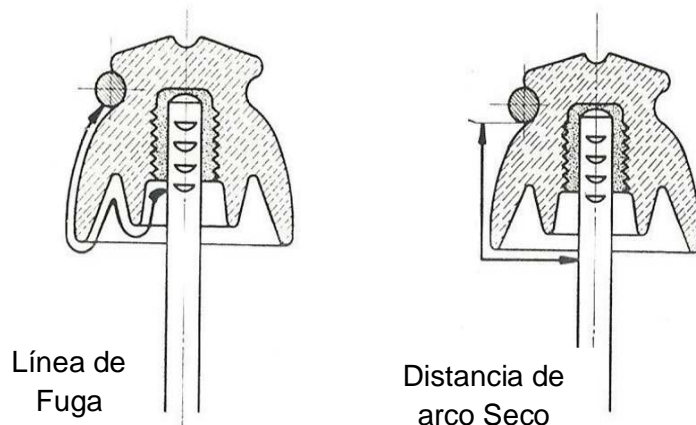
#### **D. Aisladores**

Los aisladores se definen como un dieléctrico con la capacidad de soportar esfuerzos mecánicos, eléctricos, térmicos y adicionalmente los embates del ambiente. Estos dispositivos es el encargado de proveer la separación eléctrica entre la fijación mecánica del soporte y los conductores, que están sometidos a niveles de tensión muy elevados.

Los aisladores están sometidos a esfuerzos eléctricos como: tensiones a la frecuencia nominal, sobretensiones por rayo, sobretensiones por maniobra y corriente de arco. También están sometidos a esfuerzos mecánicos (tensión, compresión, flexión, torsión, vibración y sacudidas) y esfuerzos ambientales como: variaciones de temperatura, luz ultravioleta, viento, nieve, humedad, lluvia, altitud y contaminación.

La misión fundamental de los aisladores es evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo. Este paso de corriente puede producirse por cualquier de las causas que se citan a continuación:

- **Conductividad Superficial:** Conductividad que adquiere la capa de contaminación sobre un aislador una vez humedecida; da la idea del grado de disociación de los iones que conforman la capa contaminante.
- **Corriente de Fuga:** Corriente que circula en toda la superficie del aislador, al aplicársele al mismo una tensión eléctrica dada. (Véase la figura N°21, en la página “43” )
- **Distancia de Fuga (Línea de Fuga):** Distancia más corta o suma de las distancias más cortas siguiendo los contornos de la superficie exterior de un aislador entre los herrajes metálicos.
- **Distancia de arco seco:** Es la distancia más corta, a través del medio que rodea al aislador entre los extremos del mismo (Véase la figura N°21, en la página “44”). La tensión que produce el arco seco se calcula practicando el ensayo de descarga en seco a baja frecuencia (60 Hz). Tomando el valor de la tensión a la cual ocurre el arco o la descarga sobre el aislador y teniendo el valor de la rigidez dieléctrica del aire (2,5 KV/mm en condiciones normales).



**Figura N° 21.** Distancia de arco seco y línea de fuga.  
 Fuente: Instalaciones eléctricas generales. José Ramírez Vázquez, Barcelona 1969.

- **Tensión de Soporte:** Valor máximo de tensión aplicada que puede soportar un aislador sin que ocurra ningún tipo de descarga que provoque el cortocircuito parcial o total de la línea.
- **Tensión de Descarga en Seco a Baja Frecuencia (Tensión de Contorno en Seco a Baja Frecuencia):** Se refiere a la tensión en corriente alterna a la cual falla un aislador superficialmente.
- **Tensión de Descarga en Húmedo a Baja Frecuencia (Tensión de Contorno a condiciones Húmedas a Baja Frecuencia):** Se refiere a la tensión en corriente alterna a la cual falla un aislador bajo condiciones de lluvia, y este valor es menor a la tensión de descarga en seco.
- **Tensión de Perforación:** Se refiere a la tensión en corriente alterna a la cual falla internamente el aislador (ruptura interna del aislador).

La misma debe ser superior a la tensión de descarga en seco, como un mínimo de 30%.

- **Tensión de Descarga a Impulso Crítico de Ambas Polaridades:**

Se refiere a la tensión de descarga de impulso tanto positivo como negativo, a la cual falla un interruptor superficialmente. Este parámetro también se define tanto para condiciones secas como húmedas. La señal de tensión es conocida como la forma de onda tipo rayo 1,2/50  $\mu$ seg.

Las características y especificaciones que deben cumplir los aisladores son las siguientes:

- **Rigidez dieléctrica** suficiente para que la tensión de perforación sea muy superior a su tensión de servicio. Esta característica suele depender de la calidad del material del cual ha sido fabricado y además del grosor del aislador.
- **Disposición adecuada**, de forma que la tensión de contorno presente valores muy elevados y por consiguiente no se produzcan descargas de contorno entre los conductores y el apoyo a través de la superficie de los aisladores.
- **Resistencia mecánica** adecuada para soportar los esfuerzos demandados por el conductor, por lo que la carga de rotura de un aislador debe ser por lo menos igual a la del conductor que tenga que soportar.
- **Mínima corriente de fuga entre el aislador y soporte**, además

deben estar fabricados y montados de tal forma que la caída de agua sobre el mismo, no ocasione una corriente de fuga superficial apreciable.

- **Resistencia a la contaminación** exige aumentar la línea de fuga superficial del aislador.
- **Resistencia a variaciones climatológicas**, por ejemplo, pasar de pleno sol a la lluvia.
- Los aisladores en ocasiones son sometidos a **actos vandálicos** (disparos con armas, proyectiles pétreos o metálicos arrojados hacia ellos), lo que provoca que los aisladores deban poseer cierta resistencia a los impactos.
- **Disminución de los efectos del envejecimiento**, para evitar gastos de reposición y de mantenimiento a corto plazo.

#### **a. Tipos de Aisladores**

En esta sección se clasifican los aisladores según dos criterios, primero, por el material de construcción, y luego según el esfuerzo mecánico al que está sometido el aislador.

- **Aisladores Cerámicos**

En los aisladores cerámicos se tiende a ubicar a los manufacturados ya sea

de vidrio o porcelana. De acuerdo con sus estructuras químicas, estos materiales se clasifican como inorgánicos:

#### - **Aisladores de porcelana**

En la actualidad la mayoría de los aisladores utilizados están contruidos en porcelana que es un tipo de cerámica más brillante, densa y dura. Están fabricados con una pasta de arcilla, caolín, cuarzo o alúmina de primera calidad, que al ser horneado a una temperatura de 1400 °C se obtiene una cerámica de uso eléctrico. La extraordinaria importancia de la porcelana como material electrotécnico, radica en su resistencia a los agentes atmosféricos, químicos y físicos de todo género, ya que se trata de un material anti-higroscópico e incombustible y a la posibilidad de adaptarse a casi todas las formas constructivas. Este material presenta mayor resistencia a los golpes que los de vidrio, y también es más costoso. (Véase la figura N° 22)



**Figura N° 22.** Aislador de porcelana.

Fuente: [www.blog.structuralia.com](http://www.blog.structuralia.com). Aisladores en líneas eléctricas.

### - Aisladores de vidrio

Están fabricados con un cristal templado de silicio que cumple las mismas funciones de la porcelana. Este cristal está compuesto por una mezcla de arena silíceo y de arena calcárea, fundida con una sal de sodio a una temperatura de 1300°C. Su color es verde oscuro, aunque en algunos casos puede ser transparente o translúcido, siendo este dependiente de los materiales metálicos usados para disminuir su temperatura de fusión.

También posee un coeficiente de dilatación muy alto, que limita su aplicación en lugares con cambios grandes de temperatura, ya que al expandirse y contraerse puede llevar a la fractura del mismo; la resistencia al choque es menor que en la porcelana, sin embargo, debido a que el costo es más reducido y su transparencia facilita el control visual, hacen que sustituyan en muchos casos a los de porcelana. (Véase la figura N° 23) se observa una cadena constituida por campanas de vidrio.



**Figura N° 23.** Aislador de vidrio  
Fuente: [www.blog.structuralia.com](http://www.blog.structuralia.com). Aisladores en líneas eléctricas.



- **Aisladores Poliméricos**

Un aislador polimérico consiste en un alma o núcleo central recubierto con un material sintético y sujeto en los extremos por herrajes metálicos (Véase la figura N° 24) se observa un aislador polimérico.

El número y diámetro de las faldas de estos aisladores son variables, de manera que se puede seleccionar un determinado tipo de aislador que cumpla con la distancia de fuga requerida para su instalación.

El diseño apropiado de aisladores poliméricos, para ambientes contaminados específicos, debe tener en cuenta las siguientes propiedades: hidrofobicidad, resistencia al tracking, resistencia a la erosión, resistencia a la perforación, resistencia a la luz ultravioleta y otros esfuerzos climáticos, resistencia mecánica, entre otros, y además de tener una buena capacidad aislante.



**Figura N° 24.** Aisladores poliméricos.

Fuente: Tesis - Políticas de lavado para aisladores de las líneas de transmisión en 138 y 230kv de corpoelec - enelven.

- **Aisladores Híbridos**

Este tipo de aislador está compuesto de un núcleo de porcelana más una cubierta polimérica; aunque también se puede hallar aisladores de este tipo que poseen un cuerpo de porcelana y una falda de material polimérico, (Véase la figura N° 25). El núcleo de porcelana, sólido y homogéneo, aporta una gran resistencia mecánica, compresión y tracción. La base es de acero galvanizado en caliente y cementada al núcleo, del tipo tradicional para aisladores tipo pedestal. La cubierta elastomérica se monta sobre el núcleo con sellante efectivo en la interfaz. La propiedad hidrofóbica del polímero, limita las corrientes de fuga y dificulta el proceso del desarrollo del flashover. El diseño de doble campana brinda una alta distancia de fuga. Los aisladores de este tipo cumplen con los requerimientos establecidos por las normas ANSI C29 e IEEE-815.



**Figura N° 25.** Aisladores híbridos.  
Fuente: TYCO Electronics.

## **b. Clasificación de aisladores según el tipo de montaje**

- **Aisladores de soporte**

Los aisladores de soporte se caracterizan por su constitución rígida y trabajan con el conductor ejerciendo sobre ellos fuerza de compresión o fuerzas cortantes, pudiendo estar elaborado en porcelana o material polimérico. El aislador de soporte generalmente utilizado en las líneas de transmisión es el aislador tipo line post.

- **Aislador tipo line post**

Su construcción está hecha de tal forma que permite la sujeción rígida. Tiene en su parte superior e inferior, roscas que facilitan la instalación del aislador en su base y de otras partes eléctricas en la parte superior. Son aisladores de una gran robustez mecánica y eléctrica. Además, su gran distancia de fuga les proporciona excelentes propiedades para ser usados en áreas donde predominen condiciones de polución y donde se desea minimizar los efectos de radio interferencia.

Los aisladores line post (Véase la figura N° 26, en la página “52”) son aquellos que soportan al conductor de forma lateral debido a su gran rigidez, lo que lo beneficia en condiciones de compresión por lo cual

usualmente están ubicados en los cruces de línea y en algunos casos como aislador principal en el sostén para el conductor; los materiales usados en su fabricación son la porcelana o compuestos poliméricos.



**Figura N° 26.** Aislador rígido tipo line-post.  
Fuente: Zhejiang Hengda Electric Science & Technology Co., Ltd.

- **Aisladores de Tacción**

- **Aisladores de Suspensión**

Este tipo de aislador puede estar elaborado en porcelana cuando está diseñado con campanas o en material polimérico cuando su diseño es el de una barra. Los de porcelana, son aisladores en forma de plato cuyo material aislante tiene adheridos con cemento elementos metálicos que pueden encajar uno dentro del otro y permiten la formación de cadenas flexibles, también encajan en los accesorios del conductor y de las estructuras con lo cual componen la fijación. Un aislador de suspensión es un ensamblaje de una pieza de porcelana y herrajes metálicos, provistos de acoplamientos no rígidos, u otras unidades o herrajes terminales.

(Véase la figura N° 27, en la página “53”) muestra un aislador de suspensión de porcelana típica.

El número de aisladores que pueden formar una cadena depende de la tensión de servicio; estas cadenas son móviles alrededor de su punto de unión al soporte, y además, las articulaciones entre elementos deben tener bastante libertad para que los esfuerzos de flexión queden amortiguados.



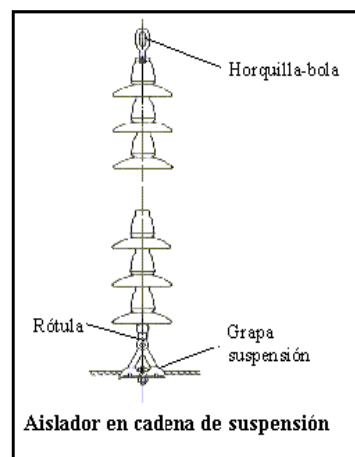
**Figura N° 27.** Aislador de suspensión.  
Fuente: GAMMA - Aisladores CORONA.

Este tipo de aislador es el más empleado en media y en alta tensión, ya que presenta las siguientes ventajas:

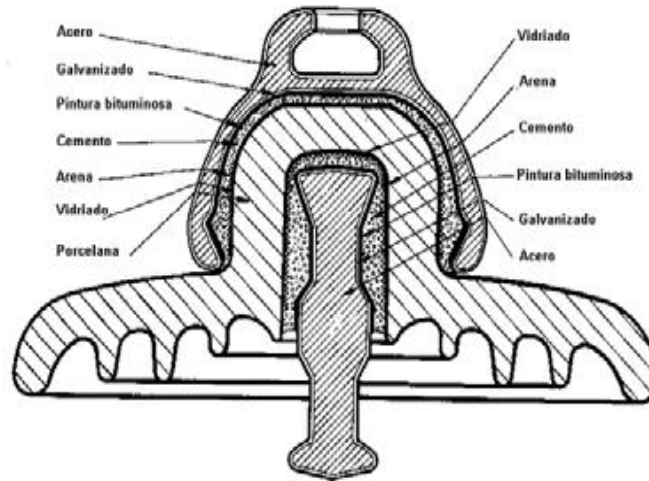
- Permite elevar la tensión de funcionamiento con sólo aumentar la longitud de la cadena, es decir, colocando más elementos.
- No se interrumpe el servicio por rotura de un aislador, ya que la cadena sigue sustentando al conductor.

- Presenta una gran economía en la reparación de las cadenas, pues solamente es necesario cambiar el elemento averiado.

(Véase la figura N° 28), muestra la disposición de los aisladores en una cadena de suspensión. (Véase la figura N° 29) se presenta un aislador de suspensión.



**Figura N° 28.** Aisladores en cadena de suspensión y de amarre.  
Fuente: Enciclopedia CEAC de Electricidad.



**Figura N° 29.** Aislador de suspensión.  
Fuente: Enciclopedia CEAC de Electricidad.

En la clasificación de aisladores de suspensión podemos enmarcar a las barras de suspensión que como su nombre indica sostienen al conductor en su extremo inferior mientras que éstos son sujetados a la torre o poste, mediante un herraje colocado en su extremo superior; pueden estar elaborados en polímeros o en porcelana (Véase la figura N° 30).



**Figura N° 30.** Aislador rígido tipo suspensión en polímero.  
Fuente: Ohio Brass Co.

### **c. Recubrimiento aislante**

#### **- Goma Silicón**

La goma de silicón presenta múltiples uniones de silicio-oxígeno, conteniendo además grandes cantidades de methyl orgánico formadas por uniones silicio-carbono, que las hace materia orgánica.

La goma silicón tiene propiedades superiores con respecto a otras gomas orgánicas en cuanto a resistencia térmica, estabilidad química, aislamiento eléctrico, y una notable resistencia a la abrasión.

Por otra parte, la goma de silicón es resistente a la luz solar, y es muy flexible a cierto intervalo de temperatura; además tiene un alto grado de hidrofobicidad, que se suele ser diez veces más importante que en la goma de etileno propileno. Además, presenta una excelente resistencia al ozono, y por tanto tienen buen comportamiento ante descargas provocadas por el efecto corona. Adicionalmente, la lluvia y el viento no propician cambios en las propiedades físicas del material.

Sin embargo, debido a que la silicona tiene moléculas de silicio-oxígeno, la goma silicón se hace susceptible a los agentes corrosivos, como al ataque de ácidos y bases.

La goma silicón es ampliamente utilizada y ha remplazado a muchos productos petroquímicos en todas las industrias incluyendo: la aeroespacial, automovilísticas, de construcción, de productos químicos,



eléctricos, electrónicos, procesadoras de alimentos, en áreas de la Ingeniería mecánica, medicina, fármacos, cosméticos, baterías solares y materiales semiconductores.

Cabe destacar que hasta ahora se he referido a la goma silicón en su forma más general, sin embargo, para esta investigación es conveniente mencionar que en la fabricación de aislamientos eléctricos se utiliza la goma silicón sometida a diferentes procesos, como la vulcanización a altas temperaturas o bajo condiciones ambientales.

A continuación, se presentan las gomas siliconadas elaboradas bajo dichos procesos y que se son utilizadas en el campo de las líneas de transmisión en la Ingeniería Eléctrica:

#### **- Goma Silicón tipo RTV**

La goma de silicón RTV (Room Temperature Vulcanized) es un material versátil y maleable, está compuesto por un líquido que es vulcanizado a temperatura ambiente durante períodos cortos de tiempo, con ayuda de catalizadores, además la adición de rellenos de dióxido de silicio. De acuerdo a la proporción de relleno se obtiene diferente grado de viscosidad y consistencia.

El recubrimiento siliconado RTV es una sustancia aislante fabricada en compuesto polimérico que se rocía o se aplica sobre la superficie del aislador de porcelana, vidrio o inclusive de material polimérico.

Los recubrimientos de RTV están diseñados para reemplazar la grasa de silicona y el lavado artificial. Son frecuentemente utilizados para prevenir el flameo en los aisladores y bushings de porcelana.

Una característica importante de estos recubrimientos además de su buen desempeño es su fácil aplicación y tiempo de vida útil, lo que contribuye al ahorro significativo por parte de las empresas que los implementan.

- **Goma Silicón tipo HTV**

Las siliconas HTV (High Temperature Vulcanized) son mezclas básicas de silicona a las que se les realiza un proceso de vulcanización, que consiste en someter a altas temperaturas (200°C aproximadamente) al compuesto en presencia de azufre con el fin de volverlo más duro y resistente al frío.

La goma de silicón vulcanizada a altas temperaturas se ha extendido rápidamente en el mercado en los últimos años porque presenta excelentes propiedades eléctricas, además de una alta resistencia térmica y ante condiciones atmosférica y aceites, permeabilidad al aire.

Entre otras características están, su resistencia a roturas, a los rayos UV (No cambian de color), no son tóxicas, alérgicas, cancerígenas, de dureza ajustable, y con buenas propiedades mecánicas.

- **Hidrofobicidad Superficial**

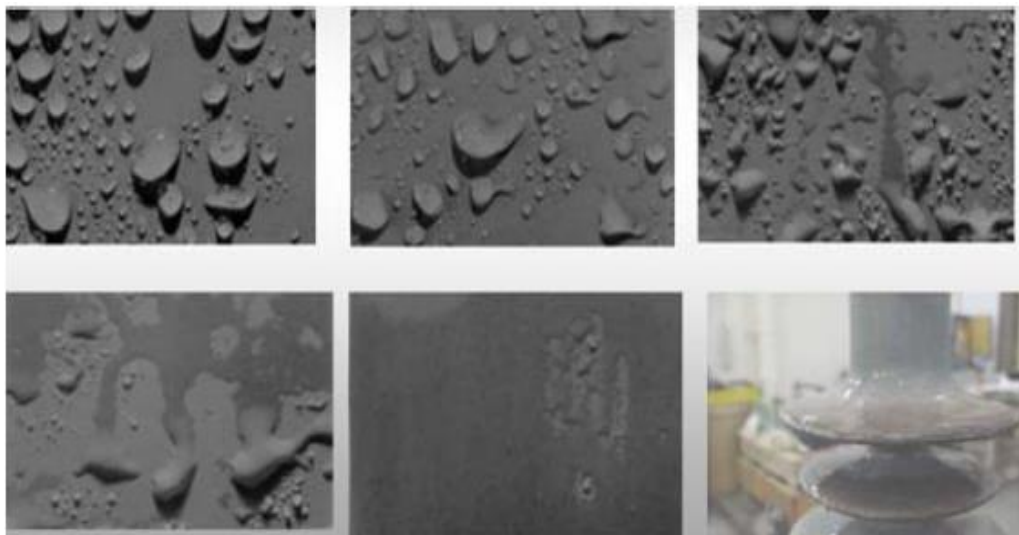
Ésta propiedad ayuda a que el aislador tenga un mejor desempeño en ambientes contaminados, la hidrofobicidad es la propiedad que tiene la superficie de un aislante sólido para formar gotas en lugar de formar una película continua de agua cuando existen condiciones de niebla, alta humedad o lluvia ligera (Véase en la figura N° 31)



**Figura N° 31.** Hidrofobicidad superficial.  
Fuente: Propia.

Por medio de ésta propiedad se reduce la corriente de fuga y la probabilidad de que se formen bandas secas aumentando así el nivel de tensión de flameo. El envejecimiento de la superficie causa pérdida de la hidrofobicidad, ésta pérdida de hidrofobicidad se ve acelerada por la temperatura, la contaminación, las descargas corona, las descargas superficiales, la lluvia ácida y los rayos UV, sin embargo, otra característica importante es la de poder recuperar su hidrofobicidad después de un cierto tiempo. El tiempo en que se mantiene la hidrofobicidad y el tiempo en que se puede llegar a recuperarse depende considerablemente del tipo de

material. 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. Sin embargo, todas las superficies perderán su hidrofobicidad 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 (Véase la figura N°32). La degradación es causada usualmente por descargas eléctricas o por reacciones electroquímicas en la capa.



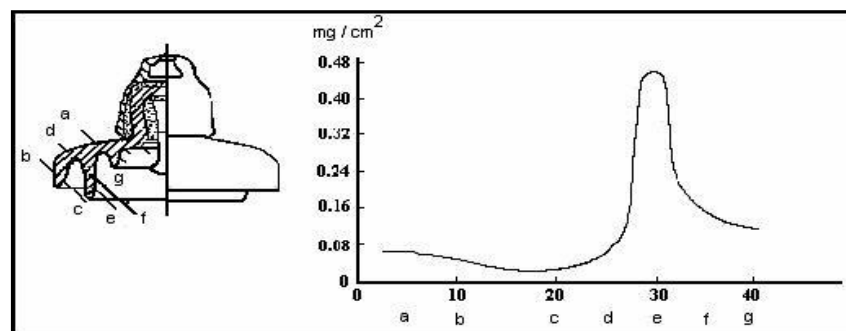
**Figura N° 32.** Pérdida de hidrofobicidad superficial.  
Fuente: Propia.

## 2.3 Contaminación Ambiental

Los aisladores en líneas aéreas de transmisión son un factor clave para la confiabilidad de los sistemas eléctricos de potencia, éstos deben soportar efectivamente condiciones de sobretensión, sin comportamientos que pudieran ocasionar perturbaciones, flameos y salidas de líneas.

Los aisladores instalados se ven afectados por el fenómeno de la contaminación, el cual varía ampliamente de un lugar a otro, dependiendo de las características de la zona en que se encuentre 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 pueden ser diferentes a lo largo de la traza de la misma.

Por lo tanto, la forma del aislador va a intervenir fuertemente en el modo en que dicho contaminante se va a acumular en el trayecto recorrido por la misma. (Véase la figura N° 33)



**Figura N° 33.** Curva de distribución del contaminante acumulado en un aislador.

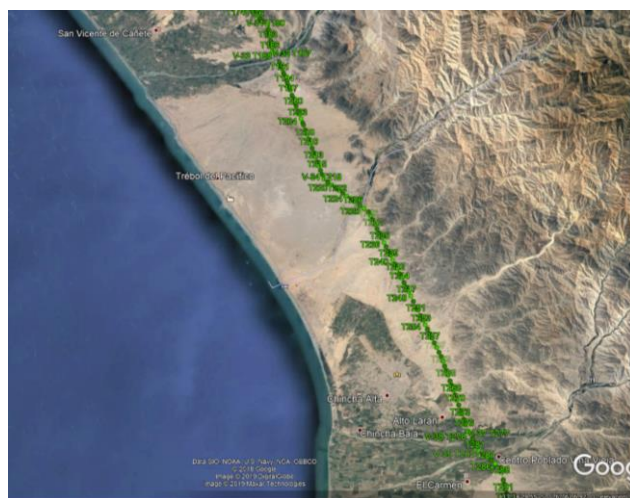
Fuente: Tesis - Políticas de lavado para aisladores de las líneas de transmisión en 138 y 230kv de corpoelec - enelven.

De manera general puede decirse que los aisladores ubicados en las líneas eléctricas aéreas siempre están expuestos a la contaminación, pues aun cuando se toman medidas 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.

Existen cinco tipos fundamentales de contaminación y se describen a continuación:

#### **A. 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. Consiste en que el viento, que por lo general tiene una dirección de mar a tierra, deposita cristales de cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) y sustancias afines sobre la superficie de los aisladores con un grado de humedad elevado.



**Figura N° 34.** Contaminación marina.  
Fuente: Propia.

## **B. 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, cementera, etc.

Si bien las leyes anticontaminantes de preservación del medio ecológico han contribuido a aliviar parcialmente este problema, la contaminación industrial adquiere en muchos sitios características alarmantes. Algunos desechos se adhieren fuertemente a la superficie del aislador, ocasionando la reducción progresiva en su propiedad aislante y una mayor captación del contaminante en períodos largos de tiempo.

## **C. Contaminación Desértica**

El contaminante básicamente es arena, que pueden contener altas cantidades de sal, resultando una capa muy conductiva cuando se humedece. Las áreas desérticas típicamente son muy secas, con mucho viento y polvo, y además calientes, las grandes fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche elevan la humedad relativa a niveles tan altos como 93% durante la salida del sol, provocando que la humedad se eleve, lo que puede ocasionar flameos en los aisladores. Si las áreas

desérticas están cerca de las costas, el problema se agrava por efecto de la contaminación marina.



**Figura N° 35.** Contaminación desértica.  
Fuente: Propia.

#### **D. Contaminación Agrícola**

Se presentan en zonas de gran actividad agrícola y consiste en que sobre la superficie de los aisladores se depositan sustancias solubles e insolubles, tales como tierra, fertilizantes e insecticidas. Este tipo de contaminación es relevante ya que los depósitos contaminantes sobre el aislador no pueden ser removidos por la acción de la lluvia debido que hay muy precipitación.





**Figura N° 36.** Contaminación agrícola.  
Fuente: Propia.

### **E. Contaminación de Polvo**

Este tipo de contaminante se presenta por lo general en las zonas cercanas a las costas de la mayoría de los países, cuando el viento logra levantar o arrastrar polvo del suelo o arena. El agente contaminante para estas zonas se compone básicamente de sulfato, calcio y cloruro de sodio.



**Figura N° 37.** Contaminación polvo.  
Fuente: Propia.

## F. Contaminación por Lluvia Ácida

La lluvia ácida se produce cuando la humedad del aire se mezcla con los gases emitidos por las centrales eléctricas, fábricas, vehículos que utilizan carbón o productos derivados del petróleo. Los gases resultantes de esta mezcla se condensan en la atmósfera en forma de ácidos sulfúricos y nítricos, que caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo la lluvia ácida.



**Figura N° 38.** Contaminación por Lluvia ácida.  
Fuente: Propia.

### 2.4 Niveles de contaminación según la norma IEC 60815-1

Según la norma IEC 60815-1 revisada y emitida en el 2007 existen dos tipos de contaminación principales que afectan a los aisladores:

- **Tipo A:** es aquella contaminación referida a partículas sólidas con componentes insolubles que se depositan en la superficie del aislador, los cuales conducen cuando se humedecen. Este tipo de contaminación se evalúa con las mediciones de ESDD/NSDD (Densidad Equivalente de Sal Depositada y Densidad de Depósitos No Solubles).

La contaminación tipo A, es asociada para áreas alejadas de la costa, desérticas o donde se presenta contaminación industrial. Este tipo de contaminación puede agravar su efecto en zonas costeras donde la sal puede acumularse en forma de capas y comenzar a humedecerse rápidamente ante condiciones de lluvia, llovizna, niebla, neblina y rocío.

- **Tipo B:** Corresponde a los electrolitos líquidos (con muy pocos o ningún componente insoluble) que se sitúan en la superficie del aislador. Este tipo de contaminación puede ser evaluada por medio del método de medición de la conductancia o por la de corriente de fuga.

La contaminación tipo B es comúnmente asociada a las aéreas costeras donde el agua salina o la niebla conductiva es depositada en la superficie de los aisladores. Otras fuentes de contaminantes de este tipo pueden ser, por ejemplo, neblina química o lluvia acida.

### Clases de severidad de contaminación del sitio (SPS)

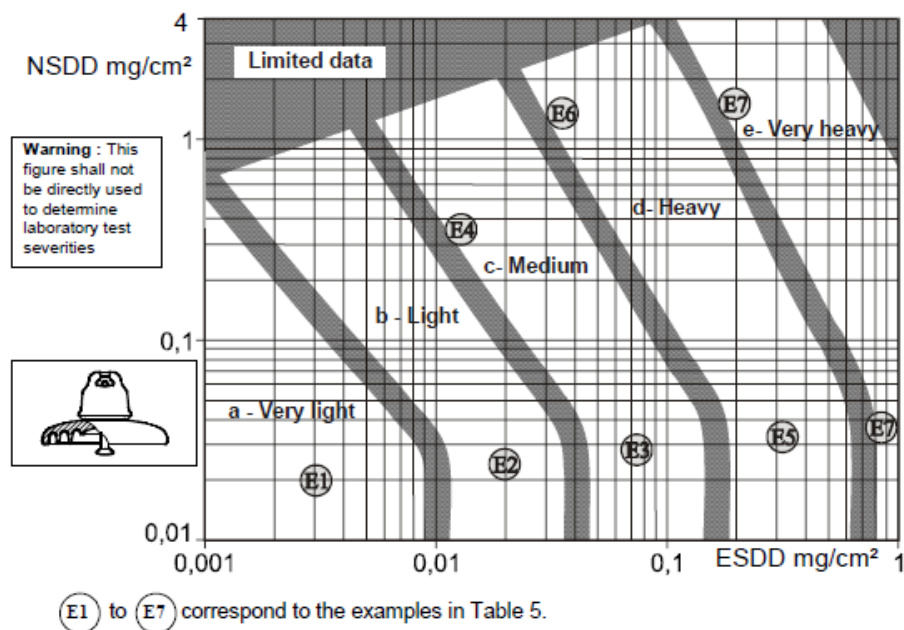
A fines de la normalización, se definen cualitativamente cinco clases de contaminación que caracterizan la gravedad del sitio, desde contaminación muy ligera hasta contaminación muy intensa, de la siguiente manera:

- Muy ligero
- Ligero
- Medio
- Severa
- Muy severa

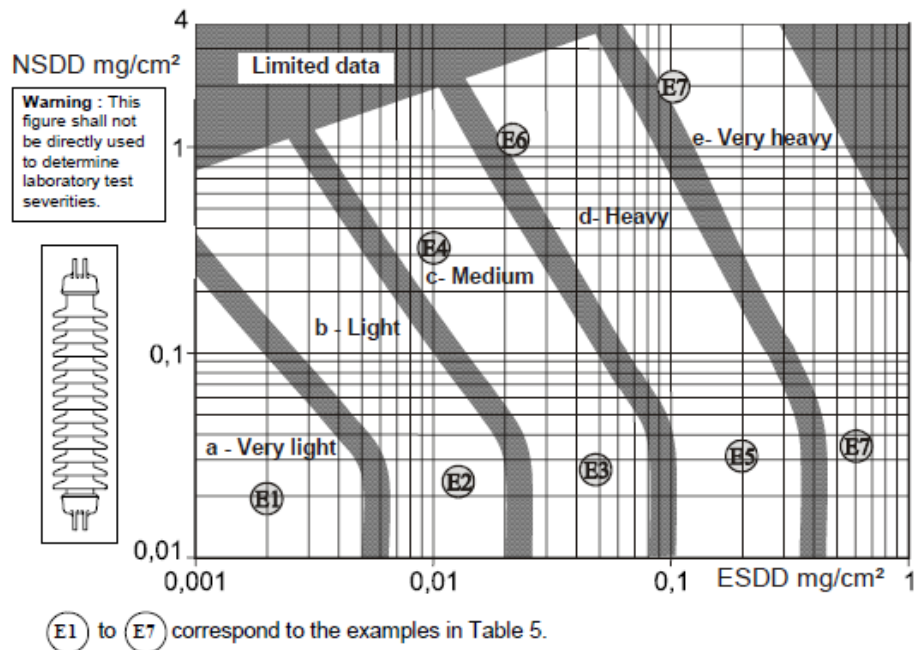
Para contaminantes tipo A (Véase las figuras N° 39 y 40, en la página “71”), muestran los rangos de los valores de ESDD/NSDD correspondientes a cada nivel de contaminación para los aisladores de suspensión y de columna. Estos valores son deducidos a través de mediciones de campo, experiencias y por medio de pruebas de contaminación.

Si se dispone de información local o nacional de las líneas de transmisión (por ejemplo, mapas regionales de contaminación asociados con datos de rendimiento de línea, monitoreo basado en conductividad de superficie, ESDD, NSDD, etc.), y se analizan se puede determinar el nivel de contaminación específica considerando las figuras N° 39 y 40.

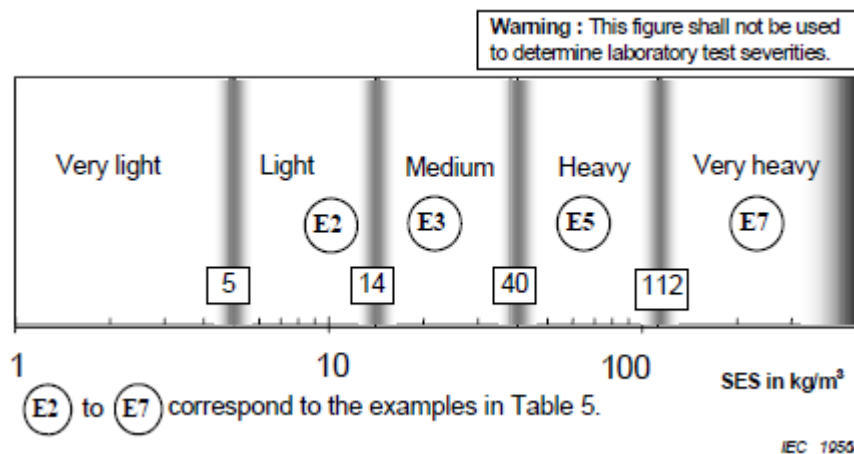
Para las severidades extremas de la contaminación del sitio en las áreas sombreadas en la parte superior derecha de las figuras N° 39 y 40, y al lado derecho de la figuras N° 39 y 40, ya no se pueden usar reglas simples para garantizar rendimiento satisfactorio de la contaminación. Además, para valores muy altos de NSDD en relación con ESDD (Véase el área sombreada en el lado superior izquierdo de las figuras N° 39 y 40), hay datos muy limitados disponibles. Estas áreas requieren un estudio cuidadoso y una combinación de soluciones aislantes y son necesarias medidas paliativas.



**Figura N° 39.** Gravedad de contaminación del sitio tipo a - relación entre esdd / nsdd y sps para la tapa de referencia y el aislador de pasador.  
Fuente: Norma IEC 60815-1



**Figura N° 40.** Gravedad de la contaminación del sitio tipo a - relación entre esdd / nsdd y sps para el aislador de barra larga de referencia. Fuente: Norma IEC 60815-1.



**Figura N° 41** Gravedad de la contaminación del sitio tipo b: relación entre ses y sps para aisladores de referencia o un monitor. Fuente: Norma IEC 60815-1.

Las medidas correspondientes de DDDG y SPS relevantes para los dos tipos de contaminación (A y B). (Véase las tablas N° 2 y 3).

**Tabla N° 02.** Índice de contaminación en base a los niveles de contaminación.

Indicador típico de la dirección y depósito del polvo sobre los aisladores ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).		Severidad del nivel de contaminación del sitio.	
Valor promedio mensual en un año.	Valor máximo mensual en un año.		
< 25	< 50	a	Muy Ligera
25 a 75	50 a 175	b	Ligera
76 a 200	176 a 500	c	Moderada
201 a 350	501 a 850	d	Severa
>350	>850	e	Muy Severa

Fuente: Norma IEC 60815-1.

Los valores de las figuras N° 38, 39 y 40 están basados en contaminación natural en los aisladores referenciados anteriormente. Éstos gráficos no deben ser utilizados directamente para determinar la severidad de la contaminación en pruebas de laboratorio. Para estos casos, es necesario realizar correcciones (Véase la tabla N° 3, en la página "72") entre dichas condiciones y las naturales, tal como se hace con la diferencia entre los tipos de aisladores.

**Tabla N° 03.** Corrección de los niveles de contaminación.

Indicador de la dirección de los depósitos contaminantes NSD (gramos)		Corrección por la severidad del nivel de contaminación
Valor promedio mensual durante un año	Valor máximo mensual en un año	
< 0.5	< 1.5	Ninguno
0.5 a 1.0	1.5 a 2.5	Incrementa un nivel
>1.0	> 2.5	Incrementa de uno a dos niveles (considerar la mitigación)

Fuente: Norma IEC 60815-1.

## **2.5 Características generales de los agentes contaminantes y factores que determina su acumulación y distribución.**

De acuerdo a la norma IEEE 957-1995, se han identificado 8 tipos de contaminantes, los más comunes a encontrar sobre la superficie de un aislador y que afectan el desempeño del aislamiento son:

- Sales.
- Cemento.
- Polvo.
- Excremento.
- Productos químicos.



- SMIG (emisiones vehiculares).
- Emisiones de torres de enfriamiento.
- Humo (incendios, fábricas, etc.).

Estos tipos de contaminantes son denominados como contaminantes primarios y el nivel de impurezas en el que se encuentren es variable. Por otro lado, cada uno de estos tipos pueden contener diversas clasificaciones, tal es el caso del polvo, donde este contaminante comprende el polvo de la tierra, fertilizantes, óxidos metálicos, carbón, cenizas volcánicas, entre otros. En cuanto a los productos químicos, éstos abarcan todos los compuestos generados por procesos industriales.

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

Las partículas contaminantes que se encuentran en suspensión, en el aire, y que pueden ser trasladadas por éste a las cercanías de los aisladores, poseen un diámetro que se encuentra en el rango de 0,001 a 400 micrones. Algunas de las partículas más comunes son descritas en la tabla 4. (Véase la tabla N° 2.04, en la página “74”)

**Tabla N° 04.** Diámetro de partículas contaminantes.

NATURALEZA DEL MATERIAL	Diámetro
SUSPENDIDO	(micrones)
1. INORGÁNICA	
• Humos (gases de combustión)	0.001 – 0.300
• Vapores químicos – funguicidas	0.010 – 1.00
• Polvo, ceniza	1.00 – 100.0
2. ORGÁNICA	
• Bacterias, microorganismos	1.0 – 10.0
• Esporas vegetales, gérmenes, esporangios	10.0 – 20.0
• Polen, polinia	15.0 – 50.0
3. ACUOSA (AGUA)	
• Nieblina, niebla	1.0 – 50.0
• Vapor de agua, rocío	10.0 – 100.0
• Llovizna	50.0 – 400.0
• Lluvia	400.0 – 4000.0

Fuente: Boletín Técnico Gamma-Corona N°5, 2005.

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 la contaminación.

Cuando una partícula contaminante se encuentra en las cercanías de un aislador energizado la misma está sujeta a diversas fuerzas, por lo cual se moverá en una dirección resultante hasta que se deposite sobre el aislador, después estará sometida a la acción de la lluvia, el rocío y la niebla, los 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:** Es la de mayor incidencia, y transporta 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:** Su resultado depende de la carga que posea la partícula. Éste se hace presente cuando ocurre el efecto 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.

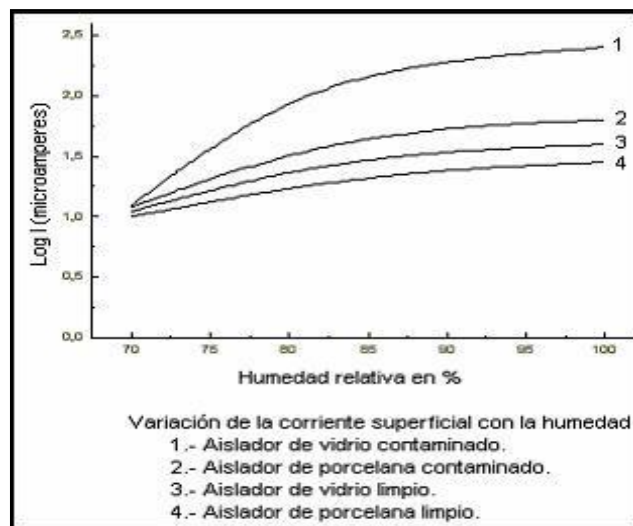
## 2.6 Conductividad superficial en los aisladores

Como se conoce, la conductividad superficial de un elemento aislante expuesto al medio ambiente depende básicamente de las condiciones ambientales, fundamentalmente de la humedad, la contaminación y de los parámetros propios del aislador. La naturaleza hidrofóbica o hidrofílica son muy importantes pues ellas determinan su respuesta ante el agua, en estas propiedades también juega un papel relevante la naturaleza polar o no del material. Los elementos aislantes, con la superficie perfectamente limpia

y seca, tienen una resistencia superficial del orden de  $10^7 - 10^{10} \Omega$  y después de ser expuestos al aire con 100 % de humedad relativa la resistencia de las superficies hidrofóbicas disminuye de dos a cuatro órdenes de diez y las superficies hidrofílicas disminuyen de cinco a siete órdenes.

En los aisladores que están sometidos a condiciones de contaminación ambiental, el efecto de la humedad es aún mayor debido a que la capa de contaminante absorbe humedad y con ello aumenta considerablemente la conductividad superficial de la misma (Véase la figura N° 42), para aisladores limpios y contaminados.

Como se aprecia en la misma, el aumento de la corriente superficial es apreciable a medida que aumenta la humedad y también es apreciable la diferencia en el comportamiento en los aisladores sometidos a prueba.



**Figura N° 42.** Variación de la corriente superficial con la humedad.

Fuente: Tesis - Políticas de lavado para aisladores de las líneas de transmisión en 138 y 230kv de corpoelec - enlven.

## **2.7 Proceso de descarga en aisladores contaminados**

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

- Formación de una capa contaminante.
- Humedecimiento de la capa de contaminante, lo que produce un aumento de su conductividad y de la corriente de fuga.
- Secado de la capa de contaminante en las regiones de mayor densidad de corriente.
- 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 o etapas 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.

A continuación, se muestra por etapas el proceso de flameo en aisladores de vidrio:

- A.** El aislador queda cubierto con una capa de contaminante que contiene sales solubles (cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, entre otros) o ácidos diluidos, o álcalis. Si la contaminación se deposita como una capa de electrolito líquido, es decir, con brisa marina, las etapas c) a f) pueden proceder inmediatamente. Si la contaminación no es conductora cuando está seca, es necesario un proceso de humedecimiento (paso o etapa (b)).
- B.** La superficie del aislador contaminado se encuentra humedecido ya sea completamente o parcialmente por niebla, neblina, lluvia ligera, agua nieve y la capa de contaminación es conductiva. La lluvia fuerte es un factor complicado: Esta puede lavar parcial o totalmente la capa contaminante sin que se inicien las otras etapas en el proceso de ruptura, o puede reducir la distancia en aire entre faldones ocasionando así el flameo.
- C.** Una vez que el aislador energizado está cubierto por una capa de contaminación conductiva, fluye una corriente de fuga superficial y su efecto térmico comienza a secar parte de la capa contaminante.
- D.** El secado de la capa contaminante no es siempre uniforme y en ocasiones la capa de contaminación conductiva se interrumpe por

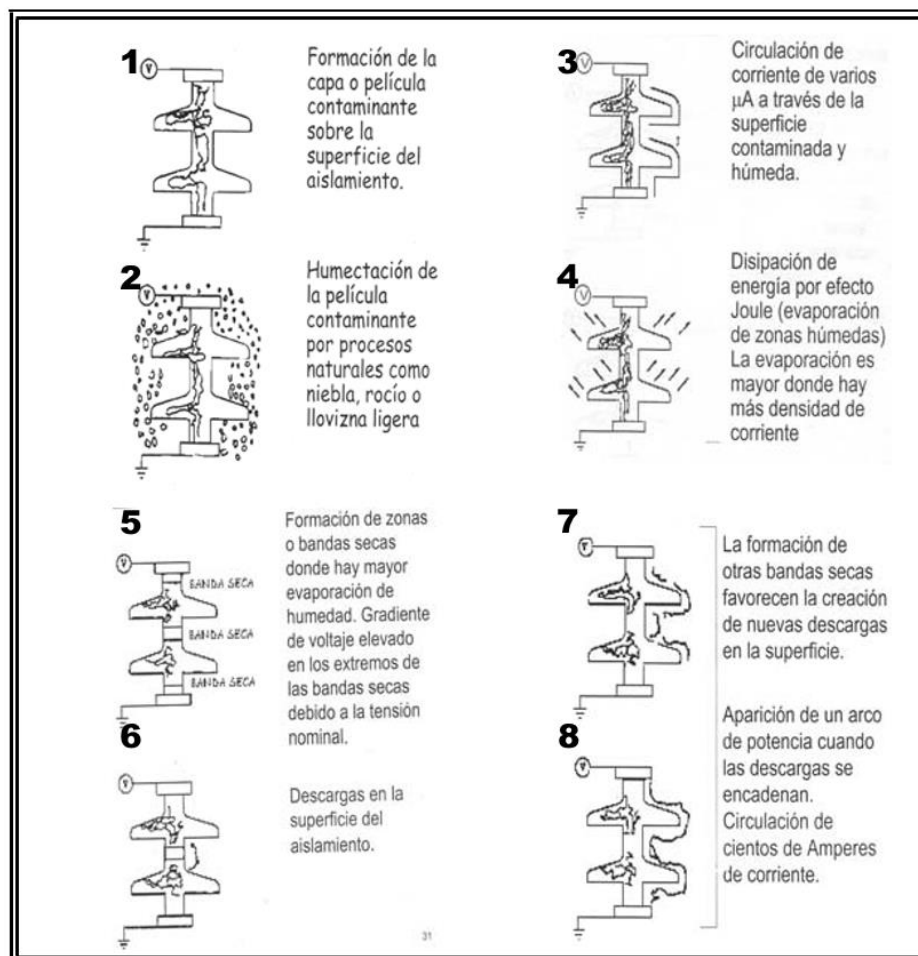
las bandas secas que inhiben el flujo de la corriente de fuga.

- E.** La tensión de línea a tierra es aplicada a la banda seca, la cual puede ser de solamente unos cuantos centímetros de ancho. Esta causa ruptura del aire y se establece un arco en las bandas secas, que están eléctricamente en serie con la resistencia de porciones húmedas de la capa de contaminación. Una corriente de fuga transitoria ocurre cada vez que las bandas secas arquean.
- F.** Si la resistencia de una parte húmeda de la capa contaminante es suficientemente baja, los arcos que cortocircuitan las bandas secas, son capaces de mantenerse continuamente y así pueden extenderse a lo largo del aislador, por lo que puentean cada vez más la superficie. Esto a su vez decrece la resistencia en serie con los arcos, aumentando la corriente y permitiendo que los arcos salten aún más la superficie. Finalmente, el aislador es completamente cortocircuitado.

Cabe destacar que 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, son la razón del 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.

A continuación, (Véase la figura N° 43), el proceso de flameo en aisladores de vidrio:



**Figura N°43.** Proceso de flameo en aisladores de porcelana por contaminación.

Fuente: Tesis - Políticas de lavado para aisladores de las líneas de transmisión en 138 y 230kv de corpoelec - enelven.

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, entre otros.

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

Por último, se puede resumir el proceso completo, como una interacción entre el aislador, los contaminantes, las condiciones de humectación y la tensión aplicada.

En el caso de aisladores sintéticos, existen otros fenómenos involucrados a partir de la formación de bandas secas y el establecimiento del efecto de pirolisis. El mecanismo de falla por contaminación en aisladores sintéticos se describe a continuación:

- Cuando el efecto de pirolisis se ha hecho presente, si la energía del arco es baja, o se limita el acceso de oxígeno de la atmósfera (depositados de sarro, cemento, etc.), el material se carboniza dejando un rastro conductor sobre la superficie del aislador. Este fenómeno se conoce como tracking (camino conductor carbonizado aun en condiciones secas).

- Cuando existe suficiente energía en el arco y oxígeno en el ambiente, el material se volatiza y provoca erosión en la superficie del aislador. El resultado de tener una superficie erosionada, no ocasiona por sí misma una falla en el aislador, pero produce un acabado áspero que puede aumentar la captación del contaminante y modificar las propiedades hidrofóbicas de la superficie, favoreciendo con esto a una mayor actividad de bandas secas.
- El ciclo “bandas secas”, “pirolisis”, “tracking- erosión”, pueden cerrarse varias veces hasta lograr que las descargas superficiales se encadenen y provoquen un arco eléctrico.

## 2.8 Atmosfera y clima

La composición de la atmósfera y los procesos que en ella se desarrollan, **como el clima**, ejercen gran influencia en la actividad humana y en el comportamiento del medio ambiente. Es para las líneas de transmisión un tema de mucha relevancia, pues el comportamiento del clima puede determinar los periodos de mantenimiento.

Se define **el clima** como el conjunto cambiante de las condiciones atmosféricas, o el promedio de los cambios de estados de la atmosfera en un tiempo y un área determinada, es pertinente para este estudio realizar

una descripción de los elementos del clima, el comportamiento de los mismos, además de sus causas y efectos, en la región costera sur peruana.

Primero, se aclara que los elementos climáticos son toda propiedad o condición de la atmósfera cuyo conjunto define el estado físico del clima, en un lugar y un periodo de tiempo determinado. Los elementos climáticos se convierten en variables climatológicas cuando se obtienen sus valores cuantitativos o cualitativos, producto de sus registros y mediciones. Los principales elementos del clima son:

#### **A. La presión atmosférica.**

Es un elemento poco previsible, se define como una fuerza que ejerce las partículas de la atmósfera sobre cualquier superficie. Los gases que componen la atmósfera disminuyen su densidad al aumentar la altura, por lo que la presión al nivel del mar siempre es mayor que en una montaña. Para la medida de presión atmosférica se emplea el pascal (Pa), por convención se asume que la presión atmosférica media en el nivel del mar es de 101,325 Pa, valor que representa 1 atmósfera (atm).

#### **B. La temperatura.**

Es uno de los elementos climáticos más básico e importantes, determina la ausencia de calor o exceso del mismo en un medio, generalmente importante para conductores y aisladores. La temperatura se mide en

grados centígrados (°C). La temperatura en un punto depende de la cantidad de radiación solar absorbida en dicho punto.

### **C. La humedad.**

Se define como la cantidad de vapor de agua que puede contener el aire, que varía en función de la temperatura. Para expresar la cantidad de vapor de agua presente en el aire, existe el índice de humedad relativa %HR, que es el cociente entre el vapor de agua presente en el aire y el máximo que este podría contener, este valor se expresa en porcentaje. El agua en estado de vapor es consecuencia de la absorción de calor proporcionada por el sol, la mayoría de veces el vapor de agua se propaga por el aire y vuelve a su estado líquido por condensación. Esto es importante para los aisladores pues tienden a humedecerse por este fenómeno lo que origina fallas y daños.

### **D. La nubosidad.**

Una nube es el conjunto de pequeñas gotas líquidas o de cristalinicos de hielo formados por el vapor de agua condensado que después pueden producir precipitación, estas gotas y cristales de hielo están en constante evaporación con movimientos ascendentes y descendentes.

### **E. La precipitación.**

Es la cantidad de vapor de agua líquida condensada o sólida, en el caso de granizo o nieve, que cae a la superficie terrestre. Este concepto se confunde con la lluvia, la lluvia es tan solo una forma de precipitación. Entre mayores precipitaciones se produzcan mayor calor latente es liberado a la atmósfera, hecho que se repite en un ciclo de lluvias. La precipitación se mide en milímetros(mm).

### **F. El brillo solar y la nubosidad.**

La mayor parte de la energía que llega a la tierra procede del sol por radiación, esta se absorbe en menos cantidad por las noches. Esta variable meteorológica mide la irradiación en potencia sobre el área, por lo que su unidad de medida son los vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>).

### **G. La velocidad y dirección del viento.**

Se denomina viento a todo movimiento horizontal del aire; para entender del tema se hace referencia a la presión y la temperatura que componen las masas de viento, debido a que el aire se mueve de una alta presión hacia una baja presión. También puede moverse por la diferencia de temperaturas, de las áreas más frías a las más calientes.

El concepto de velocidad del viento va de la mano con la dirección de su movimiento o dirección del viento, determina el punto del horizonte de

donde viene y no por el punto hacia donde se dirige, se expresa en la llamada roza de viento de 15 direcciones, donde N=0°C, E= 90°C, S=180 °C, W=270°C. La unidad establecida para medir la velocidad del viento son los metros por segundo (m/s), según SI.

## **2.9 Caracterización regional o local del nivel de contaminación**

Existen dos formas de evaluar los niveles de contaminación: a través de estudios generales a nivel regional o particulares de caso a escala local. Independientemente de una forma u otra el objetivo es el mismo, realizar un mapa de niveles de contaminación para permitir tener una base en el diseño de proyectos y planes de mantenimiento. Los mapas se elaboran de dos tipos: mapas de contaminación natural y los de contaminación en regiones con alta densidad de industrias.

Los mapas de contaminación se realizan siguiendo los siguientes pasos:

- Primera etapa: Preparación de la base cartográfica y confección de los mapas de fuentes potenciales de contaminación.
- Segunda etapa: Elaboración del mapa preliminar de niveles de contaminación en base a la experiencia de explotación.
- Tercera etapa: Corrección del mapa preliminar a partir de las investigaciones.
- Cuarta etapa: Confección y presentación del mapa final.

Para la preparación de la base cartográfica se debe utilizar un mapa para ubicar las posibles fuentes de contaminación y sus características, además se dibujarán el trayecto de las líneas áreas, y en ámbito ambiental: posible influencia del mar y del terreno, influencias climatológicas y meteorológicas, si existen actividades agrícolas o cualquier tratamiento realizado en los suelos por el hombre. Toda esta información será de ayuda en la confección del mapa de fuentes potenciales. Estas investigaciones se complementarán el índice de fallas.

Posteriormente la selección de los puntos de muestreo es realizada en base a la superficie total a estudiar, las condiciones ambientales y las fuentes contaminantes. La presentación del mapa definitivo se hace a escala de interés para los usuarios y de acuerdo a las regiones de estudio, señalando los diferentes niveles de contaminación del aislamiento con líneas continuas.

## **2.10 Mantenimiento**

### **A. Mantenimiento Predictivo**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina o elemento examinado, mientras que estos se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo o elemento.

El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo.

Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción.

### **B. Mantenimiento Preventivo**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema.

Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.



- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente.
- Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.

### **C. Mantenimiento Correctivo**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

### **2.10.1 Métodos de mantenimiento en aisladores de líneas de transmisión**

En este punto se describirá los métodos que se utilizan actualmente para mitigar a corto, mediano y largo plazo la contaminación en los aisladores de vidrio.

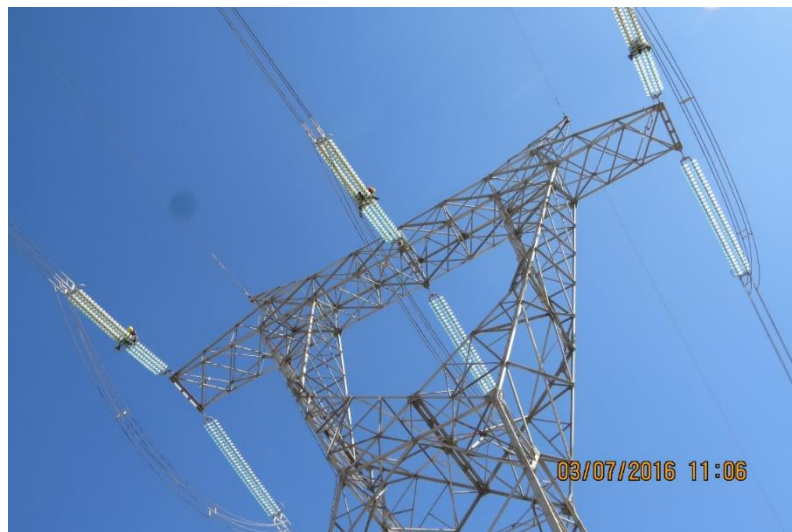
#### **A. Limpieza manual de aisladores de vidrio**

La limpieza manual de aisladores vidrio consiste en realizar la frotación manual con trapo arpillero hacia los aisladores de vidrio con el propósito de eliminar la capa contaminante depositado en las superficies interna y externa de los aisladores. Esta metodología se realiza con la línea de transmisión desenergizada.

La de la limpieza manual de aisladores en una torre de suspensión (Véase la figura N°44, en la página "91") y la limpieza manual de una torre de anclaje (Véase la figura N°45, en la página "91"). En el anexo 02 se puede observar el procedimiento de trabajo.



**Figura N°44.** Limpieza manual de aisladores en una torre de suspensión.  
Fuente: Propia.



**Figura N° 45.** Limpieza manual de aisladores en una torre de anclaje.  
Fuente: Propia.

## B. Lavado de aisladores vidrio

El lavado de aisladores consiste en rociar agua, con baja conductividad y a alta presión, para eliminar la capa contaminante depositado en las superficies interna y externa de los aisladores. Para el lavado de aisladores se debe cumplir con unos lineamientos de manera que este procedimiento se realice de la manera más segura y eficiente posible, en el caso del lavado de aisladores con agua tratada a alta presión se siguen los parámetros establecidos por la Norma IEEE STD 957-1995.

El lavado de aisladores se puede ejecutar con la línea de transmisión energizada y con la línea de transmisión desenergizada, en ambos casos se puede observar a detalle en el anexo 03, procedimiento de trabajo.

Lavado de aisladores en una torre de suspensión (Véase la figura N° 46) y el lavado de aisladores en una torre de anclaje (Véase la figura N° 47” en la página “93”).



**Figura N° 46.** Lavado de aisladores en torre de suspensión.

Fuente: Propia.

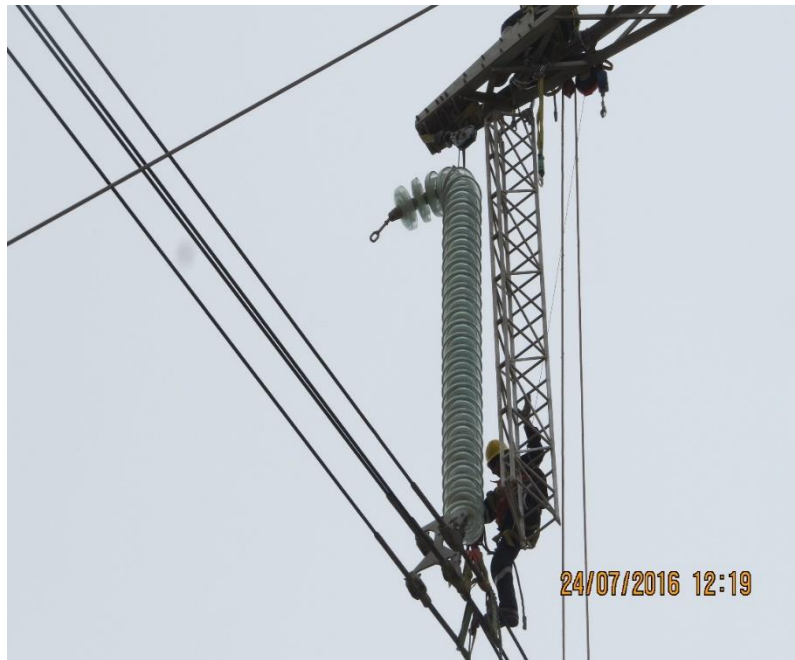


**Figura N° 47.** Lavado de aisladores en torre de anclaje.  
Fuente: Propia.

### **C. Cambio de aisladores vidrio por aisladores de vidrio recubiertos con RTV**

Consiste en cambiar los aisladores de vidrio por aisladores de vidrio recubiertos con RTV, esta actividad es desarrollada con la línea de transmisión desenergizada debido a las maniobras que se debe realizar, tal como está descritas en el procedimiento de trabajo, ver anexo 04.

Cambio de aisladores en una torre de suspensión (Véase la figura N° 48 y 49, en la página “94” )



**Figura N° 48.** Cambio de aisladores parte 1.  
Fuente: Propia.



**Figura N° 49.** Cambio de aisladores parte 2.  
Fuente: Propia.

## **2.11 Cronograma de mantenimiento de aisladores de vidrio**

Un cronograma de mantenimiento de aisladores es una distribución de actividades enfocadas para tal fin durante un determinado lapso de tiempo. Generalmente, los cronogramas se realizan considerando las estaciones climáticas del año, lugar geográfico, niveles de contaminación y pluviosidad en las zonas a realizar las labores de mantenimiento. También se realizan estudios según la necesidad de del tipo de mantenimiento de aisladores, de tal forma de impedir que lleguen al nivel de contaminación crítico, en ella se consideran diferentes aspectos, tales como: experiencias de períodos pasados con respecto a arcos eléctricos, mapas de contaminación de la zona, índices de fallas de las líneas de transmisión a causa de los aisladores, entre otros.

Adicionalmente, para la elaboración de un cronograma de mantenimiento de aisladores se consideran otros aspectos, tal es el caso de la experiencia en la empresa en cuanto dichas actividades. Se toma como base el plan de mantenimiento que se ejecuta en el presente, observando la eficacia del plan actual y detallando las posibles mejoras realizables.

## 2.12 Fenómenos Eléctricos

### A. Descargas parciales

- Aspectos generales

*“Las descargas parciales (DP), son pequeñas rupturas dieléctricas que tienen lugar en el interior de aislantes eléctricos”.*<sup>3</sup> Durante el siglo XX se ha dado mucha importancia al estudio de las DP, dado que se ha demostrado que son las responsables del deterioro progresivo que se produce en cualquier aislante y de la degradación total del material con el paso del tiempo.

Las descargas parciales se producen por el exceso de campo eléctrico entre dos conductores que se encuentran a diferente potencial, presentes en el interior de aislantes sólidos, líquidos o gaseosos.

Además, tenemos la definición básica de descargas parciales por la International Standard IEC60270<sup>4</sup>: Una descarga parcial es un proceso de descarga que sólo parcialmente puentea la distancia entre dos electrodos. Esta descarga eléctrica puede ser una chispa o un arco y ser originada directamente por uno de los electrodos u ocurrir sin electrodos en el hueco de un dieléctrico. Dos notas hacen referencia a esta definición:

---

<sup>3</sup> Tesis – Identificación de pulsos de descargas parciales en señal de ruido de conmutación – Universidad Carlos III

<sup>4</sup> IEC60270 : High-voltage test techniques – Partial discharge measurements. Third edition 2000-12



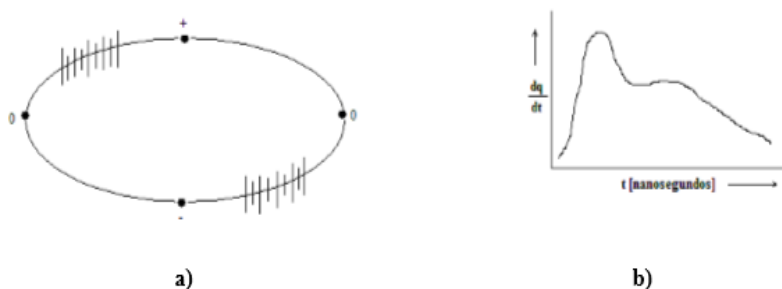
**Nota 1:**

Las descargas parciales son en general una consecuencia de concentraciones de tensiones eléctricas locales en el aislamiento o sobre la superficie de un aislamiento. Generalmente, algunas descargas aparecen como pulsos con duraciones no mucho menores que  $1\mu\text{s}$ .

**Nota 2:**

“Corona” es una forma de descarga parcial que ocurre en medios gaseosos alrededor de conductores que son diferentes de los sólidos o aislamientos líquidos. “Corona” no debe ser usado como un término general para todas las formas de descargas parciales.

El proceso de descargas parciales es característicamente pulsante y se manifiesta como unos pulsos de corriente en un circuito externo; este proceso está catalogado como estocástico porque sus propiedades se describen en función de variables aleatorias dependientes del tiempo.



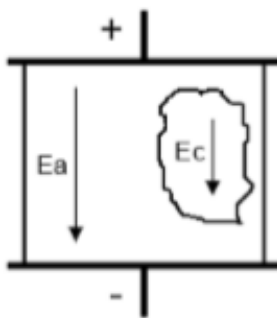
**Figura N° 50.** a) Representación elíptica de una dp y b) Forma pulsante  
Fuente: Tesis de Maestría “Sistema de Localización de Descargas Parciales en Línea”  
file:///C:/Users/hp/Downloads/sistema%20de%20localizacion%20de%20DP%20EN%20LINEAS\_unlocked.pdf

*“a) Se observa la típica representación de DP en el diagrama elíptico y b) la forma pulsante del fenómeno. (Véase la figura N° 50, en la página “97”)*

*Esta representación elíptica es la superposición del fenómeno pulsante de la descarga parcial sobre la onda sinusoidal de la tensión aplicada”<sup>5</sup>*

- **Origen y evolución del fenómeno de DP (determina)**

Al aplicar tensión a un sistema de aislamiento se genera un campo eléctrico ( $E_a$ ), el mismo que se distribuye de manera uniforme siempre y cuando se posea un material en perfectas condiciones constructivas y homogéneo, caso contrario, el campo eléctrico ( $E_c$ ) aumentara dentro de las imperfecciones que el aislamiento presente por consecuencia de las condiciones de frontera perpendiculares (Véase la figura N° 51)



**Figura N° 51.** Campo eléctrico en un sistema de aislamiento.

Fuente: Tesis de título “Determinación de las condiciones de fuga, descargas parciales y superficiales en aisladores mediante el análisis de corriente” – Pág. 18

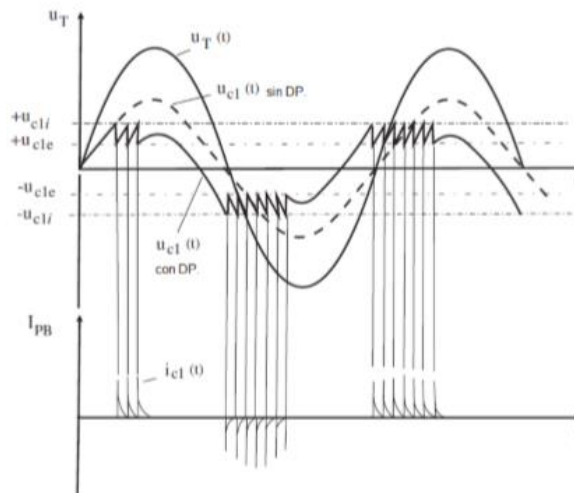
“file:///E:/Tesis%20profesional/Nueva%20carpeta/Marco%20teorico/descargas%20parciales/determinacion%20de%20las%20condiciones%20de%20fuga.pdf”

---

<sup>5</sup> Tesis de Maestría “Sistema de Localización de Descargas Parciales en Línea” - Instituto politécnico nacional.

El campo eléctrico existente en el pequeño volumen de la imperfección del aislamiento produce un fuerte estrés eléctrico teniendo como consecuencia la ruptura de la rigidez dieléctrica y de esta manera dando lugar al fenómeno de descargas parciales.

El fenómeno de descarga se produce cuando el voltaje dentro de la falla ( $u_{c1}(t)$  con DP) supera los valores de tensión de ignición ( $+u_{cli}$ ) y desaparece cuando dicho voltaje se encuentra por debajo de la tensión de extinción ( $+u_{cle}$ ), la tensión en la vacuola sigue su forma normal hasta un próximo encuentro con los niveles de tensión de ignición y extinción, en donde, al superar dichos niveles de tensión se produce nuevamente el fenómeno de descargas parciales, de igual manera, sucede con la parte negativa de la onda, ya que al superar los niveles de tensión tanto de ignición ( $-u_{cli}$ ) como de extinción ( $-u_{cle}$ ) se producen las descargas parciales solo que con otra polaridad. (Véase la figura N° 52, en la página “100”)



**Figura N° 52.** Fenómeno de descargas parciales.

Fuente: Tesis de título “Determinación de las condiciones de fuga, descargas parciales y superficiales en aisladores mediante el análisis de corriente” – Pág. 19

“file:///E:/Tesis%20profesional/Nueva%20carpeta/Marco%20teorico/descargas%20parciales/determinacion%20de%20las%20condiciones%20de%20fuga.pdf”

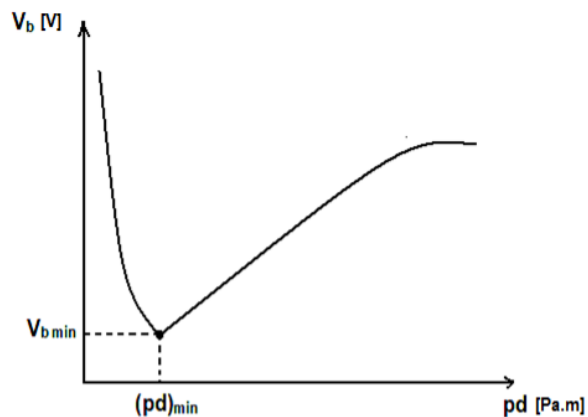
Cuando hablamos de huecos o cavidades nos referimos a alguno de los siguientes fenómenos:

- Burbujas en aceite.
- Fracturas internas en aislamiento.
- Desalineamiento entre dos superficies.
- Impregnación defectuosa de aislamiento sólido.
- Generación de gas en aceite.
- Interfaces de aislamientos.

Aunque algunas fuentes de DP no son cavidades (irregularidades superficiales, puntas, etc.) en general el proceso de formación de DP es similar.

“Se debe recalcar que la presencia de una fase gaseosa es imprescindible para la formación de DP’s”<sup>6</sup>. Aunque existen descargas parciales en líquidos, la formación del canal ionizado asociado requiere que el líquido se halla vaporizado antes, y que se formen cavidades gaseosas.

La actividad de DP depende directamente de la presión a la que está sometido el gas. Esta dependencia se muestra en la curva de Paschen mostrada a continuación:



**Figura N° 53.** Curva de Paschen.

Fuente: Tesis de título “Determinación de las condiciones de fuga, descargas parciales y superficiales en aisladores mediante el análisis de corriente” – Pág. 21.

“file:///E:/Tesis%20profesional/Nueva%20carpeta/Marco%20teorico/descargas%20parciales/determinacion%20de%20las%20condiciones%20de%20fuga.pdf”.

Se observa como varía la tensión de ruptura del gas en función de la presión y el espacio entre los electrodos (gap). (Véase la figura N° 53).

La relación entre la tensión disruptiva y el producto  $pd$  toma la forma de la curva anterior. La tensión de ruptura atraviesa un valor mínimo ( $V_{b,min}$ ) a un

---

<sup>6</sup> Tesis de maestría “Sistema de localización de descargas parciales en línea” – Instituto politécnico nacional. Pág. 20

determinado valor del producto  $pd_{\min}$ ; a ese punto se le considera un valor crítico. “A la ecuación (1) se le conoce como ley de Paschen. Esta ecuación no implica que el voltaje se incremente linealmente con el producto de DP, aunque en la práctica se ha encontrado que es lineal en ciertas regiones.”<sup>7</sup>

$$V_b = F(pd) \quad (1)$$

Donde:

$V_b$  = tensión de ruptura.  
 $p$  = presión  
 $d$  = distancia entre los electrodos.

## **B. Tipos de descargas parciales.**

Sobre la superficie de los aisladores sometidos a los efectos de la contaminación se producen tres tipos diferentes de descargas eléctricas: descarga tipo arco, descarga incandescente (“glow”) y descarga por efluvios (“streamer”).

- **Descarga tipo arco:**

Una vez humedecido el contaminante, y antes de la formación de las bandas secas, la corriente mantiene su forma sinusoidal (Véase la figura N° 54, en la página 106). Después de formadas las bandas secas e iniciado el proceso de descargas a través de ellas, la corriente sufre bruscas

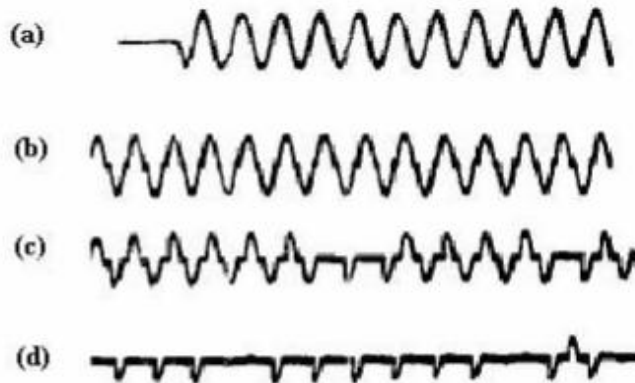
---

<sup>7</sup> E. Kuffel, W.S. Zaengl and J. Kuffel, “High Voltage Engineering Fundamentals” Second edition, 1984, pp 355-382. Tesis de maestría “Sistema de localización de descargas parciales en línea” – Instituto politécnico nacional. Pág. 21

variaciones en su magnitud y en su forma de onda. La corriente pierde su continuidad apareciendo períodos finitos de corriente cero. (Véase la figura N° 54, en la página “104”).

La descarga observada en este estado es la característica de los arcos, lo que se comprueba por su característica U-I negativa y por su intensidad luminosa que permite su fácil reconocimiento. El proceso inicial de la descarga comienza sin prácticamente ningún proceso previo de ionización, estando determinado básicamente por la ruptura dieléctrica del aire producido por las altas y bruscas concentraciones de campo aplicadas a las bandas secas. Bajo las condiciones iniciales los pasos altamente ionizados por las descargas precedentes aseguran una rápida reignición de los mismos cada medio ciclo, siendo los períodos de corriente cero menores de 2 ms. Como el proceso de secado sobre los aisladores continúa, el incremento en la resistencia hace que los picos de corriente disminuyan, disminuyendo por tanto la ionización producida por las descargas, por lo que las mismas se producirán cada vez a más altos valores de tensión, aumentando con ello los períodos de corriente cero. Al aumentar los períodos de corriente cero el proceso de recombinación en los pasos ionizados se hace más efectivo, llegando a un punto tal en que se hace necesario un proceso de ionización previo para que se establezca la descarga. Cuando los intervalos de corriente cero alcanzan un tiempo del orden del 2 ms se requiere un proceso previo de ionización antes de que se pueda establecer la nueva descarga, lo cual dependerá del grado

de desionización alcanzado, la longitud del paso a ionizar, etc.



**Figura N° 54.** Características de la corriente para cuatro estados diferentes de secado de la capa contaminante.

Fuente: “El proceso de contaminación de aislamiento Eléctrico externo – Curso de Contaminación del Aislamiento Eléctrico” – Pág. 5

“file:///E:/Tesis%20profesional/Nueva%20carpeta/Marco%20teorico/de scargas%20parciales/efluvios/Contaminacion.pdf”.

- a) Antes de la formación de las bandas secas.
- b) Durante la formación de las bandas secas.
- c) Durante el aumento de amplitud de las bandas secas.
- d) Durante el proceso de secado intenso.

A partir de este punto del fenómeno el proceso de reignición no se repite cada medio ciclo, pasos c) y d) de la Figura anterior, desarrollándose la descarga predominantemente en el semiciclo negativo debido a las características propias del efecto corona. Debido a que cada vez se produce la descarga a valores mayores de tensión, la corriente sube rápidamente llegando en tiempos del orden de los 10  $\mu$ S al valor que determinen para ese instante la magnitud de la tensión aplicada, la resistencia del resto del aislador y la caída de tensión en el arco que se



establece, siguiendo después la forma característica que le corresponda de acuerdo a la onda de tensión aplicada (Véase la figura N° 55).



**Figura N° 55.** Efecto de las descargas sobre la forma de onda de la corriente.

Fuente: "El proceso de contaminación de aislamiento Eléctrico externo – Curso de Contaminación del Aislamiento Eléctrico" – Pág. 6  
"file:///E:/Tesis%20profesional/Nueva%20carpeta/Marco%20teorico/descargas%20parciales/efluvios/Contaminacion.pdf"

A medida que aumentan los periodos de corriente cero, aumenta el tiempo en que la mayor parte de la tensión aplicada lo está sobre las bandas secas, con lo que se producen altas intensidades de campo en sus extremos permitiendo el desarrollo de los demás fenómenos asociados al efecto corona.

- **Descarga incandescente:**

Este tipo de descarga se caracteriza por ser de muy corta duración y por producirse en los alrededores de los valores máximos de la onda de tensión, siendo una de las fuentes de radio interferencias asociadas con el fenómeno producido por la contaminación. Este tipo de descarga

desaparece cuando el aislador se ha secado por completo y por tanto no existen puntos sobre su superficie con intensidades de campo suficientemente altas para permitir su formación. Dada la corta longitud que alcanzan estas descargas, no juegan un papel fundamental en el proceso de ionización, pero crean las condiciones de ionización necesarias para el desarrollo de las descargas tipo “streamer” o efluvios.

- **Descargas por efluvios:**

Después de la aparición de las descargas incandescentes, si el aislador contaminado sigue sometido a algún proceso de humedecimiento el ancho de las bandas secas disminuye, aumentando la intensidad del campo a través de ellas, lo que hace posible que se puedan desarrollar descargas de mucha mayor longitud y que se caracterizan por su naturaleza ramificada, las que dentro del fenómeno de corona son conocidas como descargas tipo “streamer”.

Estas descargas son las que producen la ionización necesaria para la formación de descargas tipo arco cuando los períodos de corriente cero exceden los 2 ms. Estas descargas son las máximas responsables de la intensidad de las radiointerferencias que acompañan a las descargas superficiales en los aisladores contaminados.

### o Inspección de efluvios

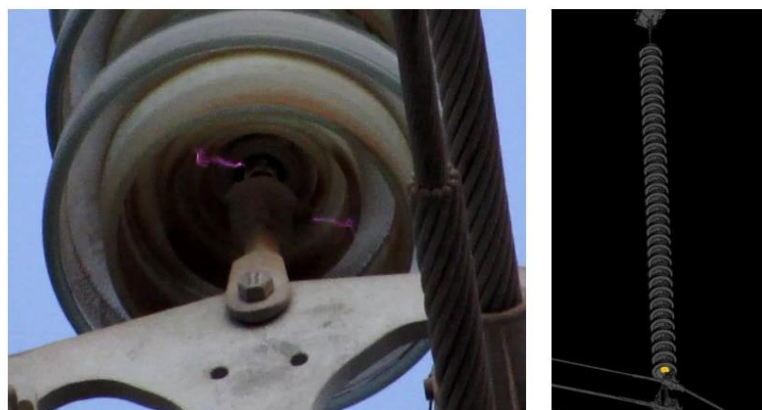
Las inspecciones de efluvio son ejecutadas con la finalidad de detectar la presencia de actividad eléctrica (descargas) entorno a los aisladores. Este tipo de inspecciones se realizan durante en horario nocturno pues la humedad relativa (%Hr) es mayor, esto ayuda a detectar con mayor nitidez la intensidad de las descargas a través de la cadena de los aisladores, y de esta manera poder catalogar adecuadamente el Nivel de Efluvios.

#### **Niveles de Actividad Eléctrica:**

Se ha establecido los siguientes criterios para la evaluación de la actividad eléctrica por efluvios en cadena de aisladores en las líneas de transmisión:

##### ▪ **Actividad eléctrica con Nivel de Efluvio 1**

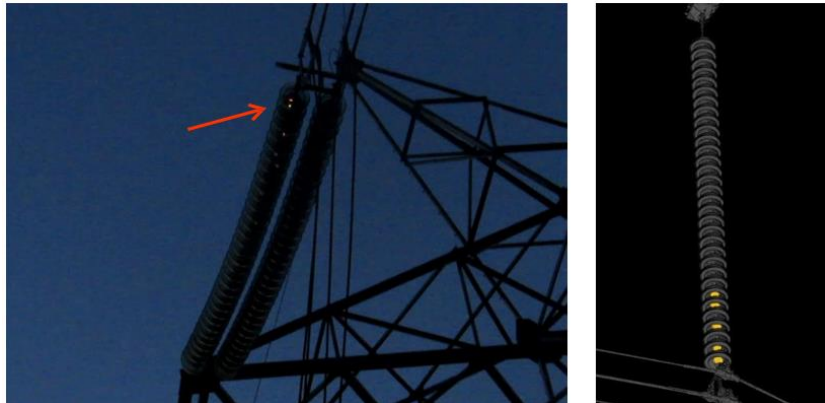
Puntos de Ionización (descargas) de color azulino sobre la parte inferior del primer aislador, cerca al vástago y/o próximo al conductor.



**Figura N° 56.** Nivel de efluvi 1.  
Fuente: Propia

- **Actividad eléctrica con Nivel de Efluvo 2**

Puntos de ionización en más de un aislador y menor al 30% de la cadena, de color azulino/naranja sobre la cadena de aisladores.



**Figura N° 57.** Nivel de efluvo 2.  
Fuente: Propia

- **Actividad eléctrica con Nivel de Efluvo 3**

Puntos de ionización a lo largo de la cadena de aisladores sin descargas parciales, color azulino/naranja, en más del 30% de la cadena.



**Figura N° 58.** Nivel de efluvo 3.  
Fuente: Propia

- **Actividad eléctrica con Nivel de Efluvo 4**

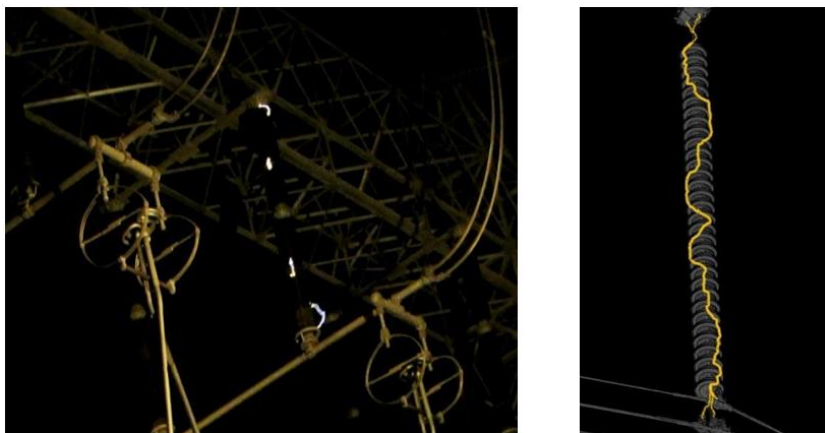
Descargas parciales fugaces (arcos) entre sectores, de color naranja sobre la cadena de aisladores.



**Figura N° 59.** Nivel de efluvo 4.  
Fuente: Propia

- **Actividad eléctrica con Nivel de Efluvo 5**

Descarga eléctrica total (Flash Over) de color naranja a lo largo de toda la cadena de aisladores.



**Figura N° 60.** Nivel de efluvo 5.  
Fuente: Propia

**Tabla N° 05. Niveles de efluvios.**

Nivel de Efluvio	Descripción de la Actividad Eléctrica (Efecto Visual)
1	Puntos de ionización (descargas) de color azulino sobre la parte inferior del primer aislador, cerca al vástago y/o próximo al conductor.
2	Puntos de ionización en más de un aislador de color azulino/naranja sobre la cadena de aisladores.
3	Puntos de ionización a lo largo de la cadena de aisladores sin descargas parciales, color azulino/naranja, en más del 30% de la cadena.
4	Descargas parciales fugaces (arcos) entre sectores, de color naranja sobre la cadena de aisladores.
5	Descarga eléctrica total (Flash Over) de color naranja a lo largo de toda la cadena de aisladores.

Fuente: ISA Rep.

## 2.13 Glosario de Términos

- **Abrasión:**

Es la acción causada por el rozamiento mecánico que produce desgaste sobre un material.

- **Hidrofobicidad:**

Es una propiedad que tienen algunos materiales de repeler el agua.

- **Carbonización:**

Es el cambio que se produce en la materia orgánica, la cual es reducida a carbón.

- **Lavado en caliente:**

Se refiere al lavado de aisladores con agua a presión cuando el sistema está energizado.

- **Lavado en frío:**

Se refiere al lavado de aisladores cuando se realiza con el sistema desenergizado.

- **Flameo:**

Se define como la descarga eléctrica disruptiva entre los extremos de un aislador, la contaminación en la superficie de los aisladores como sales entre otros aumentan las probabilidades de provocar este fenómeno.

- **Nivel de Aislamiento:**

En el ámbito de los aisladores se define como la capacidad nominal en KV que proporciona el equipo al instalarse, para evitar descargas y la pérdida de energía.

- **Nivel Básico de Aislamiento:**

Se define como la fortaleza dieléctrica de un equipo o dispositivo eléctrico y se mide en KV, suele estar referida a la capacidad o nivel de tensión máximo al cual puede estar sometido un equipo sin dañarse.

- **Efluvio:**

El fenómeno de conducción eléctrica en gases manifestada por una luminosidad sin siseo, ni ruido, y sin apreciable calentamiento o volatilización de los electrodos cuando la longitud de campo excede a un cierto valor.

#### **2.14 Abreviaturas utilizadas**

<b>AT:</b>	Alta Tensión
<b>COES:</b>	Comité de Operación Económica del Sistema
<b>DP:</b>	Descargas parciales
<b>ESDD:</b>	Densidad equivalente de sal depositada
<b>HR:</b>	Humedad relativa
<b>LLTT:</b>	Línea de transmisión
<b>NTCSE:</b>	Norma Técnica de la Calidad del Servicio
<b>NSDD:</b>	Densidad de depósitos no solubles
<b>SPS:</b>	Severidad de contaminación de sitio



### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 Variable de Investigación

##### Variable Dependiente

- Control

##### Variable Independiente

- Monitoreo

#### 3.2 Operacionalización de las Variables

Para demostrar y comprobar la hipótesis, la operacionalizamos obteniéndose las variables y los indicadores que a continuación se indican:

**Tabla N° 06.** Operacionalización de las variables.

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones (Sub-VARIABLES)</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Variable Independiente: Monitoreo</b>	Mapa de Contaminación	<ul style="list-style-type: none"><li>- Características geográficas de la región: Cercanía a la costa, zonas desérticas o húmedas y zonas lejanas a la costa.</li><li>- Actividades industriales y agrícolas.</li></ul>

	Estadística de falla de las líneas de transmisión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de fallas de los aisladores en las líneas de transmisión.</li> <li>- Líneas que fallan con mayor frecuencia.</li> <li>- Periodo de mayor índice de fallas.</li> </ul>
<b>Variable Dependiente: Control</b>	Efectividad de los tipos de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones ambientales (Niveles de precipitación)</li> <li>- Costo por unidad de aislamiento.</li> <li>- Ejecución del plan de mantenimiento.</li> </ul>

Fuente: Propia

### 3.3 Hipótesis General

Desarrollando indicadores para el monitoreo y control de la contaminación de los aisladores, mejoraremos la confiabilidad del servicio de las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro-Sur peruana.

#### 3.3.1 Hipótesis Secundarias

- **HS1:**

Evaluando las zonas geográficas y las condiciones ambientales que influyen en la contaminación sabremos en qué medida afectan el aislamiento de los aisladores de la LLTT.

- **HS2:**

Identificando el grado de contaminación en la zona costera centro-sur peruana obtendremos el grado de afectación en el aislamiento de los aisladores de las LLTT de 500kV de la zona costera centro – sur peruana.

- **HS3:**

Reduciendo el número de intervenciones para el mantenimiento preventivo de los aisladores dentro de la zona costera Centro-Sur peruana, optimizaremos los costos de inversión.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo de Investigación**

#### **4.1.2 Según el objeto de estudio**

Según el propósito o finalidad perseguida, esta investigación es **analítica**, porque el objetivo principal fue contrastar, entre grupos de estudio y de control, las distintas variables.

#### **4.1.3 Según las técnicas de obtención de datos**

Según los medios utilizados para obtener los datos, es **documental**, porque nos basamos de libros, revistas, ensayos e investigaciones

anteriores. Y de **campo** porque se efectuó en el lugar y tiempo en que ocurre los fenómenos objeto de estudio.

## **4.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es del tipo no experimental, longitudinal y de tendencia (trend) debido a que se analizó el comportamiento de la contaminación en los aisladores de las Líneas de Transmisión de 500KV dentro de la franja costera Centro-Sur Peruana, a través del tiempo.

Como parte de la investigación se realizó diferentes monitoreos, los cuales, nos permitió llevar un mejor control, para posteriormente poder plantear los mantenimientos necesarios para reducir la contaminación.

## **4.3 Población y Muestra**

### **4.3.1 Población de estudio**

La población en estudio es la correspondiente de los Aisladores de las Líneas de Transmisión de 500KV dentro de la franja costera Centro-Sur Peruana Chilca – Poroma, en esta primera instancia, se procesó y analizó el conjunto de las estadísticas de fallas de todas las líneas de transmisión de 500kV.

#### **4.3.2 Muestra de estudio**

La muestra de estudio corresponde al comportamiento de las líneas con mayor número de fallas, se aplicó un principio de selección (muestreo) a las líneas analizadas que habían presentado fallas por contaminación, aplicándose el principio de Pareto, o regla del 80-20, seleccionándose un 25% del total de tramos de transmisión correspondientes a la población de la investigación.

#### **4.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos e Información**

La elaboración del plan de recolección de datos se llevó a cabo considerando las siguientes notaciones:

- **Fuentes teóricas**

Inicialmente se utiliza técnicas documentales de recolección de datos basándonos en la búsqueda de información bibliográfica de artículos y libros relacionados a contaminación en los aisladores de LLTT, publicados físicamente y en internet.

- **Método para recolección de datos**

Se obtuvo datos e información inicialmente proveniente de la empresa en que labora el suscrito. Además, se visitó centros de investigación en las cuales tienen estudios referentes al tema de interés.

- **Escalas de medición de variables**

Se basó en los datos históricos de interrupción del servicio eléctrico de las LLTT por la contaminación de los aisladores de la empresa en que labora el suscrito. Además, se tuvo información de las variables medidas por la empresa.

#### **4.5 Procedimiento de recolección de datos**

El proceso de evaluación y estudio, consta de las siguientes etapas:

- A.** Analizar los eventos de fallas en la LLTT de 500 kV a causa de la contaminación de los aisladores.
  
- B.** Se analizará los siguientes resultados:
  - Inspección visual nocturnas (Efluvios).
  - Controles físicos en base de la medición del contaminante en aislador (residuos contaminantes) cantidades.

- Análisis químico, las cuales son; la conductividad eléctrica y la microscopia electrónica. (Composición)

C. Identificar las zonas de contaminación.

D. Categorización por grado de criticidad en las zonas de contaminación.

E. Análisis técnico - económico del mantenimiento a aplicar.

#### **4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos**

A continuación, se buscará interpretar y explicar el proceso del estudio.

Para ello, se realizará un análisis estadístico de las fallas, en periodos de tiempos, tomando en cuenta toda el área de estudio. En base a esto se analizará los resultados, obteniendo las líneas con mayor índice de falla, para identificar las zonas de contaminación. Finalmente se llevará a cabo un análisis técnico-económico del mantenimiento.

##### **4.6.1 Situación actual del sistema eléctrico**

El sistema garantizado de transmisión de 500kV Chilca-Poroma-Ocoña-San José-Montalvo, de Abengoa Transmisión Sur (ATS), con un recorrido de 884 km de línea de transmisión y 5 subestaciones de transformación

500kV, inicio su operación comercial el 17/01/2014. Estas líneas operan en serie desde la Subestación Chilca hasta la Subestación Montalvo.

➤ **Sistema garantizado de transmisión**

El SGT - 500kV de ATS se subdivide en cuatro tramos:

- Chilca-Poroma (L-5032):

**Tabla N° 07.** *Datos técnicos de L-5032 – 500kV.*

<b>CAPACIDAD</b>	700MVA
<b>CONTINGENCIA</b>	840MVA
<b>LONGITUD</b>	357.76KM
<b>TIPO</b>	Horizontal
<b>CONDUCTOR</b>	ACAR 750MCM
<b>N° / FASE</b>	4C/F

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Anexo 10 Características de las líneas de transmisión mayores a 30kV a nivel nacional 2016.

- Poroma-Ocoña (L-5034):

**Tabla N° 08.** *Datos técnicos de L-5034 – 500kV.*

<b>CAPACIDAD</b>	700MVA
<b>CONTINGENCIA</b>	840MVA
<b>LONGITUD</b>	276.6KM
<b>TIPO</b>	Horizontal
<b>CONDUCTOR</b>	ACAR 700MCM
<b>N° / FASE</b>	4C/F

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Anexo 10 Características de las líneas de transmisión mayores a 30kV a nivel nacional 2016



- Ocoña-San José (L-5036):

**Tabla N° 09.** *Datos técnicos de L-5036 – 500kV.*

<b>CAPACIDAD</b>	700MVA
<b>CONTINGENCIA</b>	840MVA
<b>LONGITUD</b>	136.98KM
<b>TIPO</b>	Horizontal
<b>CONDUCTOR</b>	ACAR 700MCM
<b>N° / FASE</b>	4C/F

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Anexo 10 Características de las líneas de transmisión mayores a 30kV a nivel nacional 2016.

- San José-Montalvo (L-5037):

**Tabla N° 10.** *Datos técnicos de L-5036 – 500kV.*

<b>CAPACIDAD</b>	700MVA
<b>CONTINGENCIA</b>	840MVA
<b>LONGITUD</b>	117KM
<b>TIPO</b>	Horizontal
<b>CONDUCTOR</b>	ACAR 700MCM
<b>N° / FASE</b>	4C/F

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Anexo 10 Características de las líneas de transmisión mayores a 30kV a nivel nacional 2016.



**Figura N° 61.** Sistema de transmisión – 1.  
Fuente: Propia.



**Figura N° 62.** Sistema de transmisión – 2.  
Fuente: Propia.

➤ **Subestaciones de transmisión:**

Actualmente se cuenta con 5 subestaciones de transmisión de 500kV en todo el tramo de Abengoa Transmisión Sur de 500kV:

- Subestación eléctrica Chila 500kV:

**Tabla N° 11.** *Datos generales - SE Chilca 500kV.*

<b>POTENCIAL</b>	500kV
<b>DEPARTAMENTO</b>	LIMA
<b>PROVINCIA</b>	CAÑETE
<b>DISTRITO</b>	CHILCA
<b>ALTITUD</b>	16MSNM

Fuente: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf)

- Subestación eléctrica Poroma 500Kv/220kV:

**Tabla N° 12.** *Datos generales - SE Poroma 500kV/220kV.*

<b>POTENCIAL</b>	500kV/220kV
<b>DEPARTAMENTO</b>	ICA
<b>PROVINCIA</b>	NAZCA
<b>DISTRITO</b>	VISTA ALEGRE
<b>ALTITUD</b>	100MSNM

Fuente:[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf)

- Subestación eléctrica Ocoña 500Kv:

**Tabla N° 13.** *Datos generales – SE Ocoña 500kV.*

<b>POTENCIAL</b>	500kV/220kV
<b>DEPARTAMENTO</b>	AREQUIPA
<b>PROVINCIA</b>	CAMANÁ
<b>DISTRITO</b>	OCOÑA
<b>ALTITUD</b>	12 MSNM

Fuente:[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf)

- Subestación eléctrica San José 500Kv/220kV:

**Tabla N° 14.** *Datos generales - SE San José 500kV/220kV.*

<b>POTENCIAL</b>	500kV/220kV
<b>DEPARTAMENTO</b>	AREQUIPA
<b>PROVINCIA</b>	AREQUIPA
<b>DISTRITO</b>	LA JOYA
<b>ALTITUD</b>	1450msnm

Fuente:[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf)

- Subestación eléctrica Montalvo 500Kv/220kV:

**Tabla N° 15.** Datos generales - SE Montalvo 500kV/220kV.

<b>POTENCIAL</b>	500kV/220kV
<b>DEPARTAMENTO</b>	MOQUEGUA
<b>PROVINCIA</b>	MARISCAL NIETO
<b>DISTRITO</b>	MOQUEGUA
<b>ALTITUD</b>	1210msnm

Fuente: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Transmisi%C3%B3n/1.1.3.pdf)



**Figura N° 63.** Subestación eléctrica de transmisión Chilca 500kV.  
Fuente: Propia.



**Figura N° 64.** Subestación eléctrica de transmisión Poroma 500kV/220kV.  
Fuente: Propia.



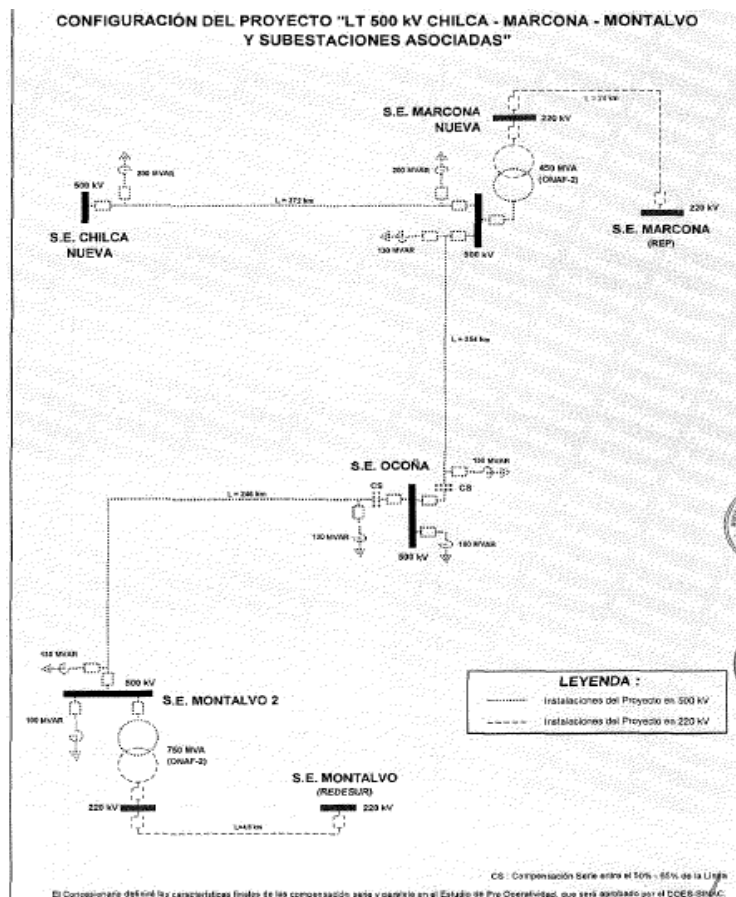
**Figura N° 65.** Subestación eléctrica de transmisión Ocoña 500kV.  
Fuente: Propia.



**Figura N° 66.** Subestación eléctrica de transmisión San José 500kV/220kV  
Fuente: Propia



**Figura N° 67.** Subestación eléctrica de transmisión Montalvo 500kv/220kv.  
Fuente: Propia.



**Figura N° 68.** Diagrama unifilar sistema eléctrico ATS 500kV.  
Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas – Anexo N°7 Contrato de concesión “Línea de transmisión SGT 500kV Chilca-Marcona-Montalvo”.

#### 4.6.2 ANALISIS ESTADISTO DE FALLAS EN LA POBLACIÓN

Para el análisis de las estadísticas de fallas, se recopiló el registro de todas las operaciones de las líneas de ABENGOA TRANSMISIÓN SUR (ATS) en el período 2014 - 2018. La tabla de datos incluye las fallas de todas las líneas de transmisión.

Por lo tanto, se filtró la información, tomando como filtro principal las líneas de la franja costera centro sur peruana ATS – 500kV.

Los parámetros considerados para el análisis fueron los siguientes: nombre de la línea, tipo de falla, fecha de la operación y descripción o motivo de falla por parte del inspector a cargo.

Posteriormente, se procedió a filtrar de nuevo la información con el propósito de descartar todas aquellas fallas que no estaban relacionadas con los aisladores. Para ello se hizo necesario aplicar filtros a través de tablas dinámicas de Excel, seleccionando sólo aquellas fallas que en la columna Motivo de falla (descripción desarrollada por el inspector a cargo), se tome las palabras “contaminación”, “humedad” y “aisladores”.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente trabajo se ha delimitado como tema de estudio la franja costera centro sur peruana de ATS – 500kV, que tiene una longitud total aprox. de 888.34KM, comprendiendo las líneas:

- L-5032 (Chilca-Poroma) – 357KM
- L-5034 (Poroma-Ocoña) – 272 KM
- L-5036 (Ocoña-San José) – 136.98 KM
- L-5037 (San José-Montalvo) – 117 KM

Los cuales han sido afectados por la alta contaminación de la zona en su sistema de aislamiento, lo cual, ha causado muchas fallas; resultando una

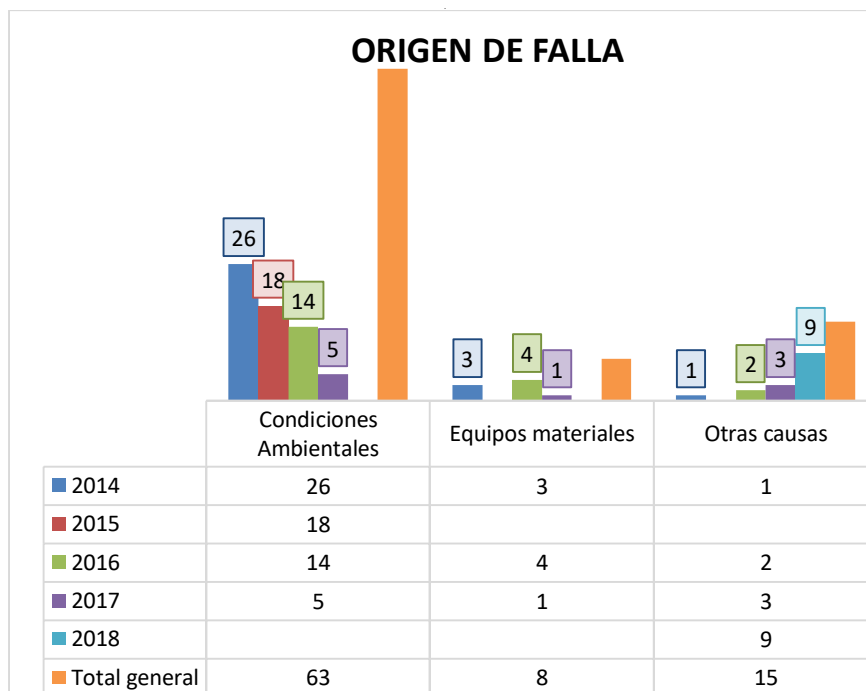


deficiente calidad en el suministro de energía eléctrica, incumpliendo con la Noma Técnica de Calidad de Suministro Eléctrico (NTCSE).

A continuación, se presentan el análisis estadístico general de la falla:

➤ **Origen de Falla**

Para la selección del proyecto se realizó un análisis del origen o causa de las fallas, para centralizarnos al problema del proyecto, seleccionando la causa de mayor incidencia, lo cual, se dio por contaminación ambiental, se verifica en el siguiente gráfico el número de fallas por origen, del 2014 al 2018:



**Gráfico N° 01.** Análisis de las causas por fallas en la calidad del suministro de energía.

Fuente: Anexo 05 - ATS Base de Fallas.

Se evidencia que el origen de falla de mayor impacto en el periodo 2014-2018, fue por contaminación en la cadena de los aisladores. Teniendo un comportamiento no constante, destacando el año 2018 por no tener fallas por causa de contaminación.

Por consiguiente el estudio de la muestra se dará exclusivamente para fallas con origen por contaminación ambiental.

#### **4.6.3 Tipo de análisis de la muestra contaminante**

##### **A. Análisis Físico**

El análisis físico consiste en pesar la muestra (contaminante) retirada de 01 plato aislador de la línea de transmisión, obtenido el valor de la muestra (pesaje del contaminante) se tiene que dividir con el área del aislador obteniendo niveles de contaminación (mg/cm<sup>2</sup>). (Véase gráfico N° 2, en la página “132”). Esta información registra en el Anexo 06 – Análisis Físico.

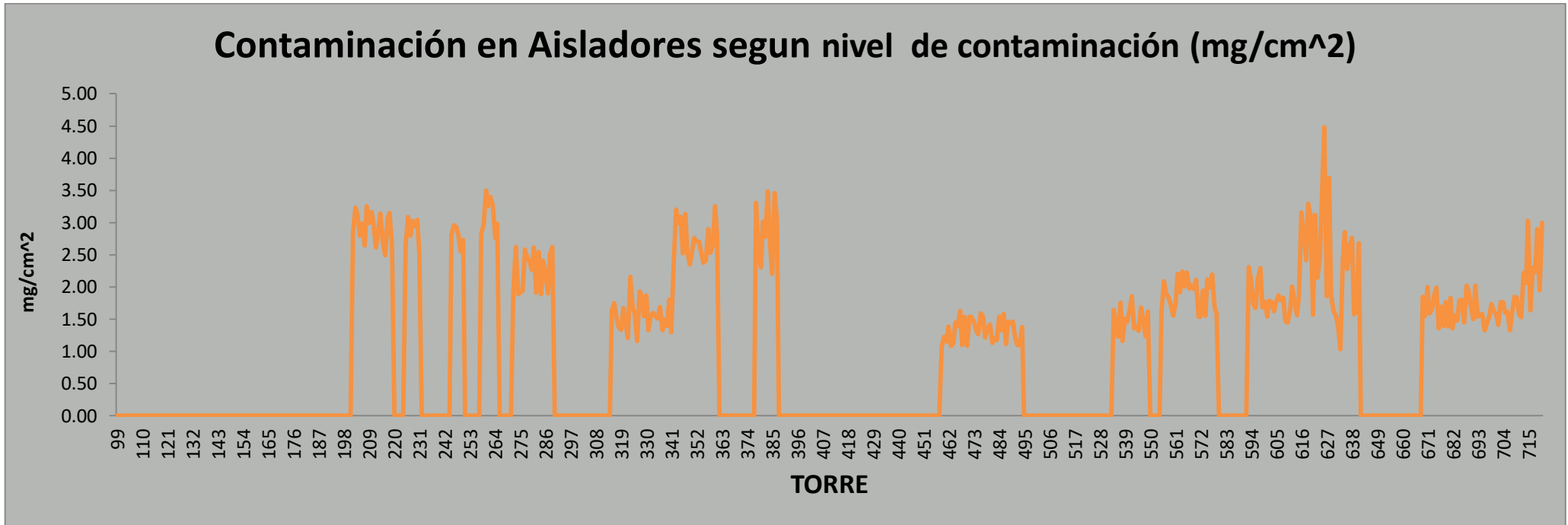
$$NC = \frac{\text{Peso de la contaminación}(mg)}{\text{Superficie del aislador}(cm^2)}$$

##### **B. Análisis Químico**

Para el análisis químico se tomó unas muestras del contaminante presente en los aisladores de vidrio las cuales fueron recolectadas de diferentes zonas, a lo largo de la franja costera. Este análisis consiste en 02 pruebas:

- **Análisis de Conductividad Eléctrica:**

Este ensayo va a dar como resultado valores de Conductividad Eléctrica (decisiemens por metro ó  $\Omega^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ). (Véase la tabla N°16, en la página “133”).



**Gráfico N° 02.** Análisis físico de línea - 5032 de ATS.  
 Fuente: Anexo 06 – Análisis Físico.

**Tabla N° 16. Análisis de conductividad eléctrica.**

<b>Zona de Toma Muestra</b>	<b>Conductividad Específica (dS/m)</b>	<b>Categoría Suelo</b>
Alto Laran-Chincha Alta	78.90	Extremadamente Salino
Pueblo Nuevo-Chincha	43.20	Extremadamente Salino
Pueblo Nuevo-Chincha	34.10	Extremadamente Salino
Fundo Con Con-Chincha	52.50	Extremadamente Salino
Humay-Pisco	69.60	Extremadamente Salino
Lacra-Changuillo-Nazca	12.00	Muy Salino
Changuilla-Nazca	6.80	Moderadamente Salino
Quemado-Nazca	6.40	Moderadamente Salino
Yauca del Rosario-Ica	0.50	No Salino
Yauca del Rosario-Ica	0.60	No Salino
Yauca del Rosario-Ica	0.50	No Salino
Tingue-Yauca del Rosario	0.50	No Salino
Santa Cruz-Palpa-Ica	1.50	No Salino
Santa Cruz-Palpa-Ica	5.40	Moderadamente Salino
Humay-Pisco	11.20	Muy Salino
Changuilla-Nazca	11.20	Muy Salino
Lacra-Changuillo-Nazca	22.00	Extremadamente Salino
El Carmen-Chincha	35.62	Extremadamente Salino
Santa Cruz-Palpa-Ica	11.48	Muy Salino
Poroma-Nazca	18.07	Extremadamente Salino
Jaqui-Caravelí-Arequipa	21.13	Extremadamente Salino
Poroma-Nazca-Ica	13.67	Muy salino
El Cuatro-Marcona-Nazca	16.05	Extremadamente Salino
Bella Unión-Caravelí-Arequipa	16.05	Extremadamente Salino
Acarí-Caravelí-Arequipa	2.30	Poco Salino

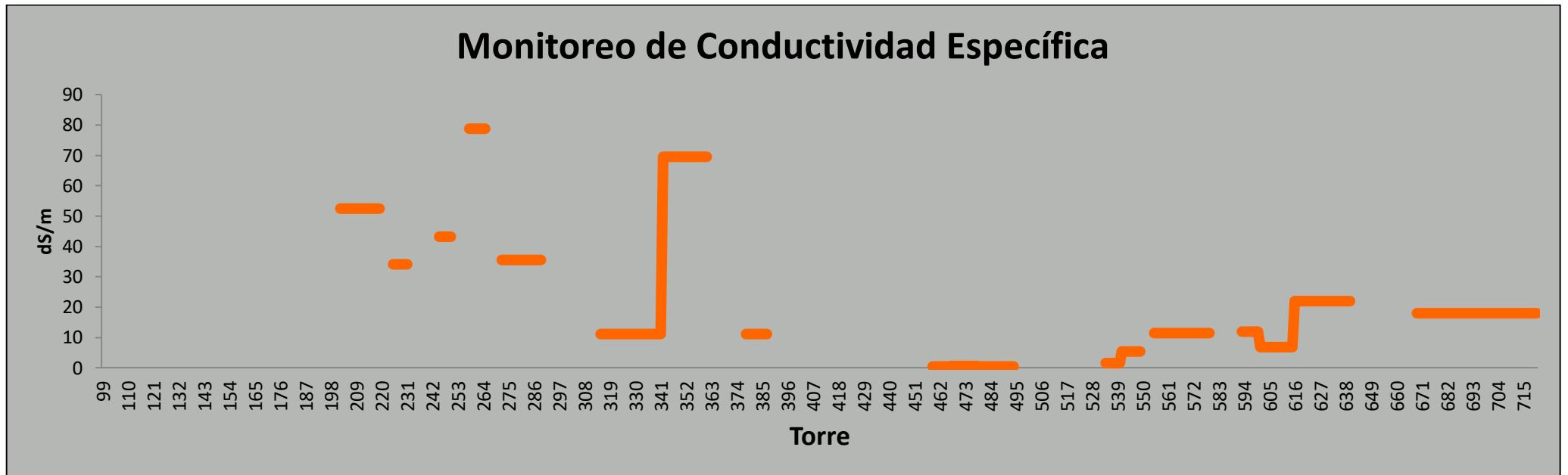
Fuente: Propia.

De lo anterior se originan criterios para evaluar la salinidad de un suelo, con base en su conductividad. (Véase el gráfico N° 3, en la página “135”). Esta información registra en el Anexo 07 – Análisis Químico por Conductividad.

**Tabla N° 17.** *Categoría del suelo por conductividad.*

<b>Categoría del Suelo</b>	<b>Valor (dS/m)</b>
Poco salino	0 – 2.0
Poco Salino	2.1 – 4.0
Moderadamente salino	4.1 – 8.0
Muy salino	8.1 – 16.0
Extremadamente salino	>16.0

Fuente: Propia



**Gráfico N° 03.** Monitoreo de la conductividad específica.  
 Fuente: Anexo 07 – Análisis Químico por Conductividad.

- **Análisis de Composición por Microscopia Electrónica:**

Este análisis busca a los componentes conductivos. (Véase la tabla N°18 y el gráfico N° 4.4, en la página “139”). Esta información registra en el Anexo 08 – Análisis Químico por Composición.

**Tabla N° 18.** *Composición por microscopia electrónica de L-5032.*

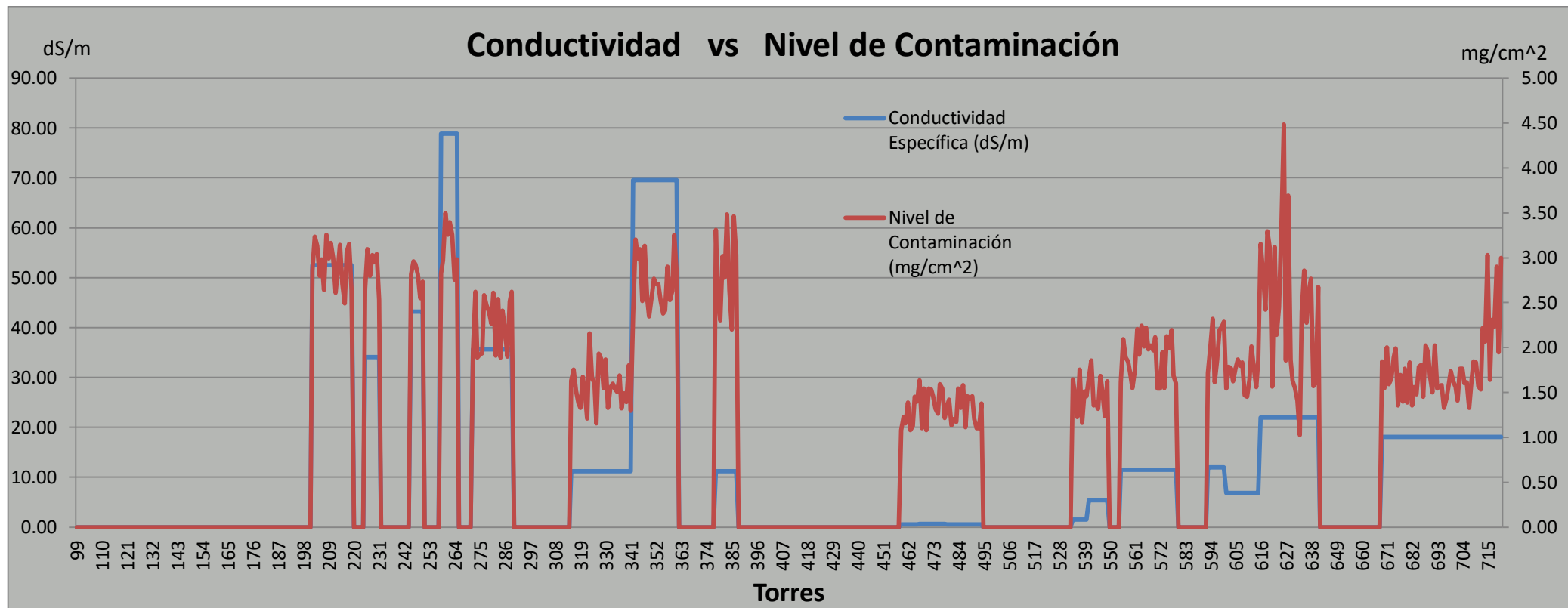
<b>Zona de Toma Muestra</b>	<b>Composición Microscópica</b>
Quilmaná - Cañete	<p>El contaminante contiene alta concentración de nitrato de sodio con un poco de cloruro de sodio. El nitrato de sodio es un fertilizante común.</p> <p>La presencia de nitrato de sodio es una preocupación porque se convierte en un electrolito activo a una humedad relativa de tan bajo como 50%.</p>
Quilmaná - Cañete	<p>El contaminante contiene un alto nivel de yeso y nitrato de amonio con algo de cloruro de sodio.</p> <p>Si la humedad relativa sobrepasa el 50%, el nitrato de amonio se diluye y se convierte en un electrolito que puede causar fallas en el flashover</p>
Herbay Alto - Cañete	<p>El contaminante contiene un alto nivel de yeso con algún nitrato de amonio y cloruro de sodio.</p> <p>Si la humedad relativa sobrepasa el 50%, el nitrato de amonio se diluye y se convierte en un electrolito que puede causar fallas en el flashover</p>
Carretera a Mina Milpo - Chincha	<p>El contaminante contiene una alta concentración de sales solubles en agua, tanto el nitrato de sodio y cloruro de sodio. El nitrato de sodio es un fertilizante común.</p> <p>La presencia de nitrato de sodio es una preocupación porque se convierte en un electrolito activo a una humedad relativa de tan bajo como 50%.</p>



Alto Laran - Chincha Alta	El contaminante contiene alta concentración de fertilizante de nitrato de amonio
Alto Laran - Chincha Alta	<p>El contaminante contiene alta concentración de cloruro de sodio con un poco de yeso.</p> <p>El cloruro de sodio puede acumularse con el tiempo entre las tormentas de lluvia y puede ser una preocupación si la humedad relativa es superior a 74% en ausencia de lluvia.</p>
El Carmen - Chincha	El contaminante contiene partículas de óxido de hierro, principalmente magnetita que están muy concentrados en la muestra.
El Carmen - Chincha	<p>El contaminante contiene alta concentración de cloruro de sodio con un poco de yeso.</p> <p>El cloruro de sodio puede acumularse con el tiempo entre las tormentas de lluvia y puede ser una preocupación si la humedad relativa es superior a 74% en ausencia de lluvia.</p>
San José de los Molinos - Ica	<p>El contaminante contiene minerales naturales, pero incluye una alta proporción de nitrato de amonio con un poco de yeso.</p> <p>El nitrato de amonio es una sal deliquescente, muy soluble en agua, que puede conducir a la falla.</p>
Jaqui - Caravelí - Arequipa	El contaminante contiene magnetita. La magnetita es conductiva. La muestra consistía principalmente de origen volcánico y metamórfico.
Jaqui - Caravelí - Arequipa	El contaminante contiene un bajo nivel de nitrato de sodio y, esencialmente, no de cloruro de sodio
El Toro - La Union- Arequipa	El Contaminante contiene alta proporción de Cloruro de Sodio y Yeso.

	Cloruro de Sodio y Yeso, ambos componentes, constituyen sales solubles en agua que pueden provocar fallas por flashover en los aisladores, en ambientes con una humedad relativa superior a 77%.
--	--

Fuente: Propio.



**Gráfico N° 04.** Conductividad por nivel de contaminación  
 Fuente: Anexo 08 – Análisis Químico por Composición.

#### **4.6.4 Elaboración de mapa de contaminación**

Para la elaboración del mapa de contaminación se realizará mediante la clasificación de los grados de contaminación que son las siguientes:

- Bajo
- Medio
- Alto

Los grados de contaminación dependerán de los siguientes indicadores:

- Distancia de la torre hacia límite de la costa
- Inspección visual nocturna (Efluvios).
- Controles físicos en base de la medición del contaminante en aislador (residuos contaminantes) cantidades.
- Análisis químico, las cuales son; la conductividad eléctrica y la microscopia electrónica (Composición)

#### **4.6.5 Análisis técnico de los tipos de mantenimientos en los aisladores.**

El análisis técnico por mantenimiento se basó de la experiencia de los trabajadores, como ingenieros y técnicos especialistas en el rubro de líneas de transmisión. Del cual se realizó una comparativa de las ventajas y desventajas técnicas, por tipo de mantenimiento. (Véase la tabla N° 19).

**Tabla N° 19. Ventajas y desventajas de los métodos de mantenimiento.**

Método de Mantenimiento	Ventajas	Desventajas
<b>Limpieza manual de aisladores de vidrio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es más eficaz.</li> <li>• Es aplicable en todas las torres, suspensión y anclaje.</li> <li>• Tiene un rendimiento notablemente, es superior al cambio de aisladores.</li> <li>• Es más flexible que el hidrolavado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere corte de energía.</li> </ul>
<b>Hidrolavado de aisladores de vidrio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere corte de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es menos eficaz que la limpieza manual.</li> <li>• Es aplicable únicamente en las torres que cuenten con caminos de acceso carrozables.</li> <li>• El rendimiento depende de la accesibilidad de las torres y de la continuidad del tramo a intervenir.</li> <li>• Requiere de condiciones climáticas óptimas (vientos con una velocidad inferior a 30 Km/h).</li> </ul>
<b>Cambio de aisladores de vidrio por siliconados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una solución que garantiza un mayor periodo de duración (6 a 8 años).</li> <li>• Este método es aplicable en todas las torres de suspensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere corte de energía.</li> <li>• El rendimiento es de 02 torres de suspensión por cuadrilla (dependiendo la accesibilidad).</li> <li>• Por cuestiones de rendimiento, la aplicación de este método en torres de anclaje, no es recomendable.</li> </ul>

Fuente: Propia

## **V. RESULTADOS**

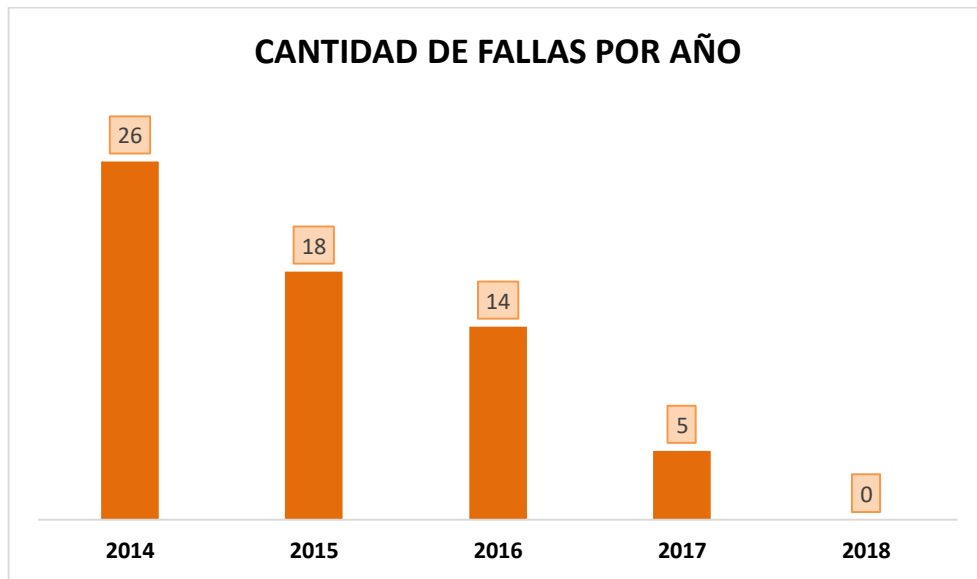
### **5.1 Resultados del análisis de la muestra de estudio**

En esta fase de la investigación, se recolectaron las estadísticas de fallas en los aisladores de las líneas de transmisión de ATS, en diferentes años, tomando en cuenta únicamente las fallas por contaminación ambiental.

#### **➤ Análisis de fallas por contaminación**

Basándonos en las fallas por contaminación ambiental, nos detenemos, para analizar la cantidad de fallas que se han producido por cada uno de nuestros tramos a estudiar, que suma un total de 888.34KM. Este análisis nos dará una idea más clara de las zonas donde la contaminación ambiental es más agresivo.

Mediante las tablas dinámicas de Excel se seleccionó la información para graficar el comportamiento anual del número de fallas en cada año correspondiente al periodo 2014-2018 (Véase el gráfico N° 5, en la página “143”).



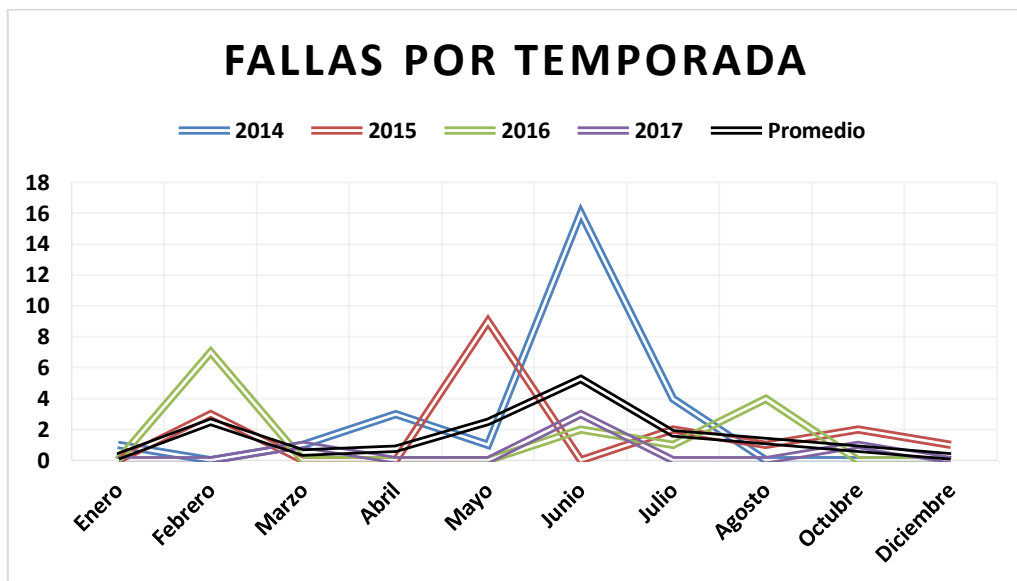
**Gráfico N° 05.** Análisis de la cantidad de fallas por año en las líneas de ATS.

Fuente: Anexo 05 - ATS Base de Fallas

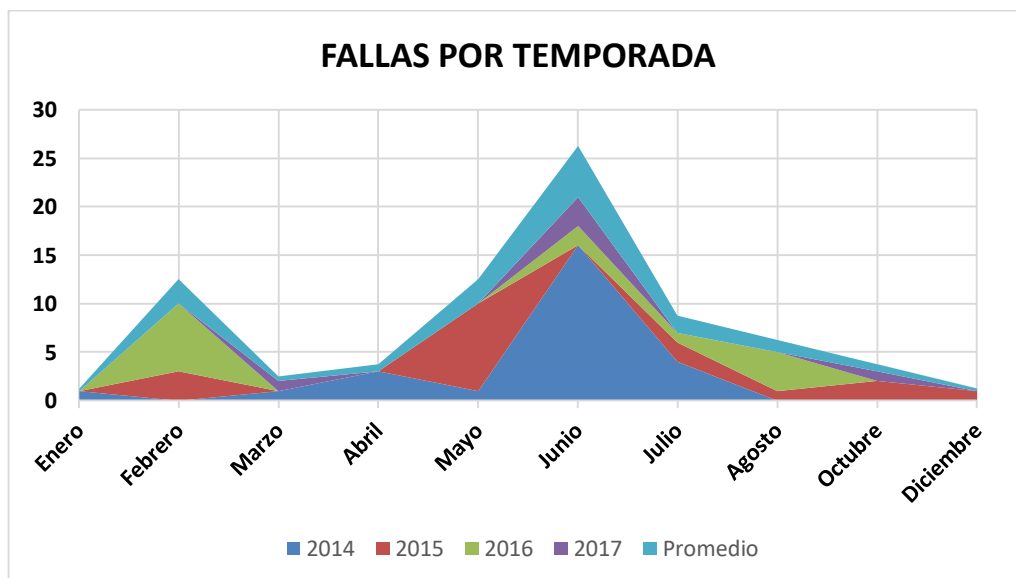
(Véase el gráfico N° 5), se tiene un comportamiento no constante que difiere en los años, presentándose una disminución de fallas en el transcurso de los años. El pico de falla fue en el año 2014 con 26 fallas. Asimismo, se destaca el año 2018 por no tener fallas por causa de la contaminación. La tabla descriptiva del grafico se puede ver en el Anexo 05, ATS - base de fallas.

#### ➤ **Fallas por temporadas**

Al igual que al análisis de fallas por año, se analizará la cantidad de fallas que se originan a través de los meses del año, esto nos demostrará en que meses la ocurrencia de falla es mayor.



**Gráfico N° 06.** Análisis de la cantidad de fallas por temporadas del año - tipo lineal.  
Fuente: Anexo 05 – ATS Base de Fallas.



**Gráfico N° 07.** Análisis de la cantidad de fallas por temporadas del año tipo área.  
Fuente: Anexo 05 – ATS Base de Fallas.

Se evidencia un incremento de fallas por contaminación en los meses de mayo, junio y julio; meses que comprenden la estación de invierno, caso contrario para el resto de los meses, en los cuales se registraron cantidades



mínimas de fallas referente a la contaminación de los aisladores. Por otro lado, en el mes de junio presenta el mayor índice de fallas con 16 salidas de las líneas a causa de contaminación en el periodo 2014 - 2018. Y el mes de mayo con 9 salidas de líneas tomando el segundo lugar. La base de datos correspondiente a los gráficos N°6 y 7 se puede observar en el Anexo 05, ATS Base de fallas.

Continuando con el análisis y poder agudizar en el razonamiento planteado. Realizaremos un estudio de la cantidad de fallas por tramo, de mayor a menor. (Véase la tabla N° 20)

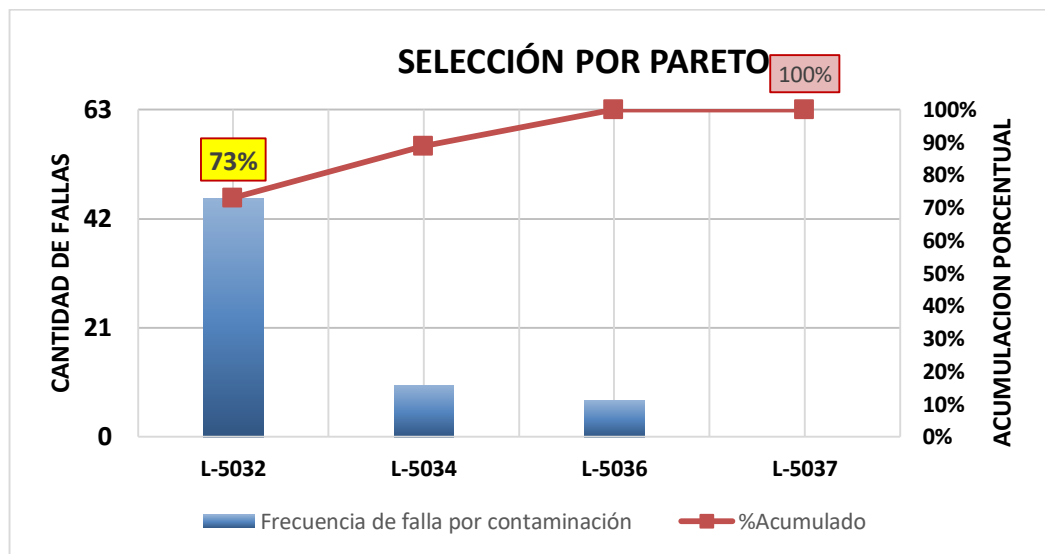
**Tabla N° 20.** *Cantidad de fallas por tramo de ATS.*

Número	Código de la línea	Frecuencia de falla por contaminación
1	L-5032	46
2	L-5034	10
3	L-5036	7
4	L-5037	0
<b>Total</b>		<b>63</b>

Fuente: Anexo 05 - ATS Base de Fallas.

Nos basamos en este cuadro (tabla N°20) para realizar el análisis de las líneas bajo el principio de Pareto, que expresa que una pequeña parte de la población (cerca de un 20%) representa la mayor parte (cerca del 80%) del aspecto estudiado. A su vez la población restante que es mayoritaria (80%), posee una pequeña cantidad de ello (20%). Bajo este principio solo

seleccionamos el primer tramo el cual representan el 25% de la población total, y un 73% de la cantidad de fallas totales (Véase el gráfico de Pareto N° 08), lo que nos indican la necesidad de enfocarnos en estos dos tramos por representar casi el 90% del total de fallas por contaminación.



**Gráfico N° 08.** Análisis de la cantidad de fallas por el método de Pareto en los tramos de ATS.

Fuente: Anexo 05 - ATS Base de Fallas.

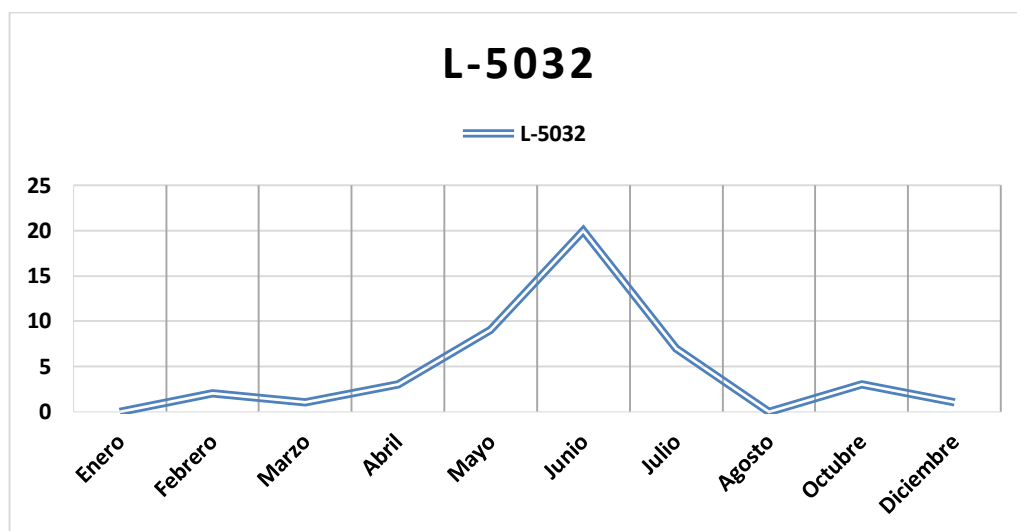
Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, solo se tomará el primer tramo para los análisis posteriores, esto se debe a que representa al mayor número de fallas. (Véase la tabla N° 21)

**Tabla N° 21.** Nueva selección de acuerdo al principio de Pareto.

Código de la línea	Frecuencia de falla por contaminación
L-5032	46

Fuente: Anexo 05 - ATS Base de Fallas.

Posteriormente, se volvió a graficar las fallas mensuales del tramo elegido (L-5032), durante el periodo 2014 - 2010. (Véase el grafico N°09)



**Gráfico N° 09.** Cantidad de fallas de los tramos con mayor índice de fallas.  
Fuente: Anexo 05 - ATS Base de Fallas

Por último, necesitamos saber las ubicaciones de dichos tramos para análisis posteriores. (Véase la tabla N° 22)

**Tabla N° 22.** Ubicación de los tramos seleccionados.

Código de la línea	Ubicación Entre SET
L-5032	Chilca - Poroma

Fuente: Propia

Teniendo lo anterior, procedemos a realizar el mapa de contaminación en el área donde se origina la mayor cantidad de fallas.

## 5.2 Resultado del mapa de contaminación

Para esta investigación nuestro mapa de contaminación se presentó como mejora para el monitoreo y control de la contaminación en los aisladores. Este mapa de contaminación monitorea no solo el nivel de los efluvios, sino, que se desarrolla más indicadores como el monitoreo de la distancia de la torre hacia al límite de la costa, el nivel de salinidad y los ensayos químicos (conductividad y composición). Cada uno de estos indicadores mencionados, tendrán un valor numérico el cual arrojará un total, que indicará el verdadero grado de contaminación que presenta el aislador; para luego proceder a evaluar el tipo de mantenimiento más eficiente, tanto en lo técnico como en lo económico y así ejecutar un correcto control.

El estudio se realizará en la línea L-5032, donde presenta mayor cantidad de fallas. A continuación, se presentarán las tablas de valores de cada indicador que se tomó en el mapa de contaminación. Esto se registra en el anexo 09, mapa de contaminación L-5032.

**Tabla N° 23.** *Valor del nivel de efluvo.*

Niveles de efluvo	Valor
Efluvo 01	0
Efluvo 02	1
Efluvo 03	2
Efluvo 04	3
Efluvo 05	4

Fuente: Anexo 09 – Mapa de contaminación.

**Tabla N° 24.** Valor de la distancia al límite de la costa.

Distancia límite de la costa	Valor
Límite de 10 KM	4
Límite de 20 KM	3
Límite de 30 KM	2
Límite de 40 KM	1
más de 40 km	0

Fuente: Anexo 09 – Mapa de contaminación.

**Tabla N° 25.** Tipos de contaminantes.

Contaminantes Identificados	
Nitrato de Sodio	NS
Cloruros de sodio	NaCl
Nitrato de amonio - Gallinaza	NA
Óxido de hierro - magnetita	OH
<b>Yeso</b>	<b>Y</b>

Fuente: Anexo 09 – Mapa de contaminación.

**Tabla N° 26.** Tipos de contaminantes.


Niveles Salinidad	Valor
Extremadamente salino	4
Muy salino	3
Moderadamente salino	2
Poco salino	1
No salino	0

Fuente: Anexo 09 – Mapa de contaminación.

Cada caso tiene un valor por cada indicador, el cual será completado en las casillas en blanco de la tabla Excel. (Véase la figura N°69), donde se sumará y arrojará un valor total que se posicionará en el rango que mide en grado de contaminación. (Véase la tabla N°27, en

la página 150). Esta tabla de indicadores se registra en el Anexo 09, mapa de contaminación.

Ensayos Químicos															Y+HS+NaCl
Nivel Salinidad													3		4
Efluvios	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3		3	
Distancia límite de la costa	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3		3
Sumatoria valores	4	4	5	5	3	4	4	4	5	4	4	4	9		10
N° Estructura		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		120
Parcial (km)	3	4.4	6	5.6	4.5	5.2	4.3	5.6	5.1	5.8	5.5	4.6		4.6	
Acumulado (km)	0.0	3.1	7.5	13.4	19.0	23.6	28.8	33.1	38.7	43.8	49.6	55.1		59.7	



**Figura N° 69.** Evaluación de valores.

Fuente: Anexo 09 – mapa de contaminación.

**Tabla N° 27.** Rango de valores del grado de contaminación

Grado de contaminación	Rango
Bajo	1 -- 4
Medio	5 -- 8
Alto	9 -- 12

Fuente: Anexo 09 - Mapa de contaminación.

### 5.3 Resultado del análisis económico de los mantenimientos en el tramo L-5032 de ATS

Primero se realizó un análisis a la información obtenida de los registros de mantenimientos de Abengoa Transmisión Sur (ATS) en el tramo L-5032. Del cual, se generó los promedios de los periodos de mantenimiento, para calcular la frecuencia de mantenimiento por año; es decir, la cantidad de

mantenimientos por año que realizó ATS por torre entre los años 2014 – 2018.

La periodicidad obtenida de los registros de mantenimiento más la experiencia del personal de mantenimiento de LLTT sirvió para desarrollar una propuesta de periodos de mantenimiento, por consecuencia nuevas frecuencia de mantenimiento por año. Las nuevos periodos y frecuencias están relacionados al grado de contaminación; (Véase la tabla N° 28 y 29). Toda esta información, está registrado en el Anexo 10 – Planilla de mantenimiento por torre - L-5032.

**Tabla N° 28.** *Periodo de mantenimiento mensual por tipos.*

Grado de contaminación	Periodo de Mantenimiento (En Meses)		
	Limpieza manual	Hidrolavado	Cambio de aislador
<b>BAJO</b>	17.5	10.5	200.0
<b>MEDIO</b>	12.5	5.5	147.5
<b>ALTO</b>	6.8	1.3	105.0

Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.

**Tabla N° 29.** *Frecuencia de mantenimiento anual por tipos.*

Grado de contaminación	Frecuencia de mantenimiento (Por año)		
	Limpieza manual	Hidrolavado	Cambio de aislador
<b>BAJO</b>	0.69	1.16	0.06
<b>MEDIO</b>	0.97	2.28	0.08
<b>ALTO</b>	1.79	12.50	0.12

Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.

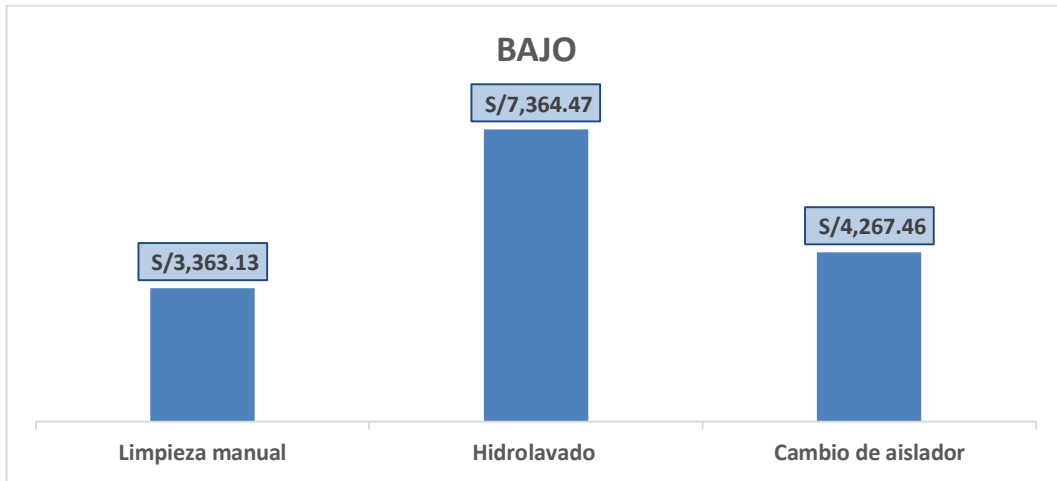
De lo anterior, teniendo como dato la nueva frecuencia de mantenimiento en un año, se realizó el análisis económico para un tiempo de 8 años, se tomó como referencia debido que el proveedor (empresa Silicon) garantiza 08 años aproximadamente la protección del aislante de silicona RTV en condiciones adversas. Para esto nos basamos de la información del Anexo 09; donde obtuvimos un promedio de costos por mantenimiento según el grado de contaminación. Se presenta los siguientes gráficos donde se aprecia un análisis de costo por tipo de mantenimiento y grado contaminación. (Véase los gráficos N° 10, 11 y 12, en las páginas “153” y “154”), los datos de los gráficos se verifican en el Anexo 10 - Planilla de mantenimiento por torre - L-5032.

**Tabla N° 30. Costo de mantenimiento por torre.**

	<b>COSTO UNITARIO PROMEDIO</b>
<b>Manual</b>	<b>\$ 623.99</b>
<b>Hidrolavado</b>	<b>\$ 843.32</b>
<b>Cambio de aisladores</b>	<b>\$ 8,890.55</b>

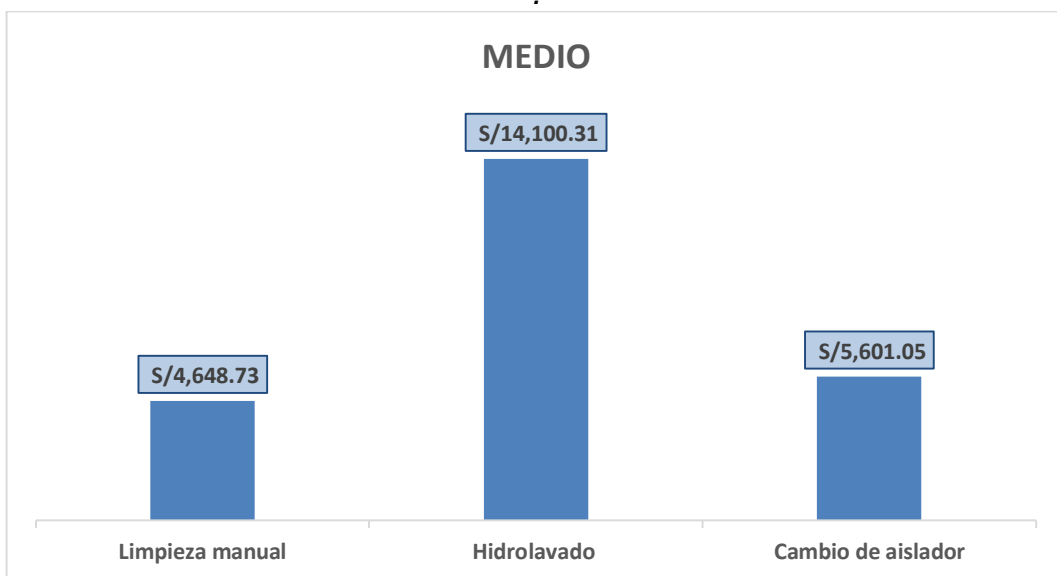
Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.





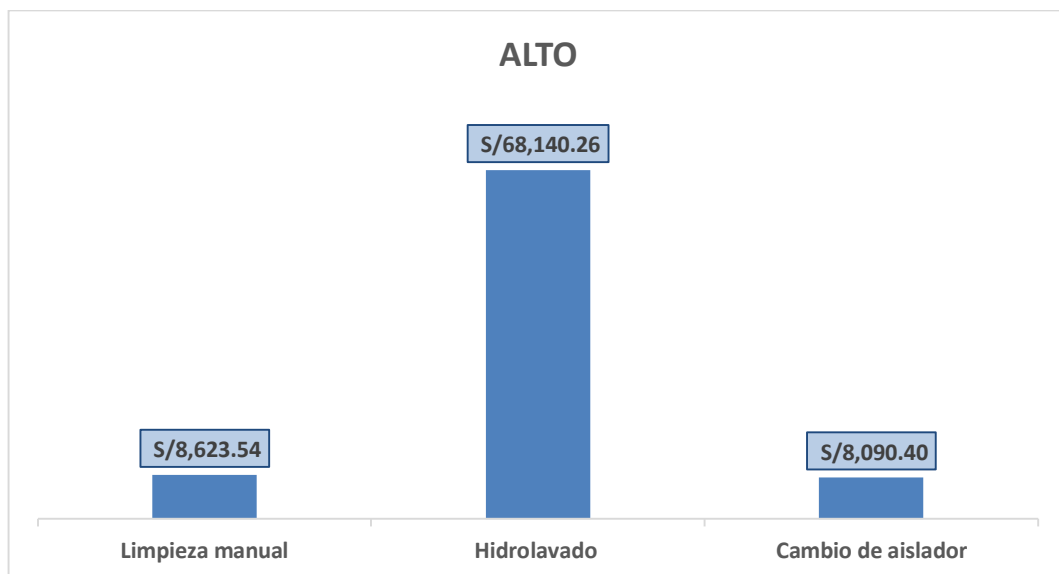
**Gráfico N° 10.** Costos con grado de contaminación baja.  
Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.

Del gráfico N° 10, se evidencia que para un grado de contaminación baja se recomienda el mantenimiento de tipo manual.



**Gráfico N° 11.** Costo con grado de contaminación media  
Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.

Del gráfico N° 11, se evidencia que para un grado de contaminación medio se recomienda el mantenimiento de tipo manual.



**Gráfico N° 12.** Costo con grado de contaminación alta.  
Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.

Del gráfico N° 12, se evidencia que para un grado de contaminación alta se recomienda cambio de aisladores.

### 5.3.1 Comparativa de costos de inversión

Basándonos en el análisis anterior se realizó una comparación del valor de inversión en mantenimiento e inspección, que hizo Abengoa Transmisión Sur (ATS) en el periodo 2014 – 2018 en el tramo L-5032, con el valor de inversión obtenida de nuestra propuesta de mantenimiento, es decir,

aplicando nuestro nuevo monitoreo y control. Dando como resultado el valor de inversión de ahorro.

Para esto, primero se calculó las frecuencias de mantenimiento en un año, en base a la valorización por grado de contaminación; según la tabla N° 27 – Rango de valores del grado de contaminación (Véase en la tabla N° 27, en la página 150). Estos valores se muestran en las siguientes tablas. (Véase en las tablas N° 31 y 32); donde se verificará el periodo mensual por mantenimiento y por consiguiente la frecuencia por año.

**Tabla N° 31.** *Periodo de mantenimiento mensual por grado de contaminación.*

Grado de contaminación	Sumatoria de valores	Tipo de mantenimiento		
		Limpieza manual	Hidrolavado	Cambio de aislador
Bajo	1	19 - 20	12 - 13.	218 - 230
	2	18 - 19	11 - 12.	206 - 218
	3	17 - 18	10 - 11.	194 - 206
	4	16 - 17	9 - 10.	182 - 194
Medio	5	14 - 15	7 - 8.	162 - 170
	6	13 - 14	6 - 7.	154 - 162
	7	12 - 13	5 - 6.	146 - 154
	8	11 - 12	4 - 5.	128 - 136
Alto	9	7.5 - 8	2 - 2.5.	114 - 126
	10	7 - 7.5	1.5 - 2.	108 - 114
	11	6.5 - 7	1 - 1.5	102 - 108
	12	6 - 6.5	0.5 - 1	96 - 102

Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.

**Tabla N° 32.** Frecuencia de mantenimiento anual por grado de contaminación.

Grado de contaminación	Sumatoria de valores	Tipo de mantenimiento		
		Limpieza manual	Hidrolavado	Cambio de aislador
Bajo	1	0.63 - 0.6	1 - 0.92	0.06 - 0.05
	2	0.67 - 0.63	1.09 - 1	0.06 - 0.06
	3	0.71 - 0.67	1.2 - 1.09	0.06 - 0.06
	4	0.75 - 0.71	1.33 - 1.2	0.07 - 0.06
Medio	5	0.86 - 0.8	1.71 - 1.5	0.07 - 0.07
	6	0.92 - 0.86	2 - 1.71	0.08 - 0.07
	7	1 - 0.92	2.4 - 2	0.08 - 0.08
	8	1.09 - 1	3 - 2.4	0.09 - 0.09
Alto	9	1.6 - 1.5	6 - 4.8	0.11 - 0.1
	10	1.71 - 1.6	8 - 6	0.11 - 0.11
	11	1.85 - 1.71	12 - 8	0.12 - 0.11
	12	2 - 1.85	24 - 12	0.13 - 0.12

Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.

En base a lo anterior (Véase la tabla N° 31), se podrá indicar la frecuencia de mantenimiento de cada torre del tramo L-5032, por medio del grado de contaminación que se obtuvo de la valorización del mapa de contaminación (Véase la figura N° 69 del Anexo 10, de la página "150"). Teniendo como dato la frecuencia de manteniendo por grado de contaminación y el costo de mantenimiento por torre (véase la tabla N° 30, en la página "152"), se calculó el costo total de inversión anual por cada torre del tramo L-5032, dicho dato se utilizó para calcular el costo total de inversión del año 2014 al 2018; por medio de nuestra nueva propuesta de monitoreo y control.

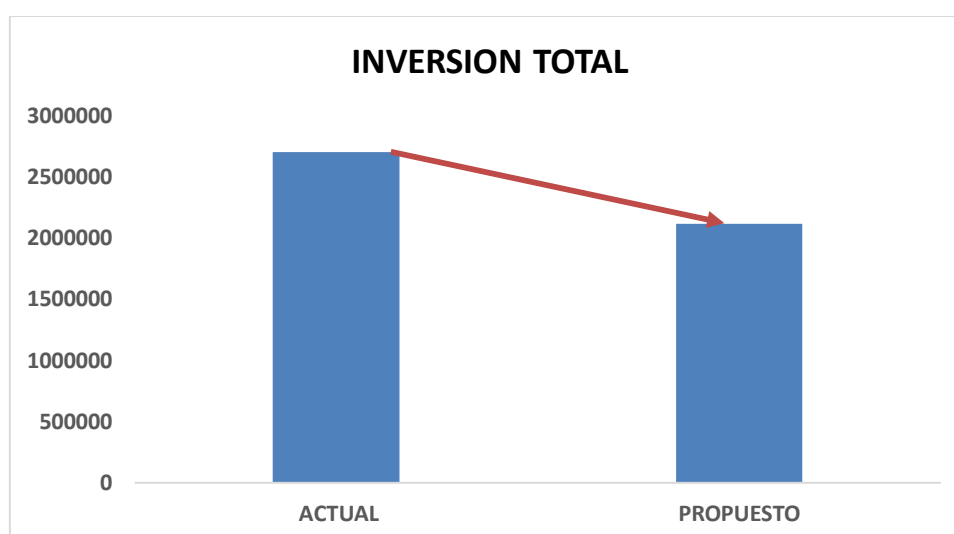
Para finalizar se realizó un cálculo rápido del monto real total que invirtió Abengoa Transmisión Sur(ATS), sumando todos los costos por torre que el

personal de ATS registró en la plantilla de mantenimiento del tramo L-5032. (Véase la tabla N° 33 y el gráfico N° 13), donde se compara los costos de inversiones de lo actual con lo propuesto, resultando un ahorro del 22% del monto total invertido por ATS. Todos estos datos se encuentran registrados en el anexo 10 - Planilla de mantenimiento por torre - L-5032.

**Tabla N° 33. Comparativa de costos de inversión.**

COMPARACION DEL COSTOS DE INVERSION						
TIPOS DE MANTENIMIENTO ACTUAL				TIPO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO		
	CAMBIO POR SILICONADO	LIMPIEZA MANUAL	HIDROLAVADO	INSPECCION	CAMBIO POR SILICONADO	LIMPIEZA MANUAL
	\$821,264.55	\$1,541,879.28	\$ 137,701.47	\$ 198,218.60	\$1,041,527.92	\$1,072,638.80
<b>INVERSION TOTAL</b>	\$ 2,699,063.90			\$ 2,114,166.73		
<b>Δ</b>	\$			584,897.17		
<b>EQUIVALENCIA PORCENTUAL</b>				22 %		

Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por torre L-5032.



**Gráfico N° 13. Comparativa de costos de inversión.**

Fuente: Anexo-10 Planilla de mantenimiento por estructura L-5032.

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Esta investigación tuvo como objetivo general la mejora del proceso de monitoreo y control de la contaminación en los aisladores de las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro-Sur peruana, por el cual, en base al análisis de fallas, las evaluaciones geográficas y las condiciones ambientales; se llegó a realizar un mapa de contaminación donde se puede identificar el grado de contaminación de los aisladores en base a los indicadores que hemos desarrollado.

### **5.1 Contrastación de hipótesis con los resultados**

- A.** Con el esquema propuesto del monitoreo y control, se evidencia que la evaluación de la zona geográfica y las condiciones ambientales que influyen en la contaminación de los aisladores de las LLTT en la zona costera centro-sur peruana son factores que suman al grado de afectación del aislamiento.
  
- B.** Con el mapa de contaminación se evidencia que, a mayor grado de contaminación mayor es la pérdida de aislamiento en los aisladores de las LLTT en la zona costera centro-sur peruana, en consecuencia, la probabilidad que ocurra una falla es mayor.

**C.** Obteniendo mayor exactitud en el grado de contaminación, podremos evaluar que torres requieren con urgencia la ejecución de un mantenimiento y el tipo de mantenimiento más adecuado; lo cual, nos ayudará a optimizar los costos de inversión.

## **VII. CONCLUSIONES**

**A.** Con este método de mejora en el monitoreo y control de la contaminación de los aisladores en las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro-Sur peruana se tiene los siguientes beneficios.

- Sabremos en cuanto afecta las condiciones ambientales al aislamiento de los aisladores.
- Se calculará el grado de contaminación el cual evidenciará el grado de afectación del aislamiento en los aisladores.
- Se disminuirá el número de intervenciones para el mantenimiento preventivo, dando como resultado la optimización de los costos de inversión.

**B.** Este método de mejora en el monitoreo y control de la contaminación de los aisladores de las LLTT, será de gran utilidad para todas las empresas en el rubro de mantenimiento de las LLTT que se encuentran ubicadas en la franja costera peruana.

**C.** Del análisis químico de la conductividad (dS/m) y el nivel de contaminación (mg/cm<sup>2</sup>) se concluye que son independientes, porque, la cantidad de contaminante no influye en el grado de conductividad.



- D.** Del análisis químico por composición se ha detectado la presencia de nitrato de amonio, producto extremadamente salino y con un alto grado de conductividad.
- E.** Los efectos de contaminación de la franja centro sur peruana son más severas de lo previsto, esto se refleja en una mayor cantidad de mantenimientos no planeados; lo cual, eleva el costo anual de mantenimiento.
- F.** En caso de grado de contaminación alto se ejecutará el cambio de aisladores de vidrio por aisladores siliconados.
- G.** En caso de grado de contaminación medio y bajo se ejecutará la limpieza manual, el cual, depende de la frecuencia de mantenimiento.
- H.** El mantenimiento por hidrolavado es deficiente, por su elevada frecuencia de mantenimiento, lo cual implica un elevado costo total.
- I.** Durante los 5 años de mantenimiento ATS, tuvo una inversión de \$ 2,699,063.90, cuyo monto fue superior en 22% respecto al costo del programa de mantenimiento propuesto, que fue \$ 2,114,166.73.

## VIII. RECOMENDACIONES

- A.** Realizar una correcta y detallada evaluación de la zona geográfica y las condiciones ambientales que influyen en la contaminación de los aisladores.
  
- B.** Se recomienda que el personal que se encargue de la inspección de los efluvios, debe estar capacitado y entrenado, pues esta evaluación del nivel de efluvo es fundamental para el cálculo del grado de contaminación del aislador.
  
- C.** Los mantenimientos preventivos se deben realizar en época de menor humedad relativo, dicha referencia dependerá de la zona geográfica.
  
- D.** Para la recolección de muestra para los análisis químicos tanto por conductividad y composición se debe realizar con extremado cuidado con la finalidad de evitar que tenga contacto con agentes externos que podrían alterar los resultados.
  
- E.** Para el análisis químico por composición solamente se realizará en grado de contaminación alto. Debido a su elevado costo.
  
- F.** En futuros diseños de líneas de transmisión que estarán ubicadas o estarán cerca de la franja costera peruana se deberá evaluar la zona geográfica y las condiciones ambientales. Toma de muestras de suelo

para el nivel de conductividad y obtención de historial de humedad relativa (%HR).

- G.** Para el nuevo método de monitoreo y control propuesto se recomienda ejecutar inspecciones de efluvios un mes antes que cumpla su frecuencia de mantenimiento propuesta, con el fin de corroborar la eficacia de mantenimiento y el grado de precisión de la frecuencia de mantenimiento propuesta.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. BAENA PAZ, Guillermina. *Metodología de la investigación*. México. Editorial Patria. Primera Edición. 2014.
2. BAUTISTA RÍOS, Juan. *Líneas de Transmisión de Potencia*. Lima. Editorial FIEE – UNI. 2da edición, 2009.
3. BLOGSPOT. *Líneas de transmisión de energía eléctrica*. Disponible en: [https://issuu.com/alessandro\\_m/docs/revista\\_digital\\_fdc9f0ef8e0e85](https://issuu.com/alessandro_m/docs/revista_digital_fdc9f0ef8e0e85). Artículo web. Consultada el 20 de mayo 2018.
4. BONSANDO ALBERTO Y REYES HUGO. *Políticas de lavado para aisladores de las líneas de transmisión en 138 y 230kv de corpoelec - ENELVEN*. Maracaibo. Tesis de titulación de ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. 2011.
5. COMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL. *Informe De Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN Periodo 2013-2022*. COES-Perú. 2011.

6. ENEL DISTRIBUCIÓN. *Especificación técnica de HERRAJES para líneas aéreas de alta tensión*. Disponible en: [https://www.eneldistribuicao.com.br/ce/documentos/E-LT-005\\_R-02.pdf](https://www.eneldistribuicao.com.br/ce/documentos/E-LT-005_R-02.pdf). Artículo web. Consultada el 22 de abril 2016
7. GAMMA. *Boletín Técnico – Distribución de Potencial en cadenas de aisladores Estudio teórico – experimental*. Compañía Corona – Nº 11. Enero 2005.
8. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la investigación*. México. Editorial Mc Graw Hill. Sexta Edición. 2014.
9. INTERNACIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Norma IEC 60815-1, "Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles"*. ICS 29.080.10. Edition 1.0. ISBN 978-2-88910-301-0. 2008.
10. INTERNACIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Norma IEC 60815-2, "Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2:*

*Ceramic and glass insulators for a.c. systems*". ICS 29.080.10.  
Edition 1.0. ISBN 978-2-88910-302-7. 2008.

**11.INTERNACIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION.**

*Norma IEC 60815-3, "Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems"*. ICS 29.080.10. Edition 1.0.  
ISBN 2-8318-1015-6. 2008.

**12.M. GONZALES, Francisco. *Curso de línea de transmisión I.***

Disponibilidad en: [http://fglongatt.org/OLD/Archivos/LT\\_1.html](http://fglongatt.org/OLD/Archivos/LT_1.html).  
artículo web. Consultada el 14 de abril 2016.

**13.MARI LOARDO, Ivan – REP. *Experiencia en el uso de aisladores***

*poliméricos en zonas de alta contaminación.* Revista CIER N°57:  
51 a 54. diciembre 2010.

**14.MARÍA CHECA, Luis. *Líneas de Transporte de Energía.***

Barcelona. Editorial Macombo S.A. 3era edición. 2004.

**15.MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS. *Contrato de***

*concesión, "Línea de Transmisión SGT 500 kV Chilca-Marcona-Montalvo"*. Anexo N° 07. Marzo 2010.

- 16.** MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *Código Nacional de Electricidad*. Peru. 2011.
- 17.** MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *Dirección general de electricidad, Calidad de Suministro, Norma técnica de calidad de suministro eléctrico*. Título Sexto: 31 a 42. octubre 1997.
- 18.** RAMIREZ VAZQUEZ, José. *Instalaciones eléctricas generales*. Barcelona. Editorial Enciclopedia CEAC de electricidad. 1969.
- 19.** SECTOR ELECTRICIDAD. *Introducción a las líneas de transmisión de energía eléctrica*. Disponible en: <http://www.sectorelectricidad.com/12443/introduccion-a-las-lineas-de-transmision-de-energia-electrica/>. Artículo web. Consultada el 25 de mayo 2018.
- 20.** SECTOR ELECTRICIDAD. *Tipos de estructura para alta, media y baja tensión*. Disponible en: <http://www.sectorelectricidad.com/5612/tipos-de-estructuras-para-alta-media-y-baja-tension/>. Artículo web. Consultada el 02 de junio 2018.
- 21.** STRUCTURALIA. *Aisladores en líneas eléctricas: materiales, tipos y características principales*. Disponible en:

<https://blog.structuralia.com/aisladores-en-lineas-electricas-materiales-tipos-y-caracteristicas-principales>. Artículo web.  
Consultada el 20 junio 2018.

**22.** VILLANUEVA DOMÍNGUEZ, Eduardo. *Análisis estructural de una torre de alta tensión*. Leganés. Tesis de Titulación. Universidad Carlos III de Madrid. 2014.

**23.** ZHEJIANG HENGDA ELECTRIC SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD. *Electrical Products*. Disponible en:  
<http://www.cccme.org.cn/shop/cccme7439/index.aspx>.  
Consultada el 28 junio 2018.



## **ANEXOS**

## Anexo – 01 Matriz De Consistencia

“Monitoreo y control de la Contaminación en los Aisladores de las Líneas de Transmisión de 500KV dentro de la franja costera Centro-Sur Peruana”				
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>General</b> ¿En qué medida un inadecuado monitoreo y control de la contaminación en los aisladores de las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro- ¿Sur peruana, afecta la confiabilidad del servicio?</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. ¿Cómo influye la zona geográfica y el medio ambiente en la contaminación de los aisladores de la LLTT en la zona costera centro-sur peruana?</p> <p>b. ¿Cómo identificar el grado de contaminación en los aisladores de la LLTT en la zona costera centro-sur peruana?</p> <p>c. ¿Cuál sería el proceso de optimización de costos en relación al número de intervenciones para el mantenimiento preventivo de los aisladores en la zona costera Centro-Sur peruana?</p>	<p><b>General</b> Mejorar el proceso de monitoreo y control de la contaminación en los aisladores de las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro-Sur peruana.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. Evaluar las zonas geográficas y las condiciones ambientales que influyen en la contaminación de los aisladores de la LLTT en la zona costera centro-sur peruana.</p> <p>b. Identificar el grado de contaminación en los aisladores de la LLTT en las zonas costera centro sur peruana.</p> <p>c. Optimizar los costos en relación al número de intervenciones para el mantenimiento preventivo de los aisladores en la zona costera Centro-Sur peruana.</p>	<p><b>General</b> Desarrollando indicadores para el monitoreo y control de la contaminación de los aisladores, mejoraremos la confiabilidad del servicio de las LLTT de 500 kV dentro la franja costera Centro-Sur peruana.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. Evaluando las zonas geográficas y las condiciones ambientales que influyen en la contaminación sabremos en qué medida afectan el aislamiento de los aisladores de la LLTT.</p> <p>b. Identificando el grado de contaminación en la zona costera centro-sur peruana obtendremos el grado de afectación en el aislamiento de los aisladores de las LLTT de 500kV de la zona costera centro - sur peruana.</p> <p>c. Reduciendo el número de intervenciones para el mantenimiento preventivo de los aisladores dentro de la zona costera Centro-Sur peruana, optimizaremos los costos de inversión.</p>	<p><b>Independientes</b></p> <p>X1: Monitoreo</p> <p><b>Dependientes</b></p> <p>Y2: Control</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>a) Investigación analítica</p> <p>b) Investigación documental</p>

## **ANEXO 02**

### **MANTENIMIENTO LIMPIEZA MANUAL**

### 1. Objetivo:

Establecer la metodología de trabajo para las actividades correspondientes al servicio de mantenimiento para la toma de muestra de agentes contaminantes y la limpieza manual de aisladores de vidrio y ferretería de los conductores en la Línea de Transmisión 500kV de la L-5034, en el tramo comprendido entre la T-235 y T-247.

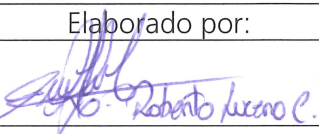
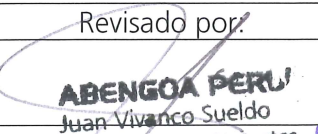
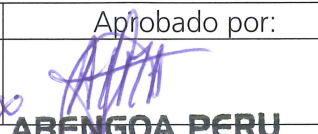
### 2. Documentación de Referencia:

- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ley N° 29783.
- Reglamento Interno de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente de Abengoa Perú.
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad R.M. N°111-2013.
- Código Nacional de Electricidad 2011 Suministro, sección 44 "Regla adicionales para los trabajadores de suministros".
- Plan de Contingencia: V.04.

### 3. Desarrollo:

#### 3.1. Actividades Previas

- Para llevar a cabo los trabajos programados, se debe obtener la autorización previa de Omega. El supervisor responsable debe coordinar con el centro de control de Omega para obtener el permiso de trabajo con lo que se genera un código, el mismo que queda registrado en el sistema de la concesionaria y será registrado en el PETAR y AST antes de iniciar los trabajos.
- El Personal calificado a cargo del servicio, contará con sus respectivas pólizas de SCTR Salud y Pensión y Accidentes Personales.
- El Supervisor Responsable del servicio, deberá realizar la difusión del instructivo de trabajo, a todo el personal antes de empezar los trabajos.
- Se deberá realizar la charla de 5 minutos antes del inicio de las labores y emitirá el registro de todos los participantes.
- Se inspeccionará el área de trabajo y se realizará la identificación de los potenciales peligros, evaluación de riesgos y se establecerán las medidas preventivas para controlar los riesgos identificados, quedando registrada en el formato AST establecido.
- Se revisará minuciosamente las herramientas a utilizar en esta actividad y se registrará el check list correspondiente, se verificará que cada uno de sus accesorios se encuentre en condiciones satisfactorias para realizar el trabajo, si fuera necesario se deberá cambiar algún accesorio que no preste las garantías suficientes para un trabajo eficiente y seguro.
- El Supervisor de Cuadrilla deberá asegurarse que el personal liniero, que participa en el servicio, lleve consigo las herramientas y materiales que utilizará, para evitar pérdidas de tiempo en el traslado.
- Antes de iniciar la actividad el Supervisor de Cuadrilla de la actividad, verificará y hará cumplir que todos los trabajadores firmen toda la documentación establecida (registro de charla e instructivo) y su firma deberá hacerse en el lugar de trabajo una vez que haya constatado que todo está controlado en el área de trabajo, y que la actividad exige, supervisado por el responsable de seguridad.
- El Supervisor de Cuadrilla tendrá en campo toda la información técnica y material que la actividad exija, de esta manera se evitará observaciones o retrasos en el desarrollo de los trabajos.
- Para toda la actividad se deberá elaborar el permiso escrito de trabajo de alto riesgo (PETAR) y sólo cuando esté autorizado se iniciarán los trabajos.
- El supervisor de Omega, confirmará la desenergización de la línea y se registrará la autorización, señalando la hora de inicio y la hora de término del servicio programado.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero C.	 <b>ABENGOA PERU</b> Juan Vivanco Sueldo Coordinador de Proyectos	 <b>ABENGOA PERU</b> Alfredo Tello Salazar Gerente de Proyecto

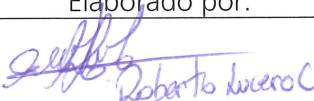
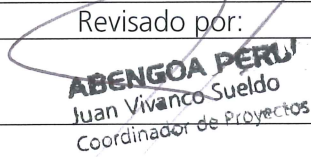
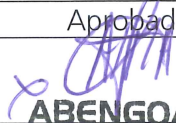
<b>ABENGOA</b> <b>PERU</b>	<b>Servicio de Mantenimiento en L- 5034</b> <b>Limpieza manual de aisladores</b>	Código: IT-03/0000-MAT-01
		Versión: 00
		Fecha: 14/03/2016

- El Supervisor Responsable dará la instrucción al personal técnico designado, para que se proceda con la instalación de tierras temporales extremas para el tramo de línea a intervenir; la distancia no debe ser mayor a 5 kilómetros. Luego de la confirmación de la instalación de las tierras temporarias y la señalización de la zona de trabajo, se autorizará el ingreso a la zona de trabajo para el inicio de las labores.

### 3.2. Trabajos a realizar

#### 3.2.1. Toma de muestra, limpieza de aisladores de vidrio y ferretería de conductores:

- El supervisor a cargo del servicio, designará al operario liniero para llevar a cabo la verificación con el detector de tensión y la colocación de tierras temporarias en las T-233 (anclaje) y la T-248 (suspensión) después que se halla comunicado el corte efectivo de energía de la línea, para el ingreso y ascenso del personal a las estructuras previamente definidas para ser intervenida.
- El ingreso y ascenso del personal liniero será por los peldaños de la estructura hasta llegar a la viga y luego por la parte interna de la torre hasta las cadenas de aisladores, estará doblemente estroboado con la línea de posicionamiento, bloque retráctil y la doble línea de anclaje, para el caso de las torres de suspensión (02 personal liniero) y de las torres de anclaje (03 personal liniero).
- Previamente antes de realizar la actividad de limpieza, el personal liniero identificará el aislador más contaminado para la toma de muestras de los agentes contaminantes depositados en la superficie de cuatro aisladores (1 aislador por cada cadena) para su respectivo rotulado. Las muestras se colocarán en una bolsa plástica, una para cada muestra.
- En la actividad de limpieza en la torres de suspensión, previamente el personal liniero inspeccionará la ferretería. Luego instalará en el chasis de la viga de la estructura, un conector o eslinga de 1" por 1 mts, en donde irá conectado el bloque retráctil. Luego, este se conectará del gancho del bloque retráctil a los ganchos de la doble línea de anclaje. Posteriormente el personal liniero se acercará al aislador y abrazará su línea de posicionamiento a la cadena de aisladores conectándose a su arnés. Verificando el aseguramiento de los elementos procederá con el descenso, iniciando la actividad de limpieza.
- En la actividad de limpieza en la torres de anclaje, previamente el personal liniero inspeccionará la ferretería. Luego instalará en el chasis de la viga de la estructura, un conector o eslinga de 1" por 1 mts, en donde irá conectado el bloque retráctil. Luego, este se conectará del gancho del bloque retráctil a los ganchos de la doble línea de anclaje. Posteriormente el personal liniero se sentará sobre las dos cadenas de aisladores y abrazará su línea de posicionamiento a la cadena de aisladores conectándose a su arnés. Verificando el aseguramiento de los elementos procederá con el desplazamiento horizontal, iniciando la actividad de limpieza.
- El personal liniero, iniciará desde el punto más alejado y culminará en el punto más cercano a la estructura de la torre.
- El personal liniero realizará la limpieza manual utilizando el brochas y escobillas para eliminar todo el polvo u otros agentes contaminantes que se encontraría en la ferretería de los conductores (grapas, manguitos, preformados y accesorios) y en el

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Roberto Lucero C.</b>	 <b>ABENGOA PERU</b> <b>Juan Vivanco Sueldo</b> Coordinador de Proyectos	 <b>ABENGOA PERU</b> <b>Alfredo Tello Salazar</b> Gerente de Proyecto

<b>ABENGOA</b> <b>PERU</b>	<b>Servicio de Mantenimiento en L- 5034</b> <b>Limpieza manual de aisladores</b>	Código: IT-03/0000-MAT-01
		Versión: 00
		Fecha:14/03/2016

caso de los cadenas de aisladores, utilizará trapo arpillero para la limpieza de la superficie interna y externa de los aisladores de vidrio.

- Culminado el trabajo, el personal liniero descenderá de la estructura de la misma manera como hizo su ingreso, y se ubicará en los lugares indicados para ser recogidos por la movilidad respectiva.

### 3.3. Actividades Finales

- Desmontar la soga de servicio y polea de servicio.
- Retiro de las tierras temporarias unipolares
- Realizar el orden, limpieza y recojo de los residuos generados por las actividades de cada estructura, los cuales se depositarán temporalmente en bolsas de colores.
- Al finalizar la actividad, el Supervisor a cargo del servicio se comunicará con el Supervisor de Omega, para informar del término y se proceda con el cierre del permiso de trabajo.

### 3.4. Seguridad:

- El asistir y registrarse en la charla de cinco minutos es obligatorio para todo el personal que participará de las actividades.
- No se empezarán las actividades si los documentos de registros (charla de cinco minutos, AST, check list de equipos y herramientas, permiso de trabajo y otros) han sido visado por los responsables.
- El uso de Epp es obligatorio durante la jornada de trabajo.
- El personal no deberá tener duda alguna en la realización de los trabajos.
- No se ejecutará ningún trabajo que atente contra la integridad física de los participantes.
- El uso de arnés con línea de vida es obligatorio para la realización de ascenso y realizar trabajos en altura.
- En el ascenso a la estructura el operario permanecerá anclado a la estructura con la línea de vida o rope graff.
- El operario una vez que se ha posicionado para realizar los trabajos deberá estar anclado con su estrobo en los anillos laterales de su arnés más la línea de anclaje dorsal.
- En caso que se utilice bloque retráctil, el bloque deberá estar asegurado fijamente a la estructura y el gancho limitador de desplazamiento al anillo dorsal del arnés del operario.
- Todo incidente, acto o condición subestandar de materiales equipos y herramientas o del lugar de trabajo deberá se reportado de inmediato al responsable de SST.
- La demarcación y Señalización del Área de trabajo es obligatoria
- Deberá dejarse en todo momento las vías de acceso libres para acudir ante cualquier emergencia.
- La dotación de agua debe ser permanente.
- En caso de accidente evacuar inmediatamente al accidentado al centro de Salud Médica más cercano.
- Mantener el orden y la limpieza en todo momento.
- Mantener en el área de trabajo un botiquín y extintor.
- Actuar de inmediato ante cualquier derrame de hidrocarburo y evacuar los residuos contaminados en el recipiente correspondiente.
- Al final de la jornada se evacuará los residuos generados durante la actividad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 <b>ABENGOA PERU</b> Juan Vivanco Sueldo Coordinador de Proyectos	

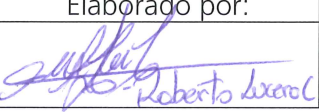
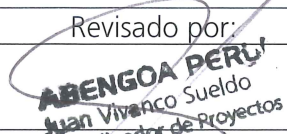
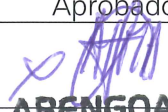
**ABENGOA PERU**  
Alfredo Tello Salazar  
Gerente de Proyecto

<b>ABENGOA</b> <b>PERU</b>	<b>Servicio de Mantenimiento en L- 5034</b> <b>Limpieza manual de aisladores</b>	Código: IT-03/0000-MAT-01
		Versión: 00
		Fecha: 14/03/2016

### 3.5. Medio Ambiente:

De acuerdo a las actividades a realizar se han identificado los siguientes aspectos e impactos ambientales:

Sub – procesos / Actividades	Aspectos Ambiental	Aspectos Ambientales relacionado con	Impacto Ambiental	Controles Asociado
Movilización personal	Efluentes	Derrames de lubricantes / combustible de vehículos.	Contaminación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vehículos con mantenimiento preventivo.</li> <li>✓ Verificación preventiva del vehículo antes de utilizarlo.</li> <li>✓ Charla de 5 minutos en manejo de materiales peligrosos</li> <li>✓ Kit anti derrames para caso de emergencia.</li> </ul>
	Consumo de recursos naturales	Consumo de combustible de vehículos para el transporte de personal.	Agotamiento del recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Priorizar el consumo de biodiesel.</li> </ul>
	Emisiones a la atmósfera	Generación de gases, partículas por combustión vehicular y ruido	Contaminación del aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar vehículo con revisión técnica vigente.</li> <li>✓ Uso de bocinas sólo en caso de emergencias.</li> </ul>
Limpieza de aisladores	Generación de residuos sólidos	Uso de trapos arpilleros industriales	Contaminación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Segregar los trapos industriales utilizados en bolsas de color negro para su posterior almacenamiento temporal.</li> <li>✓ Disponer las bolsas de residuos en el almacén temporal de residuos correctamente señalizados.</li> </ul>
	Ocupación del suelo	Utilización de suelo para iniciar las maniobras	Alteración de suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limitar estrictamente el trabajo en el área de servidumbre y sin dañar los recursos naturales.</li> <li>✓ Al finalizar la actividad dejar el área limpia (sin residuos).</li> </ul>
Actividades Generales	Consumo de recursos naturales	Generación de residuos solidos	Contaminación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los residuos de plástico serán segregados en bolsas de color blanco para su posterior disposición en un almacén de acopio temporal.</li> <li>✓ Los residuos de envases de alimentos serán segregados en bolsas de color negro para su posterior disposición en un almacén de acopio temporal.</li> </ul>

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lora	 <b>ABENGOA PERU</b> Juan Vivanco Sueldo Coordinador de Proyectos	 <b>ABENGOA PERU</b> Alfredo Tello Salazar Gerente de Proyecto

<b>ABENGOA</b> <b>PERU</b>	<b>Servicio de Mantenimiento en L- 5034</b> <b>Limpieza manual de aisladores</b>	Código: IT-03/0000-MAT-01
		Versión: 00
		Fecha:14/03/2016

#### 4. Funciones y responsabilidades.

##### Supervisor Responsable

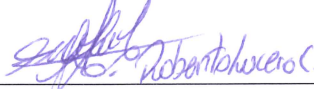
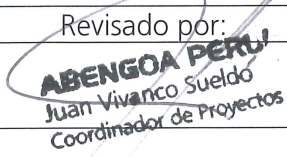
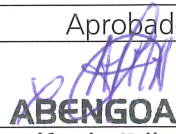
- Responsable de establecer la obligatoriedad del cumplimiento de este procedimiento,
- Asignando las responsabilidades que corresponde a los diferentes cargos durante la planificación y ejecución de la actividad
- Responsable de liderar los planes de emergencia (Preside el Comité de Seguridad).
- Participar activamente en la difusión del instructivo de trabajo a todo el personal que participará en el servicio.
- Cumplir los estándares establecidos referentes a construcción, productividad, seguridad y salud en el trabajo, calidad y medio ambiente.
- Comunicación con el Supervisor de Omega y el Centro de Control, para para la apertura y cierre del permiso de trabajo.

##### Supervisor de Cuadrilla

- Seleccionar, verificar las herramientas y equipos a usar en el trabajo.
- Seleccionar y definir el personal que intervendrá en cada punto de trabajo de acuerdo a su especialidad y experiencia.
- Apoyar y participar activamente en la difusión del instructivo de trabajo al personal que participará.
- Evaluar las condiciones del área e identificar los peligros en la zona de trabajo, realizar el control técnico y los controles de seguridad y salud en el trabajo, en caso exista riesgo inminente deberá paralizar los trabajos.
- Revisar y firmar los AST, PETAR, Check list de equipos y protocolos de calidad previo al inicio de las actividades a ejecutar.
- Dirigir la actividad de acuerdo al instructivo aprobado.
- Comunicar al personal técnico liniero que interviene en el servicio e instrucciones de campo, asimismo informar o comunicar al coordinador de la maniobra algún cambio o evento que pueda surgir durante la realización de los trabajos.
- Ordenar al personal técnico liniero que realice orden y limpieza en el área de trabajo durante y después de la actividad.

##### Supervisor de SST

- Apoyar y participar activamente en la difusión del instructivo de trabajo al personal que participará.
- Hacer cumplir el estándar para realizar trabajos en altura y los estándares de seguridad.
- Paralizar las actividades en caso las condiciones de trabajos atenten contra la integridad física, la salud o la seguridad del trabajador.
- Supervisar las actividades antes, durante y después de acuerdo a lo establecido en el presente instructivo, la misma que están de acuerdo a los estándares de seguridad vigente.
- Verificar el registro de capacitación y difusión del instructivo de trabajo.
- Velar por la seguridad y salud en el trabajo del personal que realizara la maniobra, mediante la verificación de las condiciones del área de trabajo AST y PETAR.
- Verificar el correcto llenado de los check list de los equipos y herramientas previo a la ejecución de la actividad.
- Verificar el correcto llenado del check list de los equipos de seguridad.
- Verificar el correcto llenado del formato de inspección de los equipos de protección personal EPPs.
- Capacitar y entrenar al personal en la aplicación de los estándares de seguridad vigentes específicamente los indicadores en el presente instructivo.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lacerda	 <b>ABENGOA PERU</b> Juan Vivanco Sueldo Coordinador de Proyectos	 <b>ABENGOA PERU</b> Alfredo Tello Salazar Gerente de Proyecto



<b>ABENGOA</b> <b>PERU</b>	<b>Servicio de Mantenimiento en L- 5034</b> <b>Limpieza manual de aisladores</b>	Código: IT-03/0000-MAT-01
		Versión: 00
		Fecha: 14/03/2016

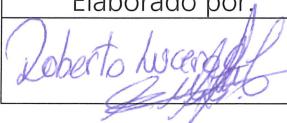
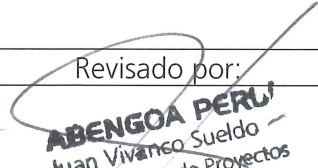
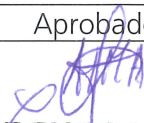
- El no cumplimiento del presente instructivo, estándares de SST y las normas legales, generará la paralización de trabajos hasta implementar los controles necesarios del riesgo inminente.
- Deberá constatar que se tenga la autorización por parte del Supervisor de Omega, antes de iniciar los trabajos.

#### Técnicos Linieros

- Usar y verificar correctamente los equipos de protección personal (casco, lentes, guantes, arneses, zapatos, tapones auditivos), llenando los check list de preuso establecidos.
- Revisar y verificar que los equipos y herramientas para el trabajo se encuentren en óptimas condiciones de operación.
- Seguir las instrucciones del Supervisor de Cuadrilla antes, durante y después de la actividad.
- Ejecutar el trabajo de acuerdo al instructivo aprobado.
- Comunicar al Supervisor de Cuadrilla algún cambio o evento que pueda surgir durante la realización de los trabajos.
- No realizar trabajos que atenten contra su integridad física, salud o su seguridad.
- Cumplir con los estándares establecidos referentes a construcción, productividad, seguridad y salud en el trabajo, calidad y medio ambiente.


#### 5. Anexos.

- Listado de torres del servicio de mantenimiento.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 <b>ABENGOA PERU</b> Juan Vivanco Sueldo Coordinador de Proyectos	 <b>ABENGOA PERU</b> Alfredo Tello Salazar Gerente de Proyecto

## **ANEXO 03**

### **MANTENIMIENTO HIDROLAVADO**

	<b>INSTRUCTIVO</b>		Código Doc.: VCN-O-152
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS EN 500kV</b>		Vigencia: 05/06/2015
			Revisión: 8
		Página 1 de 15	
ELABORADO POR.	REVISADO POR.	APROBADO POR	
Dpto. de Seguridad.	Dennis Martínez I.	Néstor Vicente Carrera.	

## 1. OBJETIVO.

Establecer las instrucciones para efectuar la limpieza de aisladores contaminados en torres de suspensión y anclaje y mantener el nivel de aislamiento nominal de la línea de transmisión.

## 2. ALCANCE.

Líneas de transmisión de 500 kV sistema de transmisión eléctrica.

## 3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- R.M. 111-2013 MEM/DM -Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad-2013.
- DS 005-2012 Reglamento de la Ley 29783 Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Estándar ES-02/0000-09-V08 "Trabajo en Altura"
- Normas de Seguridad para Trabajar en Equipos de Alta Tensión Energizados- UNDER FIRE- ELECTRIC.
- Código Nacional de Electricidad – Suministro edición 2011.
- IEEE Std 516 – 2001 "IEEE Guide for Maintenance Methods on Energized Power Lines"
- Plan de Trabajo

## 4. DEFINICIONES.

**4.1 Contaminación:** Esta conformada por los depósitos de las sales marinas y aquellas que provienen del suelo desértico en la región costera. En las zonas urbanas se agrega el ensuciamiento que ocasionan el tráfico vehicular, las Industrias y en las zonas agrícolas la contaminación por movimiento de tierra de los cultivos. Todos estos tipos de depósitos más la acción de la humedad alteran las características dieléctricas nominales de los aisladores de las líneas de transmisión y subestaciones.

Un indicativo de la necesidad del mantenimiento del aislamiento es la presencia de efluvios, que se aprecia en la inspección nocturna, entre las 1 a.m. a 4 a.m. cuando las condiciones de humedad son críticas.

**4.2. Niveles de Contaminación:** Los niveles de contaminación se obtienen de los criterios adoptados por el cliente para la evaluación de efluvios en aisladores, esta evaluación se hace a través de una inspección nocturna de los aisladores en condiciones de humedad.

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 2 de 15

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE EFLUVIOS EN AISLADORES

NIVEL DE EFLUVIOS	DESCRIPCIÓN
<b>1</b>	Puntos de ionización (descargas) de color azulino sobre la parte inferior del primer aislador, cerca al pin y/o próximo al conductor.
<b>2</b>	Puntos de ionización de más de un aislador de color azulino/naranja sobre la cadena de aislador.
<b>3</b>	Puntos de ionización a lo largo de toda la cadena de aisladores sin descargas parciales, color Azulino/naranja.
<b>4</b>	Descargas parciales fugaces entre sectores, de color naranja.
<b>5</b>	Descarga eléctrica total (Flash Over) color naranja lo largo de toda la cadena.

El lavado, limpieza o renovación de silicona debe programarse cuando está en nivel 4.

**4.3 Distancia de trabajo:** Distancia mínima que debe estar la boquilla de la pistola al conductor., en zonas que están a una altitud por debajo de 1000 msnm.

NIVEL DE TENSION kV	DISTANCIA MINIMA DE TRABAJO m
500	6.0

Fuente: CNE

Para zonas que están por encima de los 1000 msnm se deben corregir por lo establecido en el Código Nacional de Electricidad.

**4.4 Agua:** El agua a emplearse debe estar desmineralizada, se debe verificar su resistividad en forma diaria antes de empezar la jornada de trabajo.

Se debe usar un equipo de lavado que proporcione la presión suficiente al agua tratada para eliminar los contaminantes.

La presión del agua y la resistividad mínima del agua tratada se muestra en el siguiente cuadro:

**En Líneas de Transmisión**

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 3 de 15

TENSION KV	PRESION AGUA Psi	RESISTIVIDAD Ohm-Cm A 25°C	CONDUCTIVIDAD μSiemens-Cm A 25°C	VOLUMEN POR CADENA ( litros)
500	550-800	>= 3000	< 333	150-200

Fuente: Norma IEEE Std 516 – 2001

Tener presente la resistividad del agua disminuye con el aumento de la temperatura, por lo tanto, cada vez que se llene agua al tanque del vehículo de lavado debe comprobarse su resistividad, con el equipo a utilizarse será el medidor de conductividad portati, la medición de la resistividad del Agua debe registro en el registro establecido para tal fin. Así mismo los equipos utilizados para la medición deberán ser calibrados.

Tener en cuenta que la caída de presión en una manguera de 70 m y ¾ pasando por el carrete, manguera, conexiones y la pistola es aproximadamente de 300 psi para una caudal de 100 l/min.

**4.5 Equipos ó líneas energizadas.** Son todos los elementos de un circuito eléctrico que no están cortocircuitados y conectados a tierra.

**4.6 Trabajos en líneas ó equipos energizados.** Generalmente conocidos como trabajo en línea viva, que son intervenidos por métodos normalizados.

**4.7 Distancia de seguridad mínima admisible para trabajo a distancia**  
Corresponde a la distancia desde cualquier parte del cuerpo del trabajador a puntos energizados ó el largo de la herramienta adecuada (pértiga, manguera, etc.) desde el punto energizado y sus manos.

## 5. RESPONSABILIDAD.

**Supervisores de Trabajo:** Es responsable de la correcta ejecución del trabajo así como de la seguridad del grupo que se encuentra a su cargo.

**Supervisor de Seguridad:** Es responsable específico de la seguridad del grupo que se encuentra bajo su cargo. Velar por que la documentación referida a la gestión SSOMAC

**Responsables Técnicos (RT):** Son responsables de la coordinación de los trabajos y de la calidad de la ejecución, así como de los alcances. Cuya función es la correcta planificación de la Actividad.

**Operarios participantes en la actividad:** Son responsables de cumplir con los trabajos encomendados, según el procedimiento y de velar por su propia seguridad.

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 4 de 15

## 6. AMENAZAS PRESENTES.

<b>SEGURIDAD.</b>	<b>MEDIO AMBIENTE.</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Caídas a desnivel.</li> <li>2. Golpes y cortes.</li> <li>3. Accidente vial.</li> <li>4. Caída al mismo nivel.</li> <li>5. Polvo.</li> <li>6. Electrocutación.</li> <li>7. Mutilación. (Explosión).</li> <li>8. Golpes. (Agresiones sociales).</li> <li>9. Atentado terrorista.</li> <li>10. Mutilación. (Presencia de minas).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generación de residuos sólidos.</li> <li>2. Emisión de Polvo.</li> </ol>

## 7. ACTIVIDADES PREVIAS.

- Realizar la charla de 5 minutos antes de iniciar las labores y registrarla.
- Realizar la identificación de peligros, evaluación de riesgos y establecer las medidas preventivas para controlar los riesgos identificados, quedando registrada en el formato establecido "AST".
- Asegurar que todo el personal participante cuente con sus equipos de protección personal en buen estado y adecuados a las tareas a realizar.
- Todo trabajador que vaya a realizar trabajos en altura deberá realizar una inspección de pre uso de su equipo de protección para trabajos en altura, la que quedará registrada en el formato entregado, esta inspección debe realizarse todos los días previo al inicio de sus actividades.
- Inspección de pre-uso del "equipo de lavado de aisladores"
- Conocer y repasar el presente Instructivo de Trabajo.
- Inspeccionar el área de trabajo, verificar la operatividad de las herramientas y equipos de trabajo a utilizar antes del inicio de sus actividades.
- Verificar que el "equipo de lavado de aisladores" sea homologado y se encuentre en perfecto estado operativo.
- Contar con el "Permiso para Trabajo en Altura" debidamente autorizado y firmado por Capataz, Supervisor y el Area de SST.

## 8. DESARROLLO DE LA INSTRUCCIÓN.

- 8.1** Solamente ejecutarán trabajos en circuitos energizados aquellos trabajadores que estén debidamente capacitados, entrenados y cuenten con la autorización vigente, previo cumplimiento del perfil ocupacional.
- 8.2** Para la ejecución segura y eficiente de trabajos en línea viva, se requiere, se requiere personal calificado que incluya dentro de su perfil ocupacional, las siguientes condiciones:

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 5 de 15

- i) Alto grado de habilidad manual, buena coordinación visual y motora, capacidad de concentración, gran sentido de responsabilidad.
- ii) Alta capacidad de trabajo en equipo, que le permita una buena coordinación y sincronización en el trabajo a desarrollar.

**8.3** El supervisor de trabajo solicita el permiso de trabajo.

**8.4** Desarrollar la reunión de seguridad y difundir el análisis de riesgo

**8.5** En caso de trabajar cerca a zonas pobladas se debe delimitar la zona de trabajo con conos o mallas de seguridad.

**8.6** La manguera con la pistola serán izadas por el personal a través de una soga de servicio de ½" mediante una polea de 1Tn, la cual está anclada con una eslinga en la viga de la torre, se debe indicar que el izaje de ser necesario será dentro de la estructura de la torre evitando en todo momento acercarse a zonas con riesgo de inducción, manteniendo las distancias mínimas requeridas.

**8.7** Ubicar la pistola y el equipo de lavado (Motobomba) en la estructura correctamente al perfil de la torre, evaluando las distancias mínimas a mantener; tanto la pistola en la parte superior como la motobomba en la parte inferior deben conectarse correctamente las puestas a tierra a la estructura de la torre; en el caso de los postes de madera la conexión (Puesta a tierra del equipo) se hace en el mismo cable de tierra de la estructura (Poste).

**8.8** En todo el personal que realice el lavado debe estar doblemente asegurado a la estructura y contar con traje impermeable y tapones auditivos.

**8.9** El personal ubicado a pie de torre estará provisto de traje impermeable en caso fuese necesario su uso, no se usaran ponchos impermeable.

**8.10** Tanto en el ascenso como en el descenso el operario o liniero utilizará los 2 ganchos de anclaje.

**8.11** Si la torre es de tipo suspensión, una vez predispuesto la motobomba y la soga servicio y con el Liniero 1 en la primera posición de lavado (Figura 2), en la cadena inferior, se desarrolla la actividad como sigue:

**8.11.1** El operador de la manguera con las que se realiza el lavado debe ser la voz líder para coordinar los movimientos de los

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 6 de 15

chorros durante el lavado del aislamiento y así evitar la posibilidad de flameo en la cadena.

- 8.11.2** Usar banderas en las estructuras cuando se esté lavando para identificar la dirección y fuerza del viento en caso tener el viento a favor se iniciará del caliente al lado frío (Conductor → Estructura), pero caso de tener el viento en contra se iniciará del lado frío al caliente (Estructura → Conductor). El liniero deberá comprobar la velocidad del viento anemómetros, según la referencia que le brinde los banderines.
- 8.11.3** Como medida preventiva de seguridad los operadores y los auxiliares de manguera no deben tocar al cable de puesta a tierra ni tocar el camión durante el lavado, por lo cual las tierras contarán con una cinta o banderín de advertencia para alertar al operario de no tocar el cable.
- 8.11.4** El jefe de trabajos debe recordar permanentemente a los operarios en la reunión preliminar y durante el lavado, la metodología de limpieza de acuerdo con los tipos de cadena de aisladores que se van a lavar y los parámetros a controlar, pues el lavar todos los días equipos con características similares puede hacer que se incurra en el olvido del procedimiento y en las medidas de seguridad.
- 8.11.5** Como medida de seguridad a implementar: El operador de la manguera debe lavar con botines conductivos.
- 8.11.6** Izar la manguera con la pistola hasta la ubicación del lavador.
- 8.11.7** Conectar con línea de tierra de la pistola y la motobomba a la estructura en forma independiente.
- 8.11.8** Arrancar el equipo de lavado y seguir las instrucciones de operación del equipo motobomba. Posición de inicio de lavado: El Liniero 1 con la pistola hacia abajo con ángulo de 45° (Figura 1) y el operador de motobomba con equipo en funcionamiento realiza una primera prueba al vacío hasta alcanzar la presión requerida.
- 8.11.9** Inicio del lavado de la cadena, con el chorro de arriba hacia abajo, por el lado del conductor (2 primeros platos en 500kV) de allí subir lentamente hacia último aislador lado de la estructura y dar una vuelta de regreso según sea el nivel de contaminación, repetir una pasada adicional o los que se requiera.
- 8.11.10** Luego el Liniero 1 sube a la segunda posición repitiéndose los pasos anteriores (Se recomienda lavar fase por fase)(Figura 3).



	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 7 de 15

Las torres que cuenten con cadenas en V para la fase media se lavaran únicamente de la segunda posición.

**8.11.11** Una vez culminado las cadenas se quita la puesta a tierra de la pistola, se baja la manguera, la soga de servicio, polea y luego descenderá el Liniero 1.

**8.11.12** Verificar el agua consumida en la motobomba para que si fuera necesario, reabastecerse del remolque antes de iniciar el lavado de la siguiente torre.

**8.11.13** Se quitan las puestas a tierra de la motobomba.

**8.12** Si la torre es tipo anclaje, se ejecutaran de la siguiente manera:

**8.12.1** Para lavar las cadenas de aisladores en las estructuras tipo anclaje y en V es necesario hacerlo desde la viga, para esto es necesario utilizar la línea de vida y el uso cintas y mosquetones de manera que con la línea de vida y las cintas amarradas a esta la manguera quede asegurada para evitar que exista posibilidad de acercamiento a las partes energizadas.



Instalación de LV y aseguramiento de la manguera a esta.

La línea de vida permite también darle seguridad al ejecutor ante posibles caídas en altura, lavar las cadenas adecuadamente (mayor efectividad del lavado) y desde un solo punto (puente de la viga) se pueden lavar todas las fases, por lo que se disminuye el tiempo de lavado debido a que se evita que el operador ascienda y descienda de la estructura varias veces como se hace convencionalmente.

Esta acción permite mejorar la calidad del lavado del aislamiento aéreo (cadenas de retención y suspensión) debido a que la presión de lavado que impacta el equipo es similar a la de salida del chorro (550 a 700 psi) lo que no acontece si se efectúa el lavado con el chorro desde la parte inferior.



	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 8 de 15

Lavado cadena anclaje y V

**8.12.2** Como medida preventiva de seguridad los operadores y los auxiliares de manguera no deben tocar al cable de puesta a tierra ni tocar el camión durante el lavado.

**8.12.3** El transporte del agua dieléctrica desde los laboratorios hasta los sitios de trabajo representa un alto impacto en la evaluación de los costos del lavado energizado. Se recomienda la adquisición de un equipo de lavado con desmineralizador de agua lo que evitará los sobrecostos por transporte del líquido.

**8.13** Luego de concluir con las estructuras asignadas, el Supervisor de Trabajo procederá con la cancelación del permiso para trabajar.

## 9. REGISTROS.

- Permiso para trabajar en Subestaciones.
- Permiso para trabajar en Líneas de Transmisión.
- Acta de Seguridad e Instrucciones de Trabajo.
- Registro de charla de 5 Minutos
- **Registro de elaboración de AST**
- Registro de difusión de Estándar ES-02/0000-09- V08"Trabajo en Altura"
- Registros de inspección de pre-uso de arnés de seguridad y líneas de vida
- Permiso para trabajo en altura
- Registro de Medición de Resistividad y/o conductividad de agua desmineralizada

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 9 de 15

## 10. ANEXOS.

### ANEXO I.

#### CONDICIONES GENERALES.

1. Aplicación del Régimen Especial de Operación para Trabajos con Tensión. Inhabilitación de recierre.
2. Ausencia de lluvias, descargas atmosféricas, oscuridad y vientos fuertes superiores a 35 Km/h, por lo cual se debe contar con un anemómetro para la medición del viento.
3. Se considera la humedad relativa del aire para trabajos de hidrolavado en caliente menores al 90%

### ANEXO II.

#### EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MATERIALES E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD.

##### 1. Equipos:

Equipo de lavado compuesto por:

- Motobomba de agua de 80 hp accionada con motor a gasolina ó petróleo diesel con una presión de descarga de 1000 psi caudal de 150 l/min y 01 Línea de Tierra para motobomba, cable de cobre flexible, aislado de 35 mm por 20 mΦ de longitud para conexión del equipo de la motobomba al perfil de la torre (en caso de poste de madera conecta al conductor de bajada a tierra).
- Motobomba de trasiego de 5 hp accionada por motor a gasolina, con manguera de succión de 2" y descarga de 2" de diámetro.
- 02 Mangueras de alta presión para 1000 psi, longitud de 70 m y diámetro de 3/4" y con acoples rápidos. Pistola de lavado, de acero inoxidable con boquillas de diseño especial de 1/4" de diámetro de orificio y 01 Línea de Tierra para pistola de lavado, cableado de cobre flexible, aislado de 16 mmΦ por 4 m de longitud con grampa tipo mordaza que une la pistola y el perfil de la torre (en caso de poste de madera une la pistola al conductor de bajada a tierra).
- Medidor de resistividad o conductividad (Escala Ohm – cm o siemens - cm).
- Remolque, que consta de una carreta de cuatro llantas con su respectivo sistema eléctrico y freno de aire (para acoplar al camión todo terreno) con tanque de 4000 l de fibra de vidrio

##### 2. Herramientas:

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 10 de 15

- Polea de acero con gancho giratorio de 500 kg.
- Soga de servicio tipo driza de nylon de 80 m x 5/8".
- Pico.
- Palas.
- Binocular.

### 3. Materiales:










- Agua para un promedio de 60 cadenas de aisladores.

### 4. Vehículos:

- Camioneta 4 x 4 ó
- 01 Camión todo terreno dependiendo del tipo de suelo

### 5. Implementos de seguridad:

#### 5.1 Implementos personales.

Símbolo	Descripción
	Arnés de seguridad con estrobo y línea de vida.
	Guantes de badana, guantes de palma de caucho o guantes de hilo con punta de PVC.
	Guantes dieléctricos con aislamiento mínimo de 17 kV.
	Zapatos de seguridad
	Traje de lavado conductivo (polo camisa, pantalón).
	Casco de seguridad y barbiquejo.
	Lentes de seguridad
	Protectores auditivos
	Mascarillas de polvo.

#### 5.2 Implementos para casos de emergencia.

- 01 Camilla por brigada.
- 01 Botiquín de primeros auxilios por brigada.
- Camioneta 4x4 para evacuación.

#### 5.3 Comunicación.

- 01 Radio portátil por brigada.
- 01 Telefono celular o telefono satelital.

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 11 de 15

## ANEXO 2

### FIGURAS DE LAVADO EN ESTRUCTURAS TIPO ATIRANTADA



Figura 1: Posición de arranque de Pistola 45° hacia abajo



Figura 2: Primera Posición de Lavado, personal se ubica por debajo del aislador que se encuentra en la posición más bajo de la cadena de aisladores.



## INSTRUCTIVO

Código Doc.: VCN-I-O-36

### LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV

Vigencia: 05/06/2015

Revisión: 08

Página 12 de 15



Figura 3a: Segunda Posición de lavado, personal se ubica a la altura del punto medio de la cadena de aisladores, a fin de alcanzar el punto más alto de la Cadena .



Figura 3b: Únicamente desde la Segunda Posición de lavado, personal puede lavar las cadenas en V.

### FIGURAS DE LAVADO EN ESTRUCTURAS TIPO AUTOSOPORTADA



Figura 4: Para el lavado de las cadenas verticales el operador se posiciona entre las ventanas superior e inferior de la estructura autosoportada.



**INSTRUCTIVO**  
**LAVADO EN CALIENTE DE**  
**LINEAS 500kV**

Código Doc.: VCN-I-O-36

Vigencia: 05/06/2015

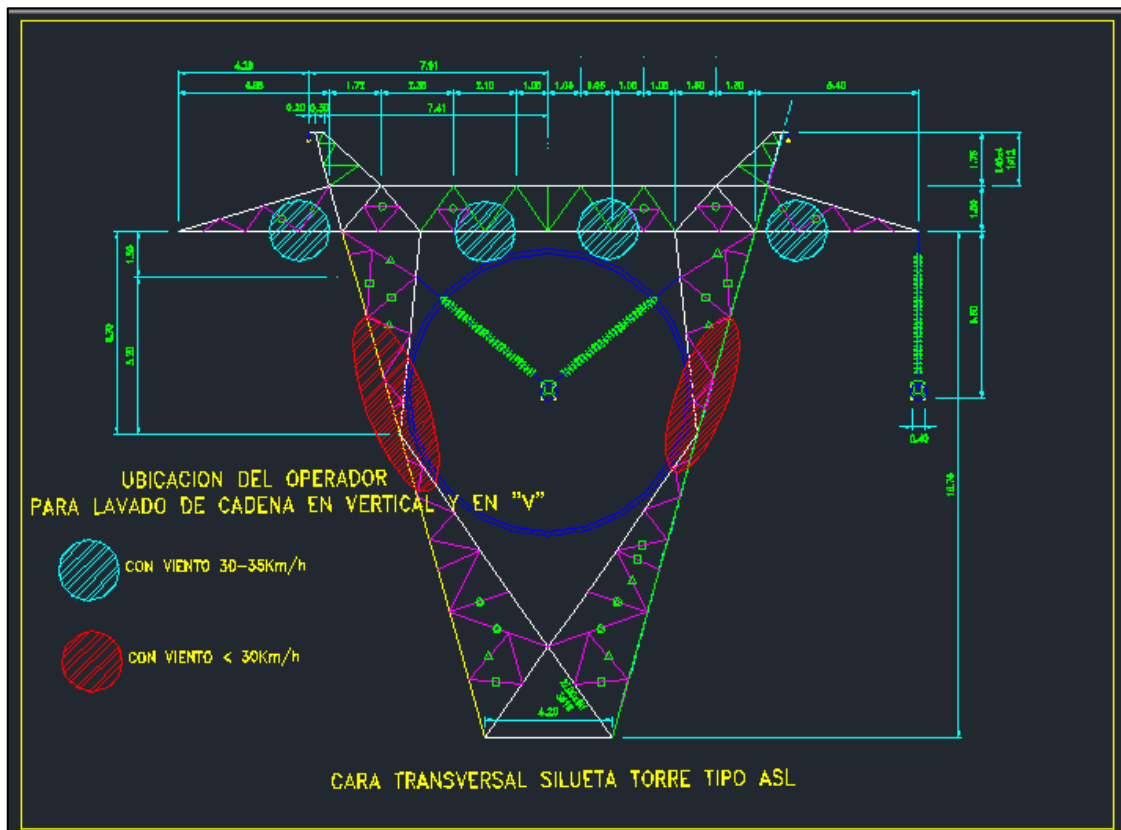
Revisión: 08

Página 13 de 15



Figura 4: Para el lavado de las cadenas en "V" el operador 1 Y2 se posiciona en la zona de la unión entre las ventanas inferiores y superiores de las torres autosoportadas.

**UBICACIONES DEL OPERADOR EN ESTRUCTURA AUTOSOPORTADA**





# INSTRUCTIVO

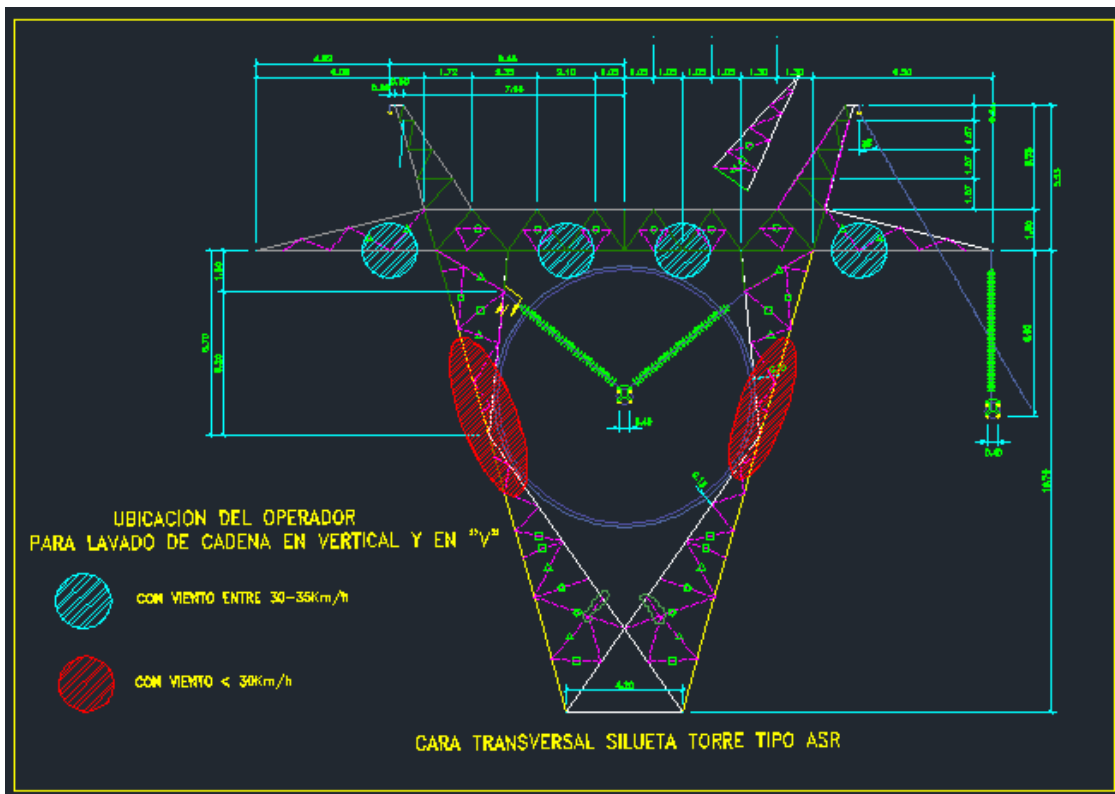
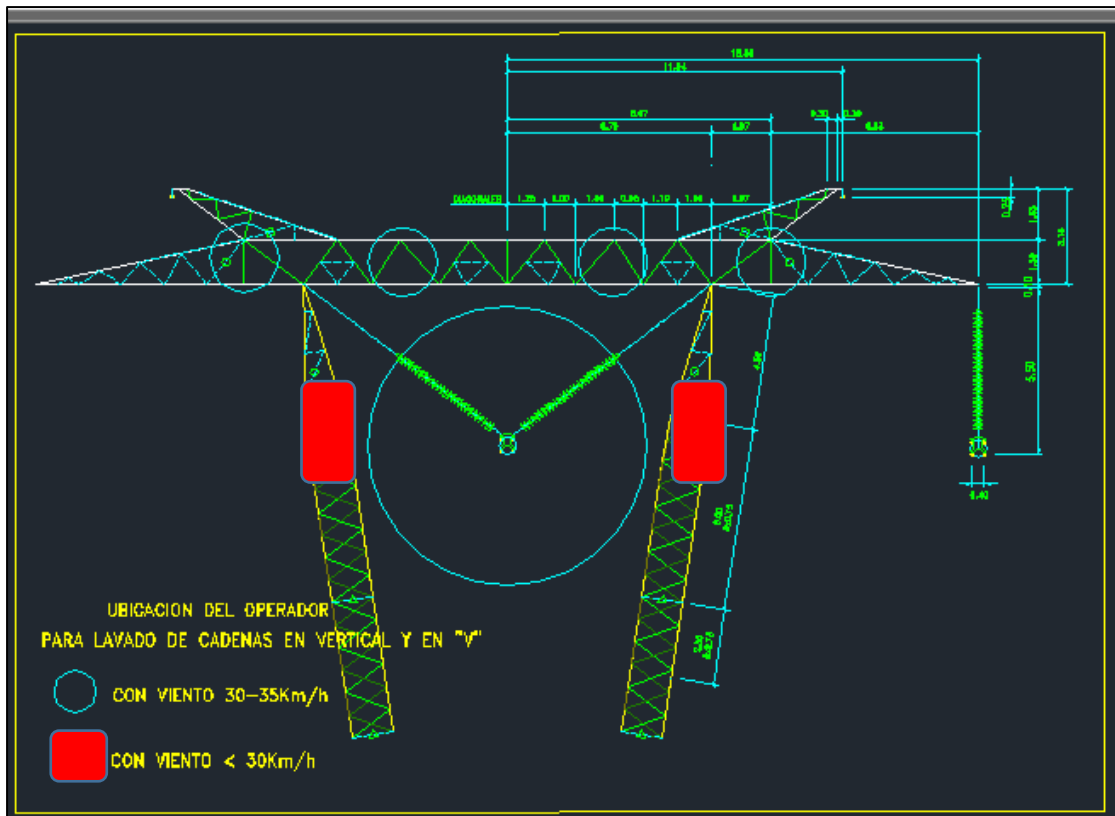
## LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV

Código Doc.: VCN-I-O-36

Vigencia: 05/06/2015

Revisión: 08

Página 14 de 15





	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-36
	<b>LAVADO EN CALIENTE DE LINEAS 500kV</b>	Vigencia: 05/06/2015
		Revisión: 08
		Página 15 de 15

Versiones:

N°	Aprobación	Descripción del Cambio	Vigencia
01	12/02/2010	Se Genero documento	15/12/2009
02	30/12/2010	Se agrego consideraciones en los puntos 7.1,7.3,7.4,7.5,7.6.1,7.6.5,7.6.6 y 7.7	30/12/2010
03	12/11/2013	Se agregó consideraciones en los puntos 4,5,8,9	12/11/2013
04	09/12/2014	Revisión implantación de controles de viento y conductividad	09/12/2014
05	16/12/2014	Se agrego responsabilidades	16/12/2014
06	30/03/2015	Se agrego anexo 2	30/03/2015
07	25/05/2015	Se agregó las zonas de ubicación del operador en las siluetas de las estructuras	25/05/2015
08	05/06/2015	Se toma en consideración en anexo 1 la humedad relativa por debajo del 90%	05/06/2015

## **ANEXO 04**

### **MANTENIMIENTO CAMBIO DE AISLADORES**

**1. Objetivo:**

Establecer la metodología de trabajo para el reemplazo de cadenas de aisladores de vidrio por cadenas de aisladores de vidrio con cubierta de silicona en estructuras de suspensión en las líneas de transmisión de 500kV.

**2. Alcance:**

El alcance del procedimiento del mantenimiento del reemplazo de cadenas de aisladores de vidrio por cadenas de aisladores de vidrio siliconados en línea de transmisión de 500 kV, tiene los siguientes alcances en las siguientes tipos de torres:

- Torre de suspensión (CSL, VSL, ASL, ASR) : 04 cadenas de aisladores.

**3. Abreviatura y definiciones:**

- **CC-ATS:** Centro de Control de ATS
- **Cadenas de aisladores:** Son conjuntos o ensambles de aisladores (vidrio, porcelana o siliconado) y herrajes o ferretería, que se utilizan para sujetar los cables conductores a las estructuras de suspensión y/o de anclaje.
- **Winche:** Equipo de maniobra utilizado para jalar los cables mediante tensión mecánica controlada.
- **Poleas:** Son dispositivos compuestos por una rueda de aluminio maquinada, equipada con rodamientos y seguros.

**4. Documentación de Referencia:**

- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ley N° 29783.
- Reglamento Interno de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de Abengoa Perú.
- AP-02-2140-PL-001 Conjunto de suspensión para conductor ACAR.
- AP-02-2130-PL-001 Geometría de Estructuras




**5. Recursos:****5.1 Recurso Humanos****a. Personal Staff**

<b>Personal Staff</b>
Ingeniero Responsable
Supervisor de Cuadrilla
Supervisor de SST
Administrador/Logístico

**b. Conformación de cuadrilla**

<b>Torre de Suspensión</b>	<b>Cantidad</b>
Operario Liniero	05
Ayudantes	04

<b>Torre de Anclaje</b>	<b>Cantidad</b>
Operario Liniero	06
Ayudantes	07



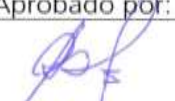
<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez

**5.2 Equipos, Herramientas y Materiales.****a. Equipo de Protección Personal**

<b>EPPs</b>	<b>Unidad</b>
Casco de seguridad con barbiquejo	juego
Lentes de seguridad	unid
Uniforme (camisaco y pantalón)	juego
Zapatos dieléctricos	par
Guantes de towa (algodón con palma de látex)	par
Línea de posicionamiento (1.50 m), doble línea de anclaje y absorbedor de impacto	unid
Arnés de seguridad	unid
Eslinga de polyester amarilla de 3" x 4m.x 4 capas	unid
Eslinga de polyester lila de 1" x 1 m. x 4 capas	unid
Eslinga de polyester verde de 2" x 1.5 m. x 4 capas	unid

**b. Equipos y Herramientas**

<b>Equipos y Herramientas</b>	<b>Unidad</b>
Detector de tensión de 500 kV	unid
Juegos de tierras temporarias unipolar	juego
Pértiga embonable de 5 cuerpos con adaptador	unid
Guante dieléctrico clase 4 con sobreguante	par
Polea de servicio de 1 Tn	unid
Winche hidráulico AMB 207 de 1.5 Tn	unid
Block Retráctil	unid
Escalera de aluminio de suspensión - CSC de 12m.	unid
Escalera de aluminio de anclaje – SCA de 12m.	unid
Teclé de cadena de 3.2 Tn	unid
Ranas tensora para conductor de aluminio Tesmec Mod: MOT 170	unid
Llaves mixtas de M14, M19 y M24	unid
Dado tubular 14, 19 y 24	unid
Palanca ratchet con encastre de 1/2"	unid
Torquímetro de golpe de 10/250 Lbs/pie con encastre de 1/2"	unid
Poleas de maniobra Tesmec Mod: CZA de 3 a 5 ton.	unid
Tirfor de 3 Ton de izado y 5 ton de arrastre	unid

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez

**c. Materiales**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>
Aisladores de vidrio siliconados	unid
Soga de nylon tipo driza de 5/8"	m
Bolsa de herramientas de tipo balde	unid
Cable cordina	m
Frazadas y/o bolsas de plástico	unid

**5.3 Equipos de Comunicación**

<b>Equipos de comunicación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Radio Portátil	08	unid
Equipo móvil (Celular)	02	unid

**5.4 Unidades de Transporte**



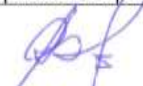
<b>Vehículos</b>	<b>Unidad</b>
Camioneta Pick- Up 4x4 – D/C	unid
Combi de 15 pasajeros	unid
Camión de 6 o 10 Ton	unid

**5.5 Equipos de Implementos de seguridad**

<b>Implementos de seguridad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Camilla	3	unid
Botiquín de primeros auxilios	2	unid

**6. Funciones y responsabilidades:****Supervisor Responsable**

- Responsable de establecer la obligatoriedad del cumplimiento de este procedimiento,
- Asignando las responsabilidades que corresponde a los diferentes cargos durante la planificación y ejecución de la actividad
- Responsable de liderar los planes de emergencia (Preside el Comité de Seguridad).
- Participar activamente en la difusión del instructivo de trabajo a todo el personal que participará en el servicio.
- Cumplir los estándares establecidos referentes a construcción, productividad, seguridad y salud en el trabajo, calidad y medio ambiente.
- Comunicación con el Centro de Control (CC-ATS), para para la apertura y cierre del permiso de trabajo.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez

**Supervisor de Cuadrilla**



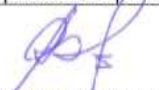
- Seleccionar, verificar las herramientas y equipos a usar en el trabajo.
- Seleccionar y definir el personal que intervendrá en cada punto de trabajo de acuerdo a su especialidad y experiencia.
- Apoyar y participar activamente en la difusión del instructivo de trabajo al personal que participará.
- Evaluar las condiciones del área e identificar los peligros en la zona de trabajo, realizar el control técnico y los controles de seguridad y salud en el trabajo, en caso exista riesgo inminente deberá paralizar los trabajos.
- Revisar y firmar los AST, Check list de equipos, herramientas y EPPs previo al inicio de las actividades a ejecutar.
- Dirigir la actividad de acuerdo al instructivo aprobado.
- Comunicar al personal técnico liniero que interviene en el servicio e instrucciones de campo, asimismo informar o comunicar al coordinador de la maniobra algún cambio o evento que pueda surgir durante la realización de los trabajos.
- Ordenar al personal técnico liniero que realice orden y limpieza en el área de trabajo durante y después de la actividad.

**Supervisor de SST**

- Apoyar y participar activamente en la difusión del instructivo de trabajo al personal que participará.
- Hacer cumplir el estándar para realizar trabajos en altura y los estándares de seguridad.
- Paralizar las actividades en caso las condiciones de trabajos atenten contra la integridad física, la salud o la seguridad del trabajador.
- Supervisar las actividades antes, durante y después de acuerdo a lo establecido en el presente instructivo, la misma que están de acuerdo a los estándares de seguridad vigente.
- Verificar el registro de capacitación y difusión del instructivo de trabajo.
- Velar por la seguridad y salud en el trabajo del personal que realizara la maniobra, mediante la verificación de las condiciones del área de trabajo AST.
- Verificar el correcto llenado de los check list de los equipos y herramientas previo a la ejecución de la actividad.
- Verificar el correcto llenado del check list de los equipos de seguridad.
- Verificar el correcto llenado del formato de inspección de los equipos de protección personal EPPs.
- Capacitar y entrenar al personal en la aplicación de los estándares de seguridad vigentes específicamente los indicadores en el presente instructivo.
- El no cumplimiento del presente instructivo, estándares de SST y las normas legales, generará la paralización de trabajos hasta implementar los controles necesarios del riesgo inminente.
- Deberá constatar que se tenga la autorización por parte del CC-ATS, antes de iniciar los trabajos.

**Técnicos Linieros/Ayudantes**

- Usar y verificar correctamente los equipos de protección personal (casco, lentes, guantes, arneses, zapatos, tapones auditivos), llenando los check list de pre usos establecidos.
- Revisar y verificar que los equipos y herramientas para el trabajo se encuentren en óptimas condiciones de operación.
- Seguir las instrucciones del Supervisor de Cuadrilla antes, durante y después de la actividad.
- Ejecutar el trabajo de acuerdo al instructivo aprobado.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez

- Comunicar al Supervisor de Cuadrilla algún cambio o evento que pueda surgir durante la realización de los trabajos.
- No realizar trabajos que atenten contra su integridad física, salud o su seguridad.
- Cumplir con los estándares establecidos referentes a construcción, productividad, seguridad y salud en el trabajo, calidad y medio ambiente.

## 7. Desarrollo:


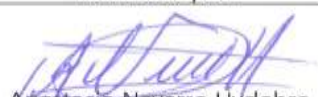
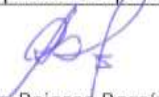
### 7.1 Actividades previas

- Para llevar a cabo los trabajos programados, se debe obtener la confirmación del CC-ATS. El supervisor responsable indicado en la solicitud de permiso, deberá coordinar con el CC-ATS para obtener el permiso de trabajo con lo que se genera un código, el mismo que queda registrado en el sistema de la concesionaria y será registrado antes de iniciar los trabajos.
- El Personal calificado a cargo del servicio, contará con sus respectivas pólizas de SCTR Salud y Pensión y Accidentes Personales.
- El Supervisor Responsable del servicio, deberá realizar la difusión del instructivo de trabajo, a todo el personal antes de empezar los trabajos.
- Se deberá realizar la charla de 5 minutos antes del inicio de las labores y emitirá el registro de todos los participantes.
- Se inspeccionará el área de trabajo y se realizará la identificación de los potenciales peligros, evaluación de riesgos y se establecerán las medidas preventivas para controlar los riesgos identificados, quedando registrada en el formato AST establecido.
- Se revisará minuciosamente las herramientas a utilizar en esta actividad y se registrará el check list correspondiente, se verificará que cada uno de sus accesorios se encuentre en condiciones satisfactorias para realizar el trabajo, si fuera necesario se deberá cambiar algún accesorio que no preste las garantías suficientes para un trabajo eficiente y seguro.
- El Supervisor de Cuadrilla deberá asegurarse que el personal liniero, que participa en el servicio, lleve consigo las herramientas y materiales que utilizará, para evitar pérdidas de tiempo en el traslado.
- Antes de iniciar la actividad el Supervisor de Cuadrilla de la actividad, verificará y hará cumplir que todos los trabajadores firmen toda la documentación establecida (registro de charla e instructivo) y su firma deberá hacerse en el lugar de trabajo una vez que haya constatado que todo está controlado en el área de trabajo, y que la actividad exige, supervisado por el responsable de seguridad.
- El Supervisor de Cuadrilla tendrá en campo toda la información técnica y material que la actividad exija, de esta manera se evitará observaciones o retrasos en el desarrollo de los trabajos.
- El CC-ATS, confirmará la desenergización de la línea y se registrará la autorización, señalando la hora de inicio y la hora de término del servicio programado.
- El supervisor a cargo del servicio, designará al operario liniero para llevar a cabo la verificación con el detector de tensión y la colocación de tierras temporarias en los extremos de la zona de trabajo, la distancia no debe ser mayor a 5 kilómetros, después que se halla comunicado el corte efectivo de energía de la línea por parte del CC-ATS, para proceder con las actividades del ingreso y ascenso del personal a las estructuras previamente definidas para ser intervenida para el cambio de cadenas de aisladores.

### 7.2 Trabajos a realizar

Los trabajos a realizar comprenden las siguientes etapas:

- a. Previo de antes de la maniobra, desmontaje e instalación de cadenas
- b. Etapa 1 – Instalación de Maniobra
- c. Etapa 2 – Desmontaje de Cadenas Existentes
- d. Etapa 3 – Instalación de Cadenas Nuevas

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez

A continuación se describen las actividades relacionadas:

**a. Previo antes de la instalación de la maniobra, desmontaje e instalación de cadenas:**

- Identificar los aisladores y pre-armados sobre el nivel del terreno, usando protección plástica o de tela y cubrirla en su totalidad evitando de esta manera que la silicona de los aisladores sufra daño alguno al momento de su instalación. Debajo de estas, se implementará madera u otros elementos que eviten el contacto con el suelo de modo que se proteja. Asimismo, deberán cumplir con el plano de ensamble de cadena de aisladores de referencia y/o especificaciones por el fabricante.
- Los aisladores para cadenas de suspensión y jumper, así como los accesorios de ensamble serán de 120 kN.
- Los contrapesos se usarán en los ensambles de suspensión cuando sean requeridos.
- La cantidad de aisladores por cadena, estará de acuerdo a las siguientes tablas:

Tipo de Estructura	Cantidad de aisladores
CSL	32 aisladores por cadena
VSL	32 aisladores por cadena
ASL	32 aisladores por cadena
ASR	32 aisladores por cadena

**Tabla No.01 Cantidad de aisladores por estructura**

- La ubicación de pre- arme deberán estar posicionados en dirección y cerca al punto de izaje de las mismas, no se permitirá someterlos a esfuerzos de torsión durante su montaje e instalación.
- Todos los aisladores deberán ser revisados, y de encontrarse fisurados, golpeados, o daños en la silicona deberán apartarse y marcarse de manera indeleble con la leyenda "dañado".
- Las estructuras llevarán cadenas de aisladores, de acuerdo a sus cargas mecánicas (ver tabla No. 02).




Tipo de Estructura	Carga Mecánica
CSL	120 KN.
VSL	120 KN.
ASL	120 KN.
ASR	120 KN.

**Tabla No. 02 Carga de aisladores por tipo de Estructura**

**b. Etapa 1 – Instalación de la maniobra**

Esta etapa consiste en disponer de los equipos, herramientas e instalación de los aparejos de maniobra sobre la estructura suspensión seleccionada para cambio de cadenas:

- Disponer y ubicar el cabrestante (winche) de maniobra: Se instalará un winche de maniobra (1.5 Tn), el mismo se ubicará adecuadamente a efectos de proceder con la maniobra izaje y recupero de las cadenas de aisladores (recomendación la distancia de disposición y/o ubicación del winche deberá ser no menor que la altura media de la

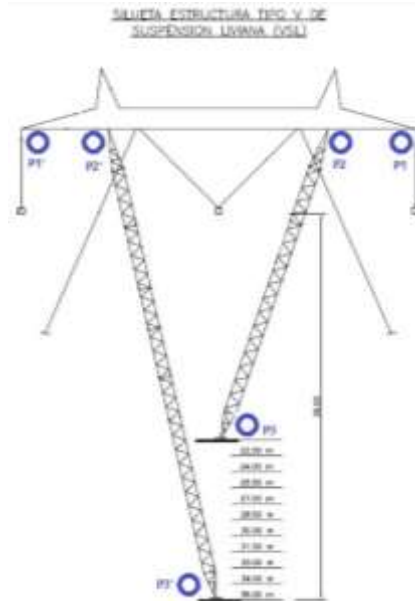
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez



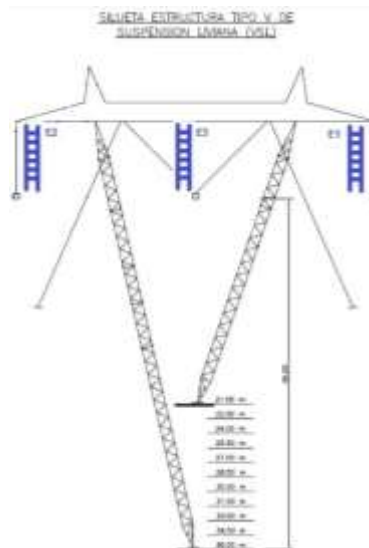
estructura a intervenir). La maniobra de jalado con el winche se realizará con cable cordina (tipo FUX: de 13mm hasta 10mm)

Para la fijación de la posición del winche, este deberá asegurarse a través de la instalación de cáncamos de acero que permita su arrioste y correcta fijación sobre el terreno.

- Instalar sistema de poleas de maniobra: Se instalarán por estructura, un sistema de seis (06) poleas que estarán dispuestas de la siguiente forma: una (01) en la ménsula (P1), una (01) en el cruce de viga con montante (P2) y una (01) en la base de la torre (P3), ver esquema adjunto:



- Instalar escalera y aparejos de maniobra: Se instalarán los dispositivos y herramientas:
  - Escaleras de maniobra: (E1) sobre la ménsula izquierda próxima a la cadena de suspensión en sentido vertical, (E2) sobre la ménsula derecha próxima a la cadena de suspensión en sentido vertical y (E3) sobre la viga media próxima a las cadenas suspensión central, ver esquema:



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez

- Aparejos de maniobra (Teclé de cadena, fajas, eslinga y accesorios): Se instalarán estos elementos en cada punto de liberación de cadena (fijados sobre la estructura: en cadenas centrales sobre la viga y en cadenas laterales sobre las ménsulas), los cuales permitirán liberar de tensión las cadenas de aisladores y asegurar la maniobra de su retiro e instalación de las nuevas cadenas.
- Instalar soga de maniobra: Se instalarán sogas de maniobra (soga de nylon tipo driza de 5/8" y/o cuerda de polietileno para soga de servicio 1/2") en cada punto de liberación de la cadena para el desmontaje, guía (vientos) y recupero de los diversos elementos que se maneja la maniobra.

Todas las actividades de la Etapa 1, con participación de los operarios linieros sobre la estructura se llevarán a cabo teniendo en consideración el uso de bloque retráctil y los demás elementos de sujeción y posicionamiento.

### c. Etapa 2 – Desmontaje de cadenas existentes



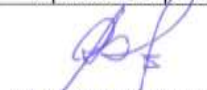
Una vez completado la Etapa 1, se procederá con las actividades para el desmontaje de las cadenas existentes, de la siguiente manera:

- Liberar tensión de las cadenas de aisladores: Esta actividad se realizará a través de la operación del teclé de cadena con la eslinga de maniobra (eslingas de polyester y/o estrobo de acero de 3.5 Tn) instalada hasta liberar la tensión existente de la cadena y el sistema de acoplamiento del conductor (haz de 04 conductores). En las estructuras de suspensión se debe tener en cuenta los dos tipos de configuración de cadenas de aisladores en la estructura:
  - Cadenas de aisladores en configuración lateral: Proceder según la maniobra describe.
  - Cadenas de aisladores en configuración central: Se instalará la maniobra en doble (teclé de cadena instalado sobre la viga central), adicionalmente se instalará un teclé de cadena sobre el yugo de acople de conductores con su faja instalada a la altura del cuarto plato de la extremo inferior de la cadena de aisladores, este último elemento permitirá liberar la tensión de ambas cadenas de esta configuración.
- Desconectar cadena de aisladores de la ferretería de acople al conductor: Una vez liberada la tensión, el operario liniero descenderá por la escalera de maniobra y desconectará la cadena de aisladores de la ferretería de acople de conductor e instalará la respectiva soga de maniobra para su descenso.
- Retirar y descender la cadena de aisladores existente: Desconectada la cadena y sujeta a la sogas de maniobra y arriostre, se procederá a descender la cadena existente a través de maniobra con el equipo de tracción (winche de maniobra) bajo tensión controlada y en coordinación entre el operario liniero ubicada en la estructura y el operador del winche de maniobra hasta el nivel de terreno. Una vez desenganchada la cadena de aisladores y dispuesta en el terreno se procederá a su retiro para disponer su traslado y devolución.

### d. Etapa 3 – Instalación de cadenas nuevas

Una vez completado la Etapa 2, se procederá con las actividades para la instalación de cadenas nuevas (aisladores siliconados), de la siguiente manera:

- Fijar y ascender la cadena de aisladores nueva: Se fijará la cadena de aisladores nueva al cable cordina tipo FUX mediante accesorios, una vez enganchada correctamente se procederá con el izaje de la nueva cadena, a través de la operación bajo tensión controlada con el winche de maniobra, hasta alcanzar el punto de sujeción.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez



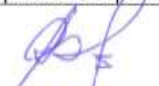
- Conectar la nueva cadena a la ferretería de acople: El operario liniero procederá a recibir el extremo de la cadena de aisladores recientemente izada, para proceder al acople y enganche en su posición final en el extremo superior. Luego se procederá con el acople y enganche del extremo inferior de la nueva cadena de aisladores.
- Fijar en posición final nueva cadena de aisladores: Una vez completados la conexión de ambos extremos de la cadena de aisladores, se procederá con la operación de liberación de tensión del tecele de cadena con la eslinga de maniobra, esta operación se realizará de manera controlada a través del tecele hasta que la cadena instalada quede en posición final y alineada con el dispositivo de acople (yugo de cadena) y el haz de conductores recobre su posición definitiva.
- Retiro de elementos de maniobra: Alcanzada la posición final de la nueva cadena de aisladores se procederá a descubrir la misma de su envoltura de protección, inmediatamente después se procederá al retiro de todos los elementos de la maniobra y descenso de personal que intervino en la estructura.

### 7.3 Actividades Finales.

- Desmontar los equipos utilizados en la maniobra de cambio de aisladores.
- Retiro de las tierras temporarias unipolares.
- Realizar el orden, limpieza y recojo de los residuos generados por las actividades de cada estructura, los cuales se depositarán temporalmente en bolsas de colores.
- Al finalizar la actividad, el Supervisor Responsable del servicio se comunicará con el CC-ATS, para informar del término y se proceda con el cierre del permiso de trabajo.

## 8. Seguridad y Salud en el Trabajo

- El asistir y registrarse en la charla de cinco minutos es obligatorio para todo el personal que participará de las actividades.
- No se empezarán las actividades si los documentos de registros (charla de cinco minutos, AST, check list de equipos y herramientas, permiso de trabajo y otros) han sido visado por los responsables.
- El uso de Epp es obligatorio durante la jornada de trabajo.
- El personal no deberá tener duda alguna en la realización de los trabajos.
- No se ejecutará ningún trabajo que atente contra la integridad física de los participantes.
- El uso de arnés con línea de vida es obligatorio para la realización de ascenso y realizar trabajos en altura.
- En el ascenso a la estructura el operario permanecerá anclado a la estructura con la línea de vida o rope graff.
- El operario una vez que se ha posicionado para realizar los trabajos deberá estar anclado con su estrobo en los anillos laterales de su arnés más la línea de anclaje dorsal.
- En caso que se utilice bloque retráctil, el bloque deberá estar asegurado fijamente a la estructura y el gancho limitador de desplazamiento al anillo dorsal del arnés del operario.
- Todo incidente, acto o condición subestandar de materiales equipos y herramientas o del lugar de trabajo deberá se reportado de inmediato al responsable de SST.
- La demarcación y señalización del Área de trabajo es obligatoria
- Deberá dejarse en todo momento las vías de acceso libres para acudir ante cualquier emergencia.
- La dotación de agua para el personal, debe ser permanente.
- En caso de accidente evacuar inmediatamente al accidentado al centro de Salud Médica más cercano, detallado en el Plan de Contingencias.
- Mantener el orden y la limpieza en todo momento.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez

- Mantener en el área de trabajo un botiquín y extintor.
- Actuar de inmediato ante cualquier derrame de hidrocarburo y evacuar los residuos contaminados en el recipiente correspondiente.
- Al final de la jornada se evacuará los residuos generados durante la actividad, y serán depositados en depósito autorizado.




**9. Medio Ambiente:**

De acuerdo a las actividades a realizar se han identificado los siguientes aspectos e impactos ambientales:

Sub – procesos / Actividades	Aspectos Ambiental	Aspectos Ambientales relacionado con	Impacto Ambiental	Controles Asociado
Movilización personal	Efluentes	Derrames de lubricantes / combustible de vehículos.	Contaminación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vehículos con mantenimiento preventivo.</li> <li>✓ Verificación preventiva del vehículo antes de utilizarlo.</li> <li>✓ Charla de 5 minutos en manejo de materiales peligrosos</li> <li>✓ Kit anti derrames para caso de emergencia.</li> </ul>
	Consumo de recursos naturales	Consumo de combustible de vehículos para el transporte de personal.	Agotamiento del recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Priorizar el consumo de biodiesel.</li> </ul>
	Emisiones a la atmósfera	Generación de gases, partículas por combustión vehicular y ruido	Contaminación del aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizar vehículo con revisión técnica vigente.</li> <li>✓ Uso de bocinas sólo en caso de emergencias.</li> </ul>
Cambio de cadenas de aisladores	Ocupación del suelo	Utilización de suelo para iniciar las maniobras	Alteración de suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limitar estrictamente el trabajo en el área de servidumbre y sin dañar los recursos naturales.</li> <li>✓ Al finalizar la actividad dejar el área limpia (sin residuos).</li> </ul>
Actividades Generales	Consumo de recursos naturales	Generación de residuos solidos	Contaminación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los residuos de plástico serán segregados en bolsas de color blanco para su posterior disposición en un almacén de acopio temporal.</li> <li>✓ Los residuos de envases de alimentos serán segregados en bolsas de color negro para su posterior disposición en un almacén de acopio temporal.</li> </ul>

**10. Anexos.**

- No aplica.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Roberto Lucero Campos	 Anastasio Navarro Uydobro	 Aldo Pajares Ramirez

**ANEXO 05**

**ATS BASE DE FALLAS**

Ítems	Códigos	Línea ó Equipo	Inicio de fecha	Inicio de hora	Fin de fecha	Fin de hora	Duración (hh:mm:ss)	Segundos	Fallo?	Mes	Mes2	Tipo de Interrupción (1)	Causa (2)	Tipo de Falla(3)	Interrupción Suministros	Interrupción Suministros	Afecta	Descripcion(act_protac)	Distancia	Estado	Motivo	MUESTRA	Acciones tomadas	Mantenimiento Correctivo
7	L-5034	Línea	19/01/2014	15:01:30	19/01/2014	16:43:00	1:41:30	6090.00	si	Enero 2014	Enero	Forzada	FP	Condiciones Ambientales	80.00 MW	80.00	si	Falla monofásica "S"	151 km de Poroma	Desconexión	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
20	L-5034	Línea	30/03/2014	05:55:49	30/03/2014	05:55:50	0:00:01	1.00	si	Marzo 2014	Marzo	Forzada	FP	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"	0.24 km de Poroma	Recierre Exitoso	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
23	L-5032	Línea	22/04/2014	03:21:07	22/04/2014	03:21:08	0:00:01	1.00	si	Abril 2014	Abril	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "R"	0.5 km de Chilca	Recierre Exitoso	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
28	L-5032	Línea	29/04/2014	05:27:22	29/04/2014	05:27:23	0:00:01	1.00	si	Abril 2014	Abril	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "S"(79)	1 14.4 km de Chilca	Recierre	Descarga a tierra por humedad.	SI	Mto. Realizó la inspección	Realizado
29	L-5032	Línea	29/04/2014	05:37:48	29/04/2014	05:37:49	0:00:01	1.00	si	Abril 2014	Abril	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "R"(79)	1 14.4 km de Chilca	Recierre	Descarga a tierra por humedad.	SI	Mto. Realizó la inspección	Realizado
30	L-5032	Línea	5/05/2014	19:55:54	5/05/2014	19:55:55	0:00:01	1.00	si	Mayo 2014	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "R"(79)	1 24.7 km de Chilca	Recierre	Descarga a tierra por humedad.	SI	Mto. Realizó la inspección	Realizado
32	L-5036	Línea	12/06/2014	16:05:06	12/06/2014	16:49:00	0:43:54	2634.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	1.72 MW	1.72 MW	si	Sin falla real	-	Desconexión	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
33	L-5032	Línea	17/06/2014	04:48:42	17/06/2014	04:48:43	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "S"(79)	340 Km de Chilca	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
34	L-5032	Línea	17/06/2014	05:54:46	17/06/2014	05:54:47	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"(79)	340 Km de Chilca	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
35	L-5032	Línea	17/06/2014	06:28:09	17/06/2014	06:28:10	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "S"(79)	340 Km de Chilca	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
36	L-5032	Línea	18/06/2014	06:03:58	18/06/2014	06:03:59	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"(79)	0.1 Km de Poroma	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
37	L-5032	Línea	18/06/2014	06:26:35	18/06/2014	06:26:36	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"(79)	0.1 Km de Poroma	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
38	L-5032	Línea	20/06/2014	03:17:57	20/06/2014	03:17:58	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"(79)	340 Km de Chilca	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
39	L-5032	Línea	20/06/2014	03:37:30	20/06/2014	03:37:31	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"(79)	0.1 Km de Poroma	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
40	L-5032	Línea	20/06/2014	05:16:49	20/06/2014	05:16:50	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"(79)	340 Km de Chilca	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
41	L-5032	Línea	20/06/2014	05:16:50	20/06/2014	05:24:00	0:07:10	430.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	257.00 MW	257.00	si	Falla monofásica "T"	340 Km de Chilca	Desconexión	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
42	L-5032	Línea	20/06/2014	05:26:06	20/06/2014	05:26:07	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "S"(79)	0.1 Km de Poroma	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
43	L-5032	Línea	20/06/2014	05:26:07	20/06/2014	05:39:00	0:12:53	773.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	72.00 MW	72.00	si	Falla monofásica "S"	0.1 Km de Poroma	Desconexión	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
44	L-5032	Línea	20/06/2014	06:30:32	20/06/2014	06:30:33	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"(79)	0.1 Km de Poroma	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
45	L-5032	Línea	20/06/2014	06:30:33	20/06/2014	06:30:34	0:00:01	1.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "T"(79)	340 Km de Chilca	Recierre	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
46	L-5032	Línea	20/06/2014	06:32:29	20/06/2014	08:17:00	1:44:31	6271.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	78.00 MW	78.00	si	Falla monofásica "T"	0.1 Km de Poroma	Desconexión	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
47	L-5032	Línea	20/06/2014	06:32:30	20/06/2014	08:17:00	1:44:30	6270.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	14.00 MW	14.00	si	Falla monofásica "T"	340 Km de Chilca	Desconexión	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
48	AUT-5371	Autotransformador	20/06/2014	06:32:30	20/06/2014	08:17:00	1:44:30	6270.00	si	Junio 2014	Junio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	5.52 MW	5.52	si	Falla monofásica "T"	-	Desconexión	Falla de aislamiento por contaminación (efluvios)	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
57	L-5032	Línea	20/07/2014	06:28:43	20/07/2014	06:28:44	0:00:01	1.00	si	Julio 2014	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "S"(79)	134.37 km de Chilca	Recierre	Contaminación de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
58	L-5032	Línea	20/07/2014	06:32:03	20/07/2014	06:32:04	0:00:01	1.00	si	Julio 2014	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Falla monofásica "S"(79)	134.37 km de Chilca	Recierre	Contaminación de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
59	L-5032	Línea	20/07/2014	06:33:10	20/07/2014	12:34:00	6:00:50	21650.00	si	Julio 2014	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	276.00 MW	276.00	si	Diferencial(87L)	134.37 km de Chilca	Desconexión	Contaminación de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
60	REL-5681	Reactor de línea	20/07/2014	06:33:16	20/07/2014	12:34:00	6:00:44	21644.00	si	Julio 2014	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Subtensión en la L-5036(27)	-	Desconexión	Contaminación de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
61	REL-5281	Reactor de línea	20/07/2014	07:13:54	20/07/2014	12:39:00	5:25:06	19506.00	si	Julio 2014	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Sobrecorriente a neutro(51N)	-	Desconexión	Contaminación de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
62	REL-5381	Reactor de línea	20/07/2014	07:13:54	20/07/2014	12:39:00	5:25:06	19506.00	si	Julio 2014	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Sobrecorriente a neutro(51N)	-	Desconexión	Contaminación de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
63	L-5032	Línea	26/07/2014	03:46:35	26/07/2014	03:46:36	0:00:01	1.00	si	Julio 2014	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial(87L)	340 Km de Chilca	Recierre	Contaminación de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
74	L-5034	Línea	12/02/2015	12:59:27	12/02/2015	13:19:00	0:19:33	1173.00	si	Febrero 2015	Febrero	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	105.00 MW	105.00	si	Diferencial(87L)	153 km de Poroma	Desconexión	Fuertes vientos con arena	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
75	L-5034	Línea	12/02/2015	14:30:55	12/02/2015	16:18:00	1:47:05	8425.00	si	Febrero 2015	Febrero	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	114.00 MW	114.00	si	Diferencial(87L)	153 km de Poroma	Desconexión	Fuertes vientos con arena	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
76	L-5034	Línea	23/02/2015	14:35:24	23/02/2015	15:04:00	0:28:36	1716.00	si	Febrero 2015	Febrero	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	178.00 MW	178.00	si	Diferencial(87L)	-	Desconexión	Fuertes vientos con arena	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
80	L-5032	Línea	19/05/2015	21:16:26	19/05/2015	21:16:27	0:00:01	1.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial(87L)	58.99 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
81	L-5032	Línea	19/05/2015	21:19:21	19/05/2015	21:19:22	0:00:01	1.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial(87L)	58.72 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
82	L-5032	Línea	19/05/2015	21:50:38	19/05/2015	21:50:39	0:00:01	1.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial(87L)	58.96 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
83	L-5032	Línea	19/05/2015	22:20:31	19/05/2015	22:20:32	0:00:01	1.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial(87L)	58.29 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
84	L-5032	Línea	19/05/2015	22:29:00	19/05/2015	22:29:01	0:00:01	1.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial(87L)	172.26 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
85	L-5032	Línea	19/05/2015	22:40:16	19/05/2015	22:40:17	0:00:01	1.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial(87L)	172.3 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
86	L-5032	Línea	19/05/2015	22:45:13	19/05/2015	22:45:14	0:00:01	1.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial(87L)	171.31 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
87	L-5032	Línea	19/05/2015	22:46:12	19/05/2015	22:54:13	0:08:01	481.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	316.87 MW	316.87	si	Diferencial(87L)	167.60 km de Chilca	Desconexión	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
89	L-5036	Línea	27/05/2015	05:21:16	27/05/2015	05:27:00	0:05:44	344.00	si	Mayo 2015	Mayo	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial (87L)	208.5 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
91	L-5032	Línea	24/07/2015	04:27:00	24/07/2015	04:27:01	0:00:01	1.00	si	Julio 2015	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial (87L)	310.0 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
92	L-5032	Línea	24/07/2015	07:13:00	24/07/2015	07:13:01	0:00:01	1.00	si	Julio 2015	Julio	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial (87L)	310.0 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
93	L-5036	Línea	9/08/2015	11:07:23	9/08/2015	11:07:24	0:00:01	1.00	si	Agosto 2015	Agosto	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial (87L)	1.39km de S.E. Ocoña	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
94	L-5032	Línea	3/10/2015	03:22:41	3/10/2015	03:22:42	0:00:01	1.00	si	Octubre 2015	Octubre	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial (87L)	310.0 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
95	L-5032	Línea	3/10/2015	04:22:59	3/10/2015	04:23:00	0:00:01	1.00	si	Octubre 2015	Octubre	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	0.00 MW	0.00	no	Diferencial (87L)	310.0 km de Chilca	Recierre	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
96	L-5032	Línea	9/12/2015	12:14:14	9/12/2015	12:27:00	0:12:46	766.00	si	Diciembre 2015	Diciembre	Forzada	FE	Condiciones Ambientales	50.00 MW	50.00	si	Diferencial (87L)	139.23 km de Chilca	Desconexión	Pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores	SI	Mto. Realizó la limpieza	Realizado
97	L-5034	Línea	22/02/2016	16:04:04	22/02/2016	16:04:04	0:00:00	0.00	si	Febrero 2016</														

**ANEXO 06**

ANALISIS FISICO

1. **Nombre del evento** : Control de Contaminación de Aisladores en 163-184
2. **Fecha** : 23/11/2014
3. **Hora Inicio** : 08:00 horas.
4. **Hora Fin** : 16:00 horas.
5. **Equipo** : L-5034
6. **Propietario** : ATS
7. **Objetivo:** Reportar los resultados obtenidos del control de contaminación de aisladores realizado en las torres 163-184

8. **Antecedentes:**  
Informes de inspección termográfica de aisladores.

9. **Trabajos realizados:**  
Se efectuaron las siguientes actividades:

**23/11/2014**

Charla de seguridad.

Aterramiento de la línea para cumplir con la norma de seguridad.

Las muestras se recogieron de la actividad de limpieza de aisladores de vidrio realizada el 23/11/2014, en todos los casos se eligió el primer aislador de vidrio más cercano al conductor.

Con las muestras recogidas, se procede a pesarlas y obtener la relación masa por unidad de área ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) y considerando el área del aislador igual a  $1122.944 \text{ cm}^2$

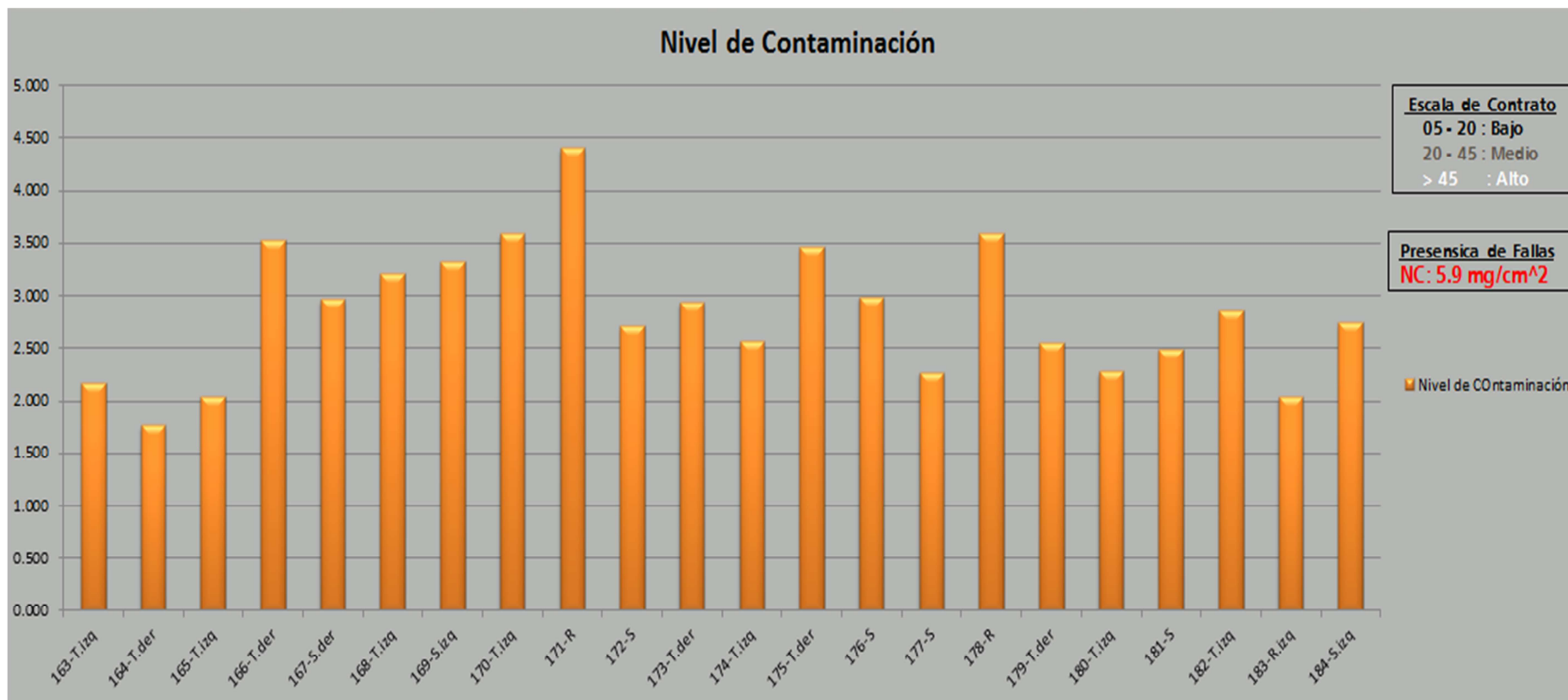
Se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>Control de Contaminación de Aisladores</b>					
<b>Torre</b>	<b>Fase</b>	<b>Peso Bruto (g)</b>	<b>Peso Envoltura (g)</b>	<b>Peso Neto (mg)</b>	<b>Nivel de Contaminación (<math>\text{mg}/\text{cm}^2</math>)</b>
163-R.izq	R - Izquierda	2.713	1.280	1433	1.276
163-R.der	R - Derecha	3.355	1.249	2106	1.875
163-T.izq	T - Izquierda	3.670	1.239	2431	2.165
163-T.der	T - Derecha	3.269	1.242	2027	1.805
163-S.izq	S - Izquierda	3.325	1.221	2104	1.874
163-S.der	S - Derecha	3.049	1.232	1817	1.618
164-R	R	2.889	1.247	1642	1.462
164-T.der	T - Izquierda	3.219	1.240	1979	1.762
164-T.izq	T - Derecha	1.598	1.221	377	0.336
164-S	S	3.187	1.232	1955	1.741
165-R	R	3.154	1.261	1893	1.686
165-T.izq	T - Izquierda	3.519	1.232	2287	2.037
165-T.der	T - Derecha	3.241	1.252	1989	1.771
165-S	S	3.137	1.236	1901	1.693
166-R	R	3.898	1.241	2657	2.366
166-T.izq	T - Izquierda	3.373	1.214	2159	1.923



166-T.der	T - Derecha	5.148	1.194	3954	3.521
166-S	S	3.256	1.223	2033	1.810
167-R.izq	R - Izquierda	3.562	1.209	2353	2.095
167-R.der	R - Derecha	3.202	1.229	1973	1.757
167-T.izq	T - Izquierda	3.174	1.186	1988	1.770
167-T.der	T - Derecha	3.692	1.231	2461	2.192
167-S.izq	S - Izquierda	4.038	1.196	2842	2.531
167-S.der	S - Derecha	4.512	1.193	3319	2.956
168-R	R	3.998	1.200	2798	2.492
168-T.izq	T - Izquierda	4.812	1.222	3590	3.197
168-T.der	T - Derecha	3.070	1.184	1886	1.680
168-S	S	2.923	1.181	1742	1.551
169-R.izq	R - Izquierda	3.367	1.182	2185	1.946
169-R.der	R - Derecha	4.022	1.215	2807	2.500
169-T.izq	T - Izquierda	3.766	1.211	2555	2.275
169-T.der	T - Derecha	4.122	1.224	2898	2.581
169-S.izq	S - Izquierda	4.902	1.182	3720	3.313
169-S.der	S - Derecha	3.659	1.236	2423	2.158
170-R.izq	R - Izquierda	4.062	1.227	2835	2.525
170-R.der	R - Derecha	3.025	1.239	1786	1.590
170-T.izq	T - Izquierda	5.217	1.188	4029	3.588
170-T.der	T - Derecha	4.028	1.234	2794	2.488
170-S.izq	S - Izquierda	3.492	1.205	2287	2.037
170-S.der	S - Derecha	2.662	1.212	1450	1.291
171-R	R	6.253	1.308	4945	4.404
171-T.izq	T - Izquierda	3.296	1.221	2075	1.848
171-T.der	T - Derecha	4.063	1.313	2750	2.449
171-S	S	3.102	1.506	1596	1.421
172-R	R	2.588	1.229	1359	1.210
172-T.izq	T - Izquierda	3.456	1.224	2232	1.988
172-T.der	T - Derecha	2.934	1.237	1697	1.511
172-S	S	4.264	1.229	3035	2.703
173-R	R	3.469	1.235	2234	1.989
173-T.izq	T - Izquierda	2.536	1.235	1301	1.159
173-T.der	T - Derecha	4.496	1.210	3286	2.926
173-S	S	2.348	1.288	1060	0.944
174-R	R	3.565	1.251	2314	2.061
174-T.izq	T - Izquierda	4.122	1.252	2870	2.556
174-T.der	T - Derecha	3.463	1.263	2200	1.959
174-S	S	2.991	1.271	1720	1.532
175-R	R	3.698	1.376	2322	2.068
175-T.izq	T - Izquierda	3.363	1.508	1855	1.652
175-T.der	T - Derecha	5.095	1.210	3885	3.460
175-S	S	3.132	1.366	1766	1.573
176-R	R	2.456	1.233	1223	1.089

176-T.izq	T - Izquierda	3.989	1.235	2754	2.452
176-T.der	T - Derecha	3.426	1.289	2137	1.903
176-S	S	4.585	1.231	3354	2.987
177-R	R	2.595	1.251	1344	1.197
177-T.izq	T - Izquierda	3.464	1.262	2202	1.961
177-T.der	T - Derecha	2.301	1.232	1069	0.952
177-S	S	3.775	1.234	2541	2.263
178-R	R	5.237	1.210	4027	3.586
178-T.izq	T - Izquierda	3.343	1.240	2103	1.873
178-T.der	T - Derecha	3.201	1.214	1987	1.769
178-S	S	2.883	1.244	1639	1.460
179-R.izq	R - Izquierda	3.791	1.226	2565	2.284
179-R.der	R - Derecha	3.154	1.286	1868	1.663
179-T.izq	T - Izquierda	3.488	1.266	2222	1.979
179-T.der	T - Derecha	4.054	1.198	2856	2.543
179-S.izq	S - Izquierda	3.553	1.198	2355	2.097
179-S.der	S - Derecha	3.470	1.236	2234	1.989
180-R	R	3.231	1.239	1992	1.774
180-T.izq	T - Izquierda	3.821	1.273	2548	2.269
180-T.der	T - Derecha	3.466	1.276	2190	1.950
180-S	S	2.899	1.304	1595	1.420
181-R	R	3.251	1.263	1988	1.770
181-T.izq	T - Izquierda	3.333	1.292	2041	1.818
181-T.der	T - Derecha	3.675	1.267	2408	2.144
181-S	S	4.061	1.268	2793	2.487
182-R	R	2.388	1.242	1146	1.021
182-T.izq	T - Izquierda	4.455	1.249	3206	2.855
182-T.der	T - Derecha	3.306	1.238	2068	1.842
182-S	S	3.082	1.235	1847	1.645
183-R.izq	R - Izquierda	3.491	1.214	2277	2.028
183-R.der	R - Derecha	3.103	1.245	1858	1.655
183-T.izq	T - Izquierda	2.644	1.216	1428	1.272
183-T.der	T - Derecha	3.119	1.234	1885	1.679
183-S.izq	S - Izquierda	2.590	1.269	1321	1.176
183-S.der	S - Derecha	2.578	1.247	1331	1.185
184-R.izq	R - Izquierda	3.653	1.254	2399	2.136
184-R.der	R - Derecha	2.368	1.225	1143	1.018
184-T.izq	T - Izquierda	3.726	1.244	2482	2.210
184-T.der	T - Derecha	3.220	1.248	1972	1.756
184-S.izq	S - Izquierda	4.291	1.217	3074	2.737
184-S.der	S - Derecha	3.245	1.255	1990	1.772



En el cuadro se muestran los valores de Nivele de Contaminación más alto por torre limpiada.

**10. Recursos Utilizados:**

Equipos y Herramientas

- 01 camioneta DC 4 x 4
- 01 cámara digital.
- 01 teléfono sistema RPC
- Otros menores

Equipo de limpieza:

- - Un cepillo y/o escobilla
- - Un recipiente plástico (bandeja)

**11. Documentación aplicable:**

Control de Contaminación de Conductores y Aisladores; según el contrato con el MEM.

**12. Incidentes en la Seguridad y Salud en el Trabajo y en el Medio Ambiente:**

No se presentaron incidentes o accidentes durante la ejecución de los trabajos

**13. Conclusiones:**

- Se observó que el aislador más contaminado era el primero, el más cercano al conductor.
- Los aisladores de vidrio limpiados se encuentran con alto grado de contaminación visible.
- De acuerdo a la escala del Nivel de Contaminación (NC) proporcionada por el MEM, la contaminación de los aisladores de vidrio es menor a bajo (Ver anexo 2).

**14. Recomendaciones:**

- Se recomienda crear una propia escala de Nivel de Contaminación (NC) en base a las observaciones de nivel de contaminación realizadas en campo.
- Se recomienda continuar con la limpieza de aisladores de vidrio en la línea L5034.

**15. Anexos:****Anexo 01: Panel Fotográfico**

Muestra de contaminación: Torre 247 Fase S



Pesado de la muestra

**Anexo 02: Niveles de Contaminación**

Nivel de contaminación	Peso (mg/cm <sup>2</sup> )
Bajo	5 – 20
Medio	20 - 45
Alto	> 45

Realizado por : Rubén Ramón  
V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> : Rubén Ramón  
Aprobado por : Guillermo Arancibia

1. **Nombre del evento** : Control de Contaminación de Aisladores en 237-253, 283-286 y 291-301 de L-5032.
2. **Fecha** : 14/09/2014
3. **Hora Inicio** : 08:00 horas.
4. **Hora Fin** : 16:00 horas.
5. **Equipo** : L-5032
6. **Propietario** : ATS
7. **Objetivo:** Reportar los resultados obtenidos del control de contaminación de aisladores realizado en las torres 237-253, 283-286 y 291-301 de L-5032.

8. **Antecedentes:**  
Informes de inspección termográfica de aisladores.

9. **Trabajos realizados:**  
Se efectuaron las siguientes actividades:

**14/09/2014**

Charla de seguridad.

Aterramiento de la línea para cumplir con la norma de seguridad.

Las muestras se recogieron de la actividad de limpieza de aisladores de vidrio realizada el 14/09/2014, en todos los casos se eligió el primer aislador de vidrio más cercano al conductor.

Con las muestras recogidas, se procede a pesarlas y obtener la relación masa por unidad de área ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) y considerando el área del aislador igual a  $1122.944 \text{ cm}^2$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

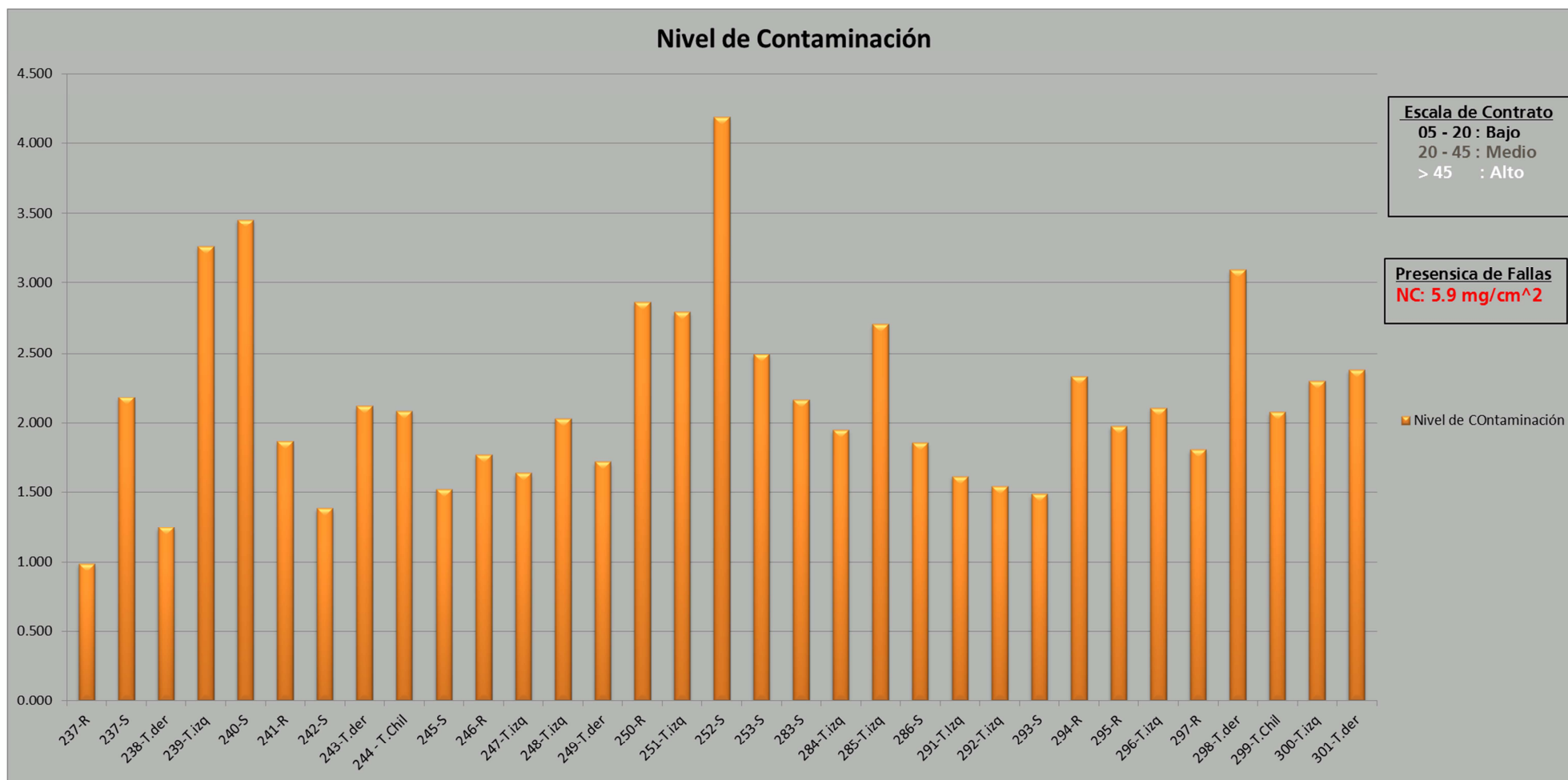
<b>Control de Contaminación de Aisladores</b>					
<b>Torre</b>	<b>Fase</b>	<b>Peso Bruto (g)</b>	<b>Peso Envoltura (g)</b>	<b>Peso Neto (mg)</b>	<b>Nivel de Contaminación (<math>\text{mg}/\text{cm}^2</math>)</b>
237-R	R	3.014	1.906	1108	0.987
237-S	S	4.333	1.885	2448	2.180
237-T.der	T - Der	3.299	1.895	1404	1.250
237-T.izq	T - Izq	3.721	1.883	1838	1.637
238-R	R	2.676	1.370	1306	1.163
238-S	S	2.771	1.399	1372	1.222
238-T.der	T - Derecha	2.757	1.360	1397	1.244
238-T.izq	T - Izquierda	2.766	1.397	1369	1.219
239-R	R	3.467	1.883	1584	1.411
239-S	S	4.709	1.410	3299	2.938
239-T.der	T - Derecha	3.430	1.932	1498	1.334
239-T.izq	T - Izquierda	5.065	1.404	3661	3.260
240-R	R	3.833	1.958	1875	1.670
240-S	S	5.766	1.889	3877	3.453
240-T.der	T - Derecha	3.428	1.941	1487	1.324

240-T.izq	T - Izquierda	4.679	1.446	3233	2.879
241-R	R	4.003	1.913	2090	1.861
241-S	S	2.371	1.446	925	0.824
241-T.der	T - Der	2.862	1.407	1455	1.296
241-T.izq	T - Izq	3.446	1.443	2003	1.784
242-R	R	2.597	1.454	1143	1.018
242-S	S	3.521	1.968	1553	1.383
242-T.der	T - Der	3.270	1.941	1329	1.183
242-T.izq	T - Izq	3.384	2.008	1376	1.225
243-R	R	2.950	1.970	980	0.873
243-S	S	4.047	1.985	2062	1.836
243-T.der	T - Derecha	4.361	1.985	2376	2.116
243-T.izq	T - Izquierda	3.699	1.962	1737	1.547
244 - R.Chil	S	3.443	1.961	1482	1.320
244 - R.Por	R	3.808	1.942	1866	1.662
244 - S.Chil	T - Izquierda	2.991	1.921	1070	0.953
244 - S.Por	T - Derecha	3.345	1.957	1388	1.236
244 - T.Chil	T - Derecha	4.295	1.959	2336	2.080
244 - T.Por	S	3.796	1.962	1834	1.633
245-R	R	3.394	1.984	1410	1.256
245-S	S	3.649	1.943	1706	1.519
245-T.der	T - Derecha	3.489	1.969	1520	1.354
245-T.izq	T - Izquierda	3.355	1.980	1375	1.224
246-R	R	3.918	1.936	1982	1.765
246-S	S	3.752	1.940	1812	1.614
246-T.der	T - Derecha	3.826	1.962	1864	1.660
246-T.izq	T - Izquierda	3.718	1.929	1789	1.593
247-R	R	3.682	1.914	1768	1.574
247-S	S	3.070	1.913	1157	1.030
247-T.der	T - Derecha	3.741	1.906	1835	1.634
247-T.izq	T - Izquierda	3.728	1.890	1838	1.637
248-R	R	4.052	1.932	2120	1.888
248-S	S	4.161	1.883	2278	2.029
248-T.der	T - Derecha	3.713	1.890	1823	1.623
248-T.izq	T - Izquierda	4.139	1.861	2278	2.029
249-R	R	3.536	1.936	1600	1.425
249-S	S	3.258	1.918	1340	1.193
249-T.der	T - Derecha	3.829	1.901	1928	1.717
249-T.izq	T - Izquierda	3.502	1.893	1609	1.433
250-R	R	5.147	1.935	3212	2.860
250-S	S	4.240	1.945	2295	2.044
250-T.der	T - Derecha	4.084	1.906	2178	1.940
250-T.izq	T - Izquierda	4.172	1.955	2217	1.974
251-R	R	4.082	1.917	2165	1.928
251-S	S	4.062	1.893	2169	1.932

251-T.der	T - Derecha	4.209	1.914	2295	2.044
251-T.izq	T - Izquierda	5.047	1.918	3129	2.786
252-R	R	3.400	1.944	1456	1.297
252-S	S	6.675	1.972	4703	4.188
252-T.der	T - Derecha	3.481	1.913	1568	1.396
252-T.izq	T - Izquierda	3.412	1.915	1497	1.333
253-R	R	3.558	1.944	1614	1.437
253-S	S	4.763	1.970	2793	2.487
253-T.der	T - Derecha	3.939	1.952	1987	1.769
253-T.izq	T - Izquierda	3.275	1.930	1345	1.198
283-R	R	2.605	2.017	588	0.524
283-S	S	4.324	1.896	2428	2.162
283-T.der	T - Derecha	3.101	1.868	1233	1.098
283-T.izq	T - Izquierda	3.563	1.882	1681	1.497
284-R	R	3.270	1.912	1358	1.209
284-S	S	3.179	1.867	1312	1.168
284-T.der	T - Derecha	3.275	1.883	1392	1.240
284-T.izq	T - Izquierda	4.104	1.916	2188	1.948
285-R	R	3.283	1.869	1414	1.259
285-S	S	2.670	1.377	1293	1.151
285-T.der	T - Derecha	3.694	1.898	1796	1.599
285-T.izq	T - Izquierda	4.977	1.940	3037	2.704
286-R	R	2.611	1.404	1207	1.075
286-S	S	3.447	1.367	2080	1.852
286-T.der	T - Derecha	3.052	1.908	1144	1.019
286-T.izq	T - Izquierda	4.151	1.915	2236	1.991
291-T.Der	T - Der	3.387	1.887	1500	1.336
291-T.Izq	T - Izq	3.637	1.824	1813	1.615
291-R	R	3.582	1.844	1738	1.548
291-S	S	2.855	1.859	996	0.887
292-R	R	3.060	1.903	1157	1.030
292-S	S	3.548	1.893	1655	1.474
292-T.der	T - Derecha	3.385	1.904	1481	1.319
292-T.izq	T - Izquierda	3.662	1.937	1725	1.536
293-R	R	2.576	1.863	713	0.635
293-S	S	3.529	1.863	1666	1.484
293-T.der	T - Derecha	3.477	1.905	1572	1.400
293-T.izq	T - Izquierda	3.724	1.894	1830	1.630
294-R	R	4.481	1.867	2614	2.328
294-S	S	4.249	1.863	2386	2.125
294-T.der	T - Derecha	3.933	1.911	2022	1.801
294-T.izq	T - Izquierda	2.889	1.854	1035	0.922
295-R	R	4.114	1.900	2214	1.972
295-S	S	2.828	1.895	933	0.831



295-T.der	T - Derecha	4.036	1.880	2156	1.920
295-T.izq	T - Izquierda	2.812	1.384	1428	1.272
296-R	R	3.159	1.867	1292	1.151
296-S	S	3.715	1.872	1843	1.641
296-T.der	T - Der	2.782	1.350	1432	1.275
296-T.izq	T - Izq	4.245	1.885	2360	2.102
297-R	R	3.935	1.911	2024	1.802
297-S	S	3.441	1.891	1550	1.380
297-T.der	T - Derecha	3.781	1.909	1872	1.667
297-T.izq	T - Izquierda	2.727	1.916	811	0.722
298-R	R	4.314	1.840	2474	2.203
298-S	S	3.904	1.839	2065	1.839
298-T.der	T - Der	5.365	1.897	3468	3.088
298-T.izq	T - Izq	4.575	1.848	2727	2.428
299-R.Chil	R - Chilca	3.956	1.917	2039	1.816
299-R.Por	R - Poroma	4.070	1.916	2154	1.918
299-S.Chil	S - Chilca	3.994	1.959	2035	1.812
299-S.Por	S - Poroma	3.462	1.988	1474	1.313
299-T.Chil	T - Chilca	4.240	1.910	2330	2.075
299-T.Por	T - Poroma	3.452	1.945	1507	1.342
300-R	R	3.325	1.888	1437	1.280
300-S	S	3.768	1.937	1831	1.631
300-T.der	T - Derecha	3.660	1.849	1811	1.613
300-T.izq	T - Izquierda	4.471	1.888	2583	2.300
301-R	R	3.888	1.858	2030	1.808
301-S	S	4.276	1.908	2368	2.109
301-T.der	T - Derecha	4.591	1.922	2669	2.377
301-T.izq	T - Izquierda	4.218	1.878	2340	2.084



En el cuadro se muestran los valores de Nivele de Contaminación más alto por torre limpiada.

**10. Recursos Utilizados:**

Equipos y Herramientas

- 01 camioneta DC 4 x 4
- 01 cámara digital.
- 01 teléfono sistema RPC
- Otros menores

Equipo de limpieza:

- - Un cepillo y/o escobilla
- - Un recipiente plástico (bandeja)

**11. Documentación aplicable:**

Control de Contaminación de Conductores y Aisladores; según el contrato con el MEM.

**12. Incidentes en la Seguridad y Salud en el Trabajo y en el Medio Ambiente:**

No se presentaron incidentes o accidentes durante la ejecución de los trabajos

**13. Conclusiones:**

- Se observó que el aislador más contaminado era el primero, el más cercano al conductor.
- Los aisladores de vidrio limpiados se encuentran con alto grado de contaminación visible.
- De acuerdo a la escala del Nivel de Contaminación (NC) proporcionada por el MEM, la contaminación de los aisladores de vidrio es menor a bajo (Ver anexo 2).

**14. Recomendaciones:**

- Se recomienda crear una propia escala de Nivel de Contaminación (NC) en base a las observaciones de nivel de contaminación realizadas en campo.
- Se recomienda continuar con la limpieza de aisladores de vidrio en la línea L5032.

**15. Anexos:****Anexo 01: Panel Fotográfico**

Muestra de contaminación: Torre 247 Fase S



Pesado de la muestra

**Anexo 02: Niveles de Contaminación**

Nivel de contaminación	Peso (mg/cm <sup>2</sup> )
Bajo	5 – 20
Medio	20 - 45
Alto	> 45

Realizado por : Rubén Ramón  
V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> : Rubén Ramón  
Aprobado por : Guillermo Arancibia

1. **Nombre del evento** : Control de Contaminación de Aisladores en 258-259, 261 y 263-271 de L-5032.
2. **Fecha** : 03/08/2014 y 10/08/2014
3. **Hora Inicio** : 08:00 p.m.
4. **Hora Fin** : 16:00 p.m.
5. **Equipo** : L-5032
6. **Propietario** : ATS
7. **Objetivo:** Reportar los resultados obtenidos del control de contaminación de aisladores realizado en las torres 258-259, 261 y 263-271 de L-5032.

8. **Antecedentes:**  
Informes de inspección termográfica de aisladores.

9. **Trabajos realizados:**  
Se efectuaron las siguientes actividades:

Charla de seguridad.

Aterramiento de la línea para cumplir con la norma de seguridad.

Las muestras se recogieron descendiendo la cadena de aisladores y se eligió el aislador más sucio de la cadena. Se obtuvieron en total 46 muestras de contaminación.

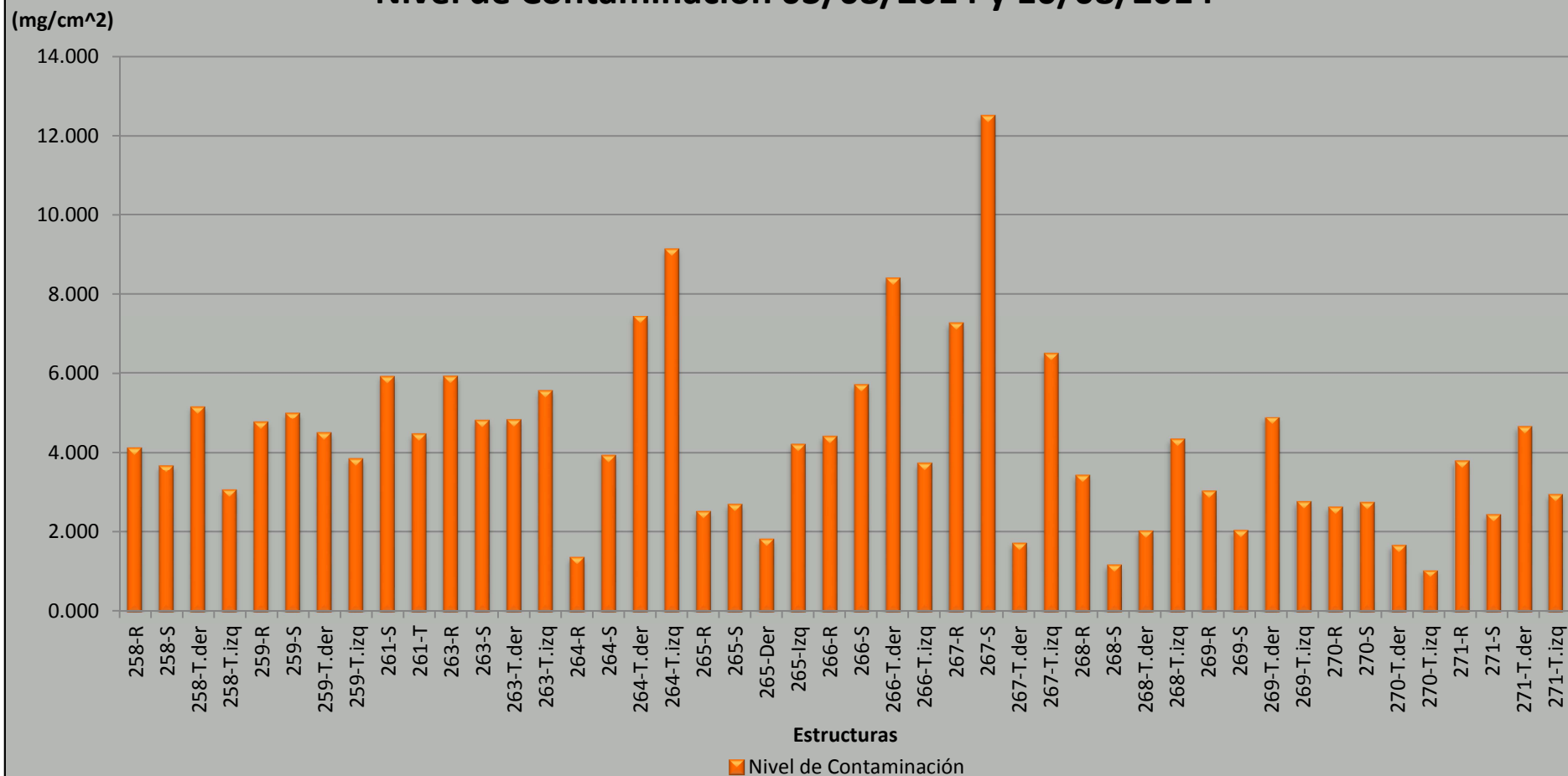
Con las muestras recogidas, se procede a pesarlas y obtener la relación masa por unidad de área ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) y considerando el área del aislador igual a  $1122.944 \text{ cm}^2$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>Control de Contaminación de Aisladores</b>						
<b>Torre</b>	<b>Fase</b>	<b>Fecha</b>	<b>Peso Bruto (g)</b>	<b>Peso Envoltura (g)</b>	<b>Peso Neto (mg)</b>	<b>Nivel de Contaminación (<math>\text{mg}/\text{cm}^2</math>)</b>
258-R	R	10/08/2014	6.741	2.125	4616	4.111
258-S	S	10/08/2014	6.198	2.079	4119	3.668
258-T.der	T - Der	10/08/2014	7.825	2.058	5767	5.136
258-T.izq	T - Izq	10/08/2014	5.513	2.086	3427	3.052
259-R	R	10/08/2014	8.795	3.468	5327	4.744
259-S	S	10/08/2014	9.572	3.979	5593	4.981
259-T.der	T - Der	10/08/2014	8.795	3.767	5028	4.478
259-T.izq	T - Izq	10/08/2014	7.620	3.306	4314	3.842
261-S	S	10/08/2014	8.401	1.778	6623	5.898
261-T	T	10/08/2014	6.792	1.789	5003	4.455
263-R	R	10/08/2014	8.739	2.112	6627	5.901
263-S	S	10/08/2014	7.633	2.256	5377	4.788
263-T.der	T - Der	10/08/2014	7.607	2.219	5388	4.798
263-T.izq	T - Izq	10/08/2014	8.375	2.151	6224	5.543
264-R	R	03/08/2014	3.740	2.222	1518	1.352
264-S	S	03/08/2014	5.698	1.288	4410	3.927
264-T.der	T - Der	10/08/2014	10.339	2.005	8334	7.421
264-T.izq	T - Izq	10/08/2014	12.263	2.008	10255	9.132

265-R	R	10/08/2014	5.179	2.356	2823	2.514
265-S	S	10/08/2014	5.405	2.383	3022	2.691
265-Der	T - Der	10/08/2014	4.604	2.581	2023	1.802
265-Izq	T - Izq	10/08/2014	7.022	2.312	4710	4.194
266-R	R	03/08/2014	6.668	1.733	4935	4.395
266-S	S	03/08/2014	8.292	1.898	6394	5.694
266-T.der	T - Derecha	03/08/2014	11.305	1.884	9421	8.390
266-T.izq	T - Izquierda	03/08/2014	6.176	1.983	4193	3.734
267-R	R	03/08/2014	10.026	1.884	8142	7.251
267-S	S	03/08/2014	15.869	1.828	14041	12.504
267-T.der	T - Derecha	03/08/2014	3.776	1.864	1912	1.703
267-T.izq	T - Izquierda	03/08/2014	9.174	1.884	7290	6.492
268-R	R	03/08/2014	5.952	2.112	3840	3.420
268-S	S	03/08/2014	3.484	2.177	1307	1.164
268-T.der	T - Derecha	03/08/2014	4.433	2.179	2254	2.007
268-T.izq	T - Izquierda	03/08/2014	6.995	2.136	4859	4.327
269-R	R	03/08/2014	5.111	1.714	3397	3.025
269-S	S	03/08/2014	3.987	1.714	2273	2.024
269-T.der	T - Derecha	03/08/2014	7.217	1.750	5467	4.868
269-T.izq	T - Izquierda	03/08/2014	4.874	1.778	3096	2.757
270-R	R	03/08/2014	5.200	2.253	2947	2.624
270-S	S	03/08/2014	5.103	2.026	3077	2.740
270-T.der	T - Derecha	03/08/2014	3.926	2.074	1852	1.649
270-T.izq	T - Izquierda	03/08/2014	3.094	1.955	1139	1.014
271-R	R	03/08/2014	6.199	1.947	4252	3.786
271-S	S	03/08/2014	4.707	1.969	2738	2.438
271-T.der	T - Derecha	03/08/2014	7.182	1.981	5201	4.632
271-T.izq	T - Izquierda	03/08/2014	5.240	1.946	3294	2.933

### Nivel de Contaminación 03/08/2014 y 10/08/2014



**10. Recursos Utilizados:**

Equipos y Herramientas

- 01 camioneta DC 4 x 4
- 01 cámara digital.
- 01 teléfono sistema RPC
- Otros menores

Equipo de limpieza:

- - Un cepillo y/o escobilla
- - Un recipiente plástico (bandeja)

**11. Documentación aplicable:**

Control de Contaminación de Conductores y Aisladores; según el contrato con el MEM.

**12. Incidentes en la Seguridad y Salud en el Trabajo y en el Medio Ambiente:**

No se presentaron incidentes o accidentes durante la ejecución de los trabajos

**13. Conclusiones:**

- Los aisladores de vidrio cambiados se encuentran sucios y con grado entre medio y alto de contaminación.
- Se observó que el aislador más contaminado era el primo, el más cercano al conductor.
- De acuerdo a la escala del Nivel de Contaminación (NC) proporcionada por el MEM, la contaminación de los aisladores de vidrio es bajo.

**14. Recomendaciones:**

- Se recomienda realizar cambio o limpieza a los aisladores contaminados.
- Se recomienda crear una propia escala de Nivel de Contaminación (NC) en base a las observaciones de nivel de contaminación realizadas en campo.

**15. Anexos:****Anexo 01: Panel Fotográfico de Medición de Nivel de Contaminación**

Muestra de contaminación obtenida de la torre 269 Fase-T.





Se pesa cada muestra con todo y embolsado.



Se procede a separar cada muestra de su embolsado y se pesa el embolsado solo.

#### Anexo 02: Niveles de Contaminación

Nivel de contaminación	Peso (mg/cm <sup>2</sup> )
Bajo	5 - 20
Medio	20 - 45
Alto	> 45

Realizado por : Rubén Ramón  
V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> : Rubén Ramón  
Aprobado por : Guillermo Arancibia

1. **Nombre del evento** : Control de Contaminación de Aisladores en 376-387
2. **Fecha** : 29/11/2014
3. **Hora Inicio** : 08:00 horas.
4. **Hora Fin** : 16:00 horas.
5. **Equipo** : L-5032
6. **Propietario** : ATS
7. **Objetivo:** Reportar los resultados obtenidos del control de contaminación de aisladores realizado en las torres 163-184

8. **Antecedentes:**  
Informes de inspección termográfica de aisladores.

9. **Trabajos realizados:**  
Se efectuaron las siguientes actividades:

**29/11/2014**

Charla de seguridad.

Aterramiento de la línea para cumplir con la norma de seguridad.

Las muestras se recogieron de la actividad de limpieza de aisladores de vidrio realizada el 29/11/2014, en todos los casos se eligió el primer aislador de vidrio más cercano al conductor.

Con las muestras recogidas, se procede a pesarlas y obtener la relación masa por unidad de área ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) y considerando el área del aislador igual a  $1122.944 \text{ cm}^2$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>Control de Contaminación de Aisladores</b>					
<b>Torre</b>	<b>Fase</b>	<b>Peso Bruto (g)</b>	<b>Peso Envoltura (g)</b>	<b>Peso Neto (mg)</b>	<b>Nivel de Contaminación (<math>\text{mg}/\text{cm}^2</math>)</b>
376-T.izq	T - Izquierda	3.960	1.246	2297	2.046
376-T.der	T - Derecha	4.002	1.221	2781	2.477
376-R.izq	R - Izquierda	3.527	1.230	3363	2.995
376-R.der	R - Derecha	4.055	1.274	1862	1.658
376-S.izq	S - Izquierda	4.655	1.292	3436	3.060
376-S.der	S - Derecha	3.107	1.245	1862	1.658
377-T.izq	T - Izquierda	3.402	1.277	3436	3.060
377-T.der	T - Derecha	3.584	1.285	2938	2.616
377-R.izq	R - Izquierda	4.706	1.270	2801	2.494
377-R.izq	R - Izquierda	4.161	1.223	3456	3.078
377-R.der	R - Derecha	4.061	1.260	2805	2.498
377-R.der	R - Derecha	4.714	1.258	3676	3.274
377-S.izq	S - Izquierda	4.052	1.247	1840	1.639
377-S.yam	S - Yamper	4.926	1.250	3676	3.274
377-S.der	S - Derecha	3.070	1.230	1840	1.639
378-T	T	4.428	1.227	3201	2.851

378-R.izq	R - Izquierda	3.994	1.258	2736	2.436
378-R.der	R - Derecha	4.006	1.252	2754	2.452
378-S	S	4.938	1.221	3717	3.310
379-T.izq	T - Izquierda	3.725	1.244	2481	2.209
379-T.der	T - Derecha	3.405	1.285	2120	1.888
379-R.izq	R - Izquierda	3.658	1.206	2452	2.184
379-R.izq	R - Izquierda	4.189	1.280	2909	2.591
379-R.der	R - Derecha	3.515	1.228	2287	2.037
379-R.der	R - Derecha	3.216	1.255	1961	1.746
379-S.izq	S - Izquierda	3.545	1.196	2349	2.092
379-S.der	S - Derecha	4.311	1.268	3043	2.710
380-T.izq	T - Izquierda	3.753	1.237	2516	2.241
380-T.der	T - Derecha	3.247	1.269	1978	1.761
380-R.izq	R - Izquierda	3.582	1.271	2311	2.058
380-R.der	R - Derecha	3.793	1.234	2559	2.279
380-S.izq	S - Izquierda	4.749	1.233	3516	3.131
380-S.der	S - Derecha	3.851	1.263	2588	2.305
381-T	T	3.883	1.293	2590	2.306
381-R.izq	R - Izquierda	4.660	1.272	3388	3.017
381-R.der	R - Derecha	3.277	1.266	2011	1.791
381-S	S	3.693	1.272	2421	2.156
382-T	T	3.745	1.318	2427	2.161
382-R.izq	R - Izquierda	3.541	1.252	2289	2.038
382-R.der	R - Derecha	4.390	1.271	3119	2.778
382-S	S	3.150	1.260	1890	1.683
383-T.izq	T - Izquierda	3.892	1.206	2686	2.392
383-T.der	T - Derecha	5.109	1.199	3910	3.482
383-R.izq	R - Izquierda	4.122	1.184	2938	2.616
383-R.izq	R - Izquierda	5.083	1.218	3865	3.442
383-R.der	R - Derecha	4.363	1.198	3165	2.818
383-R.der	R - Derecha	3.885	1.239	2646	2.356
383-S.izq	S - Izquierda	4.798	1.251	3547	3.159
383-S.der	S - Derecha	3.678	1.235	2443	2.176
384-T	T	4.157	1.254	2903	2.585
384-R.izq	R - Izquierda	3.582	1.243	2339	2.083
384-R.der	R - Derecha	4.167	1.206	2961	2.637
384-S	S	3.324	1.266	2058	1.833
385-T	T	3.725	1.252	2473	2.202
385-R.izq	R - Izquierda	3.690	1.244	2446	2.178
385-R.der	R - Derecha	4.784	1.322	3462	3.083
385-S	S	3.582	1.248	2334	2.078
386-T.izq	T - Izquierda	3.749	1.246	2503	2.229
386-T.der	T - Derecha	3.875	1.221	2654	2.363
386-R.izq	R - Izquierda	4.211	1.230	2981	2.655
386-R.izq	R - Izquierda	4.838	1.274	3564	3.174

386-R.der	R - Derecha	5.176	1.292	3884	3.459
386-R.der	R - Derecha	3.966	1.245	2721	2.423
386-S.izq	S - Izquierda	4.581	1.277	3304	2.942
386-S.der	S - Derecha	4.272	1.285	2987	2.660
387-T.izq	T - Izquierda	3.991	1.270	2721	2.423
387-T.der	T - Derecha	4.427	1.223	3204	2.853
387-R.izq	R - Izquierda	4.055	1.260	2795	2.489
387-R.der	R - Derecha	4.241	1.258	2983	2.656
387-S.izq	S - Izquierda	4.654	1.247	3407	3.034
387-S.der	S - Derecha	4.011	1.250	2761	2.459



En el cuadro se muestran los valores de Nivele de Contaminación más alto por torre limpiada.

**10. Recursos Utilizados:**

Equipos y Herramientas

- 01 camioneta DC 4 x 4
- 01 cámara digital.
- 01 teléfono sistema RPC
- Otros menores

Equipo de limpieza:

- - Un cepillo y/o escobilla
- - Un recipiente plástico (bandeja)

**11. Documentación aplicable:**

Control de Contaminación de Conductores y Aisladores; según el contrato con el MEM.

**12. Incidentes en la Seguridad y Salud en el Trabajo y en el Medio Ambiente:**

No se presentaron incidentes o accidentes durante la ejecución de los trabajos

**13. Conclusiones:**

- Se observó que el aislador más contaminado era el primero, el más cercano al conductor.
- Los aisladores de vidrio limpiados se encuentran con alto grado de contaminación visible.
- De acuerdo a la escala del Nivel de Contaminación (NC) proporcionada por el MEM, la contaminación de los aisladores de vidrio es menor a bajo (Ver anexo 2).

**14. Recomendaciones:**

- Se recomienda crear una propia escala de Nivel de Contaminación (NC) en base a las observaciones de nivel de contaminación realizadas en campo.
- Se recomienda continuar con la limpieza de aisladores de vidrio en la línea L5032.

**15. Anexos:****Anexo 01: Panel Fotográfico**

Muestra de contaminación: Torre 247 Fase S



Pesado de la muestra

**Anexo 02: Niveles de Contaminación**

Nivel de contaminación	Peso (mg/cm <sup>2</sup> )
Bajo	5 – 20
Medio	20 - 45
Alto	> 45

Realizado por : Rubén Ramón  
V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> : Rubén Ramón  
Aprobado por : Guillermo Arancibia

1. **Nombre del evento** : Control de Contaminación de Aisladores en 720-721 de L-5032 y 001-002 de L-5034
2. **Fecha** : 13/07/2014
3. **Hora Inicio** : 08:00 p.m.
4. **Hora Fin** : 16:00 p.m.
5. **Equipo** : L-5032 y L-5034
6. **Propietario** : ATS
7. **Objetivo:** Reportar los resultados obtenidos del control de contaminación de aisladores realizado en las torres 720-721 de L-5032 y 001-002 de L5034.

8. **Antecedentes:**  
Informes de inspección termográfica de aisladores.

9. **Trabajos realizados:**  
Se efectuaron las siguientes actividades:

Charla de seguridad.

Aterramiento de la línea para cumplir con la norma de seguridad.

Las 2 cuadrillas iniciaron el recojo de muestras en las torres 01 y 02 de L-5034.

Luego las 2 cuadrillas continuaron la toma de muestras en las torres 720 y 721 de L-5032.

Con las muestras recogidas, se procede a pesarlas y obtener la relación masa por unidad de área ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) y considerando el área del aislador igual a  $1122.944 \text{ cm}^2$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>Torre 720 Fase "T" L-5032</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Peso Bruto (g)</b>	<b>Peso Envoltura (g)</b>	<b>Peso Neto (mg)</b>	<b>Nivel de Contaminación (<math>\text{mg}/\text{cm}^2</math>)</b>
1	1.708	1.324	384	0.342
2	1.552	1.273	279	0.248
3	1.483	1.296	187	0.167
5	1.521	1.209	312	0.278
6	1.317	1.259	58	0.052
7	1.313	1.263	50	0.045
9	1.381	1.287	94	0.084
10	1.451	1.279	172	0.153
13	1.312	1.270	42	0.037
14	1.668	1.291	377	0.336
20	1.597	1.316	281	0.250
21	1.450	1.337	113	0.101
22	1.408	1.285	123	0.110
23	1.269	1.251	18	0.016
24	2.000	1.249	751	0.669
25	1.533	1.292	241	0.215
26	1.584	1.256	328	0.292
27	1.329	1.239	90	0.080



28	1.360	1.250	110	0.098
29	1.486	1.287	199	0.177
30	1.705	1.328	377	0.336
31	1.479	1.319	160	0.142
32	1.651	1.299	352	0.313

**Torre 721 Fase "T" L-5032**

Elemento	Peso Bruto (g)	Peso Envoltura (g)	Peso Neto (mg)	Nivel de Contaminación (mg/cm <sup>2</sup> )
1	1.164	1.089	75	0.067
2	1.173	1.095	78	0.069
3	1.080	1.063	17	0.015
4	1.463	1.102	361	0.321
5	1.108	1.073	35	0.031
6	1.156	1.078	78	0.069
7	1.108	1.068	40	0.036
8	1.088	1.044	44	0.039
9	1.121	1.074	47	0.042
10	1.212	1.083	129	0.115
11	1.343	1.107	236	0.210
12	1.091	1.055	36	0.032
13	1.118	1.097	21	0.019
14	1.242	1.068	174	0.155
15	1.122	1.080	42	0.037
16	1.237	1.060	177	0.158
17	1.222	1.051	171	0.152
18	1.090	1.055	35	0.031
19	1.104	1.065	39	0.035
20	1.197	1.077	120	0.107
21	1.627	1.075	552	0.492
22	1.205	1.077	128	0.114
23	1.275	1.093	182	0.162
24	1.113	1.053	60	0.053
25	1.113	1.087	26	0.023
26	1.144	1.050	94	0.084
27	1.158	1.080	78	0.069
28	1.400	1.071	329	0.293
29	1.264	1.066	198	0.176
30	1.111	1.074	37	0.033
31	2.150	1.069	1081	0.963
32	1.058	1.032	26	0.023
32	1.122	1.043	79	0.070

**Torre 001 Fase "R" L-5034**

Elemento	Peso Bruto (g)	Peso Envoltura (g)	Peso Neto (mg)	Nivel de Contaminación (mg/cm <sup>2</sup> )
1	1.379	1.239	140	0.125
2	2.473	1.228	1245	1.109
3	2.431	1.223	1208	1.076
4	2.791	1.220	1571	1.399
5	2.625	1.226	1399	1.246
6	2.364	1.262	1102	0.981
7	2.583	1.219	1364	1.215
8	2.403	1.214	1189	1.059
9	2.821	1.230	1591	1.417
10	2.661	1.259	1402	1.249
11	2.229	1.212	1017	0.906
12	2.521	1.283	1238	1.102
13	2.323	1.211	1112	0.990
14	2.241	1.216	1025	0.913
15	1.802	1.233	569	0.507
16	2.255	1.246	1009	0.899
17	2.135	1.227	908	0.809
18	2.232	1.233	999	0.890
19	2.290	1.265	1025	0.913
20	2.028	1.257	771	0.687
21	2.432	1.282	1150	1.024
22	2.149	1.304	845	0.752
23	2.149	1.292	857	0.763
24	1.932	1.263	669	0.596
25	2.023	1.232	791	0.704
26	2.112	1.262	850	0.757
27	2.220	1.256	964	0.858
28	1.962	1.238	724	0.645
29	2.890	1.239	1651	1.470
30	2.798	1.279	1519	1.353
31	2.258	1.350	908	0.809
32	2.377	1.325	1052	0.937
33	2.192	1.334	858	0.764

**Torre 002 Fase "R" L-5034**

Elemento	Peso Bruto (g)	Peso Envoltura (g)	Peso Neto (mg)	Nivel de Contaminación (mg/cm <sup>2</sup> )
1	2.564	1.273	1291	1.150
2	5.360	3.273	2087	1.859
3	4.503	2.709	1794	1.598

4	4.499	3.328	1171	1.043
5	3.344	2.513	831	0.740
6	4.253	3.377	876	0.780
7	3.827	2.844	983	0.875
8	3.932	2.918	1014	0.903
9	3.752	2.737	1015	0.904
10	3.246	2.132	1114	0.992
11	3.068	2.418	650	0.579
12	1.406	1.173	233	0.207
13	4.341	3.286	1055	0.939
14	4.762	3.603	1159	1.032
15	2.707	2.079	628	0.559
16	1.635	1.175	460	0.410
17	1.724	1.181	543	0.484
18	1.931	1.153	778	0.693
19	1.860	1.189	671	0.598
20	1.550	1.162	388	0.346
21	1.495	1.174	321	0.286
22	2.175	1.168	1007	0.897
23	1.530	1.198	332	0.296
24	1.639	1.166	473	0.421
25	1.894	1.165	729	0.649
26	1.589	1.183	406	0.362
27	1.967	1.181	786	0.700
28	1.878	1.165	713	0.635
29	1.795	1.175	620	0.552
30	2.178	1.170	1008	0.898
31	1.961	1.159	802	0.714
32	11.611	10.617	994	0.885

**10. Recursos Utilizados:**

Equipos y Herramientas

- 01 camioneta DC 4 x 4
- 01 cámara digital.
- 01 teléfono sistema RPC
- Otros menores

Equipo de limpieza:

- - Un cepillo y/o escobilla
- - Un recipiente plástico (bandeja)

**11. Documentación aplicable:**

Ninguno

**12. Incidentes en la Seguridad y Salud en el Trabajo y en el Medio Ambiente:**

No se presentaron incidentes o accidentes durante la ejecución de los trabajos

**13. Conclusiones:**

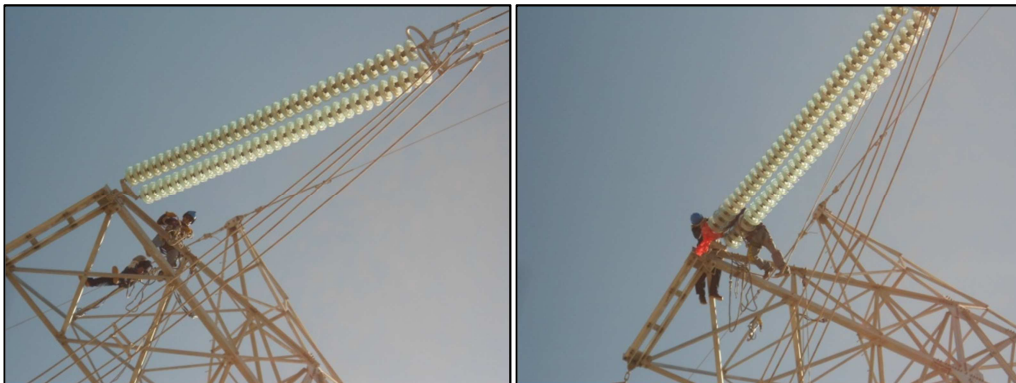
- De acuerdo a las indicaciones de ATS y la inspección realizada efectuar Des-
- Se están señalizando erróneamente los ingresos a las estructuras, al ingreso de la T402 y T403 existe una señalización en la que indica T451-T454 (Ver anexo 02)

**14. Recomendaciones:**

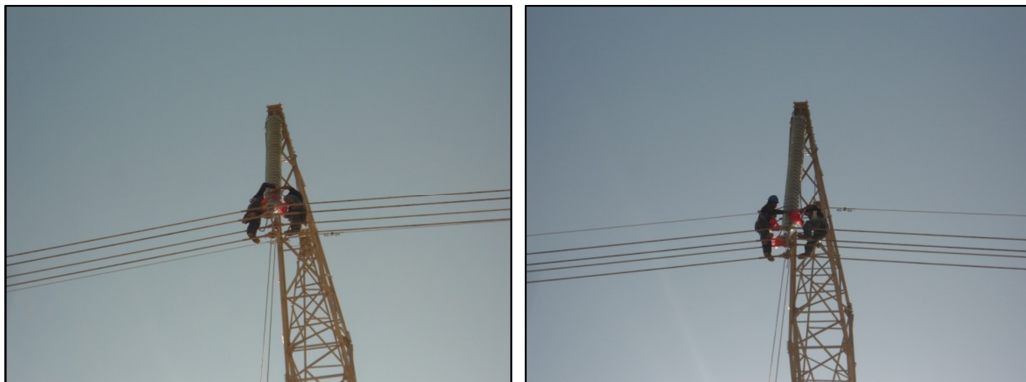
- Para el desquinche en la zona 2 utilizar cemento expansivo, taladro Hilty broca de 1.20m.
- Modificar señalización a la entrada de T402 y T403

**15. Anexos:****Anexo 01: Panel Fotográfico de Inspección por Desquinche**

Fotos 1 y 2 : Aterramiento de líneas.



Fotos 3 y 4: Toma de muestra en torre 01 de L-5034.



Fotos 5 y 6: Toma de muestra en torre 02 de L-5034.



Foto 7 y 8: Toma de muestra en torre 720 de L-5032

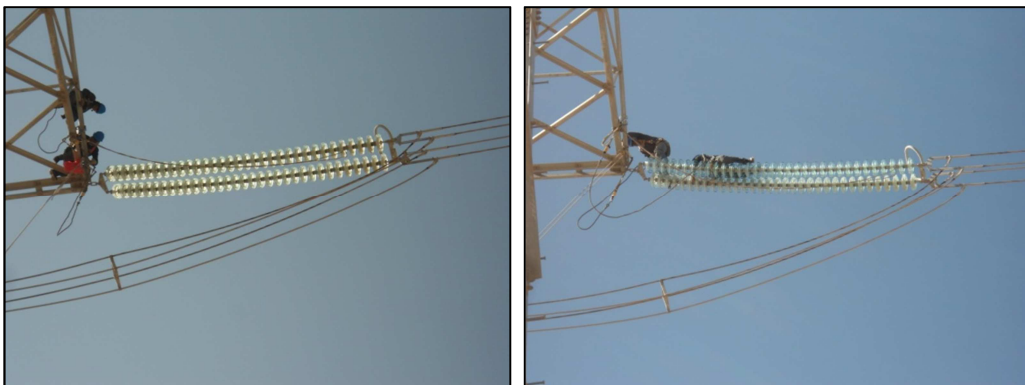


Foto 9 y 10: Toma de muestra en torre 721 de L-5032.



Se balancea la balanza antes de cada pesada.



Se pesa cada muestra con todo y embolsado.



Se procede a separar cada muestra de su embolsado y se pesa el embolsado solo.

Realizado por : Rubén Ramón  
V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> : Rubén Ramón  
Aprobado por : Guillermo Arancibia

## **ANEXO 07**

### **ANALISIS QUIMICO POR CONDUCTIVIDAD**

## LABORATORY REPORT

**TO:** Jorge Plascencia  
TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **FAX:** **E-MAIL:** [plascencia@tjh2b.com](mailto:plascencia@tjh2b.com); [chavez@tjh2b.com](mailto:chavez@tjh2b.com)  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Dust Sample from Towers 117-119  
**REFERENCE:** Sample #2640

### INTRODUCTION

One composite sample of dust from Towers 117 through 119 was received for analysis. The sample container was marked as 2640. It was presumed that the primary concern was conductivity if the sample became wet. There are two main factors affecting conductivity in this case. The first is the presence of water soluble salts. The second is the presence of conductive particles. Both were considered in this case. A portion was mounted directly in a synthetic resin for analysis using analytical light microscopy. A second portion was suspended in a drop of distilled, deionized water and the was then examined for soluble salts.

### RESULTS

The minerology was typical of an arid environment near a marine environment but with the addition of a significant amount of sodium nitrate, a good electrolyte. Sodium nitrate is a deliquescent salt that extracts moisture from the air if the relative humidity exceeds 55% and will retain moisture until the relative humidity drops below 40%. Sodium chloride was another electrolyte present. Gypsum is a sparingly soluble salt that can act as an electrolyte in the presence of sodium chloride. Gypsum is a natural mineral in this area and the sodium chloride is from the marine aerosol. The sodium nitrate is probably from the application of fertilizer and has been associated with flashover failures on bushings. Sodium nitrate is also created by the combination of nitrogen oxides from vehicular traffic and sodium chloride from the marine aerosol. That source generally doesn't reach the concentration seen in this sample though large cenospheres, indicating high local diesel truck traffic was present. Sodium chloride from marine aerosols can also cause flashover failure but the combination of these two salts and their apparent concentration in this sample is a concern.

The particles that were not water soluble or were only sparingly soluble included quartz, feldspars, gypsum, pyroxenes, micas, charred grass fragments, coal, magnetite, hematite, rutile, plant parts, pollen, and insect debris. Gypsum is only conductive in its disassociated form when in solution. The most conductive particles in this sample were charred plant material and magnetite, both at relatively low concentrations.



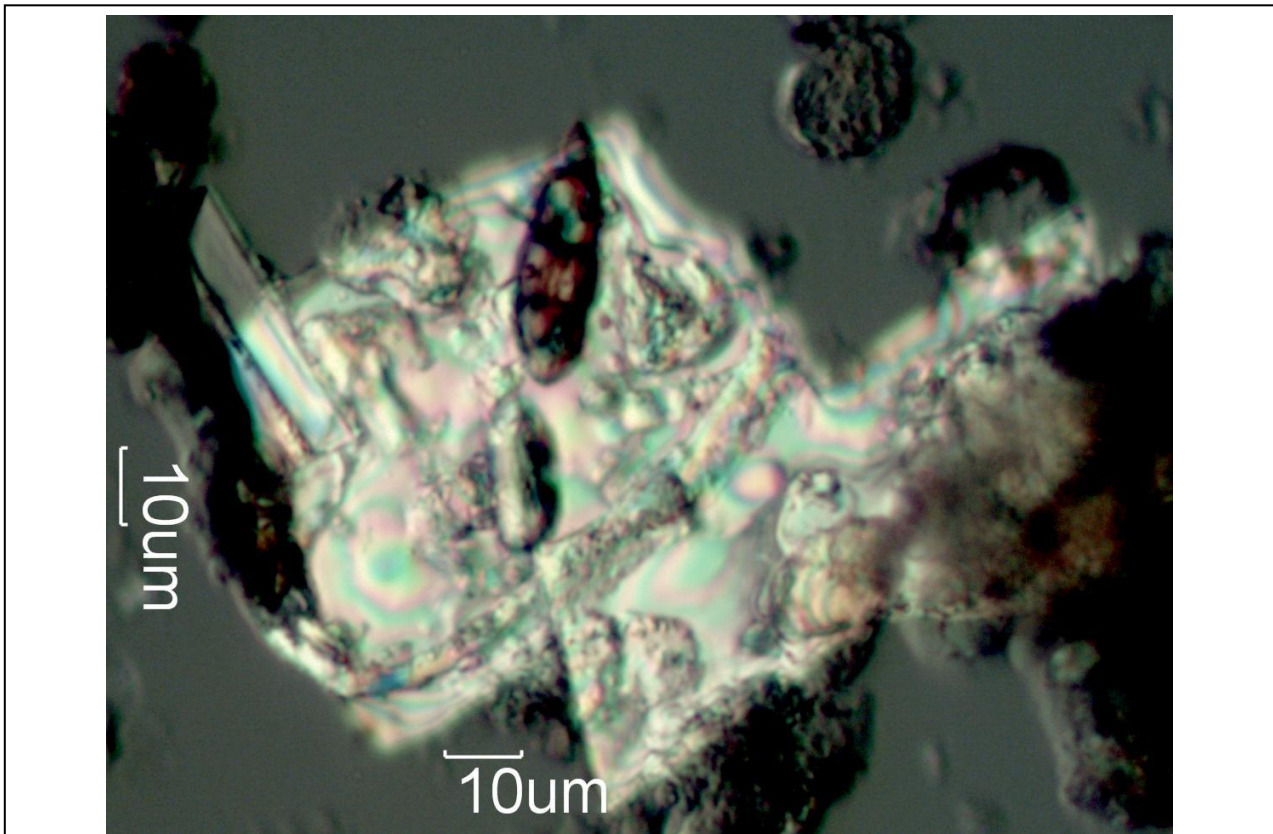
## CONCLUSION

The composite dust sample from Towers 117 through 119 contained an elevated level of electrolytic salts. The dominant electrolyte was sodium nitrate with some sodium chloride from a marine aerosol. Sodium nitrate is a common fertilizer and that is probably its source in this case. The presence of sodium nitrate is a concern because it becomes an active electrolyte at a relative humidity of as low as 50%.

Most of the particles present were non-conductive but charred plant material is a semi-conductor and can cause problems if present at high enough concentrations. The concentration was not high enough to be of concern at this location at this time.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Russ Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant



Photograph 3: Sample 2640 Sodium Nitrate

If the relative humidity is higher than 50% it will draw moisture from the air and form an active electrolyte.

## LABORATORY REPORT

**TO:** David Jimenez de la Plata  
c/o TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **E-MAIL:** pedrosa@tjh2b.com; Faust@tjh2b.com; plascencia@tjh2b.com  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Vial of Dust  
**REFERENCE:** 3511, Tower 126-127

### INTRODUCTION

One sample of dust was received for analysis. The primary concern was the presence of electrolytic salts. A portion of the dust was placed in a small volume of deionized water and tested for water soluble salts.

### RESULTS

The dust contained a high level of electrolytic salts, primarily gypsum and ammonium nitrate with some sodium chloride.

The amount of water soluble salts in this sample could be a problem for exposed bushings. If the relative humidity goes above 50% the ammonium nitrate deliquesces and becomes an electrolyte that can cause flashover failures. When it deliquesces it will take the other water soluble salts into solution, increasing the conductivity of the surface of the bushing.

### CONCLUSION

The dust is a collection of natural minerals but includes a high proportion of gypsum and ammonium nitrate with some sodium chloride. Ammonium nitrate is a deliquescent, highly water soluble salt that can lead to the flashover failure of bushings.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Russ Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant

## LABORATORY REPORT

**TO:** David Jimenez de la Plata  
c/o TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **E-MAIL:** pedrosa@tjh2b.com; Faust@tjh2b.com; plascencia@tjh2b.com  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Vial of Dust  
**REFERENCE:** 3510, Tower 201

### INTRODUCTION

One sample of dust was received for analysis. The primary concern was the presence of electrolytic salts. A portion of the dust was placed in a small volume of deionized water and tested for water soluble salts.

### RESULTS

The dust contained an elevated level of electrolytic salts, primarily gypsum with some ammonium nitrate and sodium chloride.

The amount of water soluble salts in this sample could be a problem for exposed bushings. If the relative humidity goes above 50% the ammonium nitrate becomes an electrolyte and can take the other salts (gypsum and sodium chloride) into solution. The result can be flashover failures on bushings.

### CONCLUSION

The dust is a collection of natural minerals but includes an elevated level of gypsum with ammonium nitrate and sodium chloride. Ammonium nitrate is a deliquescent and will form a water solution if the relative humidity exceeds 50%. The solution will then take the other water soluble salts into solution and that can lead to the flashover failure of bushings.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Russ Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant

## LABORATORY REPORT

**TO:** Jorge Plascencia  
TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **FAX:** **E-MAIL:** [plascencia@tjh2b.com](mailto:plascencia@tjh2b.com); [chavez@tjh2b.com](mailto:chavez@tjh2b.com)  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Dust Sample from Towers 231-233  
**REFERENCE:** Sample #2642

### INTRODUCTION

One composite sample of dust from Towers 231-233 was received for analysis. The sample container was marked as 2642. It was presumed that the primary concern was conductivity if the sample became wet. There are two main factors affecting conductivity in this case. The first is the presence of water soluble salts. The second is the presence of conductive particles. Both were considered in this case. A portion was mounted directly in a synthetic resin for analysis using analytical light microscopy. A second portion was suspended in a drop of distilled, deionized water and the was then examined for soluble salts.

### RESULTS

The minerology was typical of an arid environment near a marine environment but with the addition of a significant amount of sodium nitrate, a good electrolyte. Sodium nitrate is a deliquescent salt that extracts moisture from the air if the relative humidity exceeds 55% and will retain moisture until the relative humidity drops below 40%. Sodium chloride was another electrolyte present. Gypsum is a sparingly soluble salt that can act as an electrolyte in the presence of sodium chloride. Gypsum is a natural mineral in this area and the sodium chloride is from the marine aerosol. The sodium nitrate is probably from the application of fertilizer and has been associated with flashover failures on bushings. Sodium nitrate is also created by the combination of nitrogen oxides from vehicular traffic and sodium chloride from the marine aerosol. That source generally doesn't reach the concentration seen in this sample though large cenospheres, indicating high local diesel truck traffic was present. Sodium chloride from marine aerosols can also cause flashover failure but the combination of these two salts and their apparent concentration in this sample is a concern.

The particles that were not water soluble or were only sparingly soluble included gypsum, quartz, feldspars, pyroxenes, micas, coal, charred plant debris, magnetite, hematite, rutile, plant parts, diatoms, sponge spicules, pollen, and insect debris. Gypsum is only conductive in its disassociated form when in solution. The most conductive particles in this sample were charred plant material and magnetite, both at relatively low concentrations.

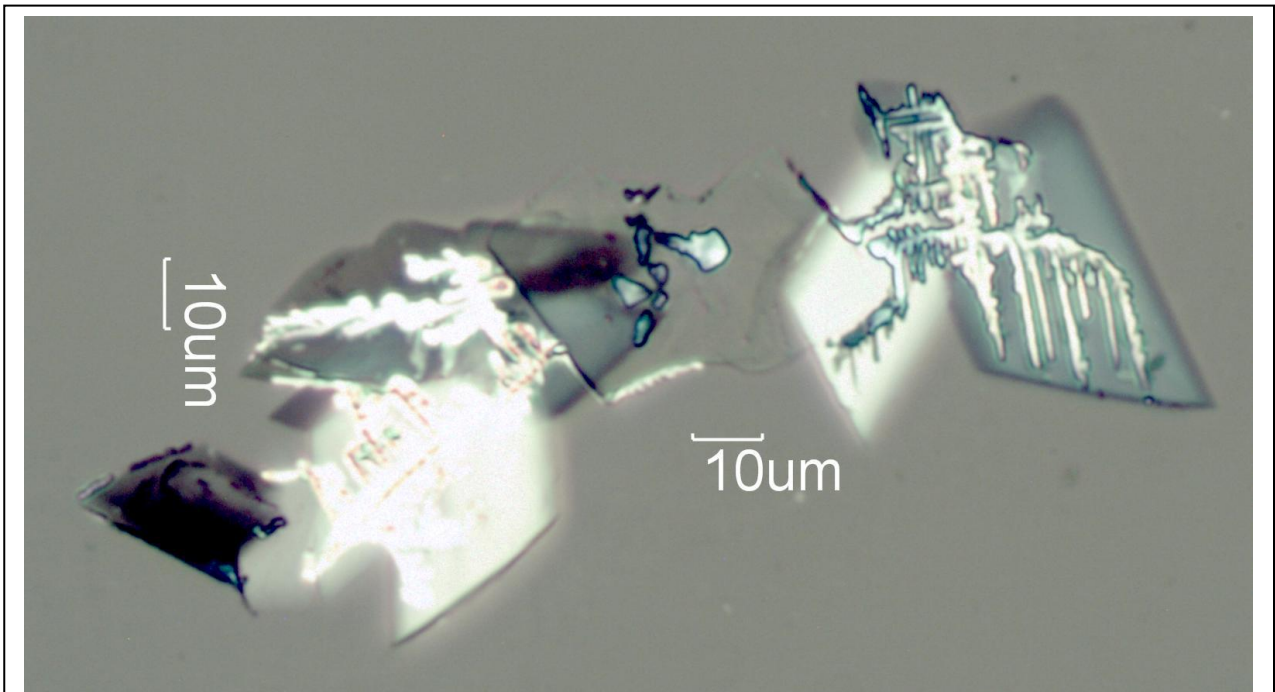
## CONCLUSION

The dust sample labeled 2642, from Towers 231 through 233, contains a high concentration of water soluble salts, both sodium nitrate and sodium chloride, that can behave as electrolytes. Sodium nitrate is a common fertilizer and that is probably its source in this case though it can be generated by vehicular traffic mixed with the marine aerosol. The presence of sodium nitrate is a concern because it becomes an active electrolyte at a relative humidity of as low as 50%.

Most of the particles present were non-conductive but charred plant material is a semi-conductor and can cause problems if present at high enough concentrations. The concentration was not high enough to be of concern at this location at this time.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Russ Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant



Photograph 6: Sample 2642 Sodium Nitrate over Gypsum

The larger crystals are gypsum. The skeletal forms that lay over the top are the sodium nitrate.

## LABORATORY REPORT

**TO:** John Bruhn  
TJH2b Analytical Services  
800 Wilburn Road, Suite K  
Sun Prairie, WI 53590-3906

**cc:** Jody Thomas  
TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **FAX:** **E-MAIL:** bruhn@tjh2b.com; thomas@tjh2b.com  
**SUBJECT:** Identification of Dust  
**SPECIMEN:** Dust from an Insulator on a Transmission Tower

### INTRODUCTION

One plastic bag of dust was received for analysis. The bag was marked "Torre: 258, Fase: R, Aislador: 01". The dust was mounted for analytical light microscopy and microcrystal tests as required.

### RESULTS

The dust consisted of a variety of natural minerals and water soluble salts. The natural minerals included quartz, clays, pyroxenes, amphiboles, and diatoms. The salts were a major part of the deposit. The salts were extracted with water and recrystallized. Two types of salts were present. They both contained the ammonium ion as determined by analysis with chloroplatinic acid. The anions were nitrate, sulfate, and chloride as determined by optical properties the silver nitrate test.

Sintered spheres and charred fibers were present in this sample. Sintered spheres and charred fibers are produced by arcing. It would appear that some arcing has already occurred. Generally, partial discharge doesn't release enough energy to create sintered spheres of minerals. The arcing was probably the source of the chlorine ion. The major salt present is ammonium nitrate, a common fertilizer. Ammonium sulfate is often associated with the application of ammonium nitrate fertilizer. Ammonium nitrate is an effective electrolyte and is deliquescent. At a relative humidity of 60% or more it collects moisture from the air and becomes conductive.

### CONCLUSION

Arcing, if not a full flashover failure, has already occurred at this site. The cause of the arcing was the presence of ammonium nitrate fertilizer.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed:   
E. R. Crutcher, Consultant

## LABORATORY REPORT

**TO:** Jorge Plascencia  
TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **FAX:** **E-MAIL:** [plascencia@tjh2b.com](mailto:plascencia@tjh2b.com); [chavez@tjh2b.com](mailto:chavez@tjh2b.com)  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Dust Sample from Tower 261  
**REFERENCE:**

### INTRODUCTION

One sample of dust from Tower 261 was received for analysis. It was presumed that the primary concern was conductivity if the sample became wet. There are two main factors affecting conductivity in this case. The first is the presence of water soluble salts. The second is the presence of conductive particles. Both were considered in this case. A portion was mounted directly in a synthetic resin for analysis using analytical light microscopy. A second portion was suspended in a drop of distilled, deionized water and the was then examined for soluble salts.

### RESULTS

The minerology was typical of an arid environment near a marine environment. Gypsum was a common mineral present as was sodium chloride from the marine aerosol. Gypsum is a sparingly soluble salt but its solubility increases ten times when in the presence of the chloride ion, as in this case. Sodium chloride is a deliquescent salt that extracts moisture from the atmosphere if the relative humidity exceeds 74%. It retains that moisture until the relative humidity drops below 45%. As long as it is moist it is a conductive salt solution. Gypsum can add to that conductivity. This is a common condition in arid environments near an ocean but periodic rains remove the salts and prevent concentrations from reaching high enough conductivity to cause problems. Prolonged period without rain and high concentrations of marine aerosols from storms at sea can create problems. In this case it is difficult to assess the condition of insulator surfaces because the unit area sampled is not known.

The particles that were not water soluble or were only sparingly soluble included quartz, feldspars, gypsum, pyroxenes, micas, charred grass fragments, coal, magnetite, hematite, diatoms, sponge spicules, rutile, plant parts, pollen, and insect debris. Gypsum is only conductive in its disassociated form when in solution. The most conductive particles in this sample were charred plant material and magnetite, both at relatively low concentrations.

### CONCLUSION

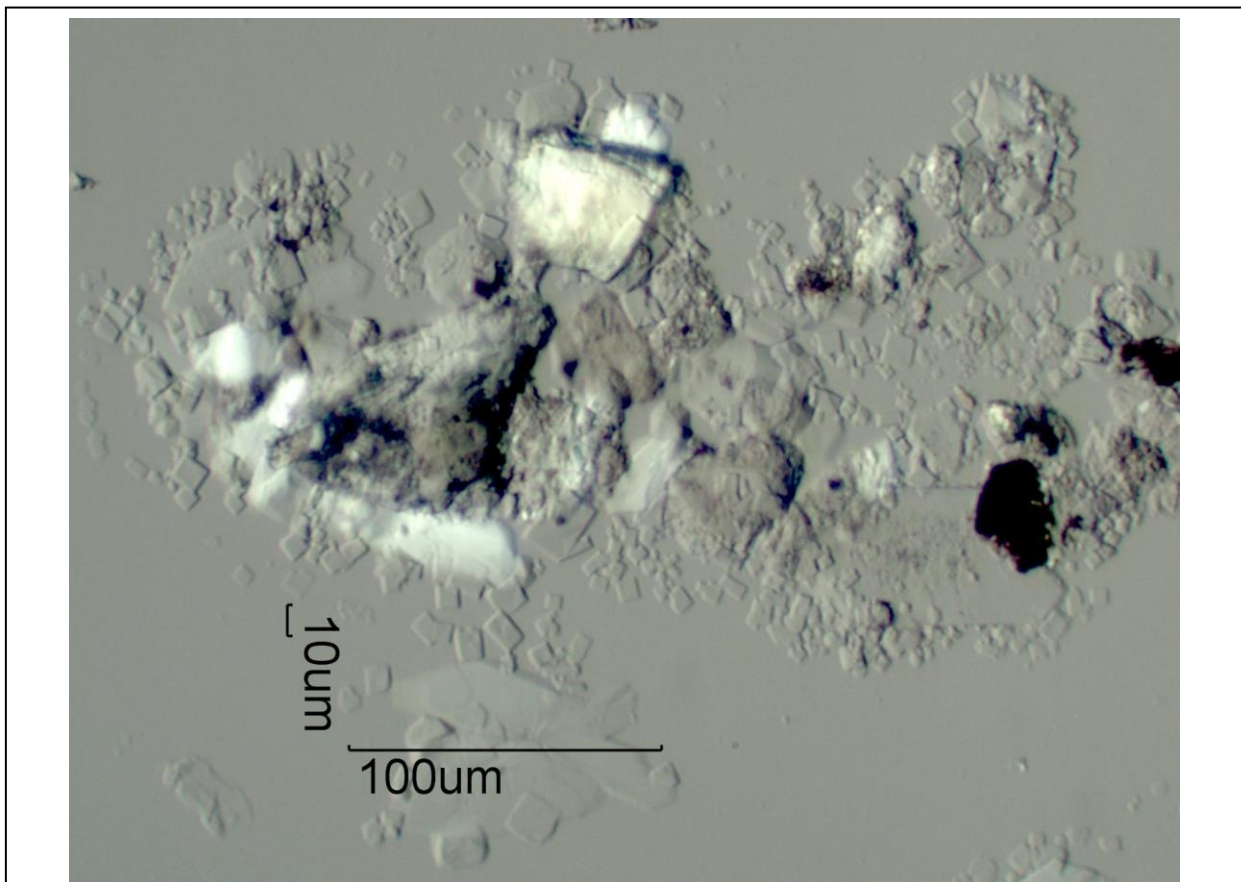
The dust sample from Tower 261 contained some electrolytic salts. The dominant electrolyte was sodium chloride from a marine aerosol. Gypsum was a secondary salt and it can function as an

electrolyte but only in the presence of high sodium chloride concentrations. Sodium chloride can build up over time between rain storms and may be a concern if the relative humidity exceeds 74% in the absence of rain.

Most of the particle present were non-conductive but charred plant material is a semi-conductor and can cause problems if present at high enough concentrations. The concentration was not high enough to be of concern at this location at this time.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Russ Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant



Photograph 1: Conductive Particles and Electrolytes in Sample 2639, Tower 261

The square and rectangular crystals are sodium chloride in this image. The bright particles are gypsum and the black particles are charred plant material.





## Laboratory Report

**SUBJECT:** Particle Identification

**SPECIMEN:** Dust sample with serial number 1734

**REFERENCE:** Chilca Porona

### INTRODUCTION

Dust sample identified with serial number 1734 was received for evaluation of the particles. The dust sample was loaded on a slide as is and analyzed using analytical light microscopy.

### DUST SAMPLE RESULTS

The dust sample contains mostly natural mineral sand grains. This dust is rich in opaque magnetite, color-banded olivines, and other heavy minerals. This sample of dust is from an area directly exposed to the wind. The lighter minerals have all been removed. Iron oxide particles, primarily magnetite, are highly concentrated in the sample. This is of major concern because magnetite is conductive. The structure of magnetite contains ferrous and ferric species. The electrons coordinated with these iron species migrate within the magnetite structure causing high conductivity exchange constants.

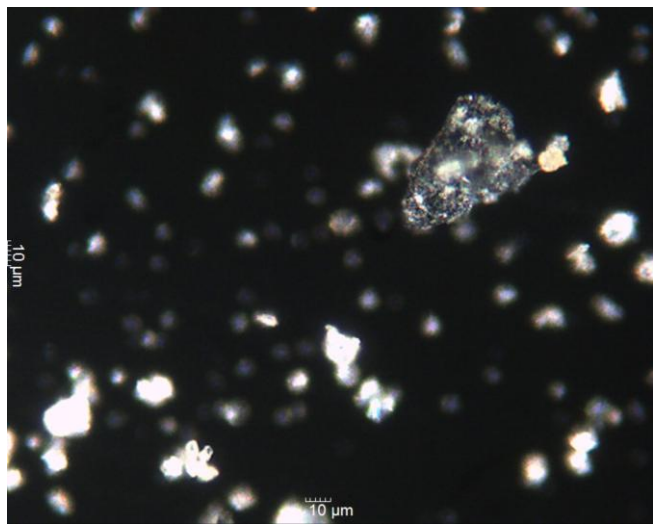
### CONCLUSION

The dust contains a high level of the magnetite mineral.

---

The analyses, opinions, or interpretations contained in this report are based upon material and information supplied by the client. TJ/H<sub>2</sub>b Analytical Services Inc. does not imply that the contents of the sample recovered by this laboratory are the same as all such material in the environment from which the sample was taken. Our test results relate only to the sample or samples tested. Any interpretations or opinions expressed represent the best judgment of TJ/H<sub>2</sub>b. TJ/H<sub>2</sub>b assumes no responsibility and makes no warranty or representation, express or implied, as to the condition, productivity, proper operation, or profitability of any equipment or other property for which this report may be used or relied upon for any reason whatsoever.

Approved by:



This image shows a magnetite mineral.

## LABORATORY REPORT

**TO:** Jorge Plascencia  
TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **FAX:** **E-MAIL:** [plascencia@tjh2b.com](mailto:plascencia@tjh2b.com); [chavez@tjh2b.com](mailto:chavez@tjh2b.com)  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Dust Sample from Tower 289  
**REFERENCE:** Sample #2641

### INTRODUCTION

One sample of dust from Tower 289 was received for analysis. The sample container was marked as 2641. It was presumed that the primary concern was conductivity if the sample became wet. There are two main factors affecting conductivity in this case. The first is the presence of water soluble salts. The second is the presence of conductive particles. Both were considered in this case. A portion was mounted directly in a synthetic resin for analysis using analytical light microscopy. A second portion was suspended in a drop of distilled, deionized water and the was then examined for soluble salts.

### RESULTS

The minerology was typical of an arid environment near a marine environment. Gypsum was a common mineral present as was sodium chloride from the marine aerosol. Gypsum is a sparingly soluble salt but its solubility increases ten times when in the presence of the chloride ion, as in this case. Sodium chloride is a deliquescent salt that extracts moisture from the atmosphere if the relative humidity exceeds 74%. It retains that moisture until the relative humidity drops below 45%. As long as it is moist it is a conductive salt solution. Gypsum can add to that conductivity. This is a common condition in arid environments near an ocean but periodic rains generally remove the salts and prevent concentrations from reaching high enough conductivity to cause problems. Prolonged period without rain and high concentrations of marine aerosols from storms at sea can create problems. In this case it is difficult to assess the condition of insulator surfaces because the unit area sampled to collect this dust is not known. The conditions are present that can cause problems.

The particles that were not water soluble or were only sparingly soluble included quartz, feldspars, gypsum, charred plant debris, pyroxenes, micas, coal, magnetite, hematite, rutile, plant parts, diatoms, sponge spicules, pollen, and insect debris. Gypsum is only conductive in its disassociated form when in solution. The most conductive particles in this sample were charred plant material and magnetite, both at relatively low concentrations.

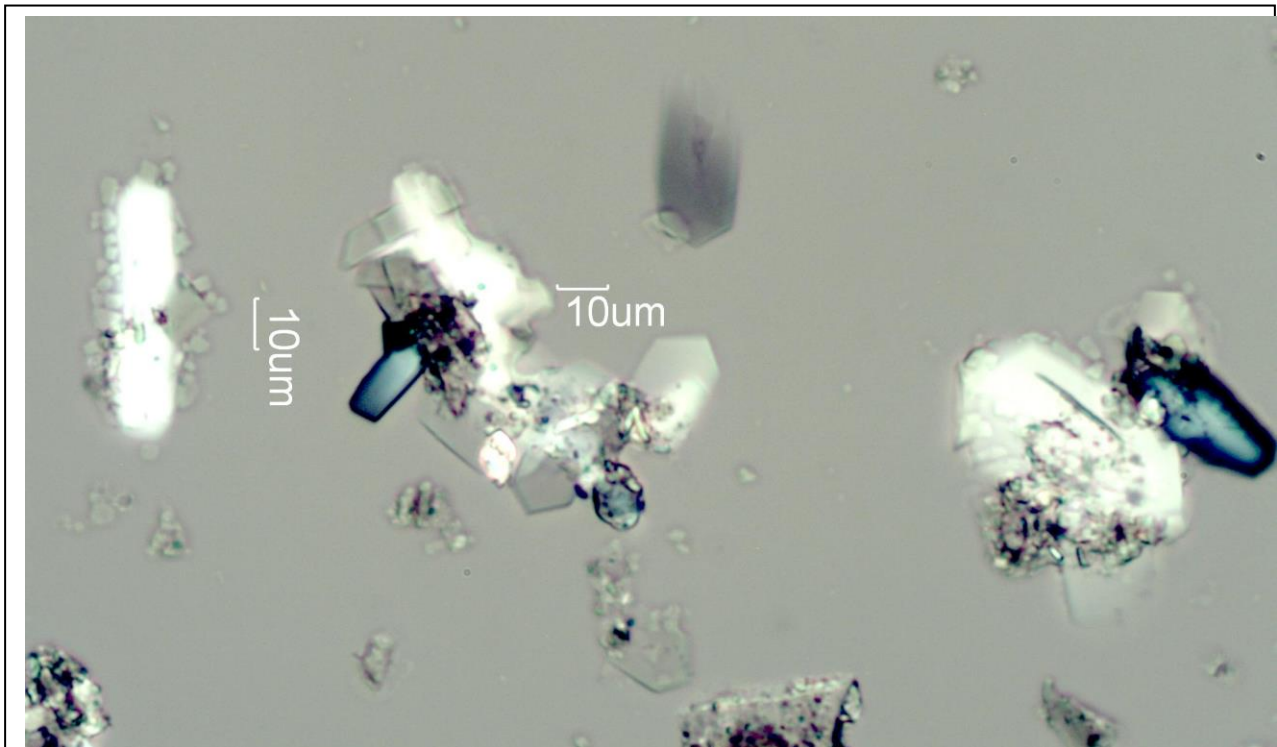
## CONCLUSION

The dust sample from Tower 289 contained some electrolytic salts. The dominant electrolyte was sodium chloride from a marine aerosol. Gypsum was a secondary salt and it can function as an electrolyte but only in the presence of high sodium chloride concentrations. Sodium chloride can build up over time between rain storms and may be a concern if the relative humidity exceeds 74% in the absence of rain.

Most of the particles present were non-conductive but charred plant material is a semi-conductor and can cause problems if present at high enough concentrations. The concentration was not high enough to be of concern at this location at this time.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Russ Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant



Photograph 5: Sample 2641 Sodium Chloride and Gypsum

The small square particles are sodium chloride and the bright particles are gypsum.

## LABORATORY REPORT

**TO:** David Jimenez de la Plata  
c/o TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **E-MAIL:** pedrosa@tjh2b.com; Faust@tjh2b.com; plascencia@tjh2b.com  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Vial of Dust  
**REFERENCE:** 3512, Tower 419-421

### INTRODUCTION

One sample of dust was received for analysis. The primary concern was the presence of electrolytic salts. A portion of the dust was placed in a small volume of deionized water and tested for water soluble salts.

### RESULTS

The dust contained a high level of electrolytic salts, primarily ammonium nitrate with some gypsum.

The amount of water soluble salts in this sample could be a problem for exposed bushings. If the relative humidity goes above 50% the ammonium nitrate becomes an electrolyte and can cause flashover failures.

### CONCLUSION

The dust is a collection of natural minerals but includes a high proportion of ammonium nitrate with some gypsum. Ammonium nitrate is a deliquescent, highly water soluble salt that can lead to the flashover failure of bushings.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Russ Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant

## LABORATORY REPORT

**TO:** Jorge Plascencia  
TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **FAX:** **E-MAIL:** [plascencia@tjh2b.com](mailto:plascencia@tjh2b.com); [chavez@tjh2b.com](mailto:chavez@tjh2b.com)  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Dust Sample from Towers 172-175  
**REFERENCE:** Sample #2643

### INTRODUCTION

One composite sample of dust from Towers 172 through 175 was received for analysis. The container of dust was marked as sample 2643. It was presumed that the primary concern was conductivity if the sample became wet. There are two main factors affecting conductivity in this case. The first is the presence of water soluble salts. The second is the presence of conductive particles. Both were considered in this case. A portion was mounted directly in a synthetic resin for analysis using analytical light microscopy. A second portion was suspended in a drop of distilled, deionized water and the was then examined for soluble salts.

### RESULTS

The minerology was typical of an arid environment near a marine environment. There was some sodium nitrate present. The relative absence of sodium chloride and presence of sodium nitrate suggests that the sodium nitrate in this case is the result of a reaction between nitrogen oxides created by vehicular traffic and the marine aerosol. At this time the level of sodium nitrate is not a concern. If it continues to accumulate it could become a potential problem. Rain easily removes this salt.

The particles that were not water soluble or were only sparingly soluble included quartz, feldspars, gypsum, pyroxenes, micas, charred plant debris, coal, magnetite, hematite, rutile, plant parts, diatoms, sponge spicules, pollen, and insect debris. Gypsum is only conductive in its disassociated form when in solution. The most conductive particles in this sample were charred plant material and magnetite, both at relatively low concentrations.

### CONCLUSION

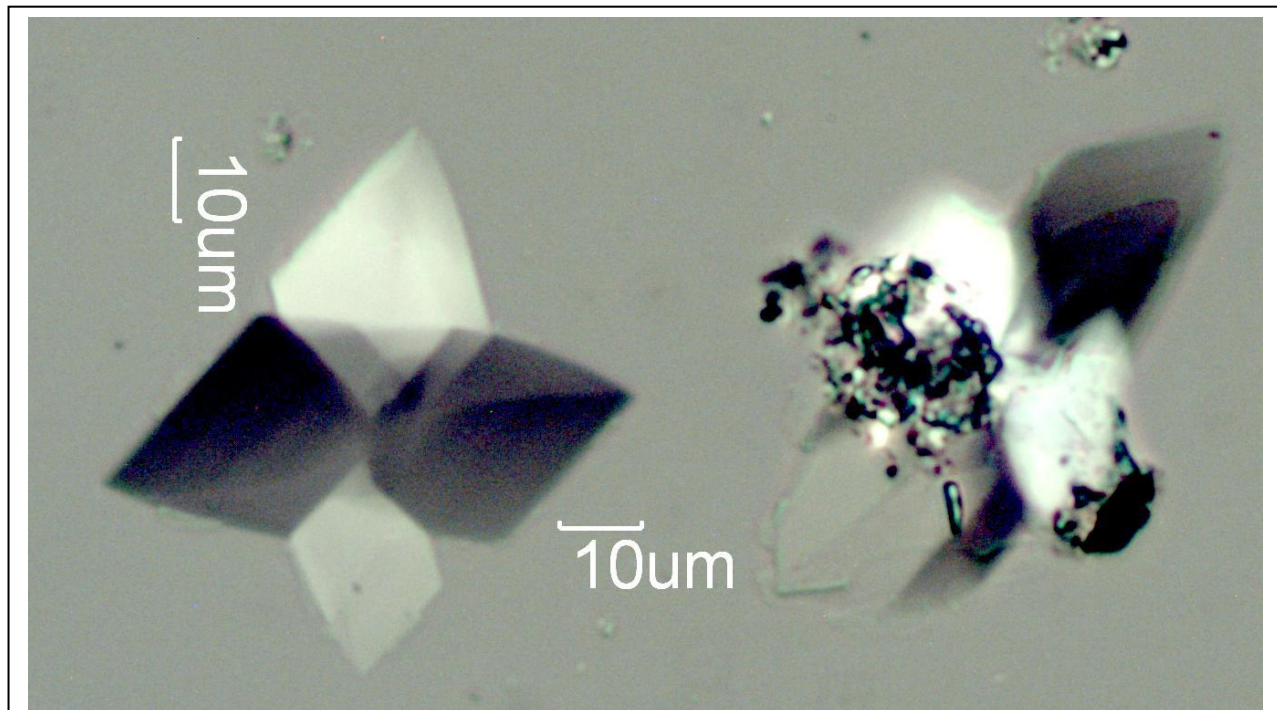
The composite dust sample from Towers 172 through 175 contained a low level of sodium nitrate and essentially no sodium chloride. This suggests that the sodium nitrate is a reaction

product between the nitrogen oxides from vehicles and the sodium chloride from a marine aerosol. The levels of electrolytes in this sample are low and shouldn't be a problem at this time.

Most of the particles present were non-conductive but charred plant material is a semi-conductor and can cause problems if present at high enough concentrations. The concentration was not high enough to be of concern at this location at this time.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Russ Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant



Photograph 7: Sample 2643 Gypsum and Traces of Sodium Nitrate.

These large crystals are gypsum. The small crystal cluster on the right over the gypsum crystal includes some sodium nitrate. Gypsum is a sparingly soluble salt and doesn't represent a risk unless significant amounts of sodium chloride is present. That is not the case here.

## LABORATORY REPORT

**TO:** Tina Denham  
TJH2b Analytical Services  
3123 Fite Circle  
Sacramento, CA 95827

**PHONE:** (916) 361-7177 **FAX:** **E-MAIL:** [denham@tjh2b.com](mailto:denham@tjh2b.com);  
**SUBJECT:** Particle Identification  
**SPECIMEN:** Vial of Dust  
**REFERENCE:** TJH2b Project P10127

### INTRODUCTION

One sample of dust was received for analysis. A portion of the sample was mounted in a synthetic resin for analysis using analytical light microscopy. Another portion was placed in a small volume of deionized water and tested for water soluble salts.

### RESULTS

The particles were a mixture of natural minerals which included sodium chloride and gypsum as water soluble salts. The amount of gypsum and sodium chloride was unusually high. The sodium chloride may be from ocean salt spray. This type of sodium chloride deposit is not uncommon along ocean coasts. The amount of gypsum is quite high relative to the sodium chloride. Gypsum is more common in arid environments. Gypsum and sodium chloride (halite) are often found together in inland salt deposits. Many of the other minerals are more typical of volcanic soils. Feldspar and pyroxenes are common in this collection of materials. There are also silica phytoliths typical of grasses.

The amount of water soluble salts in this sample could be a problem for exposed bushings. If the relative humidity goes above 77% the sodium chloride becomes an electrolyte and can cause flashover failures.

### CONCLUSION

The dust is a collection of natural minerals but includes a high proportion of sodium chloride and gypsum, both water soluble salts that can lead to flashover failure of bushings.

Thank you for this opportunity to be of service. If I can provide any further assistance please contact me.

Signed: *Ernest R Crutcher*  
E. R. Crutcher, Consultant





## Laboratory Report

**SUBJECT:** Identification of Dust

**SPECIMEN:** Dust from Transformer / Unknown Location

### INTRODUCTION

One plastic bag of dust was received for analysis. The bag was marked "Estroctura 173: 258, Fase: S, Aislador: 01". The dust was mounted for analytical light microscopy.

### RESULTS

The dust consisted of a variety of natural minerals. Feldspars dominate, but magnetite, quartz, various pyroxenes, and amphiboles were present. The only mineral of concern is magnetite. Magnetite is conductive. The minerals are primarily of volcanic and metamorphic origin. Furthermore, the mineral grains tend to be sharply angular. This is indicative of crushed rock that has not been smoothed by erosion.

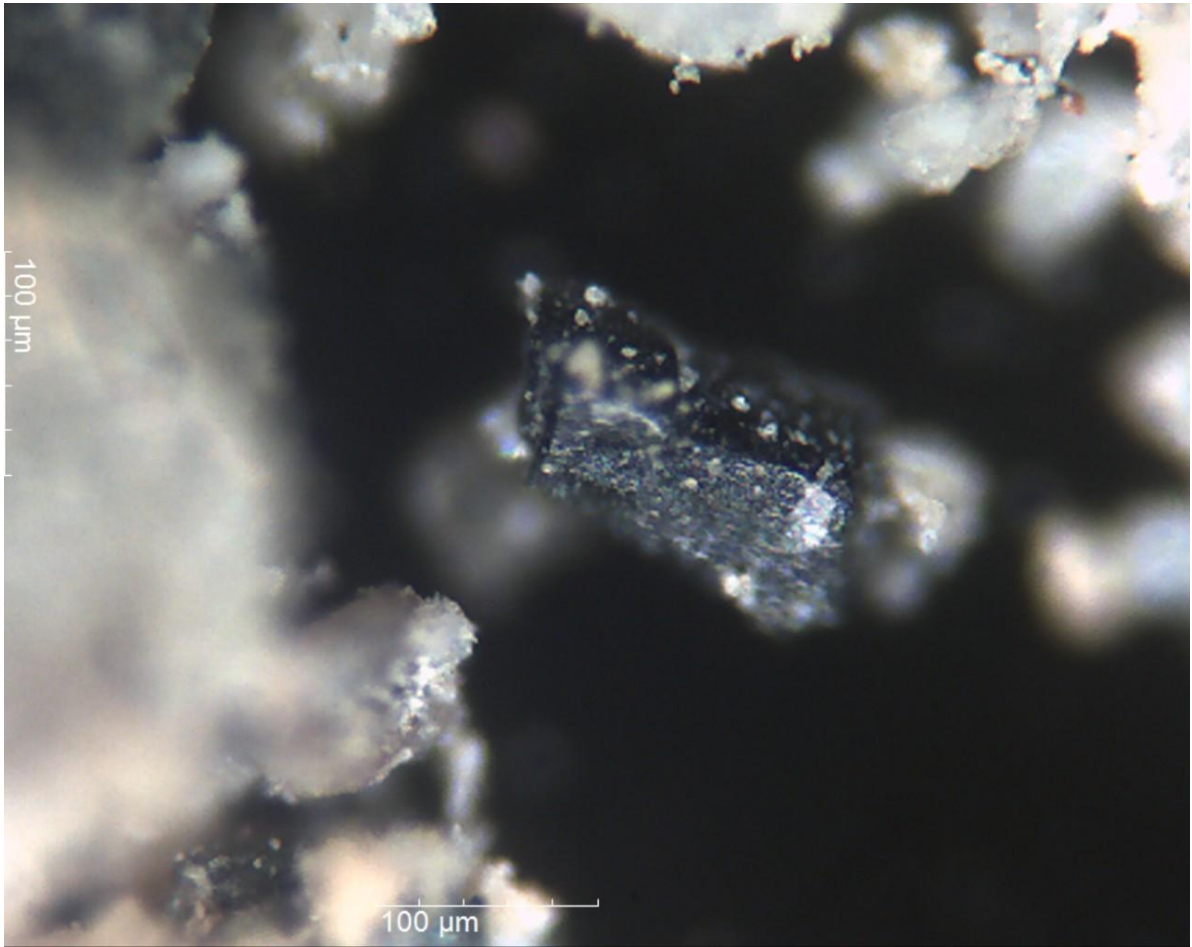
### CONCLUSION

The dust consisted primarily of crushed natural minerals of volcanic and metamorphic origin.

---

The analyses, opinions, or interpretations contained in this report are based upon material and information supplied by the client. TJ/H<sub>2</sub>b Analytical Services Inc. does not imply that the contents of the sample recovered by this laboratory are the same as all such material in the environment from which the sample was taken. Our test results relate only to the sample or samples tested. Any interpretations or opinions expressed represent the best judgment of TJ/H<sub>2</sub>b. TJ/H<sub>2</sub>b assumes no responsibility and makes no warranty or representation, express or implied, as to the condition, productivity, proper operation, or profitability of any equipment or other property for which this report may be used or relied upon for any reason whatsoever.

Approved by:



This image shows a magnetite mineral.



## **ANEXO 08**

### **ANALISIS QUIMICO POR COMPOSICION**

Lima, 14 de Abril de 2016

## REPORTE DE LABORATORIO

**CLIENTE:** ABENGOA. Av. Canaval y Moreira 562. San Isidro, Lima, Lima Perú

**OBJETIVO:** Identificación de Polvo

**MATERIA A ANALIZAR:** Polvo

### INTRODUCCION

Se recibió 05 muestras de polvo para su análisis. Se presumía que la principal preocupación era la conductividad si las muestras se habían humedecido. Existen dos factores que afectan a la conductividad en este caso. El primero es la presencia de sales solubles en agua. La segunda es la presencia de partículas conductoras. Las muestras se designaron como se muestra en la siguiente tabla:

IDENTIFICACIÓN CLIENTE	IDENTIFICACION TJ/H2b Latina SAC
TORRE 261	5102639
TORRE 117-119	5102640
TORRE 289	5102641
TORRE 231-233	5102642
TORRE 172-175	5102643

Una porción de la muestra fue montada en una resina sintética para su análisis mediante microscopia de luz analítica. Una segunda porción se suspendió en un pequeño volumen de agua desionizada y luego a continuación, se examinó para las sales solubles en agua.

### RESULTADOS:

Una de las más significativas diferencias en las muestras fue la alta presencia de nitrato de sodio en la muestra 5102640, y el bajo nivel o casi ausencia de nitrato de sodio en todas las otras muestras. El nitrato de sodio en las otras muestras era de nivel de trazas. La muestra con menor cantidad de nitrato de sodio fue 5102643 seguida de 5102639 y 5102641. La muestra 5102642 contenía más nitrato de sodio que la muestra 5102639 y 5102641, pero 100 veces menos (1/100)

de la cantidad encontrada a la muestra 5102640. Se encontró 10 veces más nitrato de sodio que cloruro de sodio en la muestra 5102640. Todas las muestras contenían cloruro de sodio, con altos niveles de sulfato de calcio dihidratado (yeso).

Las partículas que no fueron solubles o que fueron escasamente solubles fueron en todas las muestras similares. Las muestras contenían grandes cristales de yeso, feldespato, cuarzo, piroxenos, micas, Fragmentos vegetales carbonizados, magnetita, hematita, diatomeas, partes de vegetación, polen, residuos de insectos, fragmentos de fibras sintéticas y desgaste de la cubierta. Las partículas de mayor preocupación fueron los materiales vegetales carbonizados. Partículas vegetales carbonizadas son conductoras y pueden causar problemas. Cristales de nitrato de sodio fueron encontrados en el montaje en bruto de la muestra 5102640.

## CONCLUSIÓN

La muestra de polvo identificada como 5102640 contiene un alto nivel de concentración de sales solubles en agua que pueden comportarse como electrolitos. Ninguna de las otras muestras contenía una alta concentración de electrolitos aunque todas ellas contienen cantidades significativas de yeso y un nivel bajo de cloruro de sodio. Había un número de partículas conductoras diferentes en estas muestras pero fueron en concentraciones relativamente bajas. Carbón vegetal carbonizado fue la más común partícula conductora.

Approved by:



John Bruhn  
Operations Manager  
TJ/H2b Latina

## INFORME DE ENSAYO No. 86866L/14-MA

Cliente : Abengoa Perú S.A.  
 Dirección : Av. Canaval y Moreyra N°. 562 Urb. Corpac  
 San Isidro  
 Producto : Suelos  
 Cantidad de muestra : 01  
 Presentación : Bolsa de plástico proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.  
 Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente  
 Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-08-10; Hora 08:00  
 S/S 002348-14-LMA  
 Referencia del Cliente : L-5032 - Chincha - Sedimento - Cotizacion N° LMA-24293/2014  
 Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2014-08-29  
 Fecha de Inicio de Análisis : 2014-08-29  
 Fecha de Término de Análisis : 2014-09-02  
 Solicitud de Análisis : 06504/14

Código de	Descripción de Muestra	Conductividad Especifica
Laboratorio	Declarado por el Cliente	dS/m
06504-24116	Muestra de Contaminación de Aisladores L-5032 - ATS	78,900
	Límite de Cuantificación	0,001

## Métodos:

Conductividad Especifica SCS 8A1a Conductividad del Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D,C EUA 1986

Las muestras ingresaron al Laboratorio, en cooler.

El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Callao, 06 de Setiembre del 2014

**Inspectorate Services Perú S.A.C.**  
**A Bureau Veritas Group Company**  
  
**ING. YANI MORALES H.**  
**C.I.P. 135922**  
 JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

## INFORME DE ENSAYO No. 109081L/14-MA

Cliente : Abengoa Perú S.A.  
 Dirección : Av. Canaval y Moreyra N°. 562 Urb. Corpac  
 San Isidro  
 Producto : Suelos  
 Cantidad de muestra : 2  
 Presentación : Bolsa de plástico proporcionados por el cliente  
 Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente  
 Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-09-14/21  
 S/S 003052-14-LMA  
 Referencia del Cliente : L-5032 - Chincha - Suelo - Cotización N° LMA-26628/2014  
 Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2014-10-27  
 Fecha de Inicio de Análisis : 2014-10-31  
 Fecha de Término de Análisis : 2014-10-31  
 Solicitud de Análisis : 08415/14

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra	Conductividad Especifica
	Declarado por el Cliente	dS/m
08415-32288	L-5032 14/09 Muestra de Contaminación	43,200
08415-32289	L-5032 21/09 Muestra de Contaminación	34,100
	Límite de Cuantificación	0,001

## Métodos:

Conductividad Especifica SCS 8A1a Conductividad del Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D,C EUA 1986

Las muestras ingresaron al Laboratorio, en cooler.

El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Callao, 31 de Octubre del 2014

**Inspectorate Services Perú S.A.C.**  
**A Bureau Veritas Group Company**

**ING. YANI MORALES H.**  
**C.I.P. 135922**  
**JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE**



## INFORME DE ENSAYO No. 120092L/14-MA

Cliente : OMEGA PERU OPERACION Y MANTENIMIENTO S.A.  
 Dirección : AV. CANAVAL Y MOREYRA, FCO NRO. 562 URB. EL PALOMAR LIMA - LIMA - SAN ISIDRO  
 Producto : Suelos  
 Cantidad de muestra : 11  
 Presentación : Bolsas de plástico proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.  
 Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente  
 Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-08-03/2014-08-24  
 S/S 003387-14-LMA  
 Referencia del Cliente : Chilca - Montalvo - ATS  
 Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2014-11-25  
 Fecha de Inicio de Análisis : 2014-11-25  
 Fecha de Término de Análisis : 2014-12-09  
 Solicitud de Análisis : 09272/14

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra Declarado por el Cliente	Conductividad Especifica dS/m
09272-35814	Chilca -Poroma Torres : 593-600	12,000
09272-35815	Chilca-Poroma Torres : 600-615	6,783
09272-35816	Chilca-Poroma Torres : 678-691 y 693-694	6,432
09272-35817	Chilca-Poroma Torres : 342-361	69,660
09272-35818	Chilca-Poroma Torres : 534-540	1,537
09272-35819	Chilca-Poroma Torres : 479-486	0,522
09272-35820	Chilca-Poroma Torres : 541-549	5,443
09272-35821	Chilca Poroma Torres : 202-219	52,540
09272-35822	Chilca-Poroma Torres : 459-466	0,518
09272-35823	Chilca-Poroma Torres : 487-494	0,516
09272-35824	Chilca-Poroma Torres : 467-471 y 476-478	0,552
Límite de Cuantificación		0,001

## Métodos:

Conductividad Especifica SCS 8A1a Conductividad del Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D,C EUA 1986

Las muestras ingresaron al Laboratorio, en cooler.

El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Callao, 10 de Diciembre del 2014

**Inspectorate Services Perú S.A.C.**  
**A Bureau Veritas Group Company**

**ING. YANI MORALES H.**  
**C.I.P. 135922**  
 JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

## INFORME DE ENSAYO No. 54306L/15-MA

Cliente : OMEGA PERU OPERACION Y MANTENIMIENTO S.A.  
 Dirección : AV. CANAVAL Y MOREYRA,FCO NRO. 562 URB. EL PALOMAR LIMA - LIMA - SAN ISIDRO  
 Lima  
 Producto : Suelos  
 Cantidad de muestra : 8  
 Presentación : Frascos de plástico proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.  
 Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el Cliente  
 Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2014-11-23/2015-04-19  
 S/S 001397-15-LMA  
 Referencia del Cliente : Chilca - Montalvo - ATS  
 Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2015-05-14  
 Fecha de Inicio de Análisis : 2015-05-16  
 Fecha de Término de Análisis : 2015-06-03  
 Solicitud de Análisis : 03648/15

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra Declarado por el Cliente	Sulfato mg/Kg	Conductividad Especifica dS/m	Cloruros mg/Kg Cl-
03648-14211	Poroma - Ocoña Torres: 163-184	--	21.130	--
03648-14212	Chilca - Poroma Torres: 315-341 y 378-387	--	11.200	--
03648-14213	Chilca Poroma Torres: 616-641	--	22.000	--
03648-14214	Poroma - Ocoña Torres: 001-015	--	13.670	--
03648-14215	Poroma - Ocoña Torres: 049-060 061-079; 99-118	--	16.050	--
03648-14216	Chilca - Poroma Torres: 272-289	--	35.620	--
03648-14217	Poroma - Ocoña Torres: 133-137	<0,5	2,297	627,7
Límite de Cuantificación		0,5	0,001	1,0

## Métodos:

Sulfato SCS 8A1 Pasta Saturada Mezclada, Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D,C EUA 1986. EPA 352.1 Nitrate, Colorimetric, Brucine; "Methods for Chemical Analysis of Water and Waste; "Methods for Chemical An  
 Conductividad Especifica SCS 8A1a Conductividad del Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D,C EUA 1986  
 Cloruros SCS 8A1 Pasta Saturada Mezclada. Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D.C EUA 1986

Las muestras ingresaron al Laboratorio, en cooler.

El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Callao, 08 de Junio del 2015

**Inspectorate Services Perú S.A.C.**  
**A Bureau Veritas Group Company**

**ING. YANI MORALES H.**  
**C.I.P. 135922**  
 JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

## INFORME DE ENSAYO No. 98523L/15-MA

Cliente : OMEGA PERU OPERACION Y MANTENIMIENTO S.A.  
 Dirección : AV. CANAVAL Y MOREYRA, FCO NRO. 562 URB. EL PALOMAR LIMA - LIMA - SAN ISIDRO  
 Lima  
 Producto : Suelos  
 Número de muestras : 4  
 Presentación de las muestras : Frascos de plástico proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.  
 Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente indicando fecha de muestreo: 2015-05-17/2015-05-28  
 Referencia del Cliente : Chilca - Montalvo - ATS  
 Fecha de Recepción de las muestras : 2015-09-03  
 Fecha de Inicio de Análisis : 2015-09-03  
 Fecha de Término de Análisis : 2015-09-15  
 Solicitud de Servicio : S/S 002870-15-LMA

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra Declarado por el Cliente	Sulfato mg/L SO4-2	Conductividad Específica dS/m	Cloruros (mg/Kg Cl-)
06807-26552	Chilca-Poroma 555-579	--	11.480	--
06807-26553	Chilca-Poroma 669-721	--	18.070	--
06807-26554	Ocoña-Montalvo Torre:001	255.9	0.730	89.1
06807-26555	Ocoña-Montalvo Torre:012	86.1	0.260	39.1
Límite de Cuantificación		0,5	0,001	1,0

## Métodos de ensayo:

Sulfato : SCS 8A1 Pasta Saturada Mezclada, Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D,C EUA 1986. EPA 352.1 Nitrate, Colorimetric, Brucine; "Methods for Chemical Analysis of Water and Waste; "Methods for Chemical An  
 Conductividad Específica : SCS 8A1a Conductividad del Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D,C EUA 1986  
 Cloruros : SCS 8A1 Pasta Saturada Mezclada. Extracto de Saturación; Soil Conservation Service US Department of Agriculture Washington D.C EUA 1986

Las muestras ingresaron al Laboratorio, en cooler.

El informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Callao, 16 de Setiembre del 2015

**Inspectorate Services Perú S.A.C.**  
**A Bureau Veritas Group Company**

**QUIM. LUIS A. ZEGARRA RUIZ**  
**C. Q. P. 1112**  
**LABORATORIO MEDIO AMBIENTE**

**ANEXO 09**

**MAPA DE CONTAMINACION**





Contaminantes Identificados	
Nitrato de Sodio	NS
Cloruros de sodio	NaCl
Nitrato de amonio - Gallinaza	NA
Oxido de hierro - magnetita	OH
Yeso	Y

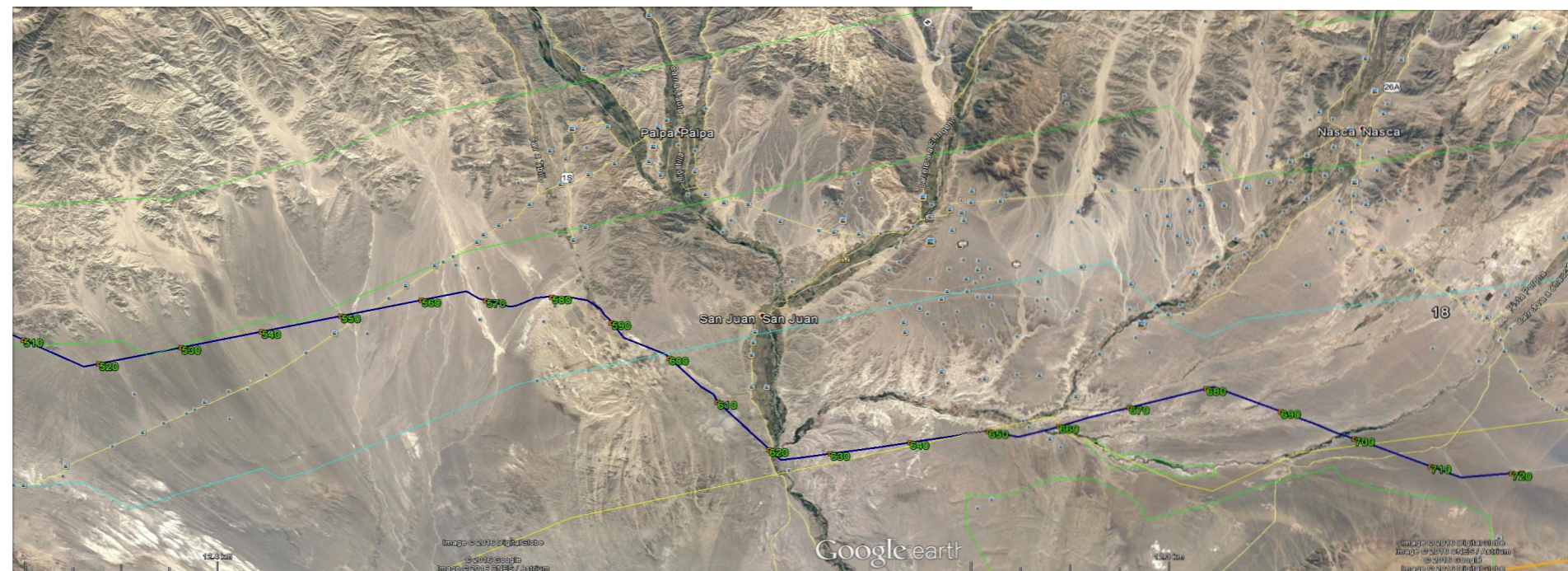
Distancia límite de la	Valor
Límite de 10 KM	4
Límite de 20 KM	3
Límite de 30 KM	2
Límite de 40 KM	1
más de 40 km	0

Niveles Salinidad	Valor
Extremadamente salino	4
Muy salino	3
Moderadamente salino	2
Poco salino	1
No salino	0

Niveles de efluvo	Valor
Efluvo 01	0
Efluvo 02	1
Efluvo 03	2
Efluvo 04	3
Efluvo 05	4

Grado de contaminación	Rango
Bajo	1 -- 4
Medio	5 -- 8
Alto	9 -- 12

Ensayos Quimicos																							
Nivel Salinidad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Efluvios	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Distancia límite de la costa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
<b>Sumatoria valores</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	
N° Estructura	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720	Porti	
Parcial (km)	5.4	5.3	5.2	5.3	4.4	4.4	4.6	4.6	4.5	4.8	4.3	5.1	5.0	4.6	4.6	5.0	5.0	5.0	5.1	5.2	0.6		
Acumulado (km)	259.6	265.0	270.3	275.5	280.8	285.2	289.6	294.2	298.9	303.3	308.1	312.4	317.5	322.5	327.1	331.7	336.8	341.8	346.8	351.9	357.1	357.8	



**ANEXO 10**

PLANILLA DE MANTENIMIENTO POR TORRE L-5032





























## **ANEXO 11**

### **COSTO DE INSPECCION ATS (EFLUVIOS)**

N° Torre	Tipo de Torre	Cantidad Aisladores	Control Efluvios 01	Fecha Control 01	Control Efluvios 02	Fecha Control 02	Control Efluvios 03	Fecha Control 03	Control Efluvios 04	Fecha Control 04	Control Efluvios 05	Fecha Control 05	Control Efluvios 06	Fecha Control 06	Control Efluvios 07	Fecha Control 07	Control Efluvios 08	Fecha Control 08	Control Efluvios 09	Fecha Control 09	Control Efluvios 10	Fecha Control 10	Control Efluvios 11	Fecha Control 11	Control Efluvios 12	Fecha Control 12	Control Efluvios 13	Fecha Control 13	Control Efluvios 14	Fecha Control 14	Control Efluvios 15	Fecha Control 15	Control Efluvios 16	Fecha Control 16	Cantidad de Inspecciones en 5 años	
99	ASR-N	4	Nivel 2	23/05/2015	Nivel 2	8/09/2015																												2		
100	ASR	4	Nivel 1	24/03/2015	Nivel 2	23/05/2015	Nivel 3	8/09/2015																											3	
101	ASR-N	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 2	23/05/2015																											3	
102	ASR	4	Nivel 2	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 3	23/05/2015																											3	
103	ASR	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 2	23/05/2015																											3	
104	ASL	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 1	24/03/2015	Nivel 3	23/05/2015																											3	
105	ASR	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 2	23/05/2015																											3	
106	ASR	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 1	24/03/2015	Nivel 3	23/05/2015																											3	
107	ASL	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 1	24/03/2015	Nivel 3	23/05/2015																											3	
108	ASL	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 4	26/05/2015																											3	
109	ARA	16	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 4	26/05/2015	Nivel 2	25/10/2015	Nivel 2	29/12/2016	Nivel 3	23/07/2017	Nivel 4	20/09/2017	Nivel 3	16/03/2018	Nivel 4	15/05/2018															3	
110	ASR	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 3	26/05/2015	Nivel 2	25/10/2015																									4	
111	ASL	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 4	26/05/2015	Nivel 2	25/10/2015																									4	
112	ASL	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 2	24/03/2015	Nivel 4	26/05/2015	Nivel 2	25/10/2015	Nivel 4	29/01/2016	Nivel 3	5/07/2016																					4	
113	ASL	4	Nivel 2	4/12/2014	Nivel 4	26/05/2015	Nivel 3	25/10/2015	Nivel 4	29/01/2016	Nivel 4	5/07/2016																								4
114	ASL	4	Nivel 1	4/12/2014	Nivel 1	25/03/2015	Nivel 4	26/05/2015	Nivel 3	25/10/2015	Nivel 4	29/01/2016	Nivel 4	5/07/2016																						4
115	ASR	4	Nivel 2	4/12/2014	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 4	26/05/2015	Nivel 3	25/10/2015	Nivel 4	29/01/2016	Nivel 4	5/07/2016																						4
116	ASL	4	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 4	21/05/2015	Nivel 1	25/10/2015	Nivel 2	25/10/2015																										4
117	ASL	4	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 4	21/05/2015	Nivel 2	25/10/2015	Nivel 4	29/01/2016	Nivel 1	5/07/2016																								4
118	ASR	4	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 4	21/05/2015	Nivel 2	25/10/2015	Nivel 4	29/01/2016	Nivel 1	5/07/2016																								4
119	AAL	14	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 1	21/05/2015	Nivel 4	23/07/2015	Nivel 3	25/10/2015	Nivel 3	29/01/2016	Nivel 4	5/07/2016	Nivel 2	29/12/2016	Nivel 3	23/07/2017	Nivel 3	20/01/2018	Nivel 2	15/05/2018	Nivel 3	11/07/2018	Nivel 4	15/09/2018								12		
120	ATS	6	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 1	21/05/2015	Nivel 3	6/08/2015	Nivel 2	25/10/2015	Nivel 3	29/01/2016	Nivel 3	5/07/2016	Nivel 3	29/12/2016																			7	
121	ASL	4	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 1	21/05/2015	Nivel 3	6/08/2015	Nivel 2	25/10/2015	Nivel 3	29/01/2016	Nivel 3	5/07/2016																						7
122	ASL	4	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 3	21/05/2015	Nivel 3	6/08/2015	Nivel 3	29/01/2016	Nivel 4	5/07/2016																								6
123	ASL	4	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 4	21/05/2015	Nivel 3	6/08/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 4	5/07/2016																								6
124	ASL	4	Nivel 1	25/03/2015	Nivel 4	23/05/2015	Nivel 3	6/08/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 4	5/07/2016																								5
125	ASL	4	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 4	23/05/2015	Nivel 3	6/08/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 4	5/07/2016																								5
126	AAR	15	Nivel 2	25/03/2015	Nivel 2	23/05/2015	Nivel 4	23/07/2015	Nivel 2	24/02/2016	Nivel 4	5/07/2016	Nivel 2	29/12/2016	Nivel 3	23/07/2017	Nivel 4	20/01/2018	Nivel 1	15/05/2018	Nivel 3	6/11/2018													10	
127	AAR	15	Nivel 3	28/05/2015	Nivel 4	23/07/2015	Nivel 2	24/02/2016	Nivel 4	5/07/2016	Nivel 3	29/12/2016																								9
128	ASL	4	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 4	23/07/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 2	6/07/2016																										9
129	ASR	4	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 4	8/08/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 2	6/07/2016																										4
130	ASL	4	Nivel 2	6/11/2014	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 4	8/08/2015	Nivel 3	6/07/2016																										4
131	ASL	4	Nivel 2	6/11/2014	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 3	8/08/2015	Nivel 4	6/07/2016																										4
132	ASL	4	Nivel 2	6/11/2014	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 3	8/08/2015	Nivel 4	6/07/2016																										4
133	ASL	4	Nivel 2	6/11/2014	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 3	8/08/2015	Nivel 4	6/07/2016																										4
134	ASL	3	Nivel 3	6/11/2014	Nivel 1	9/02/2015	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 3	8/08/2015	Nivel 4	6/07/2016	Nivel 4	6/07/2016																						4
135	ASR	4	Nivel 2	6/11/2014	Nivel 2	9/02/2015	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 4	8/08/2015	Nivel 1	6/07/2016																								5
136	VSL	4	Nivel 2	6/11/2014	Nivel 1	9/02/2015	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 4	8/08/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 3	6/07/2016																						6
137	VSL	4	Nivel 3	6/11/2014	Nivel 1	9/02/2015	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 4	8/08/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 4	6/07/2016																						6
138	VSL	4	Nivel 3	6/11/2014	Nivel 1	9/02/2015	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 4	8/08/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 4	6/07/2016																						6
139	VSL	4	Nivel 3	6/11/2014	Nivel 1	9/02/2015	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 3	8/08/2015	Nivel 3	24/02/2016	Nivel 3	6/07/2016																						6
140	VSL	4	Nivel 2	6/11/2014	Nivel 1	9/02/2015	Nivel 4	28/05/2015	Nivel 4	8/08/2015	Nivel 1	26/10/2015	Nivel 3	30/01/2016	Nivel 4	6/07/2016																				7
141	VSL	4	Nivel 3	9/02/2015	Nivel 3	28/05/2015	Nivel 4	8/08/2015	Nivel 2	26/10/2015	Nivel 3	30/01/2016	Nivel 3	30/01/2016	Nivel 4	6/07/2016																				7
142	VSL	4	Nivel 1	9/02/2015	Nivel 3	28/05/2015	Nivel 3	8/08/2015	Nivel 2	26/10/2015	Nivel 3	30/01/2016	Nivel 3	30/01/2016	Nivel 4	6/07/2016																				6
143	ASL	4	Nivel 1	9/02/2015	Nivel 3	28/05/2015	Nivel 2	26/10/2015	Nivel 2	30/01/2016	Nivel 3	5/10/2016	Nivel 3	25/04/2017	Nivel 2	20/09/2017	Nivel 4	20/12/2017	Nivel 3	19/05/2018	Nivel 2	15/07/2018	Nivel 4	15/09/2018										11		
144	ASL	4	Nivel 4	29/05/2015	Nivel 2	26/10/2015	Nivel 2	30/01/2016	Nivel 4	5/10/2016	Nivel 3	25/04/2017	Nivel 3	20/09/2017	Nivel 4	20/12/2017	Nivel 3	19/05/2018	Nivel 2	15/07/2018	Nivel 4	15/09/2018													10	
145	ASR	4	Nivel 4	29/05/2015	Nivel 2	26/10/2015	Nivel 2	30/01/2016	Nivel 4	5/10/2016	Nivel 3	25/04/2017	Nivel 2	20/09/2017	Nivel 4	20/12/2017	Nivel 3	19/05/2018	Nivel 2	15/07/2018	Nivel 4	15/09/2018													10	
146	ASR	4	Nivel 3	7/11/2014	Nivel 2	10/02/2015	Nivel 4	29/05/2015	Nivel 3	26/10/2015	Nivel 2	30/01/2016	Nivel 4	5/10/2016	Nivel 3	25/04/2017	Nivel 3	20/09/2017	Nivel 4	20/12/2017	Nivel 3	19/05/2018	Nivel 2	15/07/2018	Nivel 3	15/09/2018	Nivel 4	6/11/2018						13		
147	ASR	4	Nivel 3	7/11/2014	Nivel 1	10/02/2015	Nivel 4	29/05/2015	Nivel 2	26/10/2015	Nivel 3	30/01/2016	Nivel 3	5/10/2016	Nivel 3	25/04/2017	Nivel 3	20/09/2017	Nivel 4																	











## **ANEXO 12**

### **FORMATO DE INSPECCIÓN DEL NIVEL DE EFLUVIOS**

Linea :	Hora Inicio :	Flujo Salida :
Fecha :	Hora Fin :	Flujo Llegada:
Realizado :	Temp. Amb :	Tiempo Atm. :

ITEM	TORRE	TIPO TORRE	NIVEL DE EFLUVIO			HUMEDAD RELATIVA (%)	CORONA VISIBLE		OBSERVACIONES
			Fase (T)	Fase (S)	Fase ®		SI	NO	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

Nota: Por cada fase indicar el máximo nivel de efluvo observado en la(s) cadena(s).

Referencia:


Nivel de Efluvo	Descripción de la Actividad Eléctrica (Efecto Visual)
1	Puntos de ionización (descargas) de color azulino sobre la parte inferior del primer aislador, cerca al vástago y/o próximo al conductor.
2	Puntos de ionización en más de un aislador de color azulino/naranja sobre la cadena de aisladores.
3	Puntos de ionización a lo largo de la cadena de aisladores sin descargas parciales, color azulino/naranja, en más del 30% de la cadena.
4	Descargas parciales fugaces (arcos) entre sectores, de color naranja sobre la cadena de aisladores.
5	Descarga eléctrica total (Flash Over) de color naranja a lo largo de toda la cadena de aisladores.

Inspeccionado por		Revisado por		Aprovado por	
Nombre y Cargo Carlos Caparachin Marmolejo		Nombre y Cargo		Nombre y Cargo	
Fecha: 05/07/2016	Firma	Fecha	Firma	Fecha	Firma

## **ANEXO 13**

### **INSTRUCTIVO INSPECCION NOCTURNA**



	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-38
	<b>INSPECCION NOCTURNA</b>	Vigencia: 29/04/2016
		Revisión: 02
		Página 1 de 6
ELABORADO POR. Brian Del Aguila S.	REVISADO POR. Dennis Martínez I.	APROBADO POR Néstor Vicente Carrera.

## 1. OBJETIVO.

Establecer las instrucciones para identificar visualmente los niveles de contaminación en las cadenas de aisladores para su evaluación y programación de las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo según sea el caso.

## 2. ALCANCE.

Se aplica en todas las líneas de transmisión del sistema de transmisión eléctrica de los respectivos contratos.

## 3. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES.

**3.1 Contaminación:** Está conformada por los depósitos de las sales marinas y aquellos que provienen del suelo desértico en la región costera. En las zonas urbanas se agrega la polución provocada por el tráfico vehicular, las Industrias y los cultivos. Todos estos tipos de depósitos en el tiempo alteran las características nominales de los componentes de las líneas de transmisión y subestaciones.

**3.2 Niveles:** Grado de Contaminación de Aisladores.


### CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE EFLUVIOS EN AISLADORES

(Inspección Nocturna en condiciones críticas de humedad)

NIVEL DE EFLUVIOS	DESCRIPCIÓN
<b>1</b>	Puntos de ionización (Descargas) de color azulino sobre la parte inferior del primer aislador, cerca al pin y/o próximo al conductor.
<b>2</b>	Puntos de ionización de más de un aislador de color azulino/naranja sobre la cadena de aislador.
<b>3</b>	Puntos de ionización a lo largo de toda la cadena de aisladores sin descargas parciales, color Azulino/naranja.
<b>4</b>	Descargas parciales fugaces entre sectores, de color naranja.
<b>5</b>	Descarga eléctrica total (Flash Over) color naranja lo largo de toda la cadena.

## 4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

- Términos de Referencia.
- Código Nacional de Electricidad 2011.
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad (RESESATE 2013).
- Plan de Trabajo.

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-38
	<b>INSPECCION NOCTURNA</b>	Vigencia: 29/04/2016
		Revisión: 02
		Página 2 de 6

## 5 RECURSOS.

### 5.1 Personal.

Se requerirán de una (01) brigada de trabajo, la cual debe estar compuesta por:

(1) Supervisor encargado.

(01) Técnico Liniero.

(01) Chofer.

### 5.2 Lista de Materiales, Comunicación, Equipos y Herramientas a emplear.

#### **Materiales:**

- Lapiceros
- Tablilla porta papel
- Cuaderno de notas
- Formato de inspección nocturna
- Bolsa de residuos.

#### **Comunicación.**

- Zona Inaccesible:
  - i. 02 Radio portátil por brigada.
  - ii. 01 Teléfono Satelital por cuadrilla.
- Zona Accesible:
  - i. 02 Radio portátil por brigada.
  - ii. 01 Teléfono celular por cuadrilla.

#### **Equipos:**

- Binocular
- Linterna halógena de largo alcance
- Camioneta Pick Up D/C 4x4
- Cámara fotográfica (con fecha y hora).
- Termohigrómetro.


#### **Herramientas:**

#### **Vehículos:**








- Camionetas 4 x 4.

### 5.3 Documentos.

- Plan de Trabajos para intervención de mantenimiento.
- Solicitud / autorización Permiso de Trabajo.
- Cronograma detallado de actividades.

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-38
	<b>INSPECCION NOCTURNA</b>	Vigencia: 29/04/2016
		Revisión: 02
		Página 3 de 6

#### 5.4 Equipos de Protección Personal y equipos de seguridad.

Símbolo	Descripción
	Arnés de seguridad con estrobo y línea de vida.
	Guantes de Cuero o puntos de hilos, Guantes dieléctricos.
	Zapatos de seguridad.
	Uniforme (camisa, pantalón o mameluco).
	Casco de seguridad y barbiquejo.
	Lentes de seguridad.
	Mascarillas de polvo.
	Cortavientos.


#### **Implementos para casos de emergencia.**

- 01 Camilla por brigada de emergencia.
- 01 Botiquín de primeros auxilios por brigada.

## **6 RESPONSABILIDAD.**

- El Gerente de Operaciones es responsable de la adecuada implementación de este procedimiento.
- El Responsable Técnico es el responsable de establecer la obligatoriedad del cumplimiento de los términos de referencia y este procedimiento, asignando las responsabilidades que corresponde a los diferentes cargos durante la planificación y ejecución de la actividad; es el responsable de verificar la calidad de los mantenimientos y elaborar, entregar el Informe Técnico de Trabajo.
- El Ingeniero SSOMA es responsable de realizar la matriz IPER, los planes de seguridad, medio ambiente, supervisa las actividades realizando continuamente análisis de seguridad en el trabajo antes del inicio de las actividades. Es responsable de la capacitación sobre los riesgos específicos a los que está expuesto el personal comprometido para efectuar la actividad. Es responsable de la supervisión del uso de los equipos de protección personal, del uso de los materiales y el uso adecuado de los equipos y herramientas. Es responsable de dirigir el plan de contingencia junto al Responsable Técnico.
- El Supervisor de Trabajo es el responsable solicitar el permiso de trabajo y de cumplir el presente documento durante la ejecución de la actividad. Deberá de acompañar en todo momento a realizar la condena de los equipos de patio a intervenir conjuntamente con el operador



	<b>INSTRUCTIVO</b>	Código Doc.: VCN-I-O-38
	<b>INSPECCION NOCTURNA</b>	Vigencia: 29/04/2016
		Revisión: 02
		Página 4 de 6

(único responsable de las instalaciones) de la subestación y procederá a trabajar con el visto bueno del operador. Seguirá el proceso de condena, de acuerdo al formato de entrega y recepción de instalaciones, de Anexo A.

- El Supervisor de Cuadrilla es el responsable de hacer cumplir el presente instructivo durante la ejecución de la actividad. Verifica el buen estado y traslado al lugar de trabajo, de los equipos y herramientas para la ejecución de actividades. Verifica se cumpla con las normas de seguridad en el transporte de personal. Inspecciona la realización de los trabajos detectando y adoptando las medidas preventivas que se puedan generar. Si ocurre una emergencia en el trabajo, se reportará inmediatamente al área pertinente siguiendo la secuencia de avisos, informando oportunamente al comité de seguridad quien se hará cargo de la situación apenas toma conocimiento.
- El Liniero es responsable de cumplir con todo lo dispuesto el presente procedimiento, con los estándares de seguridad aplicables para el trabajo, siguiendo todas las normas y procedimientos de seguridad impartidas por el Ingeniero SSOMA y Supervisor de Trabajo.

## **7 DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES.**

### **7.1 Antes.**

- 7.1.1 Decepcionar los Términos de Referencia y planificar la actividad desarrollando el cronograma y Plan de Trabajo.
- 7.1.2 Adjuntar procedimientos de trabajo según los Términos de Referencia.
- 7.1.3 Elaborar la Solicitud de Permiso de Trabajo.
- 7.1.4 Elaborar Cronograma detallado de actividades.
- 7.1.5 Filtrar el IPERC según la actividad a ejecutar.
- 7.1.6 Adjuntar Plan de Contingencia.
- 7.1.7 Convocar al personal habilitado en el proyecto huellas, con exámenes médicos vigentes y gestionar sus respectivas pólizas (SCTR-AP).
- 7.1.8 Enviar al departamento de Seguridad de Omega Perú la documentación concerniente al trabajo a realizar según los puntos anteriores.

### **7.2 Durante.**

- 7.2.1 El supervisor de trabajo solicita el permiso para trabajar.
- 7.2.2 Desarrollar la reunión de seguridad, charla de 5 minutos y elaboración del ATS.
- 7.2.3 Inspección previa de la zona de trabajo, para prevenir presencia de tensión, mala señalización y posibles presencias de insectos ponzoñosos o urticantes (Abejas, avispas, etc.)
- 7.2.4 Observación visual de las descargas parciales presentes en las cadenas de aisladores o terminales del conductor y conductor mismo, evaluando el nivel de contaminación, para programar las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo según sea el caso.



## INSTRUCTIVO

Código Doc.: VCN-I-O-38

## INSPECCION NOCTURNA

Vigencia: 29/04/2016

Revisión: 02

Página 5 de 6

7.2.5 El Supervisor de Trabajo, reporta el estado de operatividad del equipo inspeccionado al operador y cancela el Permiso de Trabajo

7.2.6 El área de trabajo debe quedar libre de todo residuo que se haya generado durante los trabajos. Estos residuos se almacenarán temporalmente en bolsas de colores.

### 7.3 Después.

7.3.1 Presentar un informe de los trabajos realizados, adjuntando su charla de seguridad y los resultados obtenidos en el presente trabajo en un plazo no mayor a 03 días después de cerrar la actividad.

### 7.4 Condiciones Generales.

- Línea de transmisión en servicio.
- Ausencia de lluvias, descargas atmosféricas, oscuridad y vientos fuertes.

## 8 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Tarea o Actividad	Peligro	Riesgo Asociado	Medias de Control (prevención y de protección)
Inspección Nocturna.	Exposición a radiación ultravioleta	Patología dermatológica y ocular	Calor: Promoción y uso de bloqueadores solares o uso de cortavientos. Se debe implementar botellas de agua para la hidratación constante
Inspección Nocturna.	Inhalación de polvo (material particulado)	Neumoconiosis, irritación, intoxicación y problemas alérgicos.	Implementar trapos húmedos. Uso de respiradores.
Inspección Nocturna.	Insectos, arácnidos, serpientes u otros animales (Picadura Mordedura).	Transmisión de enfermedades infecciosas, lesiones dermatológicas, reacciones alérgicas, envenenamiento	Capacitación en temas enfermedades tropicales e implementar medicamentos adicionales (suero antiofídico) según las zonas de trabajo. Uso de polos de manga larga. Priorizar la participación de personal de la zona.
Inspección Nocturna.	Superficie resbaladiza o irregular. Obstáculos en el piso. (Caída al mismo nivel).	Escoriaciones, abrasiones (lesiones superficiales), fracturas y contusiones.	Mantener la concentración en el trabajo. Transitar por los accesos habilitados.
Inspección Nocturna.	Contacto directo o indirecto con electricidad	Shock eléctrico, paro cardio-respiratorio, quemaduras I, II, III, muerte	Mantener las distancias de seguridad.
Inspección Nocturna.	Comportamiento humano	Fractura, contusiones, lesiones,	Realizar el momento sincero.



## INSTRUCTIVO

Código Doc.: VCN-I-O-38

## INSPECCION NOCTURNA

Vigencia: 29/04/2016

Revisión: 02

Página 6 de 6

Inspección Nocturna.	Condiciones climáticas adversa y desastres naturales	Fractura, contusiones, muerte	Paralización de actividades
----------------------	--	-------------------------------	-----------------------------

### 9 MEDIO AMBIENTE.

Tarea o Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Medias de Control (prevención y de protección)
Inspección Nocturna.	Gases generados por la combustión de equipos a motor.	Alteración de la calidad del aire	Inspección y buen mantenimiento de los equipos. Implementación de vehículos nuevos, Revisiones Técnicas.
Inspección Nocturna.	Generación y manejo de residuos peligrosos y no peligrosos (acondicionamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final).	Alteración de las condiciones del suelo (Erosión)	Segregación y Almacenamiento Temporal. Gestión de EPS en manejo de residuos.
Inspección Nocturna.	Demanda de hidrocarburos para los procesos de mantenimiento y operación para subestaciones y líneas de transmisión. Por ejemplo: consumo de combustible para grupos electrógenos.	Agotamiento del recurso natural	Sustitución por productos alternativos.

### 10 ANEXOS

**Anexo N° 1:** Registro de difusión del documento, Inspección Nocturna.