

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“Contaminación por Salinidad en Líneas de  
Transmisión Cercanas a la Costa”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**ESPECIALIZACIÓN :**

**POTENCIA**

**Presentada por:**

**Servio Bladimir Franco Tinoco**

**Guayaquil – Ecuador**

**AÑO**

**2002**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi principal agradecimiento y ofrecimiento a DIOS, ya que sin su bendición no hubiera podido finalizar mi tesis.

Al Ing. Armando Altamirano, dignísimo catedrático de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, por haberme permitido guiarme en este Trabajo de Investigación.

Al Ing. Leonardo Yáñez, por su valiosa colaboración e instrucción para que se haga realidad este trabajo.

Y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron para realizar satisfactoriamente este trabajo producto de mi investigación.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis producto de mi investigación constante, lo dedico a mis padres Lcdos. Servio Franco Torres y Mirian Tinoco de Franco y a mi hermana Yirley, ya que siempre me brindaron su apoyo incondicional, valor suficiente para poder salir adelante e integrarme a un nuevo ambiente cultural y social y desempeñarme como profesional con amor y abnegación.

Mi agradecimiento eterno.

Servio B. Franco

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Carlos Monsalve A.  
Sub - Decano de la FIEC

---

Ing. Armando Altamirano  
Director de Tesis

---

Ing. Juan Saavedra M.  
Vocal

---

Ing. Juan Gallo G.  
Vocal

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

---

Servio Franco Tinoco

## **RESUMEN**

El presente trabajo trata de la contaminación que se presenta en las L/T cercanas a la costa para lo que se realiza el estudio en las líneas Pascuales-Posorja y Pascuales - Santa Elena a 138 KV. En éste se describe como la contaminación afecta los diferentes elementos de las líneas citadas.

Una vez que se describe el estado actual de las líneas, se procede a determinar el grado de contaminación existente para lo cual se emplea el método de ESDD y NSDD. Además con análisis químicos exhaustivos se determinan cuales son los elementos que se depositan sobre los aisladores, para que con el grado de contaminación encontrado proceder a decir la clase de contaminación existente, con el fin de aplicar medidas preventivas que ayuden a mantener en buen estado las Líneas de Transmisión y poder brindar una mejor calidad de servicio eléctrico, y no tener que lamentar disparos en las líneas debido a la contaminación.



## ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
°K	Grados kelvin
CA	Corriente Alterna
cc	Centímetros cuadrados
CD	Corriente Directa
Hp	Caballo de vapor
Kg	Kilogramos
Km	Kilómetros
KV	Kilovoltios
m/seg	Metros por segundo
m <sup>2</sup>	Metros Cuadrados
mm	Milímetros
N	Newton
Psi	Libras por pulgada cuadrada
Pulg	Pulgada
W/cm <sup>2</sup>	Weber por centímetro cuadrado

## SIMBOLOGÍA

A	Área
a	Distancia entre placa
AAAC	Todos los conductores de aleación de aluminio
AR2-1	Anclaje reforzado para zona 2 con 1 hilo de guarda
ASCR	Cable de aluminio con alma de acero
C	Concentración de sal
$\epsilon$	Constante dieléctrica relativa
D	Inducción dieléctrica
$d_c$	Diámetro del conductor
df	Distancia de fuga del aislador
DF <sub>o</sub>	Distancia de fuga
E	Intensidad de campo
EMEPE	Empresa Eléctrica de la Península
E <sub>P</sub>	Intensidad de Campo
ESDD	Densidad de los depósitos de sales
f	Frecuencia
Fig.	Figura
H/G	Hilo de Guarda
I	Corriente
L/T	Línea de Transmisión
$m_c$	Factor de rugosidad
$m_t$	Factor de humedad ambiental
n	Número de conductores
na	Número de aisladores
NSDD	Densidad de los depósitos de los materiales no-solubles
Q <sub>c</sub>	Pérdidas de calor por convención
Q <sub>r</sub>	Calentamiento por radiación
Q <sub>s</sub>	Calentamiento por radiación solar
RC	Residuo de los contaminantes

$r_c$	Resistencia del conductor
S	Coefficiente de seguridad
S/E	Subestación
$S_i$	Intensidad de la radiación solar
T	Temperatura absoluta
$T_a$	Temperatura absoluta del ambiente
$t_a$	Temperatura ambiente
$T_c$	Temperatura absoluta del conductor
$t_c$	Temperatura del conductor
V	Tensión
$V_o$	Tensión crítica de corona
$V_P$	Tensión de perforación
$\alpha$	Coefficiente de variación de la resistencia
$\delta$	Densidad relativa del aire
$\epsilon_o$	Constante dieléctrica en el vacío

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Distribución de tensiones a través de la superficie en corte de un aislador de suspensión.....	6
Figura 1.2	Aislador de suspensión que presentan un fuerte debilitamiento en el ánodo de sacrificio.....	13
Figura 2.1	Hilo de Guarda de la L/T Pascuales – Santa Elena.....	16
Figura 2.2	Formación de los cables de aluminio – acero.....	24
Figura 2.3	Variación de las características mecánicas de un Conductor de Aluminio por Calentamiento.....	28
Figura 2.4	Comparación del $V_{operación}$ con el $V_o$ .....	34
Figura 2.5	Resistencia de un Conductor Metálico como función de la Temperatura.....	37
Figura 2.6	Características Mecánicas del Conductor de Aluminio.....	41
Figura 2.7	Corrosión de la rotula Corta.....	47
Figura 3.1	Grapa de Suspensión.....	50
Figura 3.2	Cobertor Plástico.....	51
Figura 3.3	Protección del Conductor ASCR.....	52
Figura 4.1	Selecciones para Postes Metálicos de Perfiles Laminados.....	59
Figura 4.2	Corrosión de la Cruceta de la estructura metálica tipo suspensión pesada de la línea Pascuales – Santa Elena a 138KV.....	60
Figura 4.3	Reacción Electroquímica en los postes metálicos.....	62
Figura 4.4	Influencia en la armadura de una barra de hormigón.....	65
Figura 4.5	Estructura Cilíndrica Tubular de Hormigón Centrifugado...	68
Figura 4.6	Poste de Hormigón Vibrado de la L/T Pascuales – Sta. Elena.....	71
Figura 4.7	Poste de hormigón – Tipo P2-E ángulo 0° a 1°.....	73
Figura 5.1	Paso de corriente en un aislador por conductividad de Masa.....	75
Figura 5.2	Paso de corriente en un aislador por conductividad superficial.....	76
Figura 5.3	Paso de la corriente en un aislador por perforación de la	77

	masa del aislador.....	
Figura 5.4	Paso de la corriente en un aislador por descarga disruptiva a través del aire.....	78
Figura 5.5	Línea de Fuga de un aislador.....	84
Figura 5.6	Distancia Disruptiva de un aislador de un aislador.....	85
Figura 5.7	Representación esquemática de una cadena de aisladores de suspensión.....	88
Figura 5.8	Representación Esquemática de la posición de cadena de aisladores para apoyo de alineación y para apoyos de anclaje.....	90
Figura 5.9	Conjunto y despiece de un elemento aislador de caperuza y vástago con tetón.....	93
Figura 5.10	Dimensiones Particulares de un aislador de suspensión...	94
Figura 5.11	Aislador de suspensión con problemas de corrosión.....	96
Figura 5.12	Pila Microscópica de oxígeno.....	96
Figura 5.13	Vástago de un aislador de suspensión.....	97
Figura 5.14	Prueba de Oxidación por Ozono.....	98
Figura 5.15	Corrosión Electrolítica.....	99
Figura 5.16	Aislador con Ánodo de sacrificio.....	101
Figura 5.17	Cadena de aisladores de suspensión retiradas de la L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV.....	102
Figura 5.18	Voltaje de flameo de aisladores contaminados.....	107
Figura 6.1	Cadena de aisladores tipo Antifog.....	115
Figura 6.2	Retiro de Contaminantes.....	119
Figura 6.3	Procedimiento para Obtener el peso de los contaminantes.....	121
Figura 6.4	Procedimiento de Análisis químico.....	123
Figura 7.1	ESDD Vs Meses de Exposición (S/E Sta. Elena).....	150
Figura 7.2	ESDD Vs Meses de Exposición (S/E Posorja).....	151
Figura 7.3	NSDD Vs Periodo de Exposición (S/E Sta. Elena).....	152
Figura 7.4	NSDD Vs Periodo de Exposición (S/E Posorja).....	152
Figura 8.1	Método del Flameo Repetido.....	154
Figura 8.2	Relación entre ESDD Vs. Voltaje de Ruptura.....	156
Figura 11.1	Pértigas para líneas Vivas sobre tripies.....	172
Figura 11.2	Pértigas de Enlace.....	174
Figura 11.3	Separación de la rotula corta y la cadena de aisladores de suspensión.....	175
Figura 11.4	Procedimiento para bajar una cadena de aisladores de suspensión, en línea energizada.....	176
Figura 11.5	Cadena de aisladores de la estructura # 222 de la L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV.....	178
Figura 11.6	Colocación de Tierras Locales.....	180
Figura 11.7	Limpieza de aisladores.....	181
Figura 11.8	Extensión metálica para poste afectado por la corrosión...	182

Figura 11.9	Extensión metálica para poste con su respectivo cobertor plástico.....	183
Figura 11.10	Instalación del blindaje en el H/G.....	184
Figura 11.11	Extensión para poste tipo Retención.....	185
Figura 11.12	Tensor para Conductor.....	186
Figura 11.13	Ubicación de la cadena de aisladores de suspensión.....	189
Figura 11.14	Aisladores Analizados.....	190
Figura 11.15	Recolección de las muestras de la cadena de aisladores de suspensión ubicado en la estructura # 237.....	191
Figura 11.16	Diferencia entre una grapa de suspensión nueva y una corroída.....	199
Figura 11.17	Colocación de la Rotula Corta.....	201
Figura 11.18	Apretando la Grapa con el conductor.....	202
Figura 11.19	Cambio de posición de la cadena de aisladores.....	203
Figura 11.20	Estado Actual de la extensión de poste.....	204
Figura 11.21	Ubicación de la Cadena de Aisladores.....	207
Figura 11.22	Recolección de muestras de la cadena de aisladores de suspensión ubicado en la estructura # 180 del tramo Pascuales –Las Juntas.....	208
Figura 11.23	Clases de Contaminación.....	215
Figura 12.1	H/G Afectado por la Contaminación por Salinidad en la línea de Emepe (Posorja).....	217
Figura 12.2	Cadena de Aisladores Retirados del tramo Pascuales – Las Juntas.....	219

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla I	Cables de Aluminio con Alma de Acero.....	22
Tabla II	Características Técnicas de los Cables de Acero galvanizado empleados en las L/T Aéreas.....	26
Tabla III	Efecto Piel.....	39
Tabla IV	Diseño de Aisladores de Suspensión.....	82
Tabla V	Clases de Contaminación.....	109
Tabla VI	Las Juntas – Santa Elena (Datos Generales).....	171
Tabla VII	Distancia Mínima Aprobada de Trabajo para línea Viva.....	172
Tabla VIII	Trabajos efectuados en la L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV.....	188
Tabla IX	Mediciones de Contaminación de Aisladores de Suspensión (L/T Las Juntas – Sta. Elena) .....	194
Tabla X	Clase de Contaminación de Acuerdo al ESDD.....	195
Tabla XI	Las Juntas – Posorja (Datos Generales).....	198
Tabla XII	Trabajos efectuados en la L/T Pascuales – Posorja a 138 KV.....	206
Tabla XIII	Mediciones de Contaminación de Aisladores de Suspensión (L/T Las Juntas – Posorja).....	212

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	VI
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	VII
<b>ABREVIATURAS</b> .....	XI
<b>SIMBOLOGÍA</b> .....	XIII
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	XIV
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.0 Contaminación de los Elementos Aislantes</b> .....	3
1.1 Descripción General de la Contaminación en Aisladores.....	3
1.2 Efecto de la lluvia sobre los aisladores contaminados.....	4
1.3 Experimentos de laboratorio y teorías sobre la ocurrencia de fallas por contaminación.....	7
1.4 Experiencia sobre la prevención de contorneamientos, en ambientes de alta contaminación.....	9
<b>2.0 Efectos de la Contaminación sobre conductores de Aluminio</b> .....	15
2.1 Generalidades.....	15
2.2 Tipos de Conductores para L/T Aéreas.....	17
2.2.1 Cables de Aluminio con Alma de Acero.....	20
2.2.2 Cables de Acero Galvanizado.....	25
2.3 Características Básicas de los Conductores para L/T Aéreas.....	27
2.3.1 Límite Térmico.....	27
2.3.2 Límite por Efecto Corona.....	31
2.3.3 Resistencia del Conductor.....	35
2.3.4 Límite para Tensiones Mecánicas.....	39
2.4 Observaciones sobre instalaciones eléctricas con conductores de aluminio en atmósfera contaminada.....	43

2.5	Hipótesis sobre el proceso de corrosión en conductores de aluminio en áreas de alta contaminación.....	47
<b>3.0</b>	<b>Soluciones Propuestas para prevenir el efecto corrosivo de la atmósfera sobre conductores de aluminio.....</b>	<b>49</b>
3.1	Ensayos realizados.....	49
3.2	Probables soluciones.....	52
<b>4.0</b>	<b>Efecto corrosivo de la atmósfera Contaminada.....</b>	<b>53</b>
4.1	Generalidades.....	53
4.2	Clasificación de las Estructuras.....	53
4.3	Postes Metálicos.....	55
4.3.1	Materiales Utilizados en los Postes Metálicos.....	56
4.3.2	Tipos Generales de Postes Metálicos.....	57
4.3.3	Postes de Perfiles Laminados.....	59
4.3.4	Observaciones Efectuadas en Postes Metálicos.....	59
4.4	Postes de Hormigón.....	62
4.4.1	Materiales Utilizados en los Postes de Hormigón.....	62
4.4.2	Postes de Hormigón Vibrado.....	70
4.4.3	Observaciones Efectuadas en Postes de Hormigón.....	72
<b>5.0</b>	<b>Contaminación de Aisladores.....</b>	<b>74</b>
5.1	Generalidades.....	74
5.2	Normas que deben cumplir los aisladores en L/T.....	81
5.2.1	Limitaciones de Diseño.....	81
5.2.2	Resistencia Electromecánica.....	83
5.3	Características propias de un aislador.....	83
5.3.1	Línea de Fuga.....	84
5.3.2	Distancia disruptiva.....	84
5.3.3	Tensión de Corona.....	85
5.3.4	Tensión disruptiva en seco o a la frecuencia normal.....	85
5.3.5	Tensión disruptiva bajo la lluvia a la frecuencia normal...	86
5.3.6	Tensión disruptiva con ondas de sobre tensión de frente recto.....	86
5.3.7	Tensión de Perforación.....	87
5.4	Aisladores de Suspensión.....	87
5.4.1	Tipos de Aisladores de Suspensión.....	91
5.4.2	Características de los aisladores de suspensión usados en las L/T Pascuales – Posorja y Pascuales – Santa Elena a 138Kv.....	92
5.5	Corrosión del Vástago en los Aisladores de Suspensión	95
5.5.1	Corrosión del Vástago en Aisladores energizados con voltaje AC.....	95
5.5.2	Medidas contra la Corrosión Electrolítica.....	100
5.6	Influencia de la contaminación sobre aisladores.....	103

5.7	Efectos sobre el depósito contaminante en los aisladores.....	104
5.7.1	Alternativas al Problema de Contaminación.....	108
<b>6.0</b>	<b>Procedimiento de Medición del grado de contaminación de los aisladores en las líneas de transmisión Pascuales - Santa Elena y Pascuales - Posorja a 138 KV.....</b>	<b>110</b>
6.1	Introducción.....	110
6.2	Instrumentos necesarios para medir el grado de contaminación del aislador.....	111
6.3	Alcance de las mediciones.....	112
6.3.1	Objetivo de las mediciones.....	112
6.3.2	Detalle de las mediciones.....	112
6.3.3	Procedimiento para el análisis.....	113
6.4	Detalle de las mediciones.....	113
6.4.1	Medida del grado de contaminación.....	113
6.4.2	Análisis de los contaminantes.....	116
6.4.3	Colección de datos de las condiciones meteorológicas... ..	117
6.5	Medición del método de ESDD y NSDD.....	117
6.5.1	Cálculo del ESDD.....	119
6.5.2	Medición del NSDD.....	120
6.5.3	Traslado a la hoja de datos.....	122
6.6	Análisis de contaminantes.....	122
<b>7.0</b>	<b>Resultados de la Medición efectuado en las S/E de SANTA ELENA Y POSORJA.....</b>	<b>124</b>
7.1	Medición del ESDD y NSDD.....	124
7.2	Relación entre el ESDD y el periodo de exposición.....	150
7.3	Relación entre el NSDD y el periodo de Exposición.....	151
<b>8.0</b>	<b>Voltaje de Ruptura en las Líneas de transmisión Pascuales - Santa Elena y Pascuales - Posorja a 138 KV.....</b>	<b>153</b>
8.1	Método del voltaje de flameo repetido.....	153
8.2	Resultados de la Prueba Realizada.....	155
<b>9.0</b>	<b>Análisis Químico de Contaminación en las Líneas Pascuales - Santa Elena y Pascuales- Posorja a 138 KV.....</b>	<b>157</b>
9.1	Generalidades.....	157
9.2	Resultados de la Prueba Realizada en la Línea Pascuales – Santa Elena a 138 Kv. , estructura 237.....	158
9.2.1	Gráficos de la Composición de Contaminantes Solubles en términos de Equivalente Químico, Estructura 237.....	159
9.3	Resultado de las Pruebas Realizadas en las Líneas Pascuales – Posorja a 138 Kv. Estructura 180.....	160
9.3.1	Gráficos de la Composición de Contaminantes Solubles.....	161

	en términos de Equivalente Químico, Estructura 180 del Tramo Pascuales – Posorja.....	
<b>10.0</b>	<b>Análisis de las Pruebas Realizadas por la NGK.....</b>	<b>163</b>
10.1	Análisis de ESDD Y NSDD.....	163
10.1.1	L/T Pascuales – Sta. Elena a 138 Kv.....	163
10.1.2	L/T Pascuales – Posorja a 138 Kv.....	164
10.2	Análisis de Voltaje de Flameo.....	166
10.2.1	L/T Pascuales – Sta. Elena a 138 Kv.....	166
10.2.2	L/T Pascuales – Posorja a 138 Kv.....	166
10.3	Análisis Químico.....	167
10.3.1	L/T Pascuales – Sta. Elena a 138 Kv.....	167
10.3.2	L/T Pascuales – Posorja a 138 Kv.....	167
<b>11.0</b>	<b>Estado Actual de las L/T en Estudio.....</b>	<b>169</b>
11.1	L/T Pascuales – Sta. Elena a 138 Kv.....	169
11.1.1	Componentes de la línea de transmisión afectados por la corrosión.....	170
11.1.2	Medición Actual de ESDD y NSDD.....	189
11.2	L/T Pascuales – Posorja a 138 Kv.....	197
11.2.1	Componentes de la línea de transmisión afectados por la corrosión.....	198
11.2.2	Medición Actual de ESDD y NSDD.....	207
<b>12.0</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>216</b>
	<b>APÉNDICES.....</b>	<b>220</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>264</b>

## INTRODUCCIÓN

Las líneas aéreas y los aisladores en servicio a la intemperie acumulan sobre su superficie cierta cantidad de material, depositados allí por agentes atmosféricos. Cuando la cantidad es tal que altera su funcionamiento normal se dice que estos están contaminados.

De los componentes de la contaminación, los más peligrosos son aquellos cuyas soluciones son conductoras, en las zonas de Posorja y Santa Elena se da esta situación, de los cuales se citan los siguientes: sales solubles en sodio, potasio y calcio. La cantidad de sustancias inertes poco conductoras influyen al actuar como aglomerante adhiriendo el deposito a la superficie de las líneas y del aislador, también al ser absorbentes, reteniendo el agua y facilitando la formación de soluciones conductoras.

Generalmente la contaminación en seco no presenta problemas en los aisladores. Con un ambiente húmedo debido a la presencia de lluvias y especialmente de neblinas, los componentes de la contaminación, que normalmente tienen una gran resistividad en su estado seco, absorben humedad y forman una película conductora que al no ser uniforme, forma zonas de mayor resistencia. Debido a la distribución no uniforme de la tensión a lo largo del aislador, en zonas de mayor resistencia pueden

producirse descargas locales, provocando un aumento considerable de la corriente de fuga superficial. Si la contaminación y la humedad son suficientes, el arco así iniciando se puede propagar hasta los terminales del aislador, produciendo su contorneamiento total, el que sólo se termina al operar las protecciones.

El presente trabajo trata de explicar el efecto de la contaminación por salinidad de los diferentes elementos constructivos de las líneas y redes aéreas, para lo cual se emplea el método del ESDD y NSDD para determinar el grado de contaminación actual y se exponen las soluciones “de campo” que el propio personal de operación ha ensayado a lo largo del tiempo, bajo la presión por mejorar la calidad del servicio eléctrico y aumentar la duración de las instalaciones.

# CAPITULO I

## 1. CONTAMINACION EN LOS ELEMENTOS AISLANTES

### 1.1 Descripción general de la contaminación en aisladores

Hablar de contaminación en aisladores es un tema sumamente extenso y complejo es por ello que el siguiente trabajo tiene como propósito centrarse en las de ambiente salino donde se presentan condiciones desfavorables para los aisladores.

Los sitios seleccionados para llevar a efecto el estudio de contaminación de aisladores en ambientes salinos fueron las zonas de Santa Elena y Posorja, donde además de la alta contaminación del ambiente con materiales disociables (cloruro de sodio, potasio, sales de origen marino, polvo, etc.) presenta una escasa precipitación y una fuerte variación de temperatura entre el día y la noche. Estas condiciones propician la acumulación de sedimentos

salinos y/o de polvo los cuales en general tienen muy alta resistividad en su estado seco.

Por efectos de turbulencias provocadas por las brisas y un mecanismo de atracción electrostática, estas partículas tienden a acumularse en las áreas de mayor gradiente de potencial en el aislador: espiga y caperuza en aisladores de suspensión y coronilla en aisladores de espiga.

Con atmósferas ligeramente húmedas como las provocadas por las primeras precipitaciones de la temporada lluviosa (en el caso de que sean ligeras) o por el rocío que tiende a formarse en la superficie fría de los aisladores, por la madrugada, las partículas secas absorben la humedad y forman una película de mayor conductividad. Bajo estas nuevas condiciones se produce una variación en la distribución de potencial en el aislador (ocasionalmente puede hacerse uniforme esta distribución de potencial) y también se acorta la distancia de contorno del aislador provocando un incremento de las corrientes de fuga.

La experiencia demuestra que las lluvias no solo no representan problemas serios en el funcionamiento de aisladores contaminados, sino que contribuyen a resolver problemas que esta contaminación plantea, principalmente debido a efectos de limpieza o disolución de capas conductoras de sedimentos.

## **1.2 Efectos de la lluvia sobre aisladores contaminados**

Las lluvias fuertes, cuyo efecto puede también producirse artificialmente mediante la utilización de equipos de lavado en caliente, para actuar sobre los aisladores contaminados de acuerdo al siguiente mecanismo:

Al iniciarse la lluvia, las superficies superiores de los aisladores (o cadena de aisladores) se humedecen aumentando la conductividad favoreciendo la disrupción. En esta etapa inicial sin embargo, la parte inferior se encuentra seca, por lo cual todavía la corriente de fuga se mantiene todavía a niveles más o menos bajos. Para el momento cuando las diferentes capas de aisladores están totalmente húmedas, la lluvia habrá limpiado la mayor parte de las sales solubles de la superficie del aislador (o de los aisladores, en el caso de cadena de suspensión), por cuya razón, cuando aumenta la conductividad por humectación de las capas inferiores del aislante, las capas superiores estarán mojadas pero sin contaminación o con poca contaminación.

Es lógico suponer que la lluvia lava más fácilmente las cadenas horizontales (o de amarre) que las verticales (o de suspensión). Esto obedece a que si bien las superficies regulares superiores del aislador se lavan mejor en las cadenas verticales, allí persiste el inconveniente de que las superficies menos regulares de la parte interior no reciben con facilidad este efecto de lavado, él cual si se logra con mayor intensidad en las cadenas horizontales.

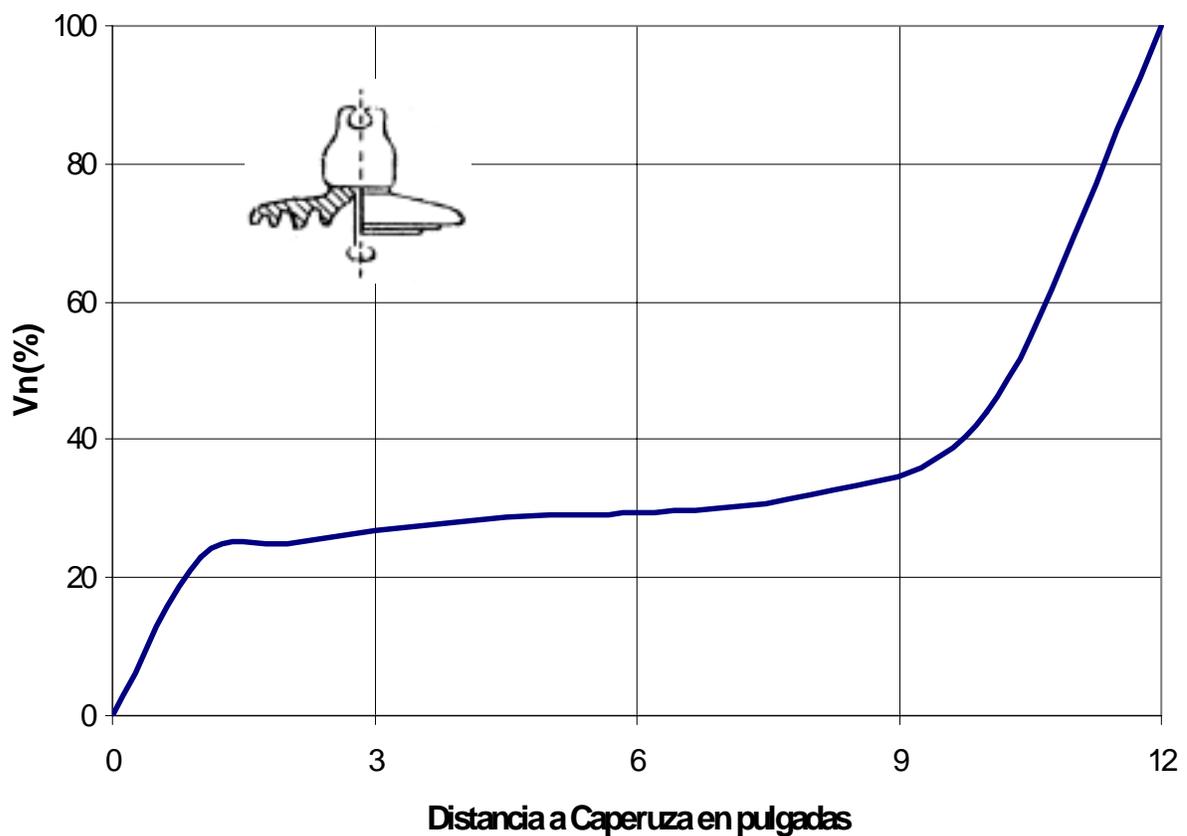
Cuando se utilizan equipos de lavado en caliente en aisladores para distribución, usualmente de pequeñas dimensiones, todas las superficies del aislador se alcanzan simultáneamente con el chorro de agua de alta presión. En las cadenas de aisladores es recomendable la practica de limpiar primero los aisladores inferiores, del conductor hacia la ménsula o cruceta, eliminándose los depósitos de contaminantes.

De esta manera, cuando se produce el goteo desde los aisladores superiores, ha desaparecido la posibilidad de arqueo por aumento

de la conductividad en la superficie de los aisladores inferiores. Estos estarán mojados pero no contaminados.

En la Figura N° 1.1 se muestra la una distribución de tensiones a través de la superficie en corte de un aislador de suspensión.

En él capítulo de estado actual de las L/T en estudio se explicará con mayor detalle.



**Figura 1.1 Distribución de tensiones a través de la superficie en corte de un aislador de suspensión**

### **1.3 Experimentos de laboratorio y teorías sobre la ocurrencia de fallas por contaminación**

Algunos investigadores, mediante la utilización de ensayos de laboratorio, han tratado de descubrir el proceso mediante el cual se produce la contaminación y la aparición de fallas eléctricas causadas por el efecto de esta.

Entre estos investigadores se encuentran Lambeth y Loomer en Inglaterra, Sforzini y Malaguti en Italia, Porcheron y Claverie en Francia, Foneat, Penney, Hampton en USA.

Todos concuerdan en describir el proceso aproximadamente de la siguiente manera:

Antes de producirse la falla del aislador contaminado, existen bandas secas de alta resistividad: la corriente de fuga es en este caso casi totalmente capacitiva. En la medida que aquellas capas secas se humedezcan se convierten en películas electrolíticas, aumentando la corriente de fuga y haciéndose más resistivas.

Debido a la forma de los aisladores, a la distribución no uniforme de los depósitos de contaminantes y de la humedad, la densidad de corriente de fuga no es tampoco uniforme.

En las zonas vecinas al conductor y a la caperuza, de mayor densidad de corriente de fuga, se produce un aumento de temperatura que provoca la evaporación de humedad. Cuando se producen algunos puntos secos, aumenta la densidad de corriente en las bandas húmedas situadas a igual distancia del eje del aislador tanto en su parte superior como en la inferior. Así se forman

rápidamente bandas secas concéntricas en varios aisladores, que reciben prácticamente toda la tensión aplicada al aislador.

La corriente de fuga superficial disminuye y el gradiente aumenta en las capas de aire vecinas a la banda seca. Si este gradiente no es soportado por el aire se producirá una descarga un pulso de corriente de magnitud limitada por las resistencias de las superficies contaminadas, en serie con el arco.

Los arcos formados evaporan la humedad ampliando el ancho de las bandas secas y disminuyendo el gradiente de potencial hasta límites que pueden ser soportados por el aire. En estas nuevas condiciones se produce la extinción del arco incipiente.

Sin embargo, las bandas secas continúan captando humedad y de la misma manera se reproduce nuevamente el arco.

Dado que el proceso se está repitiendo en todas las unidades de las cadenas de aisladores, cada vez que ocurre un arco local, se incrementa la tensión aplicada sobre las restantes bandas de las otras unidades. Esto provoca que en todas las unidades ocurran arcos locales simultáneos. Prácticamente toda la tensión se aplica entonces sobre el contaminante húmedo, aumentándose notablemente la corriente. La cadena se arquea en cada unidad produciéndose evaporación rápida de la humedad restante. La captación de nueva humedad restablece parcialmente las condiciones originales de funcionamiento pero repetitivamente se producen los arcos locales hasta que ocurre la interrupción.

Las experiencias han demostrado que el arco producido sobre una superficie húmeda aparece en una atmósfera de vapor de agua,

generado por el intenso calor sobre la humedad de la superficie del aislador.

Según el investigador Hampton (Flashover Mechanism of Polluted Insulation, Proceedings IEE, vol. 3, N° 5), cuando un arco termina en la superficie del contaminante húmedo, existe una alta probabilidad de que se propague a través de la superficie.

Es condición necesaria para que ocurra esta propagación que la caída de tensión por unidad de longitud en el arco (en condiciones de atmósfera de vapor de agua) sea menor que la caída de tensión por unidad de longitud en el contaminante. En este caso el arco se desplazará sobre la superficie contaminada humedecida, causando disrupción completa del aislador.

Es característica de la disrupción por contaminación la aparición del arco muy cerca de la superficie del aislador. Solo al final, cuando se produce la ionización del aire que rodea el arco, este se aleja de la superficie de las unidades aislantes.

#### **1.4 Experiencias sobre la prevención de contorneamiento en ambientes de alta contaminación**

Al desarrollo explosivo de la electrificación, con las anotaciones previas de la presente, se le puede añadir las siguientes medidas preventivas para evitar el contorneamiento de los aisladores en ambientes de alta contaminación:

- a) Lavado de aisladores a mano.- A medida que la población fue tornándose más exigente en cuanto a continuidad de servicio eléctrico fue necesario adoptar prácticas nuevas para prevenir

el contorneamiento de los aisladores, falla más frecuente durante los meses previos a la estación lluviosa, o cuando se evidencia chispazos en los aisladores en tiempo húmedo.

Se debe anotar que en la actualidad solo se lava hace este tipo de mantenimiento cuando sale de servicio la S/E sea por mantenimiento o por otro motivo, en la misma se aprovecha para limpiar manualmente los aisladores de la misma y con la ayuda de bombas montadas en los vehículos se hace la limpieza a lo largo de la línea.

Es evidente que a causa de la dispersión de las líneas de transmisión y distribución, este método es sumamente costoso y requiere de la suspensión de servicio por ejemplo cuando se realizo el mantenimiento en la S/E Posorja se dejo sin servicio desde las 9 de la mañana hasta las 3 de las tardes durante dos días por mantenimiento general y se aprovecho para realizar la limpieza.

- b) Utilización de Grasas Especiales.- Las grasas de silicone tienen propiedades que las hacen aplicables como medio de prevención contra la contaminación. Estas propiedades se tienen su efecto adhesivo. Las partículas contaminantes son atrapadas por la grasa y luego de un tiempo razonablemente corto, son absorbidos en el interior del silicone.

Con el tiempo las grasas se saturan de partículas contaminantes y pierden sus propiedades, convirtiéndose en ese entonces en un problema adicional.

El método utilizado para la aplicación de estos compuestos es el de depositar paños impregnados y distribuir uniformemente en

la superficie del aislador. El alto costo de la grasa de silicone, hace necesario un entrenamiento del personal de linieros que realizan estas actividades y una supervisión eficaz para evitar desperdicios del material.

El modo de aplicación, a mano, hace necesario la desconexión de servicio a áreas extensas por largo tiempo. La remoción de grasa, aún más difícil, es el otro inconveniente que hace que solo se aplica en subestaciones y componentes de los sistemas de distribución, aunque cabe señalar que en nuestro país no se ha realizado este tipo de mantenimiento.

- c) Lavado en Caliente.- el lavado en caliente es la actividad de mantenimiento preventivo en nuestras líneas no se lo puede aplicar por la topografía del terreno que hace imposible que ingresen los carros hasta las estructuras para realizar este tipo de mantenimiento.

Aunque la empresa EMEPE, cuenta con un carro acondicionado para la limpieza en caliente, usan el agua destilada, la cual se puede obtener a bajo precio de las refinerías existentes en la zona.

Para tomar decisiones sobre maniobras en el caso de que se presenten inconvenientes (arqueos que provoquen salidas de líneas, rotura de conductores, etc.) normalmente, cuando se ejecuta el lavado en las ciudades se destaca un trabajador técnico de más jerarquía para comandar las actividades de lavado.

Evidentemente, el costo de esta practica es sumamente elevado pero tiene la ventaja de no ocasionar interrupciones programadas de servicio.

- d) Soluciones de Diseño.- Hace algún tiempo la empresa EMEPE en sus líneas de 13.8 KV. intentó limitar los efectos de la contaminación en los aisladores, utilizando elementos diseñado para tensiones mucho más altas (en redes de 13.8 Kv. Se utilizaron aisladores de espiga de hasta 50Kv., 3.5 veces la tensión nominal). Independientemente de consideraciones de costos y de coordinación de aislamiento, estos elementos no resolvían el problema sino, solamente permitían aumentar el intervalo entre otros correctivos o practicas preventivas (lavado a mano, cambio de aisladores en caliente). Actualmente se usa los aisladores tipo antifog. El mismo está constituido por una falda o campana externa.

El referido aislador ha demostrado absoluta confiabilidad aun en las áreas de mayores problemas de contaminación a pocos metros de las costas del mar.

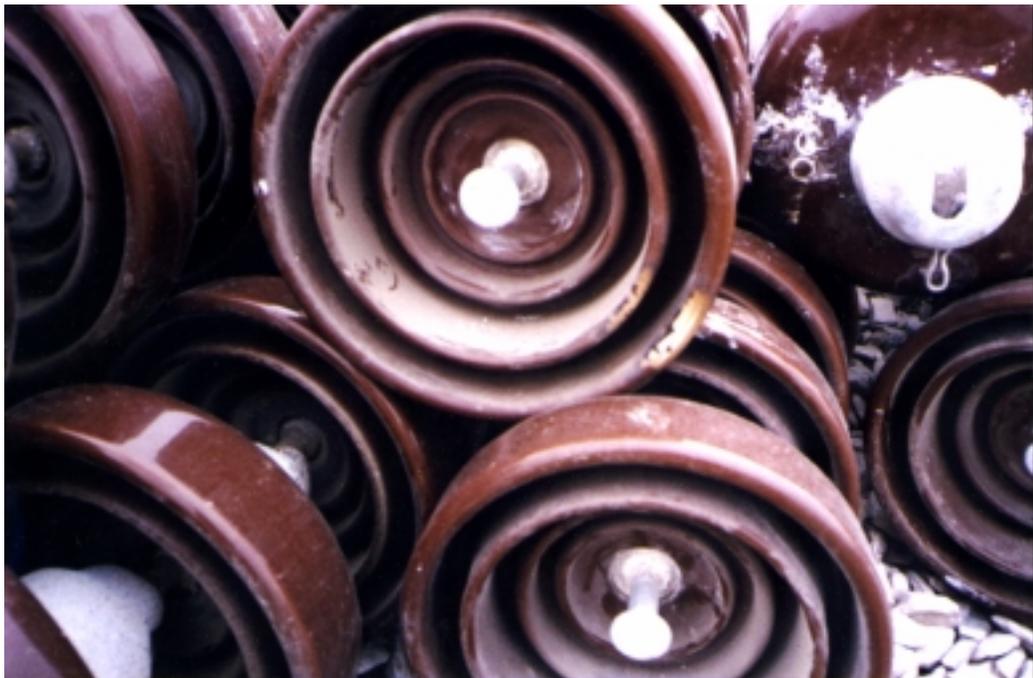
Sin embargo, a causa de problemas mecánicos de diseño, el aislador presenta con alguna frecuencia problemas de rotura y desprendimiento de campanas internas del cuerpo aislante.

En cuanto a aisladores de suspensión, utilizados en cadenas, en las áreas de alta contaminación correspondientes a las líneas Pascuales – Posorja y Pascuales – Santa Elena se han usado:

- 1.- Aisladores para áreas normales de poca contaminación

## 2.-Aisladores tipo Antifog (o anti – pollution)

Adicionalmente el problema de disrupción por contaminación se presenta en estas áreas es una fuerte corrosión que debilita mecánicamente las espigas o caperuzas y el ánodo de sacrificio de las unidades aisladoras, especialmente fabricados, con herrajes de acero inoxidable y diseñados de manera que las superficies internas estuviesen protegidas por una pequeña falda. (Fig. N° 1.2 se muestra como se debilita el ánodo de sacrificio en los aisladores).



**Figura 1.2 Aisladores de Suspensión que presentan un Fuerte Debilitamiento del ánodo de sacrificio**

El problema del debilitamiento del ánodo de sacrificio que ha causado que la cadena de aisladores se venga al suelo por

motivos de corrosión en la línea Pascuales – Santa Elena nos evidencia lo severo que es la corrosión en dicha zona.

# CAPITULO II

## 2. Efectos de la Contaminación sobre Conductores de Aluminio en L/T Aéreas

### 2.1 Generalidades

Las excelentes características eléctricas, mecánicas y químicas del cobre, lo constituyen en el material más conveniente desde el punto de vista técnico, para su utilización como conductor, pero su inconveniente es su elevada densidad, por lo que se precisan estructuras robustas y de material de instalación de muy buenas propiedades mecánicas por eso el aluminio ha sustituido al cobre en algunos casos el factor económico es clave para la selección del aluminio, además que la baja densidad del aluminio permite estructuras de menor altura para la misma flecha, o vanos mayores para la misma altura. El inconveniente del aluminio es su baja resistencia mecánica, razón por la cual se ha generalizado los cables compuestos de aluminio y acero (**ASCR**).

El conductor empleado en las líneas Pascuales – Posorja y Pascuales – Santa Elena es el Brant un conductor de aluminio con alma de acero con el área de dicho conductor en MCM es 397,5. En la S/E de Santa Elena y Posorja se emplea el conductor Orchid con un área de 636 MCM.

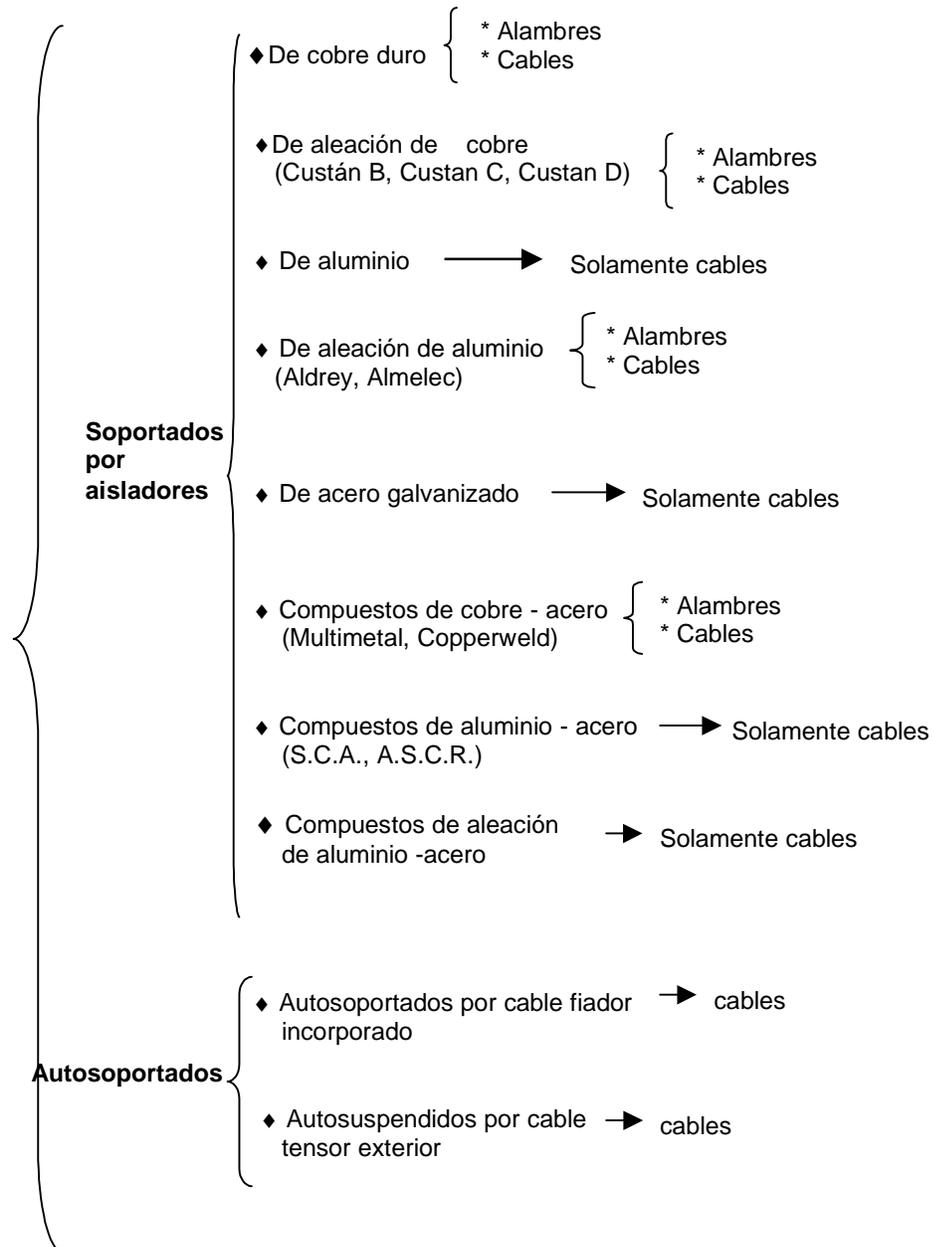
En lo que respecta al hilo de guarda es de acero galvanizado pero debido a la alta contaminación existente se puede observar como se ha visto afectado como se muestra en la gráfica. Figura 2.1



**Figura 2.1 Hilo de Guarda de la L/T Pascuales – Santa Elena**

En este capítulo se analizan los diferentes tipos de conductores, las solicitaciones mecánicas a que están sometidos así como las características eléctricas, para con esta idea acerca de los conductores y poder comprender mejor la contaminación a la que están sometidos los conductores en áreas de alta contaminación.

## 2.2 Tipos de conductores para L/T aéreas



Los conductores están clasificados en dos grupos los soportados por aisladores y los autoportados, pero antes de entrar en detalle, tenemos que saber que los conductores se presentan en forma de hilo o en forma de cables.

Se llama hilo o alambre a una varilla metálica cuya longitud es muy grande respecto a su diámetro. Será hilo desnudo si esta desprovisto de aislamiento, e hilo aislado si esta cubierto con una sustancia aislante; En este caso aunque el término "hilo" se refiere al metal, la denominación "hilo aislado" incluye también el aislamiento. En líneas aéreas, casi siempre se emplean hilos desnudos.

Se denomina cable o conductor cableado a un conductor constituido por un grupo de hilos o por una combinación de grupos de hilos. Los hilos constituyentes de los cables casi siempre son trenzados o retorcidos juntos. También hay cables desnudos y cables aislados, empleándose en líneas aéreas casi siempre los cables desnudos.

Los cables pueden ser monoconductores cuando incluyen solamente un conductor, o policonductores (también llamados multiconductores) si incluyen dos o más conductores, aislados entre sí. En líneas aéreas se utilizan exclusivamente los cables monoconductores.

Con estos dos términos una vez que han sido aclarados podemos analizar los dos grupos de conductores:

a) Conductores desnudos, soportados por aisladores fijados a postes, crucetas y palomillas, los más empleados son:

1. Alambre de cobre.

2. Cables de cobre.
  3. Alambres de aleación de cobre.
  4. Cables de aleación de cobre.
  5. Cables de aluminio.
  6. Alambres de aleación de aluminio.
  7. Cables de aleación de aluminio.
  8. Cables de acero galvanizado.
  9. Alambres compuestos cobre – acero.
  10. Cables compuestos cobre – acero.
  11. Cables compuestos aluminio – acero.
  12. Cables compuestos aleación de aluminio – acero.
- b) Conductores con aislamiento resistente a la intemperie, entre los más usados tenemos:
1. Cables soportados por un cable fiador incorporado.
  2. Cables autosuspendidos mediante un cable tensor exterior.

Pero los conductores que analizaremos en detalle serán los cables ASCR usado en las líneas Pascuales – Santa Elena y Pascuales – Posorja a 138Kv. Y el cable de acero galvanizado empleado como hilo de guarda en las líneas citadas.

### **2.2.1 Cable de aluminio con alma de acero**

A pesar de las grandes ventajas del aluminio como conductor, pequeña densidad y buena resistencia a la corrosión, existe el inconveniente de que su carga de rotura es pequeña. Por otro lado, el costo de los aisladores y apoyos de líneas aéreas, obliga a reducir, en lo posible, el número de estos elementos, para lo cual se precisan vanos de gran longitud y, por lo tanto, conductores con grandes cargas de rotura; en estos caso el aluminio, por sí solo, resulta insuficiente por su pequeña resistencia mecánica.

A igualdad de longitud de vano flecha es proporcional al peso del conductor, el cobre no es un material apropiado para grandes vanos ya que su densidad es elevada y, por lo tanto, se precisan apoyos de gran altura para que el punto más bajo de la flecha quede a la distancia del terreno prescrita por la reglamentación oficial.

Era necesario por lo tanto obtener un conductor que, teniendo la pequeña densidad del aluminio, tuviera una resistencia mecánica comparable, por lo menos, ala del cobre. Como consecuencia se estudiaron y fabricaron los cables de aluminio – acero, constituidos por un alma de acero de uno o más alambres, y varias capas de alambre de aluminio. De esta manera se aprovechan simultáneamente las buenas cualidades físicas, químicas y eléctricas del aluminio, con la gran resistencia mecánica del acero.

En Inglaterra estos cables se denominan con las iniciales S.C.A. (Steel – Cored Aluminium) y en USA, con las iniciales

A.C.S.R. (Aluminium Cable Steel Reinforced). En nuestro país se los conoce como cables de aluminio con alma de acero.

En estos cables, el aluminio empleado puede ser más puro que en los cables de aluminio, ya que no se tiene en cuenta las características de resistencia mecánica de este material; de esta forma, pueden mejorarse las cualidades eléctricas de estos conductores.

El alma de acero de estos cables esta protegida por un doble galvanizado al fuego. Para efectos de conductividad eléctrica, no se tiene en cuenta los alambres de acero y se considera solamente como sección útil la del aluminio envolvente, ya que el acero tiene una resistencia 4,5 veces mayor que la del aluminio.

En nuestro país se designa los cables de aluminio – acero con la sección teórica del aluminio, que se denomina sección nominal y que es el valor redondeado de la sección efectiva de los alambres o hilos de aluminio. La sección efectiva del aluminio se expresa en MCM que corresponde a cada tipo de cable.

En la tabla I se mostrara los distintos cables de aluminio – acero.

**TABLA I CABLE DE ALUMINIO CON ALMA DE ACERO**

Codigo	ACSR		Cobre Equivalente	Número y Diámetro de capas, pulgadas		Diámetro, pulgadas			Peso en libras por 1000 pies	
	Aluminio			AWG	Aluminio	Acero	Conductor Com.	Alma Acero		Extre. pert. Blin.
	AWG	Area (pulg.)								
Turkey	6	0.0206	8	6x0.0661	1x0.661	0.198	0.0661	0.434	36.1	
swan	4	0.0328	6	6x0.0834	1x0.0834	0.25	0.0834	0.548	57.4	
Swanate	4	0.0328	6	7x0.0772	1x0.1029	0.257	0.1029	0.555	67.1	
Sparrow	2	0.0521	4	6x0.1052	1x1052	0.316	0.1052	0.586	91.3	
Sparate	2	0.0521	4	7x0.0974	1x0.1299	0.325	0.1299	0.595	106.7	
Robin	1	0.0657	3	6x0.1181	1x0.1181	0.355	0.1182	0.653	115.2	
Roven	1/0	0.0829	2	6x0.1327	1x0.1327	0.398	0.1327	0.746	145.2	
Quail	2/0	0.1045	1	6x0.1490	1x0.1490	0.447	0.149	0.745	183.1	
Pigeon	3/0	0.1318	1/0	6x0.1672	1x0.1672	0.502	0.1672	0.834	230.9	
Penguin	4/0	0.1662	2/0	6x0.1878	1x0.1878	0.563	0.1878	0.939	291.1	
Waxwing	266800	0.2095	3/0	18x0.1227	1x0.1227	0.609	0.1217	1.125	289.7	
Owl	266800	0.2095	3/0	6x0.2109	7x0.0703	0.633	0.2109	1.179	342.3	
Partridge	266800	0.2095	3/0	26x0.1013	7x0.0788	0.642	0.2364	1.188	367.3	
Ostrich	300000	0.2356	188700	26x0.1074	7x0.0835	0.68	0.2505	1.258	412.9	
Merlin	336400	0.2642	4/0	18x0.1367	1x0.1367	0.684	0.1367	1.262	365.3	
Linnet	336400	0.2642	4/0	26x0.1137	7x0.0884	0.72	0.2652	1.349	463	
Oriole	336400	0.2642	4/0	30x0.1059	7x0.1059	0.741	0.3177	1.369	527.1	
Chickadee	397500	0.3122	250000	18x0.1486	1x0.1486	0.743	0.1486	1.371	431	
Brant	397500	0.3122	250000	24x0.1287	7x0.0858	0.772	0.2574		512.1	
Ibis	397500	0.3122	250000	26x0.1236	7x0.0961	0.783	0.2883	1.447	547.2	
Lark	397500	0.3122	250000	30x0.1151	7x0.1151	0.806	0.3453	1.49	622.8	
Pelican	477000	0.3746	300000	18x0.1628	1x0.1628	0.814	0.1628	1.518	518	
Flicker	477000	0.3746	300000	24x0.1410	7x0.0940	0.846	0.282	1.57	614.5	
Hawk	477000	0.3746	300000	26x0.1354	7x0.1053	0.858	0.3159	1.602	656.6	
Hen	477000	0.3746	300000	30x0.1362	7x0.1261	0.883	0.3783	1.649	747.3	

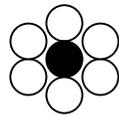
Código	ACSR		Cobre Equivalente	Número y Diámetro de capas, pulgadas		Diámetro, pulgadas			Peso en libras por 1000 pies
	Aluminio			Aluminio	Acero	Conductor Com.	Alma Acero	Extre. pert. Blin.	
	AWG	Area (pulg.)	AWG						
Osprey	556500	0.4371	350000	18x0.1758	1x0.1758	0.879	0.1758	1.623	604
Parakeet	556500	0.4371	350000	24x0.1523	7x0.1015	0.914	0.3045	1.702	717
Dove	556500	0.4371	350000	26x0.1463	7x0.1138	0.927	0.3414	1.715	766
Eagle	556500	0.4371	350000	30x0.1362	7x0.1362	0.953	0.4086	1.763	872
Peacock	605000	0.4752	380500	24x0.1588	7x0.1059	0.953	0.318	1.763	779
Squab	605000	0.4752	380500	26x0.1525	7x0.1186	0.966	0.356	1.198	833
Teal	605000	0.4752	380500	30x0.1420	19x0.0852	0.994	0.426	1.85	940
Swift	636000	0.4995	400000	36x0.1329	1x0.1329	0.93	0.1329		644
Kingbird	636000	0.4995	400000	18x0.1880	1x0.1880	0.94	0.188		691
Rook	636000	0.4995	400000	24x0.1628	7x0.1085	0.977	0.326	1.809	819
grosbeak	636000	0.4995	400000	26x0.1564	7x0.1216	0.99	0.365	1.846	875
Egret	636000	0.4995	400000	30x0.1456	19x0.0874	1.019	0.437	1.901	988
Flamingo	666600	0.5235	419000	24x0.1667	7x0.1111	1	0.333	1.856	859
Gannet	666600	0.5235	419000	26x0.1601	7x0.1245	1.014	0.373		918
Bluejay	1113000	0.8741	700000	45x0.1681	7x0.1049	1.259	0.315	2.091	1,255.00
Finch	1113000	0.8741	700000	54x0.1486	19x0.0892	1.293	0.431	2.149	1,433.00
Bluebird	2156000	1.693	1352000	84X0.1602	19X0.0961	1.762	0.481		2,511.00
Kiwi	2167000	1.702	1351000	72X0.1735	7X0.1157	1.737	0.347		2,303.00

Los cables de aluminio – acero están formados como se indica en la figura 2.2. En la que se indican las tres formaciones posibles de cables.

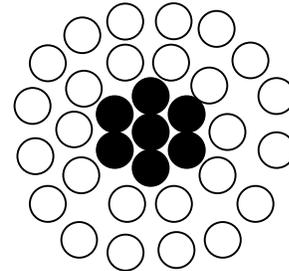
No se permiten soldaduras en los hilos de acero galvanizado que constituyen el alma del cable. Para los alambres de aluminio, deberán mantenerse las siguientes distancias mínimas entre dos soldaduras:

En un solo hilo.....100 m.

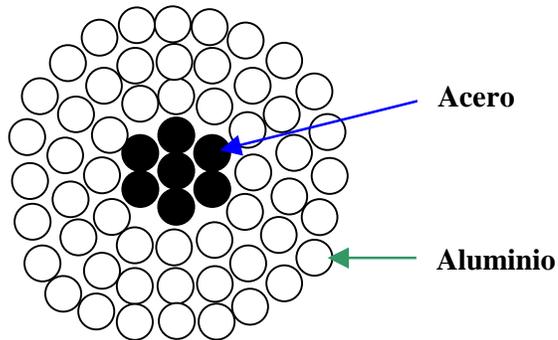
En hilos diferentes...40 m.



a



b



c

**Fig. 2.2 Formación de los cables aluminio – acero**  
a) Cable de 1+6, b) Cable de 7+30, c) Cable de 7+54.

### **2.2.2 Cables de Acero Galvanizado**

Estos conductores se utilizan poco en líneas eléctricas. Su principal campo de aplicación esta en los conductores de tierra.

Debe tenerse en cuenta que desde el punto de vista económico, hay que proceder, de tiempo en tiempo, a la sustitución de conductores oxidados. Desde el punto de vista la seguridad mecánica, son bastantes numerosas la causa de rotura de estos cables ya que la galvanización, incluso en las mejores condiciones, solamente dura de 10 a 15 años, después de los cuales, los cables se oxidan y pierden sus buenas cualidades mecánicas. Existen otras causas que desgastan la capa de zinc de galvanizado, como son los roces con aisladores, los pequeños arcos intermitentes, etc. También puede resultar muy perjudiciales los gases ácidos de las zonas industriales.

En la actualidad, solamente se le emplea en algunas instalaciones rurales de alta tensión como conductores, habiendo fracasado el intento de aplicarlo a instalaciones de baja tensión debido a que las intensidades de corriente que atraviesan estos cables, provocan caídas de tensión inadmisibles, ya que la resistividad del acero es bastante más elevada que la del cobre o del aluminio. En los casos que se utilice como conductor activo, las prescripciones reglamentarias señalan que la sección mínima que debe emplearse es la de 12,5 mm<sup>2</sup>.

Como se ha citado anteriormente, su más interesante aplicación es como conductor de tierra.

No están permitidas las soldaduras de ninguna clase en los alambres de acero galvanizado que componen el cable. En la tabla II, que se detalla a continuación se expresan algunos tipos de cables de acero galvanizado.

**Tabla II Características Técnicas de los cables de Acero Galvanizado Empleados en las L/T Aéreas**

<b>Formación</b>	<b>Diámetro de los alambres mm</b>	<b>Sección del cable mm<sup>2</sup></b>	<b>Diámetro del cable mm</b>	<b>Masa Kg/km</b>	<b>Carga total de rotura N</b>
1+6	2	22	6	175	28 704
1+6	2.5	34.4	7.5	173	43 282
1+6	3	49.4	9	392	60 842
1+6	3.55	69.3	10.65	550	85 347

## **2.3 Características básicas de los conductores para L/T aéreas**

Dentro de las características básicas que deben tener los conductores empleados en líneas de transmisión aérea, debido a que están sometidos a las condiciones meteorológicas y ambientales de las zonas por donde pasa la línea, para su correcta operación tenemos:

### **2.3.1 Límite térmico**

En este caso se debe establecer la temperatura máxima que puede alcanzar el conductor en condiciones permanentes de servicio no podrá ser superior a 80° C, teniendo presente que, tal como se indica en la fig. 2.3, para cada tipo de conductor existe una temperatura límite, a partir de la cual se empieza a producir el recocido del material y, por consiguiente, una disminución de su resistencia mecánica.

Si bien es cierto que hemos mencionado que la temperatura máxima que se considera para las L/T de 138 KV. es 80° C, esta puede ser mayor, dependiendo del porcentaje de resistencia mecánica perdida en los conductores que se pueda aceptar.

Es necesario además determinar las condiciones meteorológicas en las cuales se producirá esta temperatura máxima y establecer para cada caso la corriente máxima admisible que puede circular en los conductores.

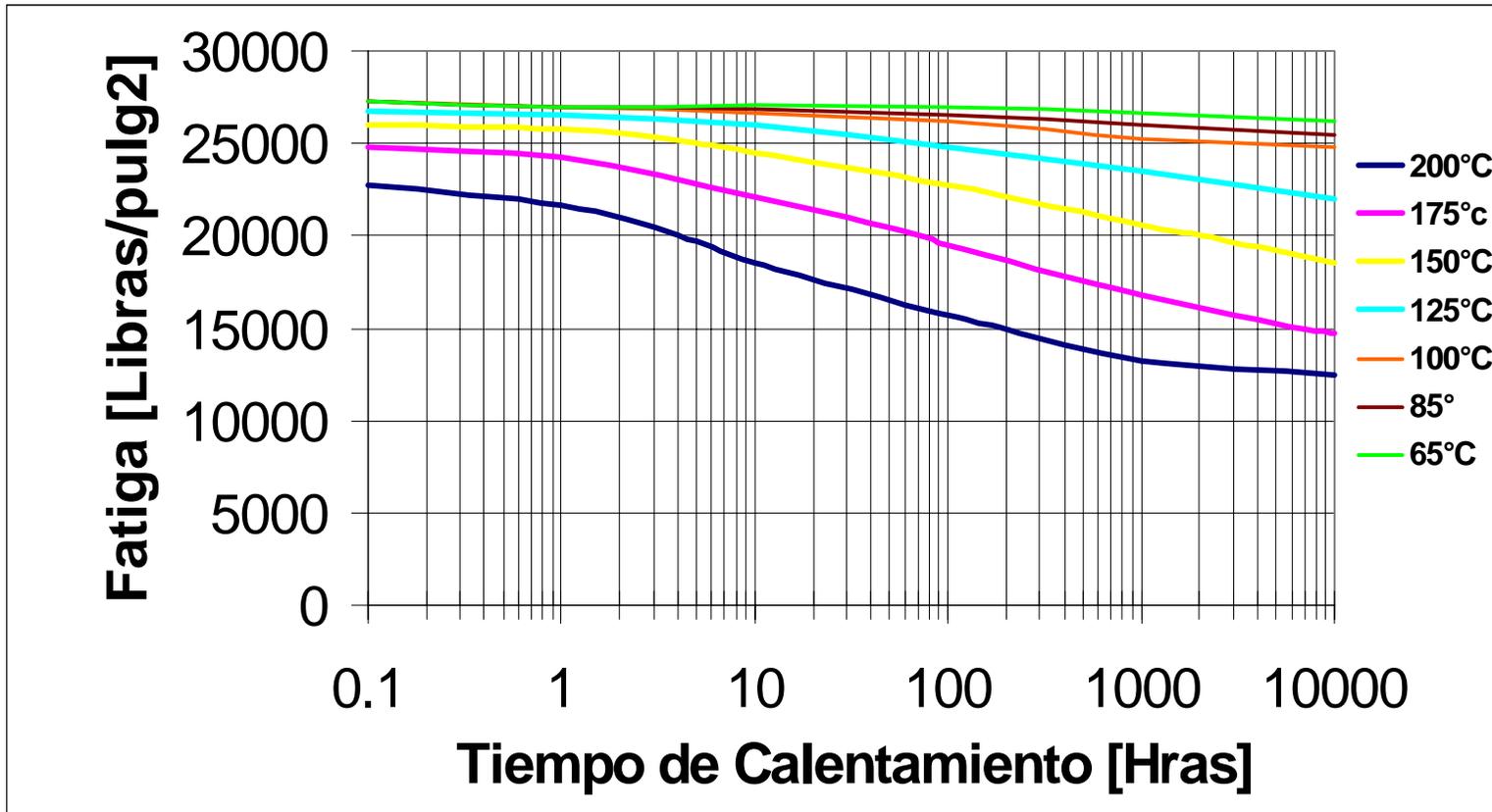


Fig. 2.3 Variación de las Características mecánicas de un Conductor de Aluminio por Calentamiento

Dada la importancia que tiene la fijación de este límite térmico, tanto para la operación de la línea como en su inversión inicial, se ha decidido explicar en detalle la correlación entre los distintos factores que intervienen en el problema del calentamiento de los conductores debido al paso de la corriente en base a lo siguiente:

### **Ecuación de Equilibrio Térmico:**

$$Q_c + Q_r = Q_s + I^2 r_c \cdot 10^{-5}$$

$$I = \sqrt{\frac{Q_c + Q_r - Q_s}{r_c \cdot 10^{-5}}}, \text{ donde :}$$

I = corriente que circula por el conductor (A)

$Q_c$  = pérdida de calor por convección forzada (W/cm.)

$Q_r$  = pérdida de calor por radiación (W/cm)

$Q_s$  = calentamiento por radiación solar (W/cm)

$$Q_c = 38,9(t_c - t_a)\delta \times V \times d_c \times 0,45 \cdot 10^{-4}$$

$t_c$  = temperatura del conductor (°C)

$t_a$  = temperatura ambiente (°C)

$\delta$  = densidad relativa del aire

$d_c$  = diámetro del conductor (mm)

V = velocidad del viento (m/seg.)

$$Q_r = \varepsilon \times K_{SB} \times d_c (t_c^4 - t_a^4)$$

$\varepsilon$  = factor de emisividad del conductor que para líneas de 138 KV. se toma igual a 0.5 para conductores con cierto grado de envejecimiento

$K_{SB}$  = constante de Stefan –Boltzmann de valor

$$5,7 \times 10^{-12}$$

$T_c$  = temperatura absoluta del conductor ( $^{\circ}K$ )

$T_a$  = temperatura absoluta del ambiente ( $^{\circ}K$ )

$$Q_s = K \times S_i \times d_c$$

$K$  = coeficiente de absorción del conductor que se toma igual a 0,5 para conductores con cierto grado de envejecimiento.

$S_i$  = intensidad de la radiación solar (se considera 0,10 W/cm<sup>2</sup>)

$d_c$  = diámetro del conductor (mm)

$$r_c = r_o \times [1 + \alpha(t_c - 25)]$$

$r_c$  = resistencia del conductor a la temperatura  $t_c$  ( $\Omega/Km$ )

$r_o$  = resistencia del conductor a 25° C ( $\Omega/km$ )

$\alpha$  = coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura ( $1/^{\circ}C$ )

También es de señalar que la corriente máxima admisible se calculará para la cota máxima de la línea con un viento de 0,61 m/seg. (2 ft/seg).

Como temperatura ambiente se toma los siguientes valores:

Zona 1	Zona 2
25°C	12°C

Es importante hacer notar, que teniendo fijadas la temperatura máxima del conductor y la velocidad del viento, se puede establecer para distintas temperaturas ambientes y presencia o ausencia del sol las diferentes corriente máximas admisibles que pueden circular en el conductor.

### **2.3.2 Límite por efecto corona**

En las líneas de transmisión, la distancia entre conductores es mayor que su radio, al existir una diferencia de potencial entre conductores se tiene una intensidad de campo eléctrico E.

Cuando la intensidad del campo eléctrico excede la rigidez dieléctrica del aire, en la superficie de los conductores aparece el efecto corona. Este efecto depende de varios factores, entre lo más importantes se pueden considerar el tipo de tensión, temperatura, densidad relativa del aire, presencia de vapor de agua, etc.

El efecto corona tiene las siguientes consecuencias en una línea de transmisión:

1. Pérdidas que se manifiestan en forma de calor.

2. Oscilaciones electromagnéticas de alta frecuencia que se transmiten en toda la línea y provocan perturbaciones de radio y televisión en sus inmediaciones (radio interferencia).

Este fenómeno se puede explicar en forma semejante a la descarga en gases, ya que debido a la incidencia de radiaciones y otras causas, existen moléculas ionizadas en el aire, estas moléculas han perdido uno o más de los electrones que les corresponden y por tanto tienen cargas eléctricas positivas. Debido a la diferencia de potencial entre las líneas el campo electrostático acelera la partícula aumentando su energía cinética, provocando choques con otras partículas (ionización por impacto).

La velocidad de estas partículas en promedio, depende de su carga eléctrica ( $e$ ) de su masa ( $M$ ). La intensidad del campo electrostático ( $E$ ) y del camino libre entre impactos.

El camino libre de impactos depende de la presión atmosférica y de la temperatura absoluta.

En la aparición del efecto corona en una línea se pueden diferenciar varios tipos de descargas.

- a) Descarga trichel, de poca importancia práctica.
- b) Descarga de puntas, aparece al aumentar el gradiente superficial; se puede medir una pequeña pérdida de energía.

- c) Descarga o corona de transición aparece una luminosidad en las partes rugosas del conductor, además un ruido siseante.
- d) Corona luminiscente, aparece un halo luminoso alrededor de todo el conductor y se percibe el olor característico del ozono.

La tensión crítica de corona  $V_o$  se puede expresar en función del gradiente de potencial.

Para dos conductores de radio  $r$  y separados una distancia  $D$  el gradiente de potencial máximo es:

$$E_{max} = \frac{v}{r \times \ln \frac{D}{r}}$$

El gradiente de potencial máximo de los conductores con voltaje máximo permanente no deberá ser superior a 19,5 KV/cm, valor rms, al nivel del mar, o sea para densidad relativa del aire igual a 1.

Para él calculo de la tensión crítica de disrupción  $V_o$ :

$$V_o = n \times r \times E_{max} \times \delta \times m_t \times m_c \times 2,803 \log\left(\frac{D}{r}\right)$$

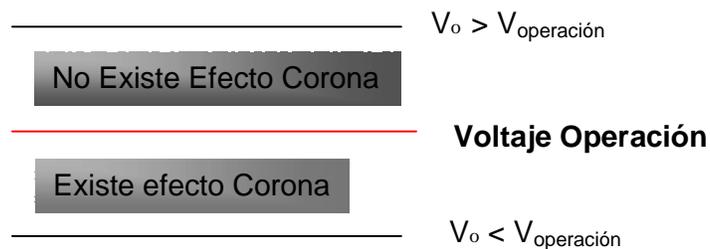
$\delta$  = densidad del aire

$n$  = número de conductores

$m_t$  = factor de humedad ambiental

$m_c$  = factor de rugosidad.

El factor de humedad ambiental es de 0,85 a nivel del mar, el factor de rugosidad es 1 para cables lisos y 0,85 para cableados. Si el  $V_o$  es menor que el valor de operación entonces va a existir efecto corona como se muestra en la Fig. 2.4



**Fig. 2.4 Comparación del  $V_{operación}$  con el  $V_o$**

En el método empírico se han desarrollado fórmulas para el cálculo de las pérdidas, como las de F. W. Peek y la de Prinz. La más empleada para la determinación de las pérdidas por corona en las líneas de C. A., es la fórmula de Peek:

$$P_{CA} = \frac{242}{\delta_r} (f + 25) \sqrt{\frac{r}{D}} (V - V_o)^2 \times 10^{-5} \text{ (Kw/Km)}$$

$\delta_r$  = densidad relativa del aire

f = frecuencia en ciclos/seg.

r = radio del conductor en cm.

D= Separación entre centros de conductores en cm.

V= tensión de fase a neutro de la línea en KV.

$V_o$  = tensión crítica disruptiva (de corona)

La densidad relativa del aire  $\delta_r$  se obtiene de la expresión:

$$\delta_r = \frac{3,92b}{273+t}$$

$b$  = presión barométrica en cm. De mercurio

$t$  = temperatura en °C

Para  $b = 76$  cm. De mercurio y a una temperatura de 25°C la densidad relativa del aire es 1.

### 2.3.3 Resistencia del Conductor

La resistencia de los conductores de las líneas de transmisión es la causa más importante de pérdida de potencia en ellas. El término “resistencia”, a menos que sea calificado específicamente, se refiere a la resistencia efectiva. La resistencia efectiva de un conductor es

$$R = \frac{\text{pérdida de potencia en el conductor}}{I^2} \quad (\Omega)$$

Donde la potencia está en watts e  $I$  es la corriente rms en el conductor. La resistencia efectiva es igual a la resistencia de cd del conductor sólo si la distribución de corriente a través del conductor es uniforme. La resistencia de cd está dada por la ecuación:

$$R_o = \frac{\rho l}{A} \quad (\Omega)$$

$\rho$  = resistividad del conductor ( $\Omega \cdot m$ )

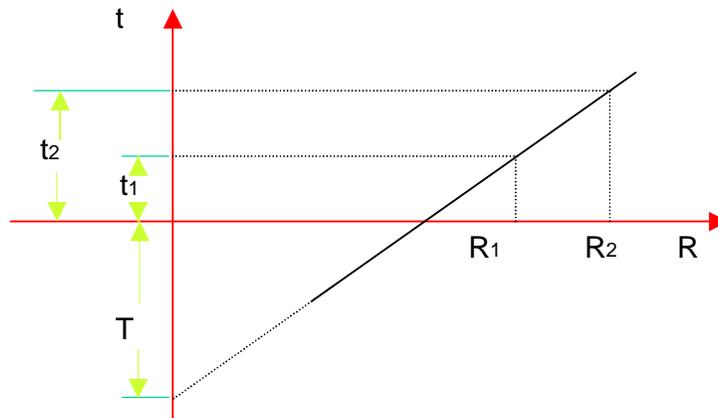
$l$  = longitud (m)

$A$  = área de la sección transversal ( $m^2$ )

La resistencia de cd de conductores trenzados es mayor que el valor que se calcula mediante la ecuación descrita, porque la colocación en espiral de los hilos los hace más largos que el conductor mismo. Para cada milla de conductor, la corriente en todos los hilos, excepto en el centro, fluye en más de una milla del conductor. El incremento en la resistencia debido al trenzado se estima en 1% para conductores de tres hilos y de 2% para conductores concéntricamente trenzados.

La variación en resistencia de los conductores metálicos con la temperatura es prácticamente lineal en el rango de operación. Si se gráfica la temperatura sobre el eje vertical y la resistencia sobre el eje horizontal como en la fig. 2.5, la extensión de la porción recta de la gráfica es un método conveniente para corregir la resistencia por la variación de la temperatura. El punto de inserción de la extensión de la línea con el eje de la temperatura a resistencia cero, es una constante del material.

De la geometría de la fig. 2.5 donde  $R_1$  y  $R_2$  son las resistencias del conductor a temperaturas  $t_1$  y  $t_2$  respectivamente, en grados celsius, y  $T$  es la constante determinada de la gráfica. Algunos de los valores de la constante  $T$  en grados celsius son las siguientes:



**Fig. 2.5 Resistencia de un Conductor metálico como función de la Temperatura**

$$T = \begin{cases} 234,5 & \text{para el Cu recocido con 100\% de conductividad} \\ 241 & \text{para el Cu estirado en frío con 97,3\% de conductividad} \\ 228 & \text{para el Al estirado en frío con 61\% de conductividad} \end{cases}$$

La distribución uniforme de la corriente en la sección transversal de un conductor solamente se presenta para la corriente directa. Conforme se aumenta la frecuencia de la corriente alterna, la no uniformidad de la distribución se hace más pronunciada, Un incremento en la frecuencia da origen a una densidad de corriente no uniforme. A este fenómeno se lo conoce como **efecto piel**. Generalmente, la densidad de corriente en un conductor circular se incrementa desde el interior hacia la superficie. Sin embargo, para conductores de radios suficientemente grandes, se puede obtener una

densidad de corriente oscilatoria con respecto a la distancia radial desde el centro.

Como es de conocimiento dentro del conductor hay algunas líneas de flujo magnético en el interior del conductor. Los hilos que se hallan en la superficie del conductor no están enlazados por el flujo interno, y el flujo que enlaza un hilo cercano a la superficie es menor que el que enlaza un hilo del interior. Los flujos alternos inducen mayores voltajes sobre los hilos interiores que sobre los que están cerca de la superficie del conductor. Por la ley de Lenz, el voltaje inducido se opone a los cambios de corriente que lo producen, y los voltajes inducidos más elevados, que actúan sobre los hilos internos, causan una mayor densidad de corriente cerca de la superficie. Por lo tanto, se tiene una mayor resistencia efectiva. Aun a las frecuencias de los sistemas de potencia, el efecto piel es un factor significativo en los grandes conductores. La resistencia teniendo en cuenta el efecto piel se la determina de la siguiente manera:

$$R_{ca} = k \times R_{cd}$$

K = efecto piel

El efecto piel se lo selecciona de la tabla III, donde se relaciona la variable X la cual se la determina empleando la siguiente ecuación:

$$X = 0.05 \sqrt{\frac{\mu \times f}{R_{CD}}}$$

f = es la frecuencia (Hz)

$\mu$  = permeabilidad magnética

$R_{CD}$  = resistencia de corriente directa ( $\Omega/Km$ )

Con el valor de  $X$  vemos con que valor de  $K$  (efecto piel), coincide y tenemos el valor de la resistencia tomando en cuenta el efecto piel

**Tabla III Efecto Piel**

X	K	X	K	X	K	X	K
0.0	1.00000	1	1.00519	2.0	1.07816	3	1.3181
0.1	1.00000	1.1	1.00758	2.1	1.09375	3.1	1.35102
0.2	1.00001	1.2	1.01071	2.2	1.11126	3.2	1.38504
0.3	1.00004	1.3	1.01470	2.3	1.23069	3.3	1.41999
0.4	1.00013	1.4	1.09690	2.4	1.15207	3.4	1.45570
0.5	1.00032	1.5	1.02582	2.5	1.17538	3.5	1.49202
0.6	1.00067	1.6	1.03223	2.6	1.20056	3.6	1.52879
0.7	1.00124	1.7	1.04205	2.7	1.22753	3.7	1.56587
0.8	1.00212	1.8	1.05240	2.8	1.25620	3.8	1.60314
0.9	1.00340	1.9	1.06440	2.9	1.28644	3.9	1.64051

### 2.3.4 Límite de tensiones mecánicas

Para establecer estos límites es necesario conocer las características mecánicas de los conductores y las distintas combinaciones de cargas que pueden actuar sobre ellos, de acuerdo a las condiciones meteorológicas de las zonas por donde pasa la línea de transmisión.

En lo que respecta a las características mecánicas, ellas se reflejan muy bien por medio de las curvas fatiga –

alargamiento que son propias de cada conductor, tal como se indica en la fig. 2.6 y por medio del alargamiento plástico progresivo que un conductor experimenta a través del tiempo al estar sometido a una tensión mecánica. De esta manera se configuran para cada conductor dos condiciones:

Condiciones iniciales que serán las calculadas considerando las características mecánicas del conductor, resultantes después que éste ha estado sometido a la tensión mecánica en cuestión, durante una hora después de su fabricación.

Condiciones finales que serán las calculadas considerando que el conductor ha experimentado la más desfavorable de las siguientes condiciones después de ser instalado con una determinada tensión mecánica inicial:

- ✓ Haber permanecido durante 10 años sin sobrecarga y a la temperatura media anual de la zona por donde pasa la línea.
- ✓ Haber sido sometido a la tensión mecánica máxima de servicio que resulta de las condiciones meteorológicas por donde pasa la línea durante un periodo de una hora.

Es indudable que de acuerdo a lo anteriormente descrito, las tensiones mecánicas y las flechas iniciales de un conductor resultan respectivamente mayores y menores que los correspondientes valores finales. Este hecho debe tomarse muy en cuenta para la determinación de los límites que se deben establecer para el comportamiento de los conductores frente a las solicitaciones mecánicas.

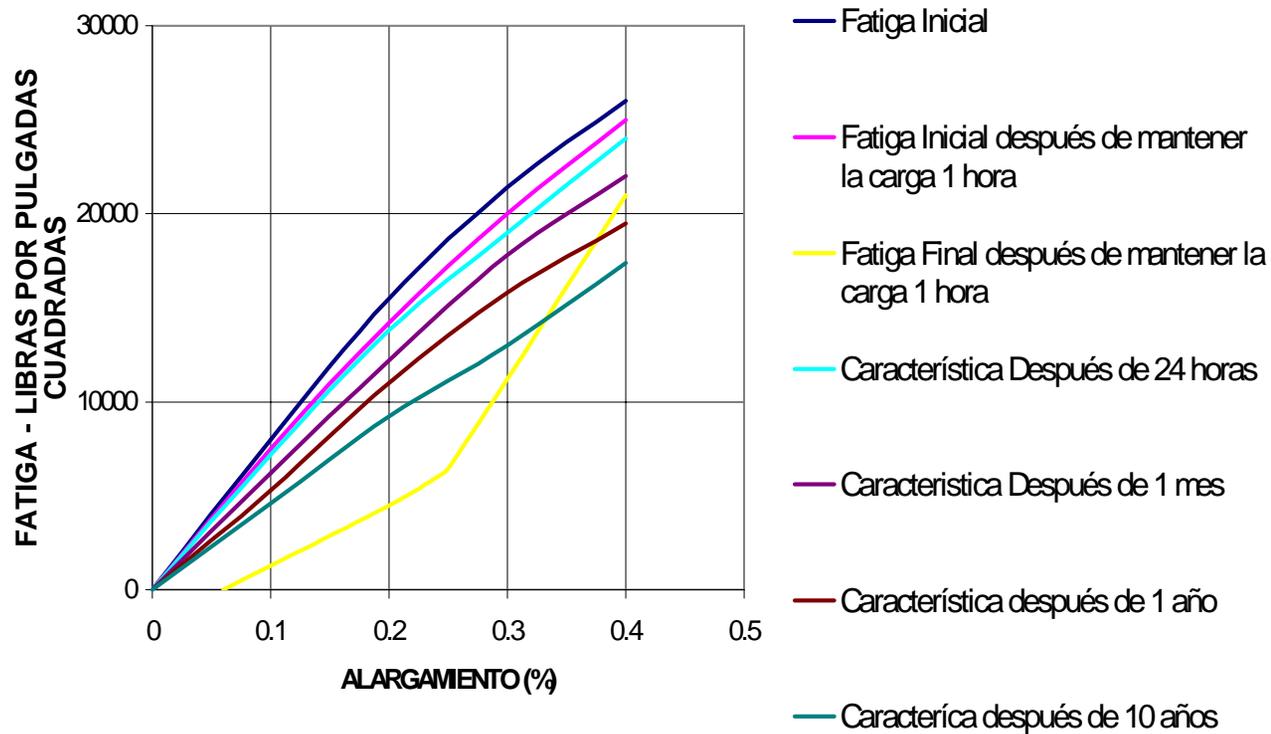


Fig. 2.6 Características Mecánicas de Conductores de Aluminio

De las tensiones admisibles de servicio en las condiciones que se definen no deberán sobrepasar los porcentajes indicados de la tensión de rotura garantizada por el fabricante.

De otra parte la tensión normal de operación de los conductores y cables de guardia será para conductores de aluminio el 25% de valor inicial y 20% de valor final de la tensión de rotura respectivamente. Mientras que para cable de guardia será de 20% del valor inicial y 17% del valor final de la tensión de rotura respectivamente. Los valores anteriores suponen el empleo de amortiguadores y grapas de suspensión basculantes. Sólo en casos justificados técnicamente podrán suprimirse los amortiguadores.

En lo que refiere a la tensión máxima de los conductores debido especialmente a las fluctuaciones que experimentan las tensiones mecánicas de los conductores, al estar sometidos a distintas cargas provocadas por las condiciones meteorológicas por donde pasa la línea, la tensión mecánica máxima admisible recomendada por los fabricantes y empleada internacionalmente es el 70% de la respectiva resistencia a la rotura de los conductores.

La practica usual para el diseño de líneas de transmisión consiste en establecer las condiciones de carga que producirán en el conductor la tensión mecánica máxima y considerar como límites para esta el 50% de la respectiva resistencia a la rotura del conductor. De esta manera se asegura que, si por algún motivo se producen condiciones de carga mayores, no se produzca la rotura del conductor.

De acuerdo a lo citado, este límite debe aplicarse a la tensión mecánica inicial.

El principal problema que se presenta para la determinación de este límite radica en establecer las condiciones de carga bajo las cuales se producirá la tensión mecánica máxima del conductor. Es bien sabido que ella esta afectada por las diferentes combinaciones de temperatura, viento y formación de hielo o nieve que puedan actuar sobre el conductor por lo tanto requiere de estadísticas meteorológicas muy completas de la zona.

Para ello en nuestro país se especifica lo siguiente para la zona 1 que es donde se encuentra nuestras líneas en estudio. Presión efectiva sobre la superficie diametral de los conductores e hilo de guardia a  $39 \text{ Kg/m}^2$  con vientos de 90 Km/H con temperatura de  $18^\circ\text{C}$ .

#### **2.4 Observaciones sobre instalaciones eléctricas con conductores de aluminio en atmósfera contaminada**

En las instalaciones de subestaciones, líneas de transmisión se ha observado lo siguiente:

Que los conductores empleados en las líneas de transmisión Pascuales – Santa Elena y Pascuales - Posorja es el ASCR y en las subestaciones el conductor empleado es AAC (Orchid), mientras que EMEPE utiliza en subestaciones la aleación 5005 (AAAC) como conductor. Los conectores se emplean los de acero, pero también se puede citar los de aluminio y cobre (bimetálico) presionado por

tornillo de acero galvanizado, de aluminio puro presionado mediante tornillo de acero galvanizado, de compresión construidos en aleación de aluminio. Grapas de suspensión de aluminio, grapas para anclaje de aleación de acero y aluminio, los blindajes para la protección del hilo de guarda están construidos con alambres de acero que cumplen la función de protección del hilo de guarda frente a la corrosión. Cabe indicar que los blindajes recientemente los están instalando en las líneas en mención.

El conductor de aleación 5005, presenta buen aspecto en el medio vano aún en instalaciones que tienen más de 5 años de instalado en el ambiente más exigente. Se puede afirmar que el aluminio no es atacado en forma apreciable por la atmósfera contaminada, cuando no esta en contacto con otro cuerpo rígido. Aunque es importante señalar que con la presencia de la corrosión debido a la contaminación salina, se presenta especialmente en las subestaciones lo que se conoce como puntos calientes, lo cual merece importante atención.

Un punto caliente se origina por la alta resistencia al paso de la corriente en la unión de dos o más metales del mismo tipo o diferentes.

Un punto caliente puede tener su origen en:

- a) Corrosión al utilizar conexiones metálicas de diferentes tipos, en las que el material más activo se oxida más rápido que el menos activo (la rapidez de oxidación depende del tipo de conexión y magnitud de la diferencia de potencial de los metales unidos), esto ocasiona pérdida de presión entre ellos por el desgaste. Al ocurrir esto, la resistencia eléctrica entre los

diferentes conectores o conductores metálicos, aumenta, provocando temperaturas elevadas hasta llegar al punto de fusión de alguno de ellos o ambos.

- b) El uso inadecuado de calibre de conductores. Si usamos un conductor que opere con sus características térmicas limitadas, éste se sobrecalentará provocando fusión del propio material, del conector de unión y del conductor al que esta unido.
- c) Las concentraciones magnéticas también provocan, sobre todo en cables subterráneos, cuando no se tiene el cuidado de separar las fases en ductos distintos. Esto representa riesgos cuando los cables pasan cerca de partes metálicas magnéticas grandes, ya que se pueden establecer flujos magnéticos grandes, lo que hará que ciertas áreas del cable sufra calentamientos indeseados.

En la subestación de Posorja son muy comunes los puntos calientes debido a la corrosión por salinidad.

El ASCR se deteriora rápidamente en ambiente de alta contaminación. El núcleo de acero se oxida y el óxido de hierro formado parece acelerar la corrosión en el aluminio. En algunos tramos el aluminio es atacado por la corrosión tornándose quebradizo. Se ha observado que el aluminio se descontina quedando el conductor tensado, aún cuando presenta fuerte oxidación, mantiene parcialmente su resistencia mecánica. En los ambientes de alta salinidad, todos los conectores (presionados por tornillos) tienen un comportamiento inadecuado aún cuando se trate el conductor con compuestos “inhibidores de oxidación” (Productos

Omya) Este resultado sugiere de un tipo de corrosión diferente de la corrosión galvánica.

Las grapas de suspensión en la Línea de 138Kv. Pascuales – Santa Elena y Pascuales – Posorja, se encuentran en malas condiciones debido a la corrosión, la rótula corta presenta picaduras en estas líneas que es una forma localizada de corrosión que da como resultados pequeños orificios y que pueden transformarse completamente a ciertos miembros. Estas picaduras son una forma de ataque electroquímico, es la que el mecanismo básico implica la intervención de celdas galvánicas o de concentración y a veces de los dos tipos.

En las áreas de contaminación mas critica las mordazas de amarre construidas en duraluminio, presentaban una marcada corrosión, en las áreas presionadas por tornillos de acero galvanizado y en las áreas de contacto del conductor. El proceso de corrosión parece iniciarse en la grapa de suspensión, con formación de un polvillo blanco, luego se produce la corrosión en los puntos de contacto con el conductor, la corrosión en este caso es muy acelerada. Luego por el efecto corrosivo de la atmósfera la protección de la galvanización sobre el acero, se produce una acelerada en las áreas de contacto entre los tornillos de acero oxidado y el cuerpo de la grapa(cuando no existe buen contacto). En la Fig. 2.7 se puede apreciar como la rotula corta ha empezado el proceso de corrosión esto nos da una idea de cómo se inicia.



**Fig. 2.7 Corrosión en La rotula Corta**

## **2.5 Hipótesis sobre el proceso de corrosión en conductores de aluminio en áreas de alta contaminación.**

Es un hecho probado que el aluminio puro en aleaciones es suficientemente protegido por la película de óxido de aluminio que se forma sobre su superficie, pero que en contacto con un cuerpo fijo y duro como conectores, grapas de suspensión, es atacado por la corrosión. Así mismo, es normal suponer, en base a las observaciones efectuadas, que la corrosión es progresiva.

Descartando la posibilidad de que ocurra corrosión galvánica y la corrosión de corriente alterna. Las siguientes hipótesis pudieran explicar la corrosión en conductor de aluminio.

En los puntos sometidos a compresión por amarre se produce acumulación de humedad causa de que los intersticios están protegidos del efecto del viento.

Es un hecho comprobado que la película de aluminio formado en las superficies de aleaciones de aluminio, es menos homogéneo que la formada en el cuerpo del aluminio puro. En los puntos de fijación, colocados en estado rígido respecto al conductor, se manifestaría el mayor efecto de la vibración producida por causas mecánicas sobre el conductor.

Esta vibración produciría resquebrajamientos en la película de óxido de aluminio, exponiendo el aluminio puro al efecto de las sustancias suspendidas en el medio húmedo de los intersticios de conexión, estas sustancias producirán nuevamente la oxidación de esta área, reiniciándose el proceso.

La abrasión entre los elementos en contacto, sería una causa adicional de remoción de la película de óxido, contribuyendo a acelerar el proceso corrosivo.

## CAPITULO III

### 3.0 SOLUCIONES PROPUESTAS PARA PREVENIR EL EFECTO CORROSIVO DE LA ATMOSFERA SOBRE CONDUCTORES DE ALUMINIO

#### 3.1 Ensayos Realizados

La salinidad suspendida en la atmósfera actúa sobre los conductores de aluminio, provocando efectos corrosivos en las inmediaciones de los puntos de sujeción a los soportes de las líneas. La mayor parte del conductor, la correspondiente a la longitud suspendida por los soportes, no es afectada o lo es en forma insignificante.

La economía que significa el empleo de conductores de aluminio en lugar de conductor de cobre, hace recomendable la búsqueda de una solución a este efecto corrosivo localizado; en este sentido se han ensayado las siguientes medidas.

- a. Utilización de Grasas inhibidoras de oxidación.- Los resultados con grasas o compuestos para limitar la oxidación como las

mencionadas aluminio – aluminio que es grasa de los productos marca OMYA, pero no han tenido resultado satisfactorio en los ambientes más exigentes.

- b. Utilización de Conectores y Grapa de suspensión.- Aunque son de aleación de acero, en ambientes salinos se han visto afectados por la corrosión la cual ataca en forma de picaduras acelerándose el proceso, esto se puede apreciar claramente en las grapas que están cercanas a las subestaciones de Posorja y Santa Elena como se observa en la Fig. 3.1



**Figura 3.1 Grapa de suspensión**

- c. Utilización de Cobertores Plásticos (P.V.C) para H/G.- Esto se ha implementado recientemente en las líneas de 138KV. Para evitar que en los puntos de sujeción del hilo de guarda a la estructura se posen los gallinazos ya que la defecación de los mismos esta destruyendo el hilo de guarda y con los protectores se pretende protegerlo contra este tipo de contaminación. Como se muestra en la fig. 3.2



**Figura 3.2 Cobertor Plástico**

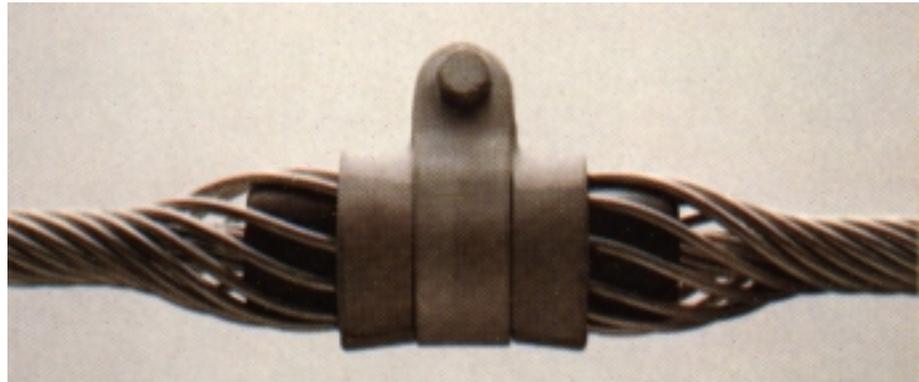
### **3.2 Probables Soluciones**

En cuanto a conectores parece que en ambientes de alta salinidad no han tenido problemas los conectores de comprensión de aluminio.

En los otros puntos de sujeción del conductor, aparentemente puede prevenirse la corrosión evitando la exposición a la humedad de las superficies en contacto. Tal conducción se podría obtener al menos en dos formas similares:

- a) Colocar un cojín de neopreno en el conductor a fin de evitar que la grapa de comprensión no dañe el conductor debido a la presión que ejerce la misma sobre el conductor. El cojín de neopreno reduce los esfuerzos mecánicos, en la parte eléctrica, minimiza el efecto corona y la radio interferencia de radio y T.V.,

obedeciendo de esta forma los requisitos de alta tensión y dando una larga vida al conductor. Fig. 3.3



**Fig. 3.3 Protección del Conductor ASCR**

- b) Pintar todo el conjunto de grapa de suspensión con un compuesto adecuado a fin de evitar la corrosión.
- c) Poner el blindaje en el H/G para evitar la corrosión del mismo debido a que en las líneas Pascuales- Santa Elena y Pascuales – Posorja, el hilo de guarda no tiene blindaje, recientemente a medida que ponen los cobertores plásticos se va poniendo el blindaje esto ha hecho que el mismo se encuentre en malas condiciones actualmente en la parte de sujeción a la estructura especialmente.
- d) Aplicar protector de partes metálicas en el H/G a fin de protegerlo contra la corrosión.

## CAPITULO IV

### 4 EFECTO CORROSIVO DE LA ATMOSFERA CONTAMINADA SOBRE ESTRUCTURAS.

#### 4.1 Generalidades

En el presente capitulo se analizaran los tipos de estructuras que se encuentran en las líneas Pascuales – Santa Elena y Pascuales – Posorja, los materiales empleados en los mismos, haciendo observaciones del estado actual de las estructuras.

#### 4.2 Clasificación de las estructuras

Las estructuras tienen por objeto sostener los conductores y cables de tierra, resistir las sollicitaciones que ellos les transmiten y mantenerlos a cierta distancia entre sí, con el suelo y con las mismas estructuras.

Las estructuras pueden clasificarse en varias formas:

- a) Según su Magnitud y Forma: en torres y postes. Las torres son las estructuras de grandes dimensiones en que sus elementos forman un sistema enrejado y las dimensiones de sus bases son grandes comparadas con las de los otros elementos de las estructuras. Los postes son estructuras de

una sola pieza o a veces de varias piezas empalmadas o de enrejados sencillos cuyas bases son estrechas.

- b) Según el Material que están hechos: en estructuras metálicas y de concreto.
- c) Según los esfuerzos que soportan: en estructuras autosoportantes y flexibles.

Las estructuras autosoportantes son rígidas, tanto en el sentido transversal como longitudinal de la línea y no dependen de los conductores para su estabilidad. Las flexibles son rígidas en el sentido transversal de la línea, pero su resistencia longitudinal es pequeña y generalmente depende de los conductores para su estabilidad.

- d) Según su función: de suspensión, de anclaje, de remate y especiales.

**Estructuras de Suspensión.-** Tienen por objeto sostener los conductores y cables de tierra, restringir los movimientos transversales (viento), ni longitudinales (diferencia de tensión mecánicas). Generalmente se emplean en las alineaciones rectas y en ángulos pequeños, hasta 7° del trazado de la línea.

**Estructuras de Anclaje.-** Están destinadas a establecer puntos fijos en la línea para dividir está en sectores mecánicamente independientes, y generalmente van colocados cada cierto numero de estructuras de suspensión. Estas estructuras pueden ser de anclaje en recta o en ángulo. En el caso de que se usen estructuras de suspensión flexibles el empleo de las estructuras de anclaje se hace imperativo para limitar las fallas

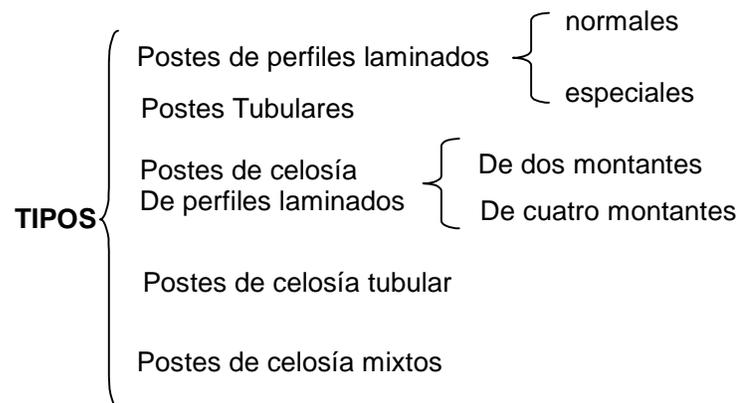
provocadas en la línea solamente a un cierto sector de la misma.

Por la función que deben cumplir las estructuras de anclaje deben ser capaces de resistir una cierta fracción de la tensión mecánica de los conductores en sentido longitudinal.

**Estructuras de Remate.-** Se emplean en los extremos de la línea o en puntos con ángulos mayores que los considerados para las estructuras de anclaje. Estas estructuras deben ser capaces de resistir una cierta fracción de la tensión mecánica máxima de los conductores.

**Estructuras especiales.-** Se usan en tramos de grandes luces, por ejemplo en cruce de ríos, o bien en cruces de caminos, ferrocarriles u otras líneas de transmisión eléctrica. Otros tipos de estructuras especiales son aquellas que sirven para derivar otras líneas u aquellas usadas para hacer las transposiciones de los conductores.

#### 4.3 Postes metálicos



#### 4.3.1 Materiales utilizados en los postes metálicos

Generalmente, se emplea el acero de calidad normal, en tubos, perfiles laminados en L, U, T, I, etc. y planchas. Para casos especiales, se utiliza también el hierro fundido. Modernamente, se estudia el empleo de diversas aleaciones ligeras, a base de aluminio y acero.

Como elementos de unión se utilizan, sobre todo, los pernos, tornillos y remaches. Por razones que veremos más adelante, no se ha generalizado el empleo de la soldadura.

A continuación, se resumen las prescripciones reglamentarias, en lo que se refiere a los materiales que deben emplearse en la construcción de postes metálicos:

- a) No pueden utilizarse perfiles abiertos inferior a 4 mm. Cuando los perfiles estuvieren galvanizados por inmersión en caliente, el límite anterior puede reducirse a 3 mm.
- b) En construcciones remachadas o atornilladas, no podrán realizarse taladros sobre flancos de perfiles cuya anchura sea inferior a 35 mm.
- c) Cuando los perfiles de la base del poste prolonguen dentro del terreno sin recubrimiento de hormigón (por ejemplo, en el caso de cimentaciones metálicas), el espesor de los perfiles enterrados no será inferior a 6 mm.

- d) No deben emplearse tornillos ni remaches de un diámetro inferior a 12 mm.
- e) Cuando se utilicen tubos o perfiles cerrados, debe hacerse de forma que resulten estancos, es decir, sin comunicación de su cavidad interior con el exterior. En estas condiciones el espesor mínimo de la pared no será inferior a 3 mm, límite que podrá reducirse a 2,5 mm cuando estuvieren galvanizados por inmersión en caliente.
- f) En los perfiles metálicos enterrados sin recubrimiento de hormigón, se cuidará especialmente su protección contra la oxidación, empleando procedimientos protectores adecuados, como galvanizado, soluciones butiminosas, brea de alquitrán, etc.

Se recomienda además la adopción de protecciones anticorrosivas de la máxima duración, teniendo en cuenta las dificultades que se presentan para los necesarios tratamientos posteriores de conservación.

#### **4.3.2 Tipos generales de postes metálicos**

Las ventajas de los postes metálicos respecto a los demás tipos de postes, son las siguientes:

1. Su superior resistencia mecánica.
2. Por su propia estructura, un poste mecánico se presta a la

descomposición en piezas sencillas, que luego se arman cómodamente en el lugar del izado del poste.

3. Su fácil mantenimiento.
4. Su estética configuración (lo que puede resultar decisivo en el interior de las ciudades).

Por estas razones, el empleo de postes metálicos se extiende desde las redes de baja tensión, hasta los grandes sistemas de transporte de energía eléctrica a muy altas tensiones.

La extensión de las aplicaciones de los postes metálicos, hace que los tipos constructivos sean muy variados y adopten muy diferentes formas, lo que hace difícil su clasificación. Para nuestro estudio, se considerará el material constituyente del poste, y la configuración de este material en el conjunto del mismo. De esta forma, los postes metálicos se pueden clasificar como sigue:

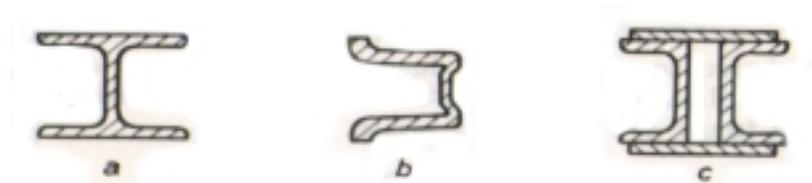
1. Postes de perfiles laminados.
2. Postes tubulares.
3. Postes de celosía de perfiles laminados.
4. Postes de celosía tubular.
5. Postes de celosía mixtos.

Todos estos tipos hacen referencia a los postes que podemos considerar de construcción normal, es decir, los más utilizados en las líneas de distribución y de transporte de energía eléctrica.

### 4.3.3 Postes de perfiles laminados

En líneas de distribución de energía eléctrica, con reducido número de conductores de pequeñas secciones, como postes se han empleado algunas veces, raíles procedentes del levantado de las líneas férreas que, por tratarse de material ya usado, resultan de coste reducido. La longitud de estos raíles es de 6 a 8 metros por lo que, si no alcanzan la altura necesaria, se empalma, en un extremo, un suplemento de madera sobre el que pueden fijarse los soportes de los aisladores.

Más modernamente, se han empleado postes, constituidos por diversos perfiles, unos normales (perfiles U, I, L, etc...) y otros especialmente estudiados para el caso (perfil Gley, perfil Rombas, etc.). En la figura 4.1 se muestran algunos de estos perfiles. Generalmente, se embeben en un macizo de hormigón. Estos postes se emplean solamente en instalaciones rurales de baja tensión.



**Figura 4.1 Secciones para postes metálicos de perfiles laminados: a, Perfil Grey; b, Perfil Rombas; c, Sección formada por 2 perfiles U**

### 4.3.4 Observaciones efectuadas en postes metálicos

En la línea Pascuales – Santa Elena y Pascuales - Posorja a 138Kv. se emplea estructuras metálicas de perfiles laminados.

En las áreas cargadas de atmósfera de salinidad, los efectos de la corrosión se presentaron causando acelerada destrucción sobre el cuerpo del poste, localizándose este efecto sobre la cara enfrentada al viento predominante, este efecto lo podemos aclarar con el siguiente ejemplo en la estructura 220 de la línea Pascuales – Santa Elena, en donde las crucetas de la misma se encuentran en malas condiciones producto de la salinidad propia del sector, razón por la cual en dicha estructura es recomendable realizar el cambio de las crucetas. Ver fig. 4.2



**Figura 4.2 Corrosión en la Cruceta de la Estructura Metálica Tipo Suspensión Pesada de la Línea Pascuales - Santa Elena a 138KV.**

Para prevenir esta acción de corrosión producida por el viento, se sugiere utilizar tipos de pintura, pero no resulta

efectivo este tipo de mantenimiento, puesto que en poco tiempo la pintura se sopla y no justifica la inversión, razón por la cual solo se pinta en las áreas que presentan una clara corrosión. Pero es importante señalar que la cara del poste que esta menos expuesta al viento no presenta daños apreciables.

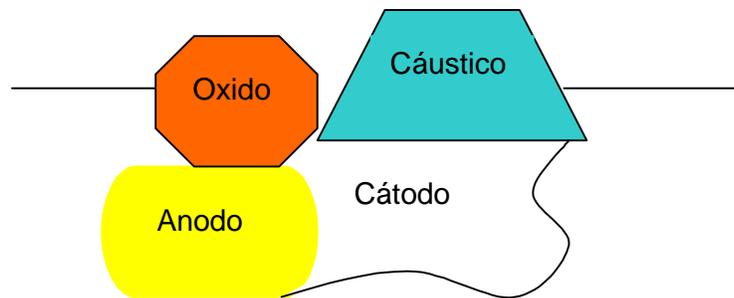
La corrosión presenta mayor incidencia en las secciones donde se aplican los herrajes de sustentación de componentes y fundamentalmente hacia la base del poste.

Otro fenómeno de corrosión que se presenta en los postes metálicos, es una reacción electroquímica mediante la cual, diminutas zonas de una superficie metálica actúan como pilas o baterías microscópicas. Este fenómeno puede explicarse de la siguiente manera:

- a) En una primera etapa el metal se empieza a combinar con él oxígeno del aire formándose una delgadísima placa de óxido.
- b) En la segunda etapa es cuando se forman las pilas microscópicas constituidas por:
  - Una zona anódica por el propio metal
  - Una zona catódica formada por impurezas de metales (películas de óxido).
  - Un electrolito que es precisamente la alta humedad ambiente con la sal disuelta y otras impurezas de la atmósfera.

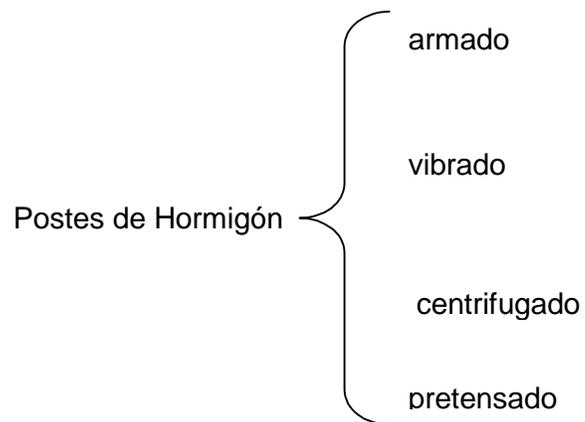
Al formarse estas diminutas pilas, en cada una de ellas hay paso de corrientes pequeñísimas pero que producen

disolución del metal de la zona anódica, que con el electrolito de humedad salina producen reacciones químicas con la consecuente formación de óxidos de hierro. Fig. 4.3



**Fig. 4.3 Reacción Electroquímica en los Postes Metálicos**

#### 4.4 Postes de hormigón



##### 4.4.1 Materiales utilizados en los postes de hormigón

Nos ha parecido conveniente estudiar aquí los materiales utilizados en los postes de hormigón, ya que no puede

abordarse con eficacia el estudio de los mismos, sin conocer previamente los conceptos que vamos a tratar.

Se llama cemento, en general, a cualquier material que, en forma líquida o plástica, llena los vacíos de una masa de partículas o une dos superficies adyacentes y, por endurecimiento posterior hasta su solidificación, las mantiene completamente trabadas.

El llamado cemento Portland es el producto obtenido por la pulverización fina de la escoria que se produce calcinando a fusión incipiente, una mezcla íntima y adecuadamente dosificada, de materiales calizos y arcillosos, sin otras adiciones después de la calcinación excepto agua y yeso. El fraguado (o dosificación) se realiza en unas 10 horas.

El cemento natural es un producto finamente pulverizado que resulta de la calcinación de una piedra caliza arcillosa sólo a la temperatura suficiente para eliminar el gas anhídrido carbónico. Fragua más rápidamente que el cemento Portland, pero tiene menos resistencia mecánica.

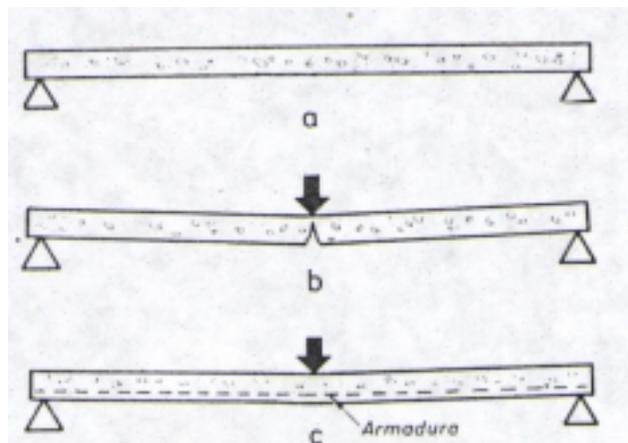
El hormigón es una piedra artificial, obtenida por mezcla de cemento, un agregado y agua. El agregado consiste en un material duro e inerte, de grano grueso; como la grava, la piedra machacada, etc... y un material más fino, generalmente arena; debe estar exento de impurezas tales como barro, carbonilla, azufre, etc... La presencia del agua es necesaria para que se produzcan las reacciones químicas que hacen fraguar la mezcla; el proceso de endurecimiento de la mezcla,

se denomina hidratación. La mezcla, que al principio presenta una estructura elástica, se endurece durante el proceso de fraguado, hasta adquirir una consistencia pétreo, es decir, que adquiere la consistencia de una piedra. La principal característica del hormigón es su excelente resistencia a la compresión (es decir, a los esfuerzos que tienden a aplastar el material), que es tanto mayor cuanto menor sea el contenido de agua.

Muchas veces se emplea el hormigón en masa que es solamente una argamasa o pasta del hormigón normal, que se fabrica en el mismo lugar en que debe ser utilizado. Generalmente, no se emplea para la fabricación de postes, debido a que éstos están sometidos a importantes esfuerzos de tracción (esfuerzos que tienden a alargar el material) y de flexión (esfuerzos que tienden a doblar el material), para los que el hormigón en masa no está preparado; pero sí suele emplearse muchas veces en cimentaciones para postes de madera, de hormigón y metálicos, que están sometidos principalmente a esfuerzos de compresión.

La resistencia a la tracción (esfuerzos de alargamiento) del hormigón, es muy inferior a su resistencia a la compresión (esfuerzos de aplastamiento); por esta razón, al hormigón, en masa, citado en el párrafo anterior, no se le considera material apto para resistir esfuerzos de tracción. Pero puede incorporarse al hormigón en masa, una armadura metálica (generalmente hierro o acero), constituyéndose de esta forma el material denominado hormigón armado. La presencia del hierro o del acero, además de dar mayor solidez a la

construcción, permite someter al conjunto a considerables esfuerzos de tracción, que absorbe la armadura metálica y que, de otra forma, no serían compatibles con el hormigón. En la figura 4.4 se puede apreciar cómo la combinación de ambos hierro y el hormigón se conjuga para soportar grandes esfuerzos de compresión, tracción y flexión. La figura representa una viga de hormigón común, de sección rectangular, y apoyada en ambos extremos. Si se aplica una carga en el centro de la viga, que provoque un esfuerzo de tracción mayor que el propio del hormigón, en la parte inferior de la viga se produce una grieta, que irá ensanchándose hasta producir la rotura de la viga. Si se disponen barras de acero en la parte sometida al esfuerzo de tracción, es decir, en la parte inferior de la viga, ésta se comportará ligeramente bajo el mismo peso, pero lo soportará. De esta forma, la escasa resistencia a la tracción del hormigón, ya no constituye un factor que limita su campo de aplicación, si en su interior se incluye una armadura de hierro que resista los esfuerzos de tracción.



**Figura 4.4** Influencia de la armadura en una barra de hormigón: a) barra sin armar, no sometida a esfuerzo de flexión, b) barra sin armar, sometida a esfuerzo de flexión, c) barra con armadura, sometida a esfuerzo de flexión.

En los postes de hormigón armado, las armaduras de hierro, no solamente ayudan a soportar los esfuerzos de compresión, sino también los esfuerzos de tracción provocados por la flexión. Por su parte, el hormigón resiste los esfuerzos de compresión, mantiene en posición correcta la armadura metálica y protege al hierro contra la corrosión y contra el fuego. Naturalmente, la armadura ha de mantenerse en perfecto contacto con el hormigón, para evitar cualquier deslizamiento. Con este objeto, las barras de hierro que constituyen la armadura, presentan pestañas o salientes que se agarran al hormigón e impiden los deslizamientos a lo largo de la barra. Las barras que constituyen la armadura suelen ser de sección circular con diámetros que varían entre 5 y 40 mm, según la carga que hayan de soportar.

Para mejorar las cualidades de hormigón, armado, puede someterse a vibraciones, obteniéndose el hormigón vibrado. Estas vibraciones consisten en sacudidas a elevada frecuencia (de 3 000 a 22000 vibraciones por minuto), bajo cuyo efecto, la masa de hormigón, que se halla en un estado más o menos esponjoso, se va asentando gradualmente, reduciéndose notoriamente el volumen de aire ocluido, es decir, introducido entre los poros de la masa de hormigón. Las principales ventajas del hormigón vibrado, son las siguientes:

**Compacidad.** - Al amasar el hormigón, siempre se emplea una cantidad de agua superior a la que el cemento necesita para su perfecta hidratación. Absorbida el agua de combinación por el cemento, la cantidad restante que se añade para que sea posible el amasado del hormigón, tiende

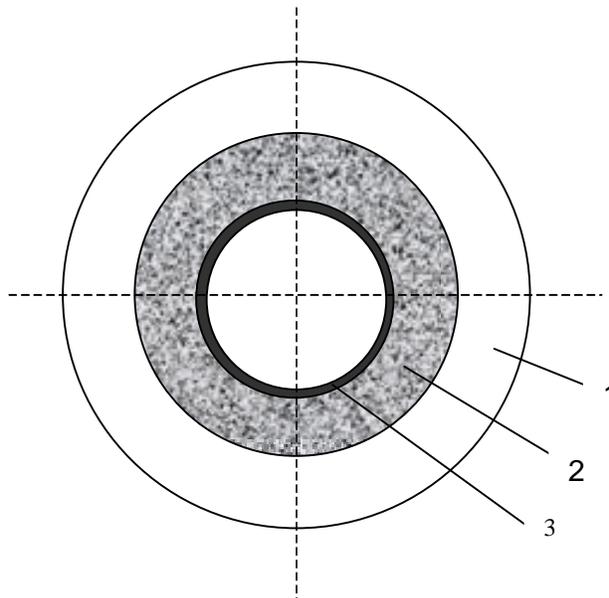
a evaporarse, dejando gran cantidad de poros; por eso resulta necesario reducir, en lo posible, el agua de amasado. Sometiendo la masa a vibraciones, se suprimen todos los huecos que deja la grava y se elimina en gran parte el aire que ha quedado ocluido durante el amasado del hormigón; de esta forma, el hormigón resulta más compacto, con lo que aumenta considerablemente el efecto de adherencia del hormigón con la armadura metálica embebida en su interior, obteniéndose de esta forma un material mucho más resistente a los esfuerzos mecánicos.

**Impermeabilidad.-** Esta cualidad depende de la compacidad, por lo que el hormigón vibrado, más compacto que el hormigón no vibrado, es también más impermeable que éste

**Economía.** De los materiales que constituyen el hormigón, el cemento es él más caro. Con la vibración, en el hormigón puede obtenerse una reducción de hasta un 20 por 100 de cemento, lo que hace que el hormigón vibrado resulte más económico.

Otro procedimiento para mejorar las características del hormigón armado, es someterlo a un proceso de centrifugación, obteniéndose el hormigón centrifugado. Este procedimiento consiste en someter a las piezas moldeadas de hormigón a un movimiento rápido alrededor de un núcleo o eje, de forma que el hormigón vertido en el molde previamente, se comprime enérgicamente contra éste, por efecto de la fuerza centrífuga originada por el movimiento de

rotación, constituyendo de esta forma el elemento o pieza que se necesita fabricar. Generalmente, las piezas fabricadas son de forma cilíndrica tubular, ya que es la más apropiada para el aprovechamiento de la fuerza centrífuga. Al entrar en rotación la masa hormigón, ésta se va sedimentando en la parte interior del molde (Fig. 4.5): los granos más pesados son los que constituyen la capa más exterior de la pieza, los granos de peso medio forman una capa intermedia y, en este último lugar, se asienta una capa de lechada de cemento. Esta capa interior proporciona a la pieza sometida a centrifugación, una elevada impermeabilidad y gran resistencia a las aguas corrosivas. El tiempo de centrifugación varía entre 2 y 10 minutos, según sean las dimensiones de la pieza. La centrifugación proporciona al hormigón análogas ventajas que la vibración de la que hemos hablado anteriormente.



**Figura 4.5 Estructura cilíndrica tubular de hormigón centrifugado: 1. Capa de hormigón de grano grueso, 2. Capa de hormigón de grano fino, 3. Lechada de cemento.**

Actualmente, se emplea mucho el denominado hormigón pretensado llamado también, algunas veces, hormigón precomprimido. La finalidad propuesta es el aprovechamiento, con vistas a una mayor resistencia mecánica, de toda la sección de la pieza sometida a esfuerzos de flexión (que tienden a doblar la pieza). Generalmente, se parte del hormigón vibrado dentro de cuya masa se colocan unos alambres de acero, que se tensan antes de colar el hormigón. Cuando el hormigón está en un conveniente grado de fraguado, se cortan los alambres que vuelven a quedar destensados; pero no pueden acortarse porque se lo impide la masa del hormigón y, como consecuencia, los alambres de acero comprimen el hormigón. De esta forma, se obtiene una pieza de hormigón pretensado, que resiste mucho mejor que el hormigón armado normal, los esfuerzos de tracción. Además, el hormigón pretensado resulta más económico y se eliminan las fisuras y grietas en la masa del material. La armadura utilizada en este material ha de tener gran resistencia mecánica y elevada elasticidad, lo que con alambres de acero de 2 a 4 mm. de diámetro. El anclaje de la armadura después del destensado, se efectúa por adherencia entre ésta y el hormigón, por lo que se precisan rebajes, ondulaciones o moletas en el alambre que constituya la armadura; de todas formas, para diámetros de alambre inferiores a 4 mm, no es necesario disponer estos rebajes.

En lo que se refiere a los postes utilizados en las instalaciones eléctricas de líneas aéreas. se utilizan los siguientes tipos:

1. Postes de hormigón armado.
2. Postes de hormigón vibrado.
3. Postes de hormigón centrifugado.
4. Postes de hormigón pretensado.

Se analizará en detalle el poste hormigón vibrado, que es tipo de poste empleado en las líneas de transmisión en estudio.

#### **4.4.2 Postes de hormigón vibrado**

El aspecto exterior de un poste de hormigón vibrado, se expresa en la figura 4.6; la sección es rectangular en doble T, con conicidades de 20 mm. por metro en la cara más ancha del poste, y de 12 mm. por metro, en la más estrecha. Los vanos de 50 cm. de altura, pueden emplearse también para trepar fácilmente a la cogolla del poste. Las alturas de los postes están comprendidas entre los 7 y 20 metros, en las L/T en estudio son de 20 metros, se fabrican 4 tipos de postes que se diferencia en las distintas medidas de la cogolla. Estos postes llevan un taladro normalizado, que permite la fijación a dichos postes de los distintos tipos de herrajes para aisladores.

Con estos postes, pueden efectuarse apoyos de alineación y, mediante la combinación de dos o más postes, apoyos de principio y final de línea, apoyos de ángulo, apoyos de anclaje, etc.

Debido a la reducción del peso respecto al hormigón armado normal, los postes de hormigón vibrado pueden construirse en fábrica donde, además, se someten a los ensayos correspondientes (esfuerzos de tracción y de compresión, cargas de rotura, etc...), lo que sería difícil de realizar en el lugar de instalación.



**Figura 4.6 Poste de Hormigón Vibrado de la L/T Pascuales – Santa Elena**

#### 4.4.3 Observaciones en postes de hormigón

Los problemas que este tipo de postes presentan se refieren a la corrosión de la cabilla por filtración de humedad a través de las porosidades de la superficie, pero esto se ve en los postes de distribución, en los cuales EMEPE pide una abertura en el poste para la respectiva ventilación, pero los pobladores han realizado una abertura mayor para la recolección de la miel puesto que hay criaderos de abejas en el interior de los postes de hormigón, lo que ha hecho que las varillas presenten un marcado desgaste producto de la corrosión.

En los postes de hormigón de las líneas en estudio se presentan en buen estado, a continuación se muestran las especificaciones técnicas de los mismos como se ve en la Fig. 4.7

# CAPITULO V

## 5.0 CONTAMINACION DE LOS AISLADORES

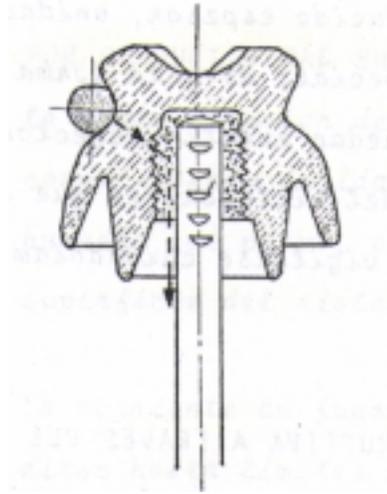
### 5.1 Generalidades

En las líneas eléctricas aéreas, los conductores deben ir aislados de los apoyos correspondientes. Se ha visto que los conductores se emplean casi siempre sin aislamiento propio, es decir, desnudos. Por lo tanto, se necesita un aislamiento intermedio, denominado aislador, de buenas propiedades dieléctricas, que aislen casi totalmente los conductores bajo tensión, de los apoyos que soportan la línea. La unión de los conductores a los aisladores y de los aisladores a los apoyos, se efectúa por medio de piezas metálicas denominadas, en general, herrajes y que, naturalmente están aislados entre sí por medio del material que constituye el aislador.

Por lo tanto, la misión fundamental del aislador es evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo. Este paso de corriente puede producirse por cualquiera de las causas que se citan a continuación:

- a) Por Conducción de Masa.- Es decir, a través de la masa del aislador, como corriente de fuga (Fig. 5.1) con los materiales

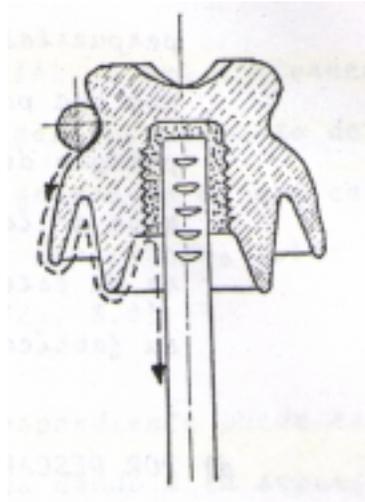
actualmente empleados en la fabricación de aisladores, la corriente de fuga resulta insignificante y no se tiene en cuenta.



**Fig. 5.1 Paso de Corriente en un Aislador  
Por Conductividad de Masa  
(corriente de Fuga)**

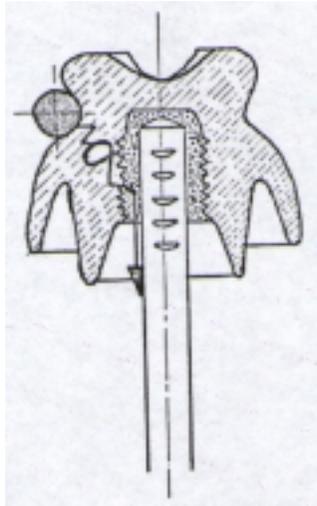
- b) Por Conductividad Superficial.- o sea contorneado la parte exterior del aislador por aumento de su conductividad debido a la formación de una capa humedad, de polvo, o sales depositadas sobre la superficie del aislador (Fig. 5.2).

La corriente de fuga correspondiente puede reducirse hasta límites seguros dando a la superficie del aislador un perfil apropiado, de forma que el recorrido de la corriente de fuga sea la mayor posible.



**Fig. 5.2 Paso de Corriente en un Aislador Por Conductividad Superficial**

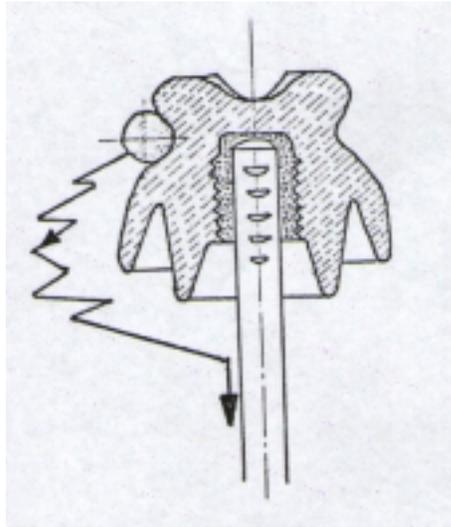
- c) Por Perforación de Masa del Aislador.- Esta circunstancia tiene poca importancia en los aisladores para bajas tensiones, ya que el material constituyente del aislador resulta suficiente para evitar la perforación. Pero en altas tensiones, el peligro es mucho mayor, sobre todo en aisladores de gran espesor, pues en este caso, es muy difícil fabricarlo de forma que conserven sus propiedades dieléctricas en toda su masa. Un fallo en estas propiedades en algún punto del interior del aislador puede provocar su perforación. Por esta razón, los aisladores para altas tensiones se fabrican muchas veces en varias piezas supuestas de reducido espesor, unidades entre sí por una pasta especial; de esta forma se evita el peligro de que puedan existir defectos en el interior de la masa del aislador, ya que la estructura de éste puede vigilarse cuidadosamente durante su fabricación. Fig. 5.3



**Fig. 5.3 Paso de Corriente en un Aislador Por Perforación de la Masa del Aislador**

- d) Por Descarga Disruptiva A Través del Aire.- Formándose un arco el conductor y el soporte a través del aire, cuya rigidez dieléctrica no basta para evitar la descarga (Fig. 5.4).

En ciertas ocasiones, la rigidez dieléctrica del aire disminuye como sucede con la lluvia, porque los filetes de agua de lluvia que se desprenden de la superficie del aislador toman el potencial del conductor y se encuentran a menos distancia del soporte que de aquel. Estas descargas pueden evitarse por un diseño adecuado de los aisladores que han de trabajar a la intemperie, es decir, sometido a la acción de la lluvia, para aumentar la distancia existente entre conductor y soporte, el perfil de estos aisladores se hace con una o de varias ondulaciones en forma de campanas, con lo que aumenta la tensión necesaria para que se forme el arco.



**Fig. 5.4 Paso de Corriente en un aislador por Descarga Disruptiva a través del aire**

A continuación se definen algunos conceptos relacionados con los materiales aislantes en general, y más particularmente, con los aisladores. Téngase en cuenta que cualquier dispositivo aislante constituye un condensador. Recordemos que, entre las placas de un condensador, sometidos a una tensión  $V$ , existe un campo eléctrico, caracterizado por la magnitud denominada intensidad de campo eléctrico y expresada por

$$E = \frac{V}{a}$$

siendo  $a$  la distancia entre placas, si  $V$  está expresada en Kv y  $a$  en cm.,  $E$  estará expresada en Kv/cm.

**RIGIDEZ DIELECTRICA** : Si se intercala una placa aislante entre las dos placas de un condensador y se aumenta gradualmente la tensión entre las placas, llega un momento en que es perforado el

aislante, produciéndose la descarga, la tensión a la cual ocurre la perforación  $V_P$  se denomina tensión de perforación y a la intensidad de campo que ocurre la perforación, o sea:

$$E_P = V_P / a$$

Se denomina RIGIDEZ DIELECTRICA si se expresa  $V_P$  en Kv. y  $a$  se expresa en cm., la rigidez dieléctrica se expresa en Kv/cm. El valor de la rigidez dieléctrica tiene gran importancia. Para determinar la calidad de un aislante, éste será tanto mejor, cuanto mayor su rigidez dieléctrica, si  $V$  es la tensión de servicio de una instalación y  $V_P$  es la tensión de perforación de un aislante determinado, la relación

$$S = V_P / V$$

Es el coeficiente de seguridad a que se trabaja dicha instalación.

**CONSTANTE DIELECTRICA:** Se llama también INDICE DIELECTRICO, y expresa el comportamiento dieléctrico de un material aislante. Es un concepto relacionado con el de inducción dieléctrica, que vamos a explicar brevemente: la carga eléctrica que admite cada placa de un condensador por  $\text{cm}^2$  de superficie se denomina inducción dieléctrica. Si en el espacio entre las placas existe el vacío, esta magnitud esta relacionada con la intensidad de campo eléctrico que se ha definido anteriormente por la siguiente expresión:

$$D = \epsilon_0 E$$

D: Inducción dieléctrica, en culombios/ $\text{cm}^2$

E: Intensidad de campo eléctrico; en V/cm

$\epsilon_0$ : Constante dieléctrica en el vacío o absoluta. Esta constante tiene el valor de  $8.85 \times 10^{-12}$

Si en el espacio entre placas, en lugar de existir el vacío, estuviera lleno de una sustancia aislante varían las condiciones, ya que en este caso, la inducción dieléctrica aumenta.

Ahora tenemos:

$$D = \epsilon\epsilon_0 E$$

D: Inducción dieléctrica, en culombios/cm<sup>2</sup>

E: Intensidad de campo eléctrico; en V/cm

$\epsilon_0$ : Constante dieléctrica en el vacío o absoluta. Esta constante tiene el valor de  $8.85 \times 10^{-12}$

$\epsilon$  : Constante dieléctrica relativa.

Por lo tanto, la constante dieléctrica relativa, o abreviadamente, **CONSTANTE DIELECTRICA** del material aislante, expresa cuantas veces dicho material es más aislante que en el vacío. Un material aislante será, por lo tanto, tanto mejor cuanto mayor sea su constante dieléctrica.

**FACTOR DE PERDIDAS:** Se ha dicho que cualquier dispositivo aislante es en realidad, un condensador. Y que, si se aplica una corriente alterna a un condensador, éste se carga y descarga sucesivamente; de ello resulta una corriente alterna, cuyo valor

máximo se haya desfasado  $90^\circ$  en adelante del correspondiente a la tensión, pero una sustancia aislante no tiene nunca una conductividad nula, siempre pasa a través de ella una pequeña corriente de flujo que depende de la resistencia eléctrica de la capa aislante. Esto hace que un dispositivo aislante no sea nunca un condensador puro y que aparezca siempre una pequeña corriente y la tensión en bornes no es nunca de  $90^\circ$  sino algo menor al ángulo.

Se llama ángulo de pérdida dieléctrica y la relación  $\text{tg } \delta = I_a / I_r$ , recibe el nombre de **Factor de Pérdida**. Esta magnitud tiene mucha importancia para determinar la calidad de un aislante desde el punto de vista térmico, ya que la corriente activa ( $I_a$ ), en fase con la tensión en la que, según la Ley de Joule, provoca el calentamiento del aislante. Por lo tanto, cuanto menor sea esta corriente menor también será el factor de pérdida (  $\text{tg } \delta$  ) y mejor será el aislante en lo que a comportamiento térmico se refiere.

## 5.2 Normas que deben cumplir los aisladores en L/T de 138 Kv.

### 5.2.1 Limitaciones de diseño

- a) Se emplearán en general solamente aisladores de disco del tipo suspensión, con acoplamiento, bola y casquillo (ball and socket), de las siguientes dimensiones nominales:

Espaciamiento unitario      146 mm ( 5  $\frac{3}{4}$  pulgadas )

Diámetro                              254 mm (10 pulgadas )

- b) Se emplearán los siguientes diseños de aisladores de suspensión en relación con los grados de contaminación definidos en el apéndice A.

**TABLA IV Diseño de Aisladores de Suspensión**

	Zona 1		Zona 2
	<u>Subzona a</u>	<u>Subzona b</u>	
<b>Diseño</b>	Antineblina	Normal	Normal
<b>Distancia de fuga mínima del aislador</b>	430 mm ( 17 pulg.)	290 mm ( 11 ½ pulg. )	291 mm ( 11 ½ pulg. )

- c) Los aisladores que se utilizarán en la subzona a de la Zona 1 (Ver Apéndice B), así como también aquellos que se emplearán en otros trazados en que se espera una corrosión intensa deberán llevar incorporada en el vástago una golilla de zinc, u otro dispositivo equivalente, como medida preventiva contra la corrosión.
- d) Como material aislante sólo se podrá emplearse porcelana o vidrio templado.
- e) Las cadenas de anclaje deberán tener un aislador más que las correspondientes cadenas de suspensión.

### 5.2.2 Resistencia electromecánica

La resistencia electromecánica mínima de los aisladores deberá ser igual o superior a los esfuerzos resultantes indicados a continuación para cada tipo de cadena, multiplicados por el correspondiente factor de seguridad:

- a) Cadenas de Suspensión: Se considerará la resultante de la carga vertical por fase, apéndice C, y la carga de viento de presión máxima sobre el conductor, definida en el apéndice D, y un factor de seguridad de 3.0
- b) Cadenas de Anclaje: Se considerará la tensión máxima del conductor, definida en el apéndice E, y un factor de seguridad de 3.0.

### 5.3 Características propias de un aislador

De acuerdo con las condiciones generales que deben cumplirse, expresadas anteriormente, se han establecidos unas características mínimas para los aisladores de líneas aéreas, hasta no hace mucho tiempo, se distinguían los aisladores por la tensión de servicio a que estaban destinados, pero actualmente, se estima que esta tensión no caracteriza a un aislador ya que lo más conveniente en cada caso depende de las condiciones del aislador.

Mediante los correspondientes ensayos, se han de estipular y comprobar las siguientes características.

### 5.3.1 Línea de fuga

Es la distancia entre las fuerzas conductoras de la que está provisto el aislador, en las condiciones que se establecen para los ensayos de tensión disruptiva, medida sobre la superficie del aislador (Fig. 5.5).

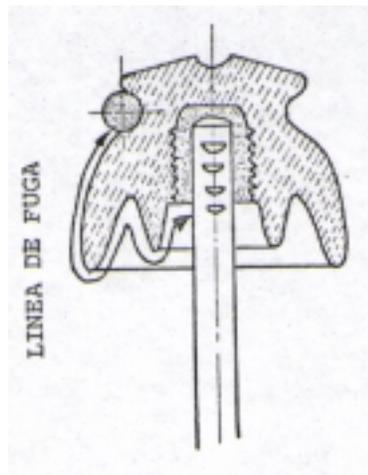
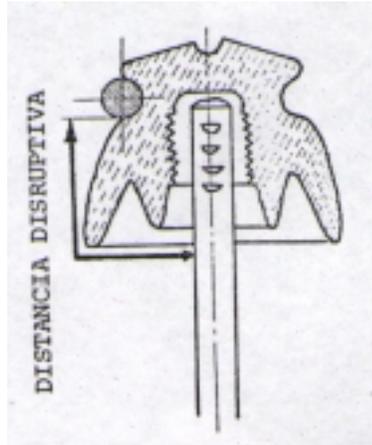


Figura 5.5 Línea de Fuga de un Aislador

### 5.3.2 Distancia disruptiva

Es la distancia en el aire, entre las piezas de las que está provisto el aislador, en las condiciones establecidas para los ensayos de tensión disruptiva, también se denomina distancia de contorneamiento (Fig. 5.6)



**Figura 5.6 Distancia Disruptiva de un Aislador**

### 5.3.3 Tensión de corona

Es el valor eficaz de la tensión, expresado en kilovoltios, toda manifestación luminosa que se deja ser visible en la oscuridad. En cualquier punto del aislador causada por la ionización del aire se conoce como efecto corona.

### 5.3.4 Tensión disruptiva en seco o a la frecuencia normal

Se denomina también tensión de contorneamiento y es el valor eficaz de la tensión, expresado en kilovoltios, en el que se produce la “descarga disruptiva” ó “descarga por contorneamiento”, en el aislador, recordemos que la descarga disruptiva se produce a través del aire bajo aspecto de una chispa o arco, o de un conjunto de chispas o arcos, que establecen conexión eléctrica entre las piezas metálicas del aislador, sometidas normalmente a la tensión de servicio.

Para la tensión disruptiva en seco o a la frecuencia normal se somete al aislador a un ensayo en atmósfera normal seca a una frecuencia de 60 hertz.

### **5.3.5 Tensión disruptiva bajo lluvia a la frecuencia normal**

Para determinar la tensión disruptiva bajo lluvia a la frecuencia normal, el ensayo se realiza también con una frecuencia de 60 hz., pero sometido al aislador, a los efectos de una lluvia artificial. Así para determinar la tensión mínima disruptiva, es decir, el valor mínimo de 5 determinaciones sucesivas sobre el aislador, durante ensayos de un minuto de duración.

### **5.3.6 Tensión con ondas de sobre tensión de frente recto**

Es el valor de cresta (no el eficaz) de la tensión de la onda, expresado en kilovoltios en que se produce la descarga disruptiva, para los ensayos se utilizan trenes de ondas de choque de frente escarpado, de duración  $1 \times 50 \mu$  seg., obtenidas en generadores de ondas que van aumentando de valor, hasta que producen aproximadamente, un 50% de descarga de contorneamiento, sobre un mismo aislador. Este valor de la tensión de choque es el que se adopta como valor característico del aislador.

### **5.3.7 Tensión de perforación**

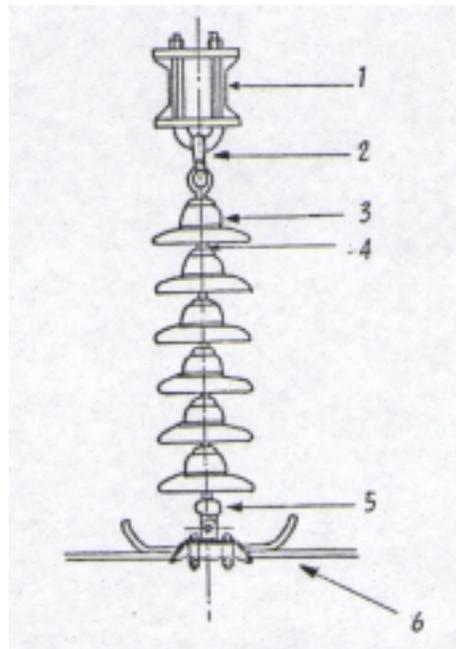
Es el valor eficaz de la tensión, expresado en kilovoltios, en el que tiene lugar la perforación del aislante, es decir la destrucción localizada de este material, producida por una descarga que atraviesa el cuerpo del aislador, de acuerdo con esto, el desprendimiento de un fragmento del borde de un aislador por efecto del calor de un arco de contorneamiento, no debe considerarse como perforación.

El excesivo calentamiento local y el calentamiento diferencial ocasionado por la excesiva corriente de fuga, disminuye rápidamente la resistencia dieléctrica del material, lo cual se traduce mayor disipación de energía hasta producir la ruptura de perforación del aislador.

### **5.4 Aisladores de suspensión**

En los aisladores de suspensión, objeto del presente capítulo, la fijación del conductor al aislador se realiza por suspensión de aquél mediante herrajes adecuados; a su vez, el propio aislador está fijado también por suspensión al apoyo correspondiente; y, finalmente, estos aisladores están constituidos generalmente por varias piezas iguales, formando cadena, y fijadas entre sí también por suspensión.

En la fig. 5.7, se ha presentado esquemáticamente un aislador de suspensión compuesto, constituido por una cadena de 6 aisladores simples; 1 es la cruceta fijada al poste correspondiente, 2 es el herraje de fijación de la cadena de aisladores a la cruceta, 3 es uno de los aisladores simples que constituyen la cadena, 4 es uno de los herrajes de fijación entre dos elementos aisladores de la cadena, 5 es el herraje de fijación del conductor a la cadena y, finalmente, 6 representa el conductor.



**Figura 5.7 Representación esquemática de una cadena de Aisladores de suspensión.**

- 1. Cruceta; 2. Herraje de fijación de la cadena de aisladores a la cruceta; 3. Aislador; 4. Herraje de fijación entre los aisladores de la cadena; 5. Herraje de fijación del conductor a la cadena de aisladores; 6. Conductor.**

Estos aisladores son más caros que los aisladores de apoyo y solamente resultan competitivos con ellos a partir de tensiones de servicio de unos 70 Kv. en adelante. Aunque muchas empresas los han adoptado incluso para tensiones de servicio de 10 Kv.; para estas tensiones reducidas se emplean aisladores de suspensión de menores dimensiones que los aisladores para más altas tensiones.

Entre las ventajas de estos aisladores se puede indicar que, a partir de un pequeño número de tipos normalizados, se pueden preparar cadenas de aisladores, para diferentes tensiones de servicio de la línea y del tipo y tamaño de estos elementos que debe elegirse, además de acuerdo con la máxima tensión mecánica que ejercerán los conductores.

La disposición de varias piezas iguales, facilita el montaje cómodo y la rápida reposición de las piezas defectuosas; además la rotura de un elemento no obliga a la interrupción del servicio como ocurre con los aisladores de apoyo. Por otra parte, las reparaciones son mucho más económicas, ya que debe reponerse uno de los elementos de la cadena y no todo el aislador como sucede con los aisladores de apoyo.

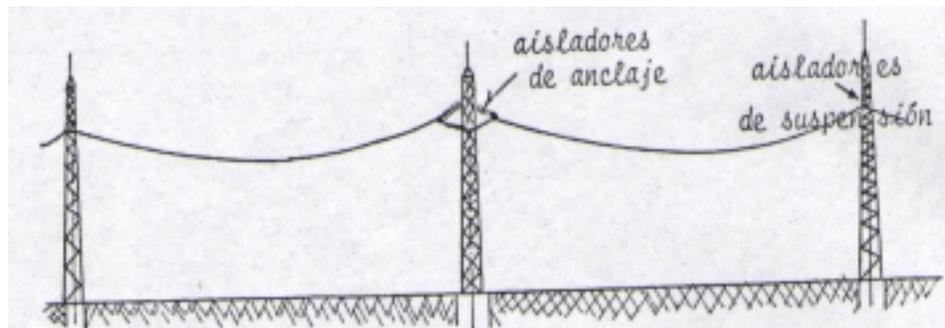
Otra de las ventajas de los aisladores de suspensión es que permiten aumentar fácilmente, si es necesario, el nivel de aislamiento de una línea, bastando para ello aumentar el número de elementos de cada cadena; de esta forma, se puede elevar sin grandes dificultades, la tensión de servicio de una línea prevista inicialmente para una tensión de servicio menor.

La seguridad contra la perforación es muy superior en los aisladores de suspensión constituido por varios elementos por la alta tensión de

la descarga de cada uno de ellos, que aumenta además casi proporcionalmente al número de dichos elementos.

Desde el punto de vista mecánico, los aisladores de suspensión permiten conseguir la igualdad de tensión mecánica en todos los vanos comprendidos entre dos apoyos de anclaje, por inclinación si es necesario de la cadena respecto a su posición vertical, sin deslizamiento del conductor sobre la cabeza del aislador, como sucede en los aisladores de apoyo, ya que éstos están fijados rígidamente a los apoyos.

Tal como se expresa en la fig. 5.8, si los esfuerzos de tracción en dos vanos contiguos, son iguales y de sentido opuesto ( caso de los apoyos de alineación), la cadena quedará en posición vertical, mientras que la posición de la cadena será inclinada en los apoyos de anclaje y de ángulo, en lo que los esfuerzos de tracción son distintos en ambas direcciones.



**Figura 5.8 Representación esquemática de la posición de cadenas de aisladores para apoyo de alineación y para apoyos de anclaje**

Como contrapartida, entre los inconvenientes de los aisladores de suspensión podemos indicar, ante todo, que las partes sometidas a fuertes cargas mecánicas, también son solicitadas eléctricamente

por lo que, a pesar de su cuidadosa construcción hay que contar con cierto número de fallas de servicio. Además al acumularse depósitos de materias extrañas en la superficie aislante, surgen perturbaciones en los servicios que solamente pueden evitarse mediante una continua comprobación del estado eléctrico de los aisladores que debe realizarse durante el servicio; por lo tanto, esta comprobación exigen elevados gastos manuales.

#### **5.4.1 Tipos de aisladores de suspensión**

Aunque se tienen bastantes tipos de aisladores de suspensión solamente algunos de estos tipos han tenido aplicación practica; señalamos los más importantes.

Los aisladores de suspensión pueden clasificarse en dos grupos:

- a) Aisladores de núcleo hueco.
- b) Aisladores de núcleo macizo.

Los aisladores de suspensión de núcleo hueco más utilizados en la actualidad, son los siguientes:

- a. Aislador Hewlett
- b. Aislador de Caperuza y vástago
- c. Aislador Seffry – Dewitt

Los aisladores de suspensión de núcleo macizo más empleados actualmente, son los indicados a continuación:

- ❖ Aislador Motor
- ❖ Aislador de Barra

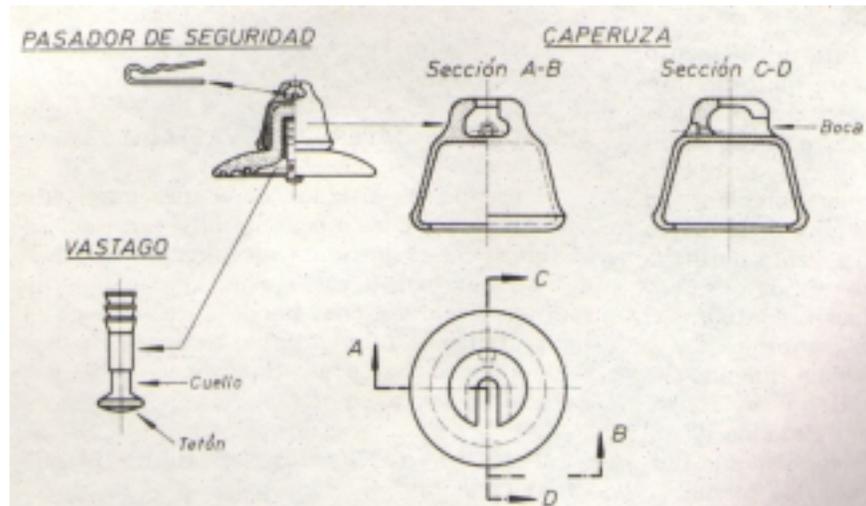
#### **5.4.2 Características de los aisladores de suspensión usados en las L/T Pascuales – Sta. Elena y Pascuales – Posorja a 138 KV.**

Los aisladores de caperuza y vástago son los empleados en las líneas de transmisión citadas. En la fig. 5.9 se presenta, despiezado, el aislador de caperuza y vástago. Como puede apreciarse en la figura, consta de un cuerpo o campana de porcelana ahuecado cuyas dimensiones son:

Diámetro 10 pulgadas (254 mm)

Altura 5  $\frac{3}{4}$  pulgadas (146 mm)

La campana lleva un hueco en su parte central, en el que se empotra, el vástago o herraje inferior del aislador, constituido generalmente por una barra cilíndrica que presenta un ensanchamiento en su extremo libre, estando el expuesto empotrado en el cuerpo del aislador; la parte del superior libre del vástago se denomina cuello y el extremo ensanchado se denomina cabeza o tetón. Los diámetros nominales del cuello del vástago determinan los tipos normalizados que en países como España son 4, respectivamente, a diámetro del cuello de 11 mm, 16 mm, 20 mm y 24 mm.



**Figura 5.9 Conjunto y despiece de un elemento aislador  
De caperuza y vástago con tetón**

En la parte externa superior de la campana se fija por su base otro herraje denominado caperuza, que esta ahuecada y provista de una ranura, estrechada en la parte superior, denominada boca; en esta ranura se inserta el vástago de otro aislador, para formar cadena. Se impide la salida de este vástago de su posición normal de trabajo mediante la colocación de un pasador de seguridad, alojado en el orificio de la caperuza y situado en la parte opuesta a la boca. Las medidas de la ranura de la caperuza deberán ajustarse, naturalmente, a las del cuello del vástago del aislador superior.

En la figura 5.10 se dan las especificaciones de los aisladores de suspensión del tipo caperuza y vástago empleado en las Líneas de transmisión.

## **CAPITULO VI**

### **6.0 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE LOS AISLADORES EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN PASCUALES – SANTA ELENA Y PASCUALES POSORJA A 138 KV.**

#### **6.1 Introducción**

Cuando el diseño anti - contaminación de un aislador es un hecho, es indispensable determinar su grado de contaminación. El grado de contaminación es generalmente determinado por la medida del depósito de la densidad de sal equivalente (ESDD) en la superficie del aislador que son removidos de las líneas de transmisión existentes o en las estaciones de prueba.

En suma al ESDD, la densidad del material no –soluble (NSDD) podría ser medido, especialmente en caso de que la cantidad indicada de polvo y arena tienden a acumularse sobre la superficie del aislador en una área desértica.

Además, el análisis químico de los contaminantes necesita ser llevado fuera para identificar las sustancias de los contaminantes porque la contaminación del voltaje de interrupción está influenciado por la clase de aquellas sustancias.

## **5.5 Corrosión del vástago en los aisladores de suspensión**

La corrosión del vástago de los aisladores de suspensión es un problema significativo debido a la reducción de la resistencia mecánica. La corrosión del vástago tiene varias causas. En el caso de las líneas energizadas con voltaje DC, por ejemplo la principal causa se puede pensar que es la corrosión electrolítica. Por otra parte la pérdida de área de la sección del vástago de los aisladores energizados con voltaje AC también se ha detectado. Pero la causa de tal corrosión en el caso de la corriente alterna es considerable en áreas costeras.

### **5.5.1 Corrosión del vástago en aisladores energizados con voltaje AC**

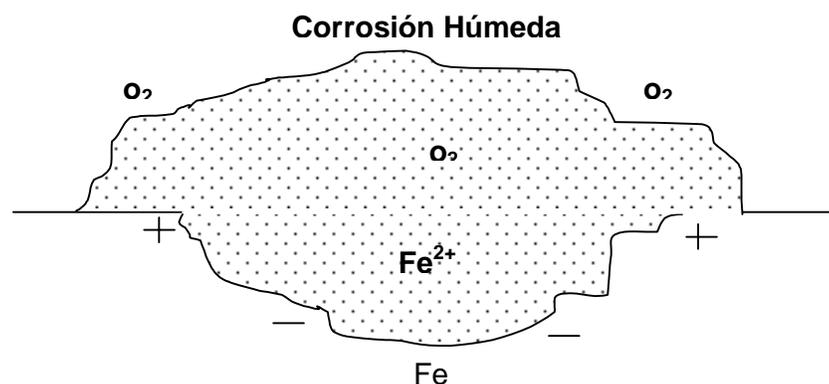
Se ha visto como los aisladores en líneas de transmisión cercanas a áreas costeras se ha visto afectado por la corrosión en la fig. 5.11 se muestra un aislador de suspensión con problemas de corrosión. Los problemas de corrosión se presentan debido a las siguientes causas:

- a) Formación de pilas microscópicas de oxígeno
- b) Oxidación por Ozono.
- c) Corrosión Electrolítica.



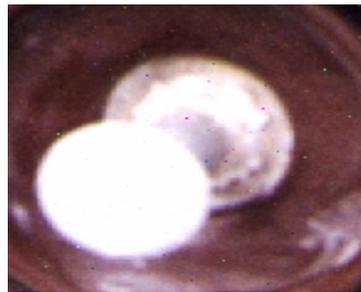
**Figura 5.11 Aislador de Suspensión con Problemas de corrosión**

a) Formación De Pilas Microscópicas de Oxígeno.- El Sr. Taylor considera que la corrosión del vástago fue causada por la formación de una pila microscópica de oxígeno en el cemento. El mecanismo de corrosión asumido en el cemento es el siguiente: siendo este poroso, absorbe cantidades limitadas de humedad; en el límite aire – cemento, la concentración de oxígeno disuelta en esta humedad es mayor que en distancias alejadas de la superficie. Así la pila microscópica de oxígeno (Fig. 5.12) da lugar a la corrosión del vástago.



**Figura 5.12 Pila Microscópica de Oxígeno**

Pero según muestra la experiencia, la corrosión del vástago dentro del cemento es muy rara, mientras que la parte expuesta al aire se corroe y ha perdido generalmente área de la sección transversal, como se ve en la figura 5.13. Por lo tanto el mecanismo citado no se puede mirar como la causa primaria de la corrosión.



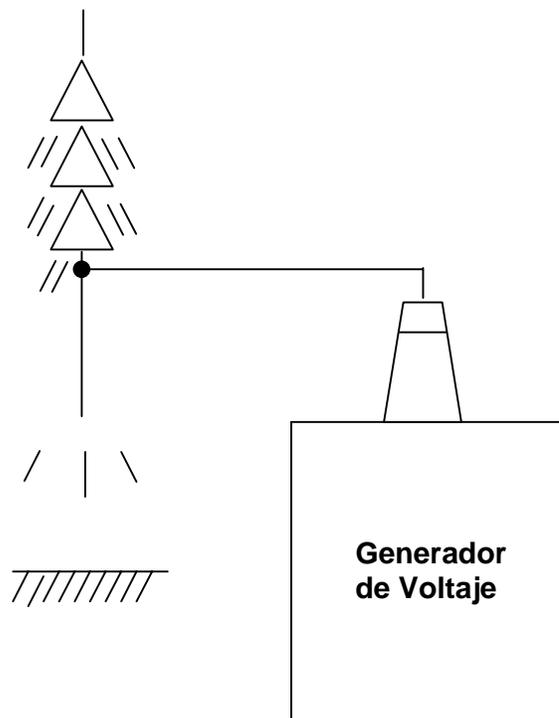
<b>Periodo de Uso</b>
14 años
<b>Nivel de Voltaje</b>
138 Kv.
<b>No. De aisladores en cadena</b>
8 unidades

**Figura 5.13 Vástago de un aislador De suspensión**

b) Oxidación por Ozono.- Cuando un aislador de suspensión se energiza con alto voltaje, las descargas parciales ocurren alrededor del vástago y se produce el ozono.

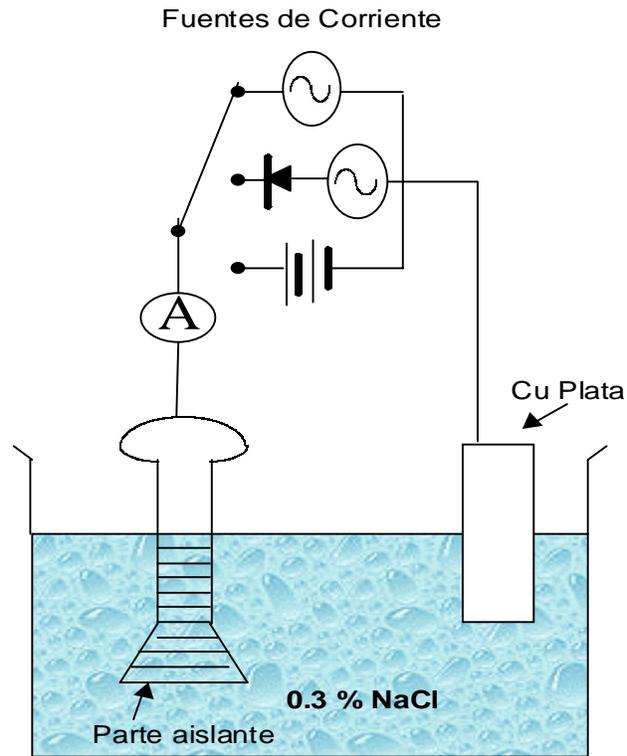
La fuerte oxidación influenciada por el ozono puede ser muy corrosiva, por lo tanto los laboratorios dedicados a la fabricación de aisladores de suspensión usan un equipo de prueba (Fig. 5.14), donde se ponen tres aisladores de suspensión en cadena y se energiza con 110 Kv. Y son expuestos a descargas parciales intensas alrededor del vástago durante un año, pero esta prueba no muestra ningún grado significativo de corrosión, como el mostrado en la figura 5.13.

Tales niveles intensos de ozono en presencia de humedad pueden dar lugar a la formación de ácido nítrico, lo cual puede incrementar la corrosión. Sin embargo, la prueba ya mencionada con una atmósfera húmeda no confirma ninguna diferencia en el desarrollo de la corrosión del vástago.



**Figura 5.14 Prueba de Oxidación por Ozono**

c) Corrosión Electrolítica.- La corrosión electrolítica no ocurre generalmente en líneas de transmisión de CA, por la naturaleza de dirección que tiene la corriente alterna. Esto se puede confirmar sumergiendo un vástago en un electrolito, como se muestra en la fig. 5.15. El electrolito (NaCl), es un contaminante típico.



**Figura 5.15 Corrosión Electrolytica**

Tres clases de fuentes se ven en la fig. 5.15: AC, DC y media onda rectificada. Los estudios demuestran que las fuentes DC y media onda rectificada corroe el vástago, mientras que la fuente de corriente alterna no tuvo mayor relevancia en la corrosión del vástago. En vista de los resultados se postula que si la corriente tuviera un medio ciclo positivo más grande que el medio ciclo negativo habría un flameo en el aislador y el vástago sufrirá la corrosión electrolytica bajo la aplicación de CA parecido a la que ocurre con la corriente DC, a esto le llamamos “Predisposición a la corriente de fuga”.

La corriente de fuga es observada a menudo en pruebas de flameo de aisladores contaminados. Basados en estas

observaciones la corrosión que sufre el vástago del aislador energizado con CA se considera corrosión electrolítica. Además, la corriente se puede acelerar por factores tales como oxidación por ozono y formación de pilas microscópicas de oxígeno.

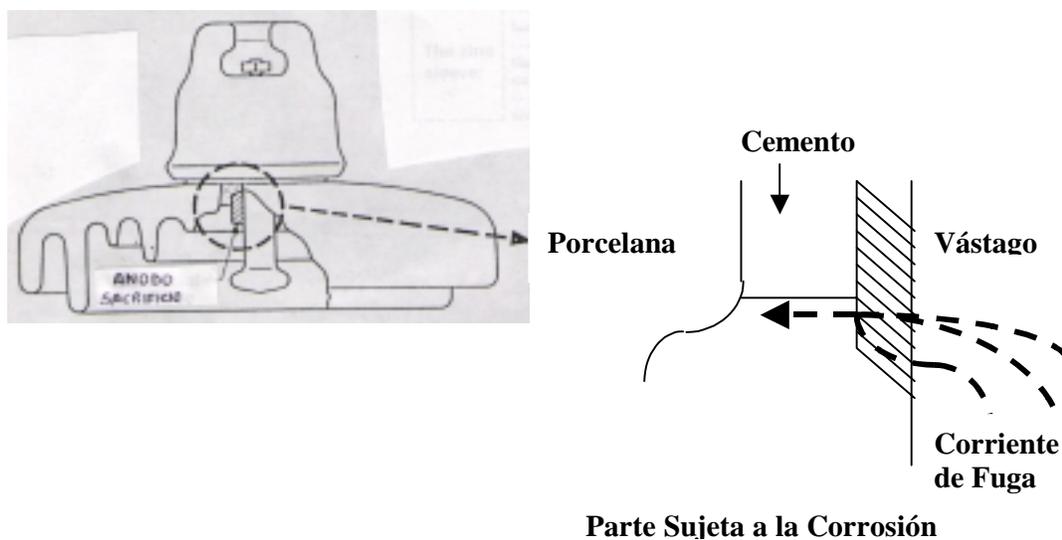
### 5.5.2 Medidas contra la corrosión electrolítica

Para contrarrestar la corrosión del tipo electrolito se pueden citar las siguientes alternativas:

- a) Supresión de la Corriente de Fuga.- La corrosión electrolítica es causada por la corriente de fuga, los métodos tradicionales que son el aumentar el número de aisladores en una cadena, utilizar aisladores del tipo neblinero, etc., pueden reducir la corriente de fuga pero no puede ser considerado para reducirla totalmente. Además, el aumento en el número de aisladores no es deseable debido a que directa o indirectamente aumentan los costos.
- b) Uso de materiales resistentes a la Corrosión.- El acero inoxidable se puede considerar como un material apropiado en el diseño del vástago del aislador, sin embargo la eficacia de dicho material no se puede anticipar debido a que la reacción procede según la Ley de Faraday.
- c) Capa de NO – METAL.- La corrosión del vástago puede ser prevenida cubriéndolo con una sustancia no – metal

para que la corriente de fuga fluya en dicha capa. Si embargo, esta medida puede presentar la corrosión electrolítica al final de esta capa, la capa se deteriora debido a la acción atmosférica, descargas por efecto corona, etc.

- d) Uso de Anodo de Sacrificio.- El vástago se puede proteger contra la corrosión asociando un ánodo de sacrificio al vástago cerca del límite del cemento. El material del ánodo de sacrificio deber ser galvánico positivo y tener una gran diferencia de potencial respecto al hierro, a fin de proteger el vástago de la corrosión. El uso del ánodo de sacrificio es el método más deseable y más sencillo tal como se muestra en la figura 5.16.



**Figura 5.16 Aislador con Anodo de Sacrificio**

Actualmente en países como Japón el uso de aisladores con ánodo de sacrificio de Zinc ha dado excelentes resultados, en nuestro país los aisladores tienen ánodo de sacrificio pero este no es zinc razón por la cual se ha visto corroído tanto el ánodo como el vástago, cabe señalar que los aisladores fueron instalados en el año 1986, y se ha tenido que cambiar los aisladores en las Líneas Pascuales – Posorja y Pascuales – Santa Elena, donde se ha presentado este problema especialmente en las estructuras cercanas al sector denominado La Juntas; cabe señalar que la caperuza de los aisladores también se ha visto afectada por la corrosión. En la figura 5.17 se puede apreciar cadenas de aisladores retiradas por efecto de la corrosión.



**Figura 5.17 Cadenas Aisladores de Suspensión Retiradas de la L/T Pascuales - Santa Elena a 138 Kv.**

## 5.6 Influencia de la contaminación sobre los aisladores

Los aisladores modernos están diseñados, inicialmente para una limpieza natural mediante las lluvias y el viento. De tal manera que bajo condiciones normales de depósito de polvo atmosférico, actúen en forma satisfactoria.

Sin embargo, los aisladores en su uso normal pueden estar en un medio ambiente con diferentes grados de contaminación, que disminuye su aislamiento produciendo flameo, y en caso extremo, dando lugar a interrupciones del suministro de energía eléctrica.

Los fabricantes de aisladores han efectuado diferentes investigaciones simulando condiciones de contaminación a nivel de laboratorio, observando el comportamiento de los aisladores y tratando de establecer las razones de las fallas, para diseñar aisladores que operan en zonas contaminadas, y optimizar los métodos para que las instalaciones puedan operar sin soportar problemas de flameo o pérdidas de aislamiento

Se ha logrado mucho progreso en los últimos años en el desarrollo de métodos para prevenir flameo de los aisladores en servicio normal, aumentando la distancia de fuga sobre la superficie total del aislador, utilizando recubrimientos superficiales o lavando los aisladores en caliente. Además se han desarrollado esmaltes resistivos, como una solución más definitiva al problema del flameo por contaminación.

## 5.7 Efecto sobre el depósito contaminante en los aisladores

El flameo por contaminación sobre un aislador se presenta cuando la mayor parte de la superficie está cubierta por una capa de baja resistividad. Exceptuando algunos casos muy especiales de contaminación en los cuales el depósito es conductor en atmósfera seca, tales como polvo de óxido metálicos y coque, el contaminante debe estar húmedo en este caso la capa húmeda es conductora, debido a las sales disueltas en ellas o debido a la formación de ácidos diluidos.

En una determinada atmósfera, las densidades de depósitos salinos dependen de la forma y tamaño de los aisladores y del efecto del lavado por lluvia.

Los efectos principales de la acumulación de depósitos contaminantes son las siguientes:

### a) Excesiva Corriente de Fuga

A medida que se humedece la superficie del aislador, disminuye la resistencia y se presenta una corriente de fuga apreciable de carácter intermitente. La disipación de energía aumenta la temperatura y esto a su vez disminuye la resistencia dieléctrica del aislador, ocasionando pérdidas de la capacidad aislante del material.

## **b) Flameo Continuos**

Existe el riesgo de flameo por contaminación en servicio en tres casos especiales:

- Cuando el aislador se expone a la lluvia después de haber sido energizado al voltaje normal de trabajo, durante un largo periodo de tiempo.
- Cuando un aislador contaminado y “húmedo” se energiza a su voltaje normal de trabajo.
- Cuando un aislador contaminado y “húmedo” se somete a un voltaje transitorio.

El primer caso es el más común y en estas circunstancias el aislador se comporta de acuerdo a lo anotado.

En el segundo caso, se puede presentar el flameo antes de alcanzar la estabilidad térmica; y en el tercer caso se presenta el flameo antes de llegar a la misma. En general, la corriente intermitente de fuga modifica el gradiente de potencial, ionizando el aire, disminuyendo el voltaje de flameo y provoca la descarga a tierra.

## **c) Corrosión**

Se presenta una acelerada corrosión de las partes metálicas en las instalaciones que operan en áreas de alta contaminación. Las causas principales de dicha corrosión son:

- Efectos electrolíticos debido a la corriente de fuga
- Pérdida de capa de Zinc (galvanizado), quedando el metal expuesto a la acción corrosiva del medio.
- Generación de ácido nítrico a partir del ozono producido por el efecto corona y el calentamiento.

#### **d) Radio Interferencia**

El efecto de descargas eléctricas sobre los aisladores produce alguna interferencia. Sin embargo, las descargas superficiales que producen las corrientes excesivas, no necesariamente son las responsables de las altas interferencias, puesto que contienen muy pocos componentes de alta frecuencia.

Las descargas tipo corona resultantes de distorsión del campo eléctrico, originadas por una superficie contaminada “húmeda” pero conformada de bandas secas, son las causantes de interferencia en señales de radio y televisión.

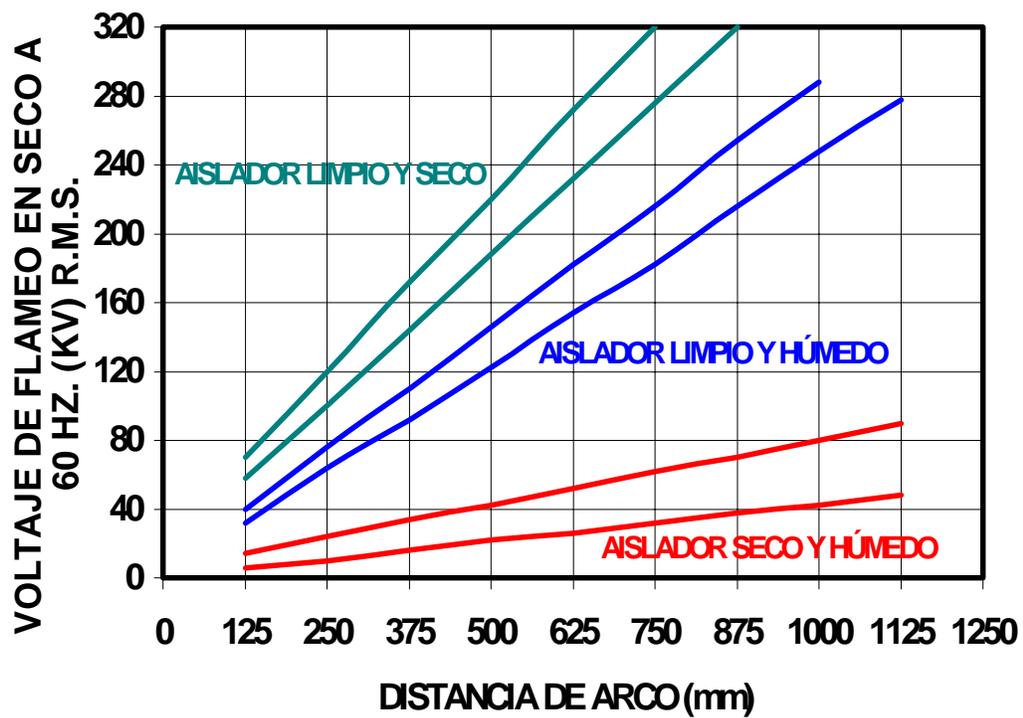


Figura 5.18 Voltaje de Flameo de Aisladores Contaminados

### 5.7.1 Alternativas al problema de contaminación

La severidad del problema de contaminación en una instalación específica está gobernada generalmente por lo siguiente:

- Densidad o rata de depósito contaminante.
- Frecuencia e intensidad de las aguas lluvias y del viento.
- Naturaleza del contaminante, su conductividad y su facilidad de adherirse a la superficie del aislador.

Con el fin de reducir el efecto de contaminación superficial, se emplean actualmente las siguientes soluciones:

- ✓ Una forma efectiva de prevenir el problema de flameo en zonas contaminadas, consiste en aumentar la distancia de fuga sobre la superficie del aislador. La Tabla V utilizada por RWE (Rheinshich Westfalischen Elektrizitätswerk Aktiengesells) recomienda los valores de distancia de fuga por cada KV. de voltaje nominal del sistema.
- ✓ Utilizar aisladores de suspensión que tengan ánodo de sacrificio de zinc, este tipo de aislador ha demostrado ser eficiente en zonas costeras en lo que respecta a la corrosión del tipo electrolítica que es la que más afecta al aislador.

TABLA V CLASES DE CONTAMINACIONES

Clase de Aislamiento	Categoría	Zona	DISTANCIA DE FUGA mm/Kv.
A	1	Agrícola, forestal, no industrial	17 – 20
B	2	Ligera a mediana contaminación	22 – 25
C	3	Áreas industriales, contaminación externa	26- 36
D	4	Zona costera, contaminación con depósitos conductores	38 - 45

En este capítulo, se describe como medir ESDD y NSDD, y como hacer el análisis químico de los contaminantes.

## **6.2 Instrumentos Necesarios para medir el Grado de Contaminación del Aislador**

Para realizar la medición tanto del ESDD como del NSDD necesitaremos los siguientes instrumentos:

- a) Conductímetro
- b) Vaso de precipitación (100 cc)
- c) Probeta (100 cc)
- d) Algodón absorbente
- e) Papel filtro
- f) Embudo
- g) Guantes de goma
- h) Balanza (capacidad: 10gr máximo, 1 mg. Mínimo)
- i) Botella plástica (500cc)

Nota: El agua destilada bajo 10us/cm es necesario para medir el ESDD y NSDD (6litros (cada diez puntos de exposición)).

### **6.3 Alcance de las mediciones**

#### **6.3.1 Objetivo de las mediciones**

De los resultados de la siguiente investigación deberán ser obtenidos:

- 1) El grado estimado de contaminación.
- 2) Elaborar un programa de mantenimiento para contrarrestar la contaminación en las L/T Pascuales – Santa Elena y Pascuales – Posorja a 138 KV.

#### **6.3.2 Detalle de las mediciones**

- 1) Medidas de los grados de contaminación (ESDD y NSDD) en la superficie de los aisladores.
- 2) Recopilación de los datos meteorológicos en el periodo de exposición del aislador al medio ambiente y por más de 5 años en el pasado.
- 3) Análisis químico de los contaminantes en la superficie del aislador.
- 4) Prueba de voltaje de disrupción (flameo) en los aisladores desmontados de la torre (y que van a ser sometidos a la prueba).

### **6.3.3 Procedimiento para el análisis.**

La investigación de la contaminación del aislador deberá ser hecha en los lugares de Santa Elena y Posorja para saber el grado de contaminación existente en los sitios mencionados.

## **6.4 Detalle de las mediciones**

### **6.4.1 Medida del grado de contaminación**

#### **Aislador Piloto**

Los aisladores piloto deben ser del tipo neblina de 10 pulg. De diámetro y 5-3/4 pulg. De alto: Cadenas de aisladores piloto serán instaladas en los lugares de las mediciones.

#### **Lugares de las Pruebas de las Exposiciones (de los Aisladores)**

Los aisladores pilotos son expuestos en varios sitios para las mediciones en los lugares comunes a lo largo de la línea de transmisión o en las subestaciones. El número de sitio de las mediciones donde las cadenas de aisladores deberán ser instaladas son dos.

#### **Periodo de Exposición para la Prueba**

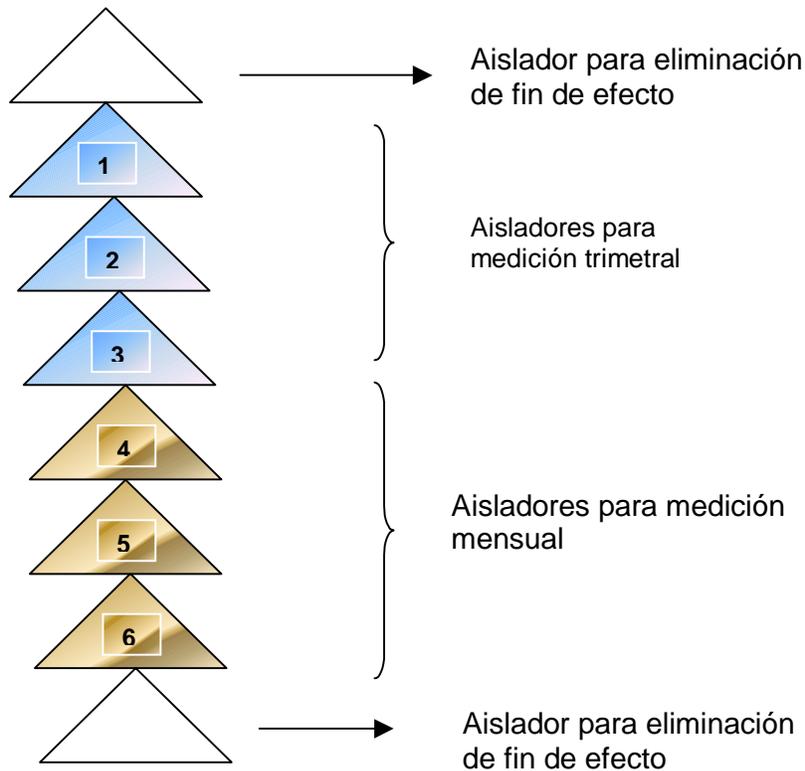
El periodo de la medición e investigación es de un año esencialmente, deberá ser necesario continuar por lo menos por tres años para obtener información de un modelo de contaminación de aisladores confiables.

No obstante deberá ser posible obtener algunos datos mostrando la tendencia de la contaminación del aislador a lo largo de la medición, aún si el periodo de la medición es tan corto como de un año.

También aún después del cumplimiento del primer periodo de prueba para el modelo de contaminación de la línea, las mediciones de la contaminación, proporcionarán importantes datos para los trabajos de mantenimiento de las líneas y más aún, un mayor conocimiento y técnicas en contaminación de aisladores de lo cual es aplicable a proyectos futuros.

### **Aisladores Pilotos y su Disposición**

Varios juegos de cadenas de aisladores consistente de 8 aisladores cada una deberán ser montadas en las torres la disposición de los aisladores pilotos es así:



Cuando el aislador numerado 1,2,...6 es retirado para la medición, el aislador debe ser reinstalado para la próxima medición.

En la figura 6.1 se ve una cadena de aisladores que servirá para el estudio del grado de contaminación de los aisladores.



**Figura 6.1 Cadena de aisladores Tipo Antifog**

### **Intervalo de las Mediciones**

Para recopilar datos cuantos sean posibles y hacer que sean lo más confiables, las pruebas de la densidad de depósitos de sales minerales equivalentes disueltos en agua (ESDD) y la densidad de los depósitos no – solubles en el agua (NSDD), deberán ser medidos en dos diferentes intervalos: cada mes y cada tres meses. Los aisladores después de las mediciones ESDD y NSDD, deberán ser reinstalados en las estructuras para la medicación del próximo intervalo de la exposición.

La medición deberá ser realizada el mismo día de cada mes. Si la fecha de la medición es un día feriado, es posible realizar la medición dentro de uno o dos días.

### **Medición de la Contaminación**

Las pruebas ESDD y NSDD deben ser hechas periódicamente en términos del contaminante total por cada aislador. Las mediciones deberán ser preferentemente hechas en forma separada: las de las superficies exterior e interior del aislador. Las mediciones deberán ser llevadas a cabo de acuerdo con el método descrito.

#### **6.4.2 Análisis de los contaminantes**

Para analizar los componentes químicos y estimar el voltaje de disrupción del aislador artificialmente con tales contaminantes, la solución acuosa del contaminante después de realizar la última medición de la prueba ESDD en los lugares de prueba de los aisladores expuestos deberán ser almacenado.

Los análisis cualitativos de los componentes solubles de los contaminantes tomados en diferentes sitios durante un año, deben ser hechos.

#### **6.4.3 Colección de datos de las condiciones meteorológicas**

Los datos meteorológicos de la estación más cercana durante el periodo de exposición, deben ser registrados:

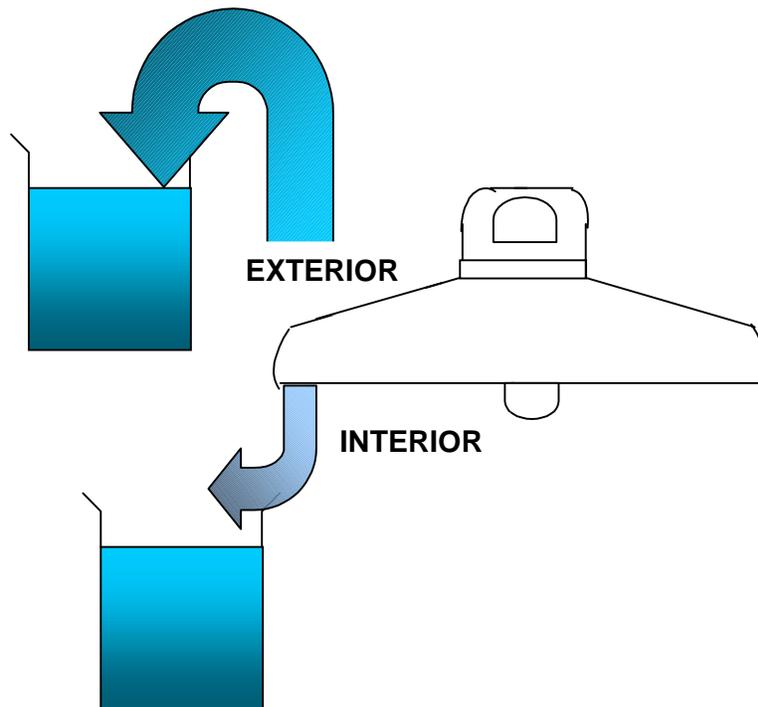
1. Estado diario del tiempo.
2. Condiciones diarias del viento (valores máximos y rangos), dirección del viento.
3. Precipitación lluviosa diaria total.
4. Temperatura ambiente diaria (máxima, mínima y rango).
5. Humedad diaria.

#### **6.5 Medición del método de ESDD y NSDD**

##### Procedimientos de Medición

- a) El vaso de precipitación, probeta, etc. serán limpiados lo suficiente para remover los electrolitos previo a la medición. Los guantes serán pulcramente lavados.
- b) El agua destilada será puesta en un vaso de precipitación hasta 400cc. (más agua será conveniente para una alta contaminación).

- c) El algodón absorbente será sumergido en el agua destilada, y entonces la conductividad y la temperatura del agua serán medidos con el conductímetro.
- d) Los contaminantes serán secados separadamente de la superficie exterior y de la superficie interior del aislador con el algodón exprimido con los guantes.
- e) El algodón con los contaminantes son puestos en el vaso de precipitación como se muestra en la figura 6.2. Los contaminantes serán disueltos en el agua agitando y apretando el algodón en el agua.
- f) La limpieza será repetida hasta sacar todos los contaminantes de la superficie del aislador.
- g) Precaución no podrán ser tomadas las cantidades de agua que se viertan fuera del vaso de precipitación (ejemplo: la cantidad de agua no podrá ser cambiada ni antes ni después de la recolección de los contaminantes).
- h) La conductividad del agua conteniendo los contaminantes será medida por el conductímetro, al mismo tiempo la temperatura del agua será medida.
- i) El agua conteniendo los contaminantes después de la medición del ESDD será filtrada por medio de un embudo y filtro de papel conteniendo los contaminantes será puesto dentro de una botella plástica que nosotros proporcionaremos y enviaremos a la estación principal para la medición del NSDD.



**Figura 6.2 Retiro de Contaminantes**

### 6.5.1 Cálculo del ESDD

- a) La conductividad del agua medida conteniendo los contaminantes es automáticamente corregida por la conductividad a 25° grados centígrados.
- b) Como se muestra en la figura 6.2 la relación entre la conductividad a 25 grados centígrados y la sal (NaCl) en la concentración de agua salada. La cantidad de sal equivalente en agua será obtenida como muestra en la figura 6.2

- c) El ESDD sobre la superficie del aislador será calculada por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{10 \times V \times (D_1 - D_2)}{S}$$

Donde:

W: Equivalente de la densidad de sal depositada (mg/cm<sup>2</sup>)

V: Cantidad de agua destilada (cc).

D<sub>1</sub>: Concentración de la sal equivalente del agua conteniendo los contaminantes (%).

D<sub>2</sub>: Concentración de sal equivalente del agua con el algodón antes de contener los contaminantes (%).

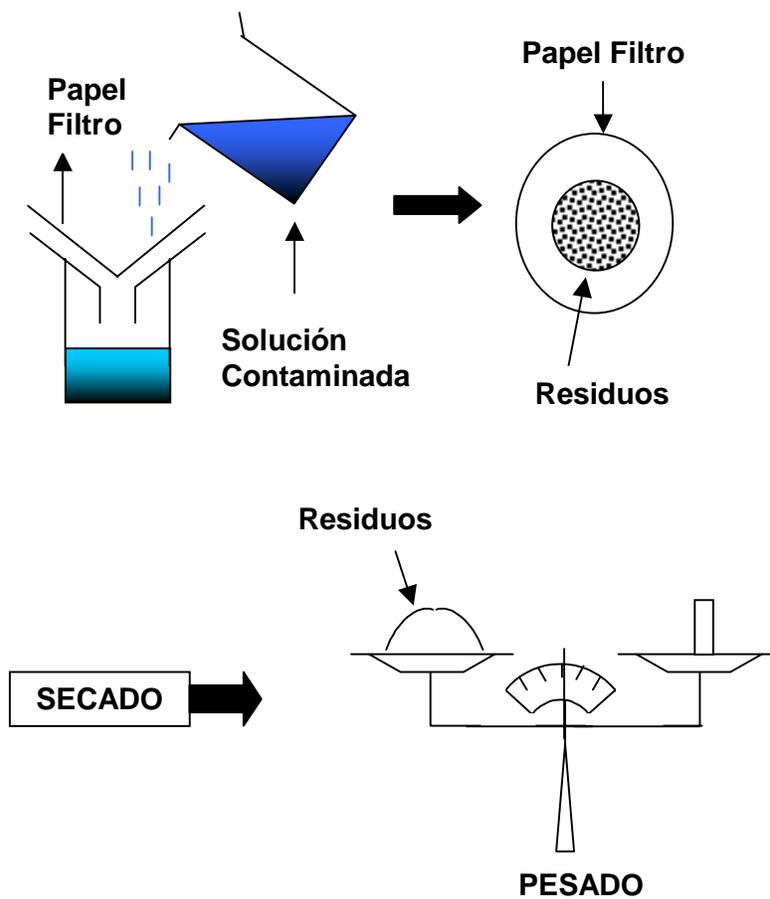
S: Area de la superficie del aislador en cm<sup>2</sup>.

### 6.5.2 Medición del NSDD

El agua conteniendo los contaminantes después de la medición del ESDD será filtrada por medio de un embudo y filtro de papel que será suministrado y después proceder a secar las sustancias filtradas. Luego el filtro de papel conteniendo los contaminantes será puesto en una botella plástica que nosotros suministraremos y enviaremos a una estación principal para la medición del NSDD.

La medición del NSDD será llevada a cabo, pesando el residuo del agua que contiene los contaminantes. El pesaje se lo hará en la estación principal. Pero el filtrado y secado se realizaran en un sitio establecido.

El residuo será obtenido por el agua filtrada con filtro papel como se indica en la figura 3.



**Figura 6.3 Procedimiento para Obtener el peso de los Contaminantes**

### 6.5.3 Traslado a la hoja de datos

La hoja de datos (apéndice F) será llenada después de cada medición y dato de condición meteorológica del lugar donde se esta llevando a cabo la prueba.

## 6.6 Análisis de los Contaminantes

Los siguientes análisis químicos y físicos se ejecutarán sobre unidades de aisladores de TRANSELECTRIC. Se los removerá al final de la estación seca (Noviembre), en el laboratorio de alto voltaje se realiza:

1. Análisis químico por difracción fotográfica de rayos X.
2. Análisis químicos cuantitativos sobre material soluble y no soluble.
3. Análisis de distribución de tamaño de partículas.

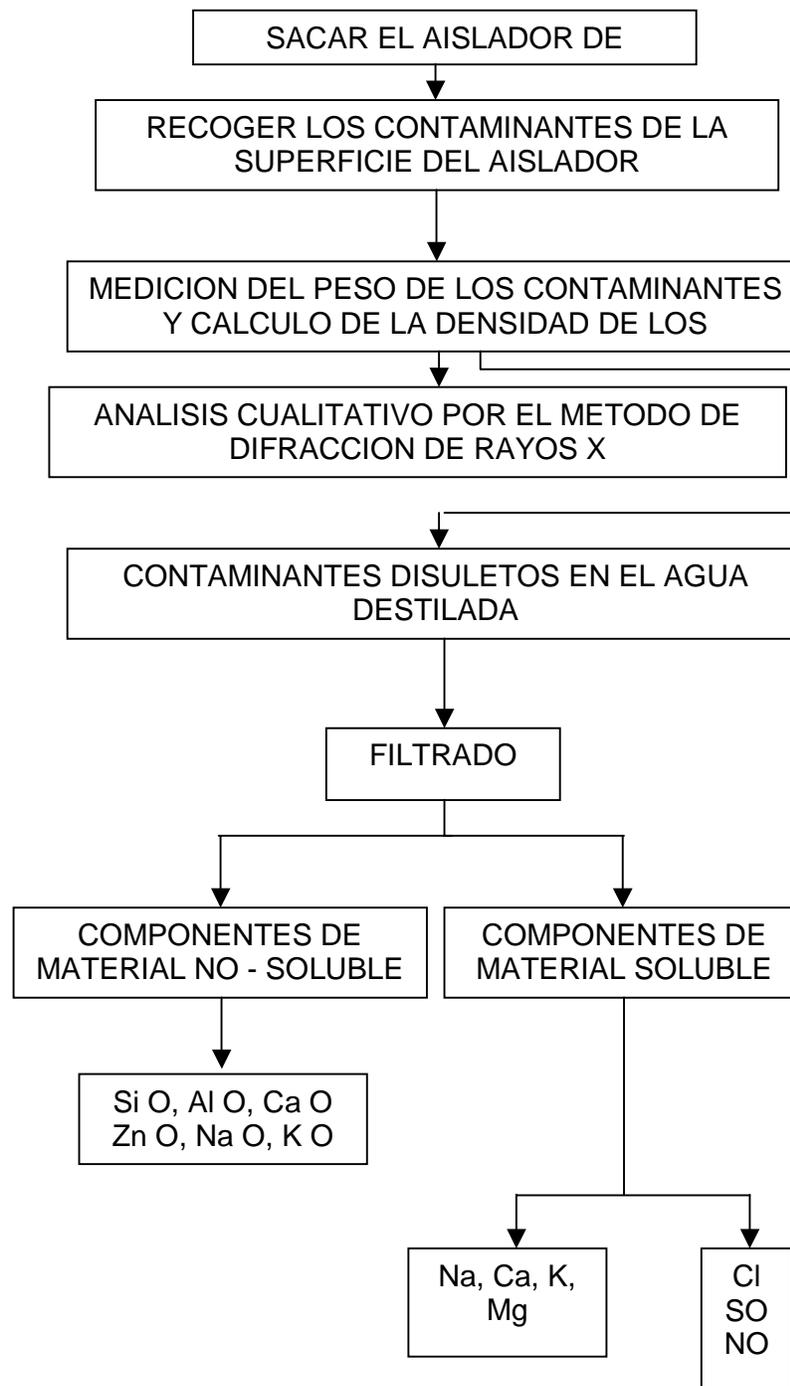
Material soluble

Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Material No – Soluble

Si O<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ca O, Zn O, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O

Procedimiento del análisis químico será mostrado en la figura 6.4.

**FIGURA 6.4 PROCEDIMIENTO DE ANALISIS QUIMICO**

## **CAPITULO VII**

### **7.0 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE ESDD Y NSDD EFECTUADO EN LAS S/E DE SANTA ELENA Y POSORJA.**

#### **7.1 Medición del ESDD y NSDD**

A continuación se detalla las mediciones realizadas en las subestaciones de Santa Elena y Posorja. Luego de esto se procede a realizar un resumen de lo efectuado.

##### **a) S/E Santa Elena:**

Se detallan las mediciones desde abril de 1995 hasta mayo de 1996, las mismas que fueron realizadas en las condiciones citadas en el capítulo VI.

**b) S/E Posorja:**

Se detallan las mediciones efectuadas en la subestación posorja en la estructura 180 desde el 28 de abril de 1995 hasta el 9 de mayo de 1996, los datos contiene la información de acuerdo a los criterios establecidos en la capítulo VI.

## 7.2 Relación entre el ESDD y el periodo de exposición

Se muestra como el ESDD va variando de acuerdo a los meses es decir veremos como en los meses donde no hay lluvia el ESDD aumenta y en los meses de lluvia el ESDD es menor, esto es fácil suponer debido a que con la lluvia los aisladores no tienen acumulación de impurezas.

### a) S/E Santa Elena:

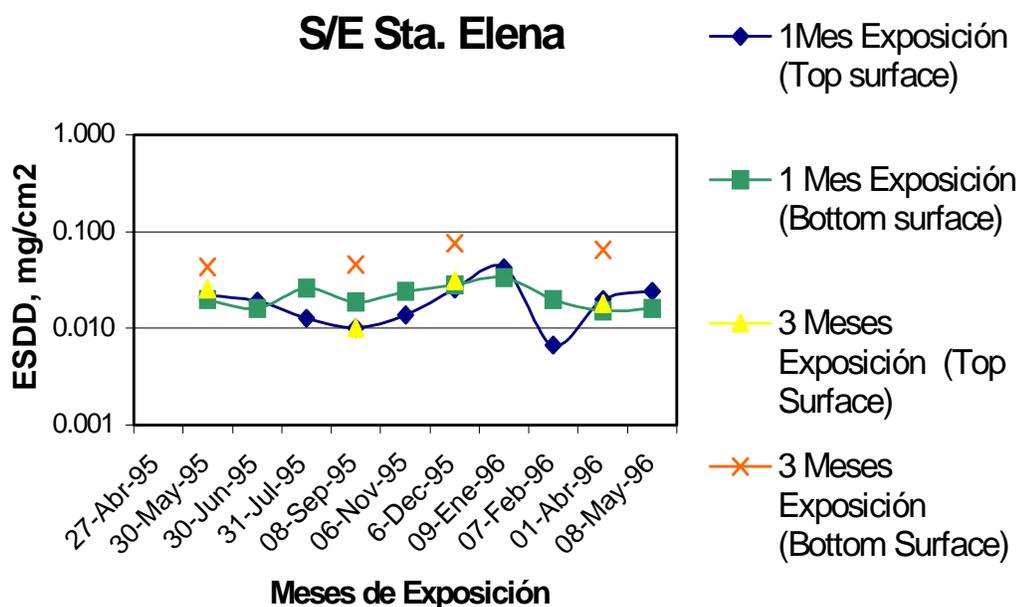


Figura 7.1 ESDD Vs. Meses de Exposición

## b) S/E Posorja:

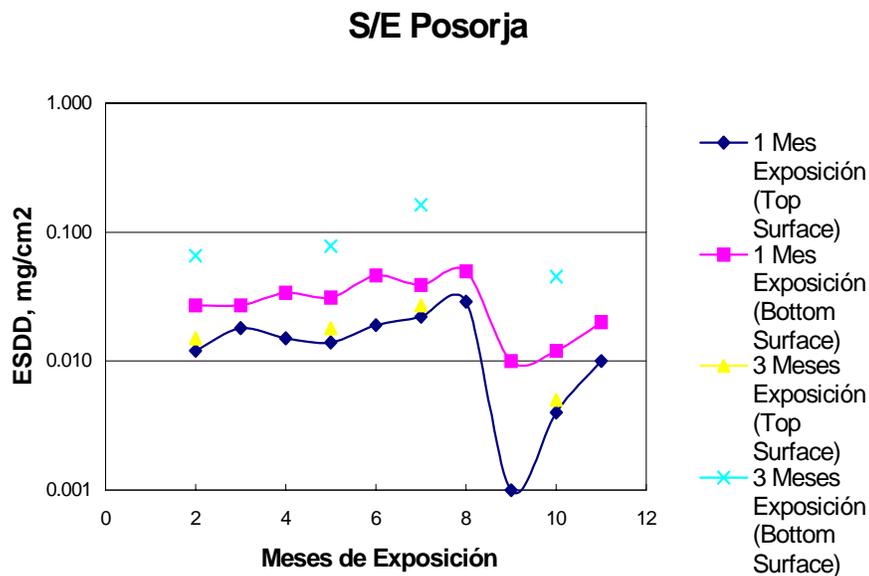


Figura 7.2 ESDD vs. Meses de Exposición

## 7.3 Relación entre el NSDD y el periodo de Exposición

Se aprecia como en los meses donde no hay lluvias el NSDD tiende a incrementarse debido a que en dichos meses es mayor la acumulación de impurezas, lo mismo que hace el aislador pierda sus condiciones, pero en los meses en los que hay lluvia, las cadenas de aisladores no sufren este problema y por lo tanto el NSDD tiende a disminuir.

## a) S/E Santa Elena:

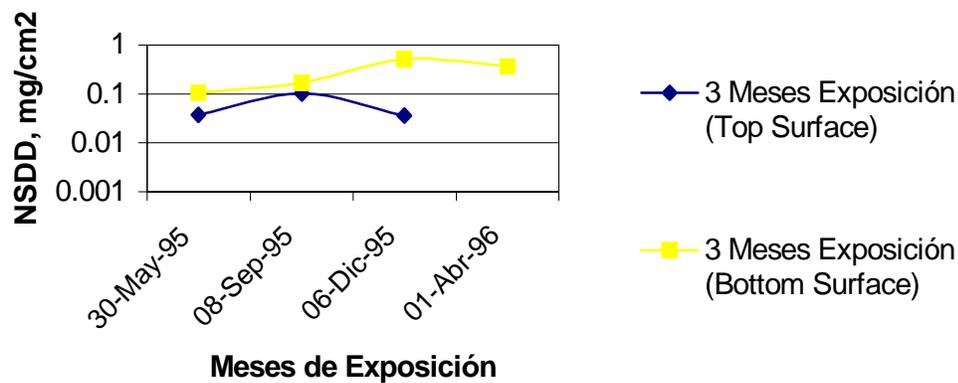


Figura 7.3 NSDD Vs. Periodo de Exposición

## b) S/E Posorja:

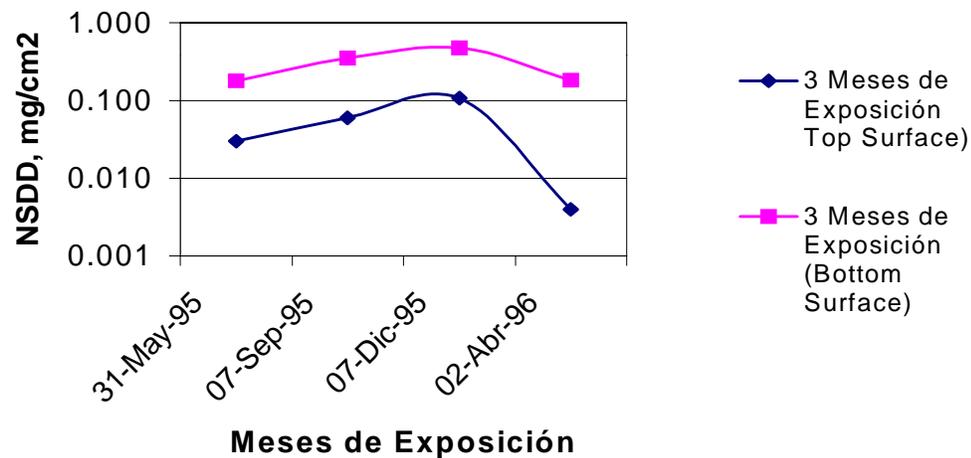


Figura 7.4 NSDD Vs. Periodo de Exposición

## CAPITULO VIII

### 8.0 Voltaje de Ruptura en las Líneas de Transmisión Pascuales – Santa Elena y Pascuales – Posorja a 138 Kv.

#### 8.1 Método del Voltaje de Ruptura

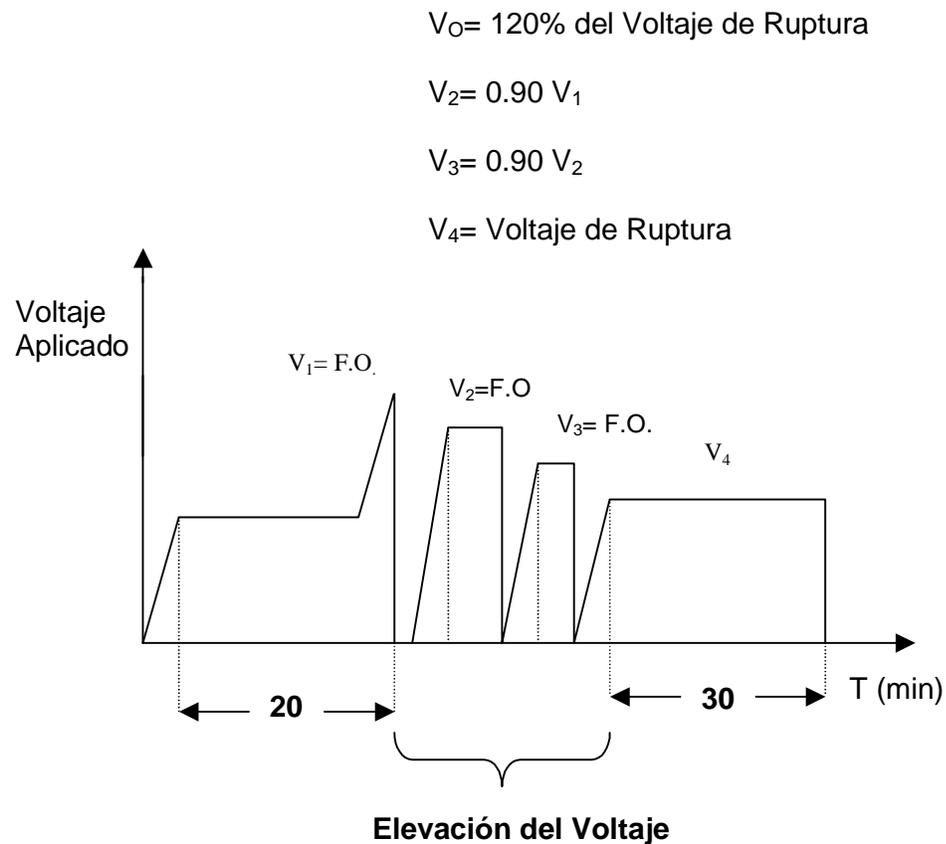
El voltaje de ruptura de la cadena de aisladores expuesta a condiciones de contaminación puede ser determinado en cuartos de prueba.

La prueba se llevó a cabo usando equipos de prueba para contaminación artificial (ejemplo: una fuente de poder, un cuarto de prueba, etc.) en los laboratorios de alta tensión de N.G.K.

La prueba se realizará de acuerdo al método descrito como sigue:

Método de Flameo Repetido.- después un voltaje cerca de 1.2 veces del voltaje de ruptura esperado es aplicado, el cual será generado. Luego la presencia del flameo es observada por 20 minutos. Si el flameo no ocurre durante el periodo, el voltaje es incrementado hasta que ocurra un flameo. Después de esto, un voltaje igual de 0.9 a 0.95 veces del voltaje de flameo es aplicado, en un voltaje cerca

del cual los aisladores han resistido por más de 30 minutos puede ser usado como voltaje de ruptura. Treinta minutos es empleado para completar un ciclo de prueba poco menos de una hora. Si la corriente de fuga de los aisladores se incrementa aún después del lapso de 30 minutos, luego la prueba puede ser extendida de 30 a 60 minutos aproximadamente. Un voltaje aplicado es mostrado en la figura 8.1



**Figura 8.1 Método de Flameo Repetido**

## 8.2 Resultados de la Prueba Realizada

En la siguiente tabla se dan a conocer el valor del voltaje de ruptura de la cadena de aisladores a los 8 meses de exposición (15 de Noviembre de 1995).

### S/E Santa Elena

Estructura No.	Voltaje de Ruptura (kV/unidades)	ESDD, mg/cm <sup>2</sup>		NSDD, mg/cm <sup>2</sup>	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior
237	18	0.082	0.017	0.44	0.115

### S/E Posorja

Estructura No.	Voltaje de Ruptura (kV/unidades)	ESDD, mg/cm <sup>2</sup>		NSDD, mg/cm <sup>2</sup>	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior
180	16.6	0.114	0.020	0.494	0.105

En la Figura 8.2 se ve la curva de diseño y se compara con los valores obtenidos del voltaje de ruptura con la curva de diseño.

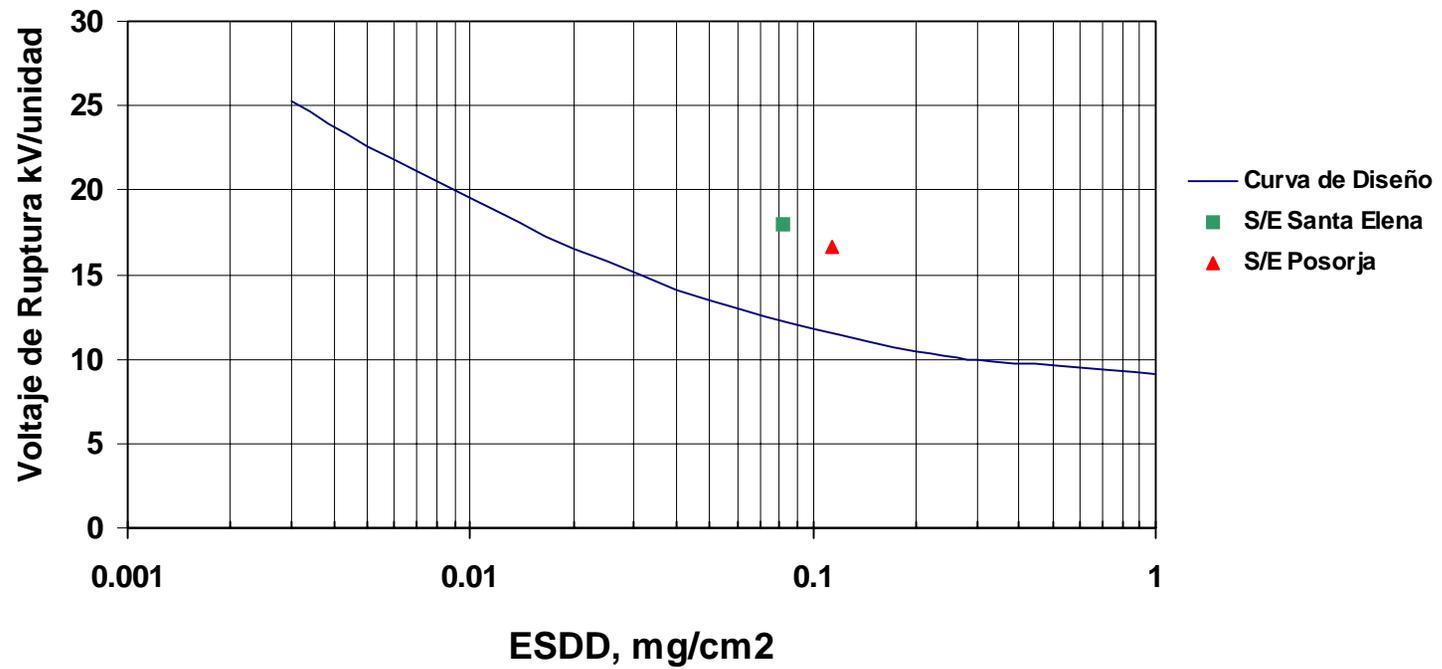


Figura 8.2 RELACION ENTRE ESDD (SUPERFICIE INFERIOR) Vs Voltaje de RUPTURA

## CAPITULO IX

### 9.0 Análisis Químico de Contaminación en las Líneas Pascual – Santa Elena y Pascuales – Posorja a 138 Kv.

#### 9.1 Generalidades

Los análisis químicos y físicos se realizaron sobre unidades de aisladores de Transelectric, los mismos que fueron removidos al final de la estación seca (Noviembre de 1995) y se realizó el análisis en los laboratorios de NGK.

Donde se determinó la distribución del tamaño de las partículas y el análisis químico cuantitativo sobre material soluble y no soluble.

Material Soluble

$\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$

Material No soluble

$\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$

## 9.2 Resultados de la Prueba Realizada en la Línea Pascuales – Santa Elena a 138 Kv. , estructura 237

### Material Soluble

En las muestras analizadas se evidencia que el sodio y el cloro se encuentran en mayor proporción, debido a que la zona en estudio se encuentra cercana al mar y lo cual nos indica que en los procesos de corrosión el ClNa será el de mayor influencia.

Sitio de Exposición	Contaminante Soluble, $\mu$ g/ml					
Estructura	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
237	115	77	10	175	1	119

### Material No Soluble

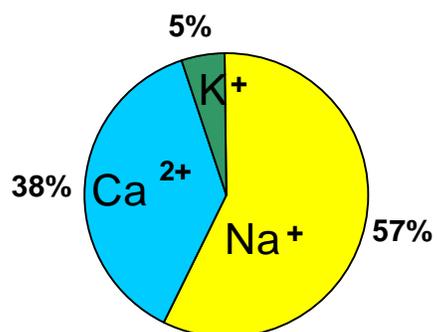
Los contaminantes no solubles son las sustancias acumuladas en los aisladores, las mismas que sumadas a las sustancias solubles acortan la vida útil de los aisladores debido a la corriente de fuga que está pasando por el aislador cuando este se encuentra en ambientes de alta contaminación marina.

Sitio de Exposición	Contaminante no Soluble, Wt %			
Estructura	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C	Otros
237	41.33	10.24	4.17	44.26

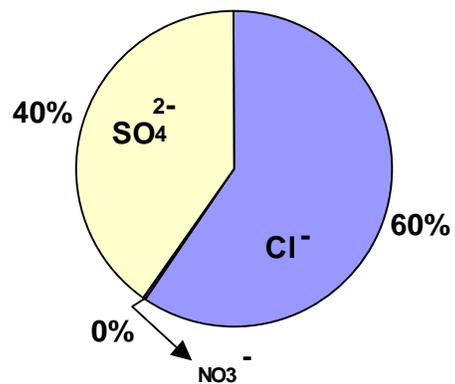
Otros: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, ZnO, etc.

### 9.2.1 Gráficos de la Composición de Contaminantes Solubles en términos de Equivalente Químico, Estructura 237

Iones Positivos



Iones Negativos



En el gráfico se puede apreciar en porcentaje que el  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  se encuentran en mayor porcentaje esto debido a la presencia salina del sector.

### 9.3 Resultado de las Prueba Realizadas en las Líneas Pascuales – Posorja a 138 Kv. Estructura 180

#### Material Soluble

En las muestras analizadas se evidencia que el sodio y el cloro se encuentran en mayor proporción, debido a que la zona en estudio se encuentra cercana al mar, lo cual nos indica que en los procesos de corrosión el ClNa será el de mayor influencia. La zona de Posorja presenta un ambiente más corrosivo que el presentado en la zona de Santa Elena, razón por la cual los valores de ClNa son altos en la zona de Posorja.

Sitio de Exposición	Contaminante Soluble, $\mu\text{g/ml}$					
	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
Estructura 180	171	84	14	186	1.2	145

#### Material No Soluble

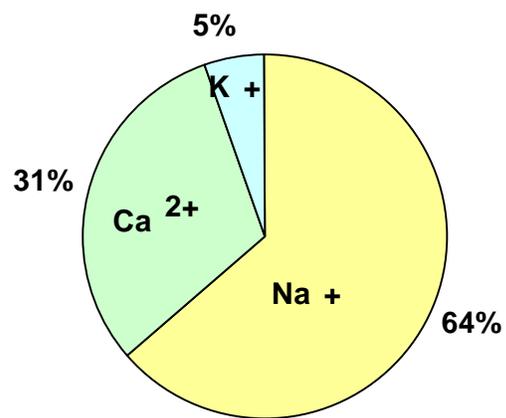
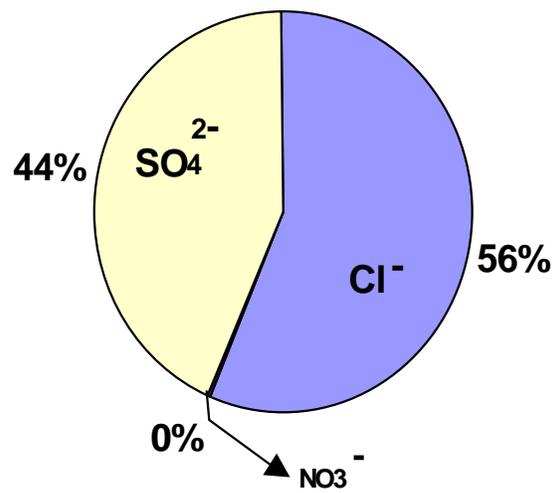
Lo valores presentados en la Zona de Posorja son altos comparados con los de Santa Elena, la L/T de Posorja tiene una tendencia mayor a salir de servicio por la acumulación de dichas sustancia sobre la superficie de los aisladores, es por ello que actualmente se lavan aisladores anualmente en ambas líneas de transmisión para evitar este tipo de inconvenientes.

Sitio de Exposición	Contaminante no Soluble, Wt %			
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C	Otros
Estructura				
180	53.82	12.1	2.85	31.23

Otros: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, ZnO, etc.

### 9.3.1 Gráficos de la Composición de Contaminantes Solubles en términos de Equivalente Químico, Estructura 180 del Tramo Pascuales – Posorja

En el gráfico se puede apreciar en porcentaje que el Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> se encuentran en un porcentaje mayor que los demás sustancias, esto es evidente debido a que la corrosión presentada principalmente en las estructuras, grapas de suspensión, extensión de poste es causada principalmente por la acumulación de estas sustancias.

**Iones Positivos****Iones negativos**

# CAPITULO X

## 10.0 ANALISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR LA NGK

### 10.1 Análisis de ESDD y NSDD

#### 10.1.1 L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV.

El sitio de prueba donde se realizaron las pruebas, fue en la estructura 237 del tipo AR2-1, del mismo que se obtuvieron los siguientes criterios:

- a) Resultados de la Medición de ESDD.- Los resultados de la medición de ESDD estaban similares entre la superficie superior e inferior del aislador, es evidente que la parte inferior del aislador tendrá un valor ligeramente mayor debido a que es la parte menos expuesta a lluvia, misma que le sirve como medio de limpieza. Es necesario aclarar que el ESDD tiende a incrementarse en los meses secos.
- b) Resultados de la Medición de NSDD.- Se observó que los resultados de la parte inferior del aislador son

superiores a los de la parte superior debido a que la lluvia limpia la parte superior de los aisladores mientras que la parte inferior por estar menos expuesta a la lluvia presenta una mayor acumulación de contaminantes.

- c) Cambio de Estación de ESDD y NSDD.- No se pudo observar ningún cambio significativo en el ESDD con respecto al cambio de estación, aunque las medidas fueron tomadas solo por un año. Sin embargo con el NSDD aunque sólo se tomaron 5 lecturas, el valor de NSDD fue comparativamente superior durante noviembre a diciembre.
- d) Relación entre ESDD y Periodo de Exposición.- La parte inferior del aislador tiende a incrementarse hasta los 7 meses. Sin embargo la parte superior del aislador no tuvo este incremento debido a la lluvia.
- e) Condiciones Anuales del Clima.- Juzgando la velocidad del viento y la precipitación de la lluvia, hay poco viento y poca precipitación de lluvia. Pero datos como el del año 1978 donde hubo una precipitación de lluvia de 53 mm/año. Entonces es necesario tener cuidado cuando hay precipitación de lluvia por un año.

#### **10.1.2 L/T Pascuales – Posorja a 138 KV.**

El sitio de prueba donde se realizaron las pruebas fue en la estructura 180 del tipo AR2-1, del mismo que se obtuvieron los siguientes criterios:

- a) Resultados de la Medición de ESDD.- Los resultados de la medición de ESDD de la parte inferior del aislador fueron ligeramente superiores comparados con la parte inferior del aislador. Los valores medidos de ESDD en la parte inferior del aislador tuvieron una tendencia a incrementarse durante los 3 meses. Sin embargo, la superficie superior no registra ninguna tendencia de aumento debido a que la lluvia limpia la parte mencionada del aislador.
- b) Resultados del la Medición de NSDD.- Los resultados de las mediciones de la parte inferior fueron mayores que los de la parte superior, puede obedecer al lavado por efecto de la lluvia, la misma que hace que la parte superior presente tales valores.
- c) Cambio de Estación de ESDD y NSDD.- Un pequeño cambio se pudo observar en el ESDD durante el año en que fueron realizadas las pruebas. El valor de ESDD fue mayor durante mayo a enero. Un pequeño cambio de estación hizo que los valores de NSDD sean mayores durante los meses de noviembre y diciembre.
- d) Relación entre ESDD y Periodo de Exposición.- La parte inferior del aislador tiene una tendencia a incrementarse durante los siete meses. Sin embargo la parte superior del aislador no tiene este incremento debido a que la lluvia limpia dicha superficie.
- e) Condiciones Anuales del Clima.- Juzgando las condiciones anuales de la velocidad del viento y la

precipitación de la lluvia, hay poco viento. Pero el máximo valor de la velocidad del viento es alrededor de 15 m/s cada año. La lluvia presenta poca precipitación. Es necesario tener cuidado cuando hay un poco de precipitación de la lluvia durante el año.

## **10.2 Análisis del Voltaje de Flameo**

### **10.2.1 L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV.**

El sitio seleccionado para la realización de la prueba de voltaje de flameo fue la estructura 237 del tipo AR2-1 donde se obtuvo el siguiente análisis:

El voltaje de flameo ocurrió a 90KV (18.0 KV/unidad). Los resultados de las mediciones de ESDD fueron muy pequeños, pero los valores de NSDD de la superficie inferior del aislador tuvieron valores ligeramente superiores. (ESDD: Superior = 0.017 mg/cm<sup>2</sup>, Inferior = 0.082 mg/cm<sup>2</sup>; NSDD: Superior = 0.115 mg/cm<sup>2</sup> Inferior = 0.440 mg/cm<sup>2</sup>)

La conductividad (ESDD) de la superficie inferior fue pequeña, de modo que el voltaje de flameo fue alto.

### **10.2.2 L/T Pascuales – Posorja a 138 KV.**

El sitio seleccionado para la realización de la prueba de voltaje de flameo fue la estructura 180 del tipo AR2-1 donde se obtuvo el siguiente análisis:

El voltaje de flameo se produjo a 83 KV (16.6 KV/unidad). Los resultados de la medición de ESDD de la parte superior del aislador fueron muy pequeños. Pero los resultados de las mediciones de ESDD de la parte inferior del aislador y los resultados de NSDD tuvieron valores superiores. (ESDD: Superior = 0.020 mg/cm<sup>2</sup>, Inferior = 0.114 mg/cm<sup>2</sup>; NSDD: Superior = 0.105 mg/cm<sup>2</sup> Inferior = 0.494 mg/cm<sup>2</sup>).

La conductividad (ESDD) de la superficie inferior fue un poco alta, de modo que el voltaje de flameo fue mas bajo que en Santa Elena.

### **10.3 Análisis Químico**

#### **10.3.1 L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV.**

Se tiene la presencia de Na<sup>+</sup> y CL<sup>-</sup>, de modo que estos sitios están influenciados por la sal marina la misma que corroe las estructuras, H/G, ánodo de sacrificios, etc., esto se detallara en el estado actual de la línea de Transmisión, donde se están realizando trabajos a fin de impedir que el hilo de guarda se desprenda de la estructura debido al avanzado estado de corrosión que presenta.

#### **10.3.2 L/T Pascuales – Posorja a 138 KV.**

Se tiene la presencia de Na<sup>+</sup> y CL<sup>-</sup>, de modo que estos sitios están influenciados por la sal marina la misma que corroe las estructuras, H/G, ánodo de sacrificios, etc., esto se detallara en el estado actual de la línea de Transmisión, donde aun no se realizan los cambios requeridos por falta de presupuesto,

pero también se presentan zonas con un estado de corrosión serio.

# CAPITULO XI

## 11.0 ESTADO ACTUAL DE LAS L/T EN ESTUDIO

### 11.1 L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV

La línea de transmisión Pascuales – Santa Elena se divide en dos partes como se ve en el apéndice G donde se muestra las líneas que conforman el Sistema Nacional de Transmisión, se puede apreciar claramente que la líneas Pascuales - Sta. Elena y Pascuales – Posorja, van en doble circuito hasta las juntas, lugar en el cual las líneas citadas toman sus direcciones correspondientes, en el apéndice H se indican las tablas de ubicación de las estructuras de las líneas de transmisión en estudio.

En la siguiente tabla se detallaran los datos generales de la línea de transmisión desde Las Juntas, a partir del cual comienza el problema de contaminación por salinidad.

TABLA VI

LAS JUNTAS - SANTA ELENA		
DATOS GENERALES		
Voltaje	138	kV
Longitud	60	Km
Porcentaje de pilotaje	0	
Porcentaje de postes de hormigón	80	
Circuitos	1	
Cables de Guardia	1	
Conductor	398	MCM
Vano económico aprox.	255	m
Número aprox. de est. fundación zapata	236	
Número aprox. de est. fundación pilote	0	
Número de est. De acero	48	
Número de estruc. Tipo poste	188	
Porcentaje de estructuras de suspensión	85	
Número de aisladores por cadena	8	

#### 11.1.1 Componentes de la L/T afectados por la corrosión

Los aisladores de suspensión desde la estructura 200 a la 237 tuvieron que ser retirados debido a las condiciones que presentaban. El cambio de aisladores se lo realizó durante el mes de Septiembre del año 2000, cabe señalar que los aisladores estaban en servicio desde Marzo de 1986. El método empleado para cambiar aisladores en caliente es el siguiente:

#### **Cambio de Aisladores de Suspensión en L/T de 138 KV (Líneas Energizadas).**

Es fundamental saber las distancias mínimas cuando se está realizando este tipo de trabajo para evitar cualquier tipo de accidente:

Tabla # VII

## DISTANCIA MINIMA APROBADA DE TRABAJO PARA LINEA VIVA

Voltaje Nominal En Kilovoltios Fase a Fase	Distancia			
	Exposición Fase a tierra		Exposición Fase a Fase	
	(ft-in)	(m)	(ft-in)	(m)
0.05 a 1.0	*	*	*	*
1.1 a 15.0	2-1	0.64	2-2	0.66
15.1 a 36.0	2-4	0.72	2-7	0.77
36.1 a 46	2-7	0.77	2-10	0.85
46.1 a 72.5	3-0	0.90	3-6	1.05
72.6 a 121	3-2	0.95	4-3	1.29
138 a 145	3-7	1.09	4-11	1.50
161 a 169	4-0	1.22	5-8	1.71
230 a 242	5-3	1.59	7-6	2.27
345 a 362	8-6	2.59	12-6	3.80
500 a 550	11-3	3.42	18-1	5.50
765 a 800	14-11	4.53	26-0	7.91

\* Evitar contacto

Los instrumentos empleados son:

- 1 Bastón Soporte
- 1 Pértiga de Enlace
- 2 Pértigas Universales
- 1 Silleta Fija
- 1 Tecla Aislado (1 Ton. )
- Tenaza para sujetar aislador
- Sacador auxiliar de pasador

- Soporte de socket
- Extractor de pasador.
- 1 polea de servicio
- Manila de servicio(50 metros)

En la figura 11.1 se puede apreciar de arriba hacia abajo las siguientes pértigas: bastón soporte, pértiga de enlace y dos pértigas universales en cuyos extremos tienen adaptadores universales para colocar las siguientes piezas como: el sacador auxiliar de pasador, soporte de socket, Tenaza para sujetar aislador, extractor de pasador, etc. En el apéndice I se detallan las características técnicas de los instrumentos que se utilizan para Líneas Energizadas.



**Figura 11.1 Pértigas para Líneas Vivas sobre tripies**

El procedimiento a seguir para cambio de aisladores en caliente es el siguiente:

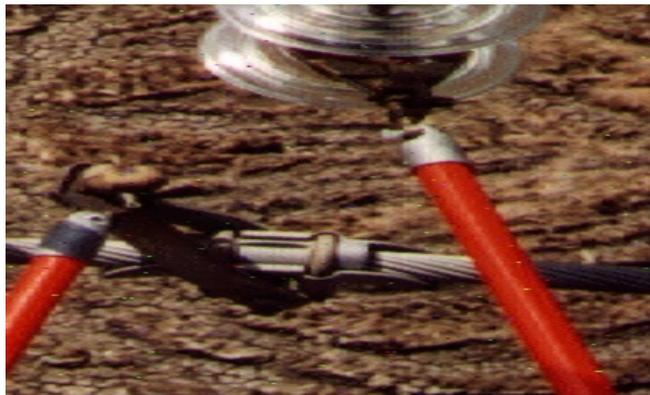
1. Se procede a colocar la polea de servicio en el H/G, pasando la manila sobre la misma para poder subir o bajar las herramientas.
2. Se instala el tecele aislado a nivel de la cruceta.
3. Se instala la silleta fija, ésta debe ser instalada a la misma altura del conductor en el que se realiza el trabajo.
4. Se sube la pértiga de enlace, la cual va a sujetar el conductor y por el otro extremo queda sujeta al tecele, la función de esta pértiga es levantar el conductor. En la figura 11.2 se aprecia la disposición de la pértiga de enlace.



**Figura 11.2 Pértiga de Enlace**

5. Se sube la pértiga soporte, la misma que se asegura a la silleta fija, la pértiga en un extremo sujeta el conductor con una mordaza y con el otro extremo se procede a cerrar la misma para que este bien asegurada y no se vaya a salir el conductor de la mordaza, cabe señalar que la única función del bastón soporte es como su nombre lo indica soportar el peso del conductor.
  
6. Se colocan las herramientas mencionadas en las pértigas universales y se procede a subirlas, es importante notar que las pértigas deben estar limpias y secas.

7. Se saca el pasador de la rotula corta con el extractor de pasador. Pero teniendo en cuenta que no debe sacar el pasador por completo de la rotula, mientras con las pinzas se sujeta la cadena de aisladores.
  
8. Se procede a subir ligeramente la línea con la pértiga de enlace para lo cual el tecele comienza a efectuar su trabajo, luego teniendo sujeta la rotula corta con la pértiga que tiene el soporte de socket y la otra pértiga que esta sujetando la cadena de aisladores con la tenaza se realiza movimientos a fin de que se libere la cadena de aisladores de suspensión de la rotula corta. En la figura 11.3 se ve la separación de la que se hace mención.



**Figura 11.3 Separación de la rotula corta y la cadena de aisladores de suspensión**

9. El liniero que se encuentra en la cruceta con precaución procede a asegurar la cadena de aisladores de la parte superior a la manila, para

luego proceder a sacar el pasador del primer aislador y bajar la cadena de aisladores, cave citar que aprovechando el peso de la cadena de aislador que es retirada se coloca en el otro extremo de la manila de servicio la cadena de aisladores nuevas. En la figura 11.4 se puede apreciar el momento que la cadena de aisladores es retirada.



**Figura 11.4 Procedimiento para bajar una cadena de aisladores de suspensión, en Línea Energizada.**

10. El liniero que se encuentra en la cruceta, procede a guiar la cadena de aisladores, luego se monta el anillo bola en el primer aislador de la cadena, para luego colocar el pasador, quedando asegurada la cadena de aisladores a la cruceta, cave citar que siempre la distancia entre el liniero y el conductor es de 1.5 – 1.4 metros lo cual nos da un buen

margen de seguridad para evitar cualquier problema relacionado con la inducción, recordando que la distancia mínima para 138 KV es de 1.09 metros.

11. Se procede a bajar el conductor hasta su posición normal. Con las pértigas universales las cuales tiene en sus extremos la una la tenaza y la otra el soporte de socket se procede a poner el vástago del ultimo aislador de la cadena en la rotula corta.
12. Luego en la pértiga universal que tiene el soporte de socket se introduce el pasador para lo cual se le da un golpe al mismo con esta herramienta.
13. Finalmente se procede de igual manera en las dos fases restantes, para luego procede a bajar las herramientas siguiendo el orden contrario al de subida.

Para realizar este trabajo se debe citar que las condiciones del clima sean favorables, es decir, este trabajo no se lo puede realizar si hay demasiada humedad o peor aún si esta lloviendo.

Cabe mencionar que se cambian las tres cadenas de aisladores en un tiempo de 45 minutos. En el cual intervienen un Ingeniero supervisor y 5 linieros de los

cuales tres trabajan en el poste y los otros dos se encargan de subir o bajar las herramientas.

Durante la semana del 10 al 12 de Septiembre del 2001 se realizo el mantenimiento a la Línea Pascuales – santa Elena a 138 KV. En el mismo se detecto que los aisladores estaban sucios, razón por la cual tenían que ser lavados. En la Figura 11.5 se muestra el estado presentado por los aisladores.



**Figura 11.5 Cadena de Aisladores de La Estructura # 222 de la L/T Pascuales Sta. Elena a 138 KV.**

Por este motivo ahora se destina el mes de Septiembre para realizar el lavado de aisladores, para contrarrestar el efecto corona que aumenta notoriamente cuando los

aisladores están sucios, donde se puede escuchar un ruido siseante en los aisladores, el mismo que desaparece cuando los aisladores son lavados. Por las condiciones del terreno el lavado solo se realiza con la línea de transmisión des-energizada, el método empleado es el siguiente:

### **Lavado de Aisladores de Suspensión en L/T Des-energizadas**

Para realizar la limpieza de aisladores se cuenta con los siguientes equipos:

- ✓ Tanque con capacidad de 500 litros.
- ✓ 1 Generador (8 Hp).
- ✓ 1 Bomba de agua (300 – 500 PSI).
- ✓ Manguera de ½ pulg.
- ✓ Un roceador Tipo pistola de punto fijo

El procedimiento comienza una vez que la Línea de Transmisión ha salido de servicio procediendo luego de la siguiente forma:

1. Se procede a sacar de servicio la L/T para lo cual tanto en la S/E Pascuales como en la S/E Santa Elena se pone tierra locales a la posición Pascuales – Santa Elena, pero como medida preventiva también se pone tierra locales en 3 estructuras de tipo metálico, las mismas que se ubicaran de acuerdo al lugar donde se realiza el trabajo,

cabe indicar que las tres fases de las estructuras quedan aterrizadas, en la figura 11.6 se ve la colocación de una tierra local.



**Figura 11.6 Colocación de Tierras Locales**

2. El liniero debe ubicarse en la cadena de aisladores superior a fin de comenzar el lavado de los mismos, es importante señalar que los aisladores deben ser limpiados tanto su parte superior como inferior.
  
3. El agua a utilizar debe ser desmineralizada y para el lavado de aisladores debe salir con la presión suficiente a fin de realizar el

lavado de manera directa, la presión que utilizamos es de 500 psi para realizar este tipo de mantenimiento. En la figura 11.7 se ve el procedimiento para lavar aisladores.



**Figura 11.7 Limpieza de aisladores**

La L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV. Su hilo de guarda no estaba provisto de blindaje, razón por la cual, el mismo se encuentra en malas condiciones, se procedió a poner el respectivo blindaje a partir de la estructura 160 del tramo correspondiente a las Juntas – Santa Elena, en el mismo se pudo ver que la extensión de poste metálico estaba totalmente corroída, corriendo el riesgo de que por su estado y por la tensión existente la misma se pueda

desprender del poste. En la figura 11.8 se muestra el estado de las mismas.



**Figura 11.8 Extensión Metálica para poste afectado por la corrosión.**

En la misma figura se puede apreciar una corrosión del tipo galvanica, la misma que estaba afectando al hilo de guarda de la línea, cabe señalar que una vez que se reemplaza la extensión metálica por una nueva se procede a colocar el cobertor a fin de evitar que los gallinazos se asienten sobre la grapa de suspensión y proteger el hilo de guarda del excremento de estos animales, lo que lo debilita. En la figura 11.9 se aprecia una extensión metálica retirada y la nueva con su respectivo cobertor.



**Figura 11.9 Extensión metálica para poste con su respectivo cobertor plástico.**

El procedimiento a seguir para colocar el blindaje en el H/G y como realizar el cambio de la extensión metálica para poste es:

1. Se instala una pluma para poste, la misma que se usa para levantar conductores pesados, en nuestro caso la usaremos para levantar el H/G.
2. Se instala un tecele (1.5 Toneladas) en la pluma para poste.

3. Se libera el H/G del Balancín.
4. Se suspende el H/G apoyado de la pluma, para lo cual se usa el tecele, quedando el H/G suspendido.
5. Se retira la extensión del poste corroída.
6. Se procede a poner el blindaje en el H/G, para lo cual se emplean 12 varillas aceradas las mismas que van sobre el H/G. (Ver Figura 11.10)



**Figura 11.10 Instalación del Blindaje en el H/G**

7. Se instala la extensión para poste que reemplazará a la extensión corroída.

8. Se coloca el H/G sobre el balancín, bajándolo de la pluma para poste.
9. Finalmente se coloca el cobertor plástico.

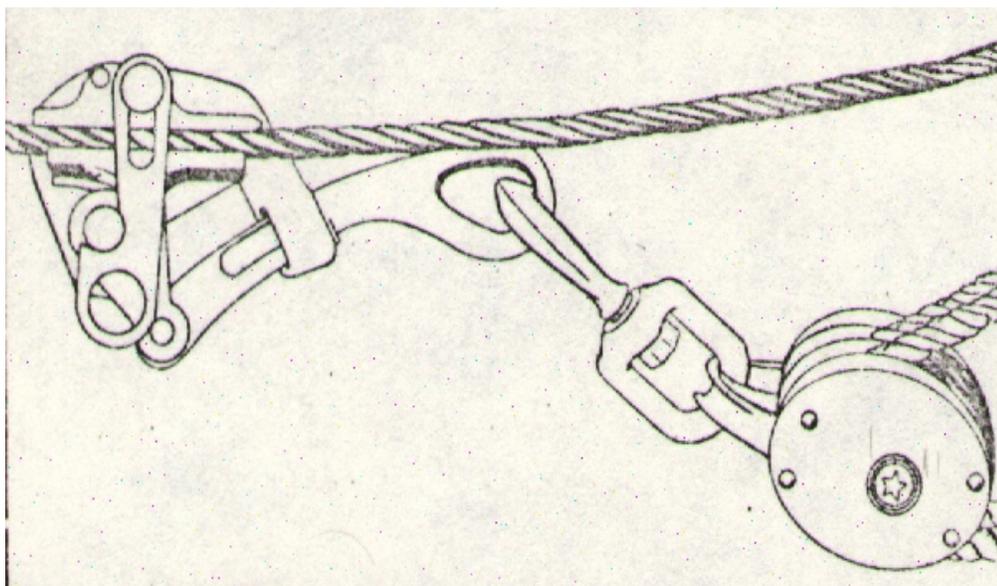
En algunos casos se encontró que el H/G se encontraba totalmente afectado por la corrosión, cuando se presenta este problema se procede a instalar dos grapas de retención y se corta el tramo afectado, para lo cual se procede de la siguiente manera:

1. Se realiza un sub-ensamblaje tipo retención con la extensión para poste y las grapas de retención. Ver figura 11.11



**Figura 11.11 Extensión para poste tipo retención**

2. Se procede a instalar la pluma para poste.
3. Se retiene el H/G a 1 metro de cada lado, para lo cual se emplean los tensores para conductores, el mismo que cierra sus mandíbulas, apretando el conductor, cuando se aplica una tensión sobre la horquilla de tiro. Ver figura 11.12



**Figura 11. 12 Tensor para Conductor**

4. Se corta el H/G afectado por la corrosión
5. Se retira la extensión para poste y se la sustituye por la nueva que tiene las grapas de retención, y

se procede a instalar el hilo de guarda sobre las grapas de retención y se retira los tensores para conductor.

6. Se coloca el aterrizaje del mismo material del H/G.

7. Se procede a retirar la pluma para poste.

8. Finalmente se coloca el cobertor para poste.

El Hilo de Guarda se ha visto mejorado con la instalación del cobertor plástico, puesto que muestra un pésimo estado especialmente en los puntos de sujeción al poste.

En la siguiente tabla se detallan los mantenimientos realizados y sus respectivas sugerencias en la L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV.

**TABLA VIII TRABAJOS EFECTUADOS EN LA L/T Pascuales – Sta. Elena a 138 Kv.**

<b>Tramo</b>	<b>Estructura</b>	<b>Trabajo Realizado</b>	<b>Observaciones</b>
Pascuales-Las Juntas	60 – 107	Cambio de aisladores de suspensión	Revisar los aisladores, debido a que en este sector el pin de los aisladores se corroe con más facilidad
Las Juntas-Sta. Elena	50 – 237	Colocación de cobertores Plásticos	Revisar H/G
Las Juntas-Sta. Elena	202 –237	Cambio de extensión de poste e instalación del blindaje en el H/G.	
Las Juntas-Sta. Elena	200 - 237	Cambio de aisladores de suspensión	
Las Juntas-Sta. Elena	170 201	Se requiere cambio de grapas de suspensión	Las grapas de suspensión están en pésimas condiciones
Las Juntas-Sta. Elena	170 -201	Se sugiere poner blindaje al H/G y cambiar la extensión de poste	Las extensiones de postes presentan una acentuada corrosión

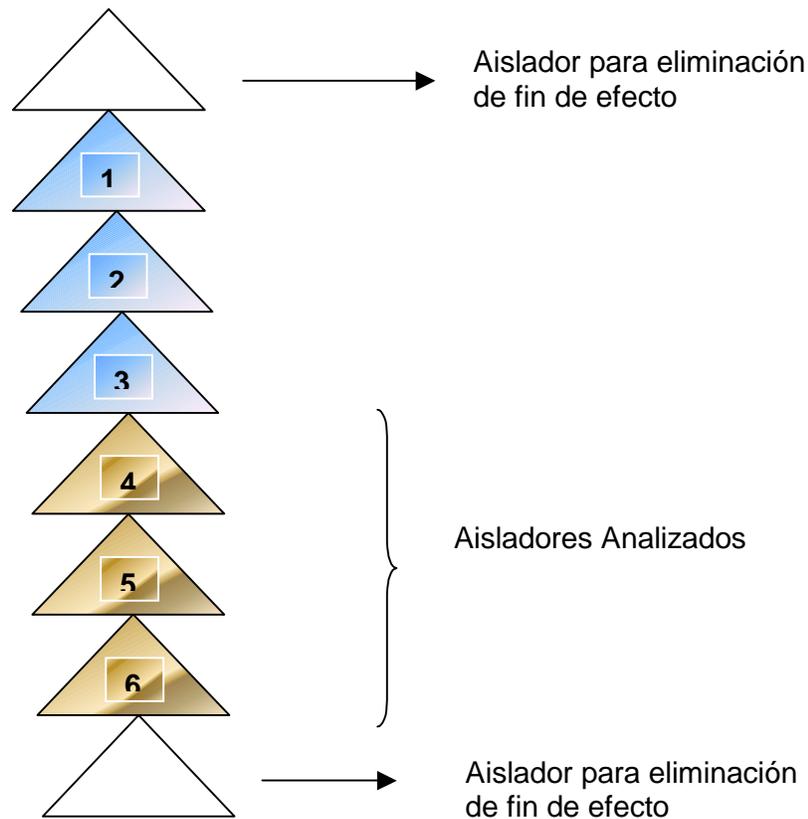
### 11.1.2 Medición actual de ESDD y NSDD

Los datos actuales fueron tomados de la estructura # 237 ubicada en la S/E Santa Elena, donde procedí a colocar una cadena de aisladores, como se ve en la figura 11.13



**Figura 11. 13 Ubicación de la cadena de aisladores de suspensión**

El método de recolección de las muestras para determinar el ESDD y NSDD fue igual al que empleó Transelectric. Cabe señalar que los procedimientos fueron previamente descritos en el capítulo VI, los aisladores de los cuales se recogieron las muestras para ser analizadas se los aprecia en el siguiente esquema. (Figura 11.14)



**Figura 11.14 Aisladores Analizados**

La diferencia que se efectuó ahora es que anteriormente el NSDD se lo hacía en los aisladores 1, 2 y 3 del esquema mostrado en la figura 11.14. Ahora los efectuó en los aisladores 4,5 y 6 del esquema citado. Es importante señalar que la cadena estuvo en exposición durante un mes las muestras fueron tomadas el día 10 de Septiembre de 2001. En la figura 11.15 se aprecia la forma como se debe proceder a tomar las muestras.



**Figura 11.15** Recolección de muestras de la cadena de aisladores de suspensión ubicado en la Estructura # 237

Las muestras recogidas fueron analizadas en el Laboratorio de Ciencias Químicas de la ESPOL de acuerdo al procedimiento establecido por Transelectric. En el apéndice J se encuentran los valores entregados para proceder a determinar los valores de ESDD y NSDD.

#### **Calculo de NSDD**

La fórmula para determinar el NSDD es la siguiente

$$NSDD = \frac{R.C.}{S} \text{ (mg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

R. C. = Residuo de los Contaminantes

S = Superficie del aislador

Es importante señalar que la parte superior del aislador tiene un área de 970 cm<sup>2</sup>, mientras que la parte inferior un área de 1440 cm<sup>2</sup>.

#### 4<sup>o</sup> Aislador

Superficie inferior

$$NSDD = 245/1440 = 0.17013889 \text{ mg/cm}^2.$$

#### 5<sup>o</sup> Aislador

Superficie superior

$$NSDD = 233/970 = 0.24020618 \text{ mg/cm}^2.$$

Superficie inferior

$$NSDD = 164/1440 = 0.11388888 \text{ mg/cm}^2.$$

#### 6<sup>o</sup> Aislador

Superficie superior

$$NSDD = 184/970 = 0.18969072 \text{ mg/cm}^2.$$

Superficie inferior

$$NSDD = 177/1440 = 0.12291667 \text{ mg/cm}^2.$$

### **Calculo de ESDD**

La forma para determinar el ESDD es la siguiente:

$$ESDD = \frac{10 \times C \times V}{S} \text{ (mg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

C = Concentración de sal en %

V = Volumen de agua (400cc )

S superficie del aislador

#### 4º Aislador

Superficie Inferior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0056 \times 400}{1440} = 0.01555556 \text{ mg/cm}^2$$

#### 5º Aislador

Superficie Superior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0047 \times 400}{970} = 0.01938144 \text{ mg/cm}^2$$

Superficie Inferior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0051 \times 400}{1440} = 0.01416667 \text{ mg/cm}^2$$

#### 6º Aislador

Superficie Superior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0035 \times 400}{970} = 0.01443299 \text{ mg/cm}^2$$

Superficie Inferior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0049 \times 400}{1440} = 0.01361111 \text{ mg/cm}^2$$

En la tabla IX se puede observar los valores obtenidos de ESDD y NSDD, para después proceder a realizar comparaciones con los valores obtenidos por Transelectric.



De los valores obtenidos vemos que los promedios de ESDD son bastantes similares, en los que si encontramos una marcada diferencia es el NSDD pero debemos recordar que este parámetro solo nos indica la cantidad de residuos depositados sobre el aislador.

En algunos países se han adoptado valores mínimos para la distancia de fuga para un cierto tipo de contaminación como hemos dicho anteriormente, la contaminación se puede expresar en términos de una neblina salina de tantos mg de ClNa/cm<sup>2</sup> (ESDD), debido al hecho de que los componentes de la contaminación son en su mayoría sales solubles de sodio, calcio, potasio, etc. A continuación se detalla una tabla de contaminación:

**TABLA X CLASES DE CONTAMINACIÓN DE  
ACUERDO AL ESDD**

Clases	Contaminación	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )	Df <sub>0</sub> (cm/kv)
A	Atmósfera Limpia	0.03	1.20 a 1.25
B	Poca Contaminación	0.04	1.50 a 1.55
C	Contaminación Severa	0.06	1.90 a 2.00
D	Contaminación Alta	0.12	2.50 2.60
E	Contaminación Severa	0.30	3.00 a 3.20

Df<sub>0</sub> = distancia de fuga

En la L/T Pascuales – Santa Elena los aisladores de suspensión han alcanzado 0.082 mg de ClNa/cm<sup>2</sup> (ESDD) durante 8 meses de exposición, refiriéndonos a la tabla X estamos diciendo que tenemos un nivel de contaminación Alta, si deseamos saber el número de aisladores para dicha zona tenemos:

$$Na = \frac{V_L \times Df_o}{\delta^n \times df}$$

Donde

Na = número de aisladores

V<sub>L</sub> = KV de línea a línea máximo de operación

Df<sub>o</sub> = distancia de fuga (depende del grado de contaminación)

df = distancia de fuga del aislador

δ = densidad del aire

n = 1.0 Sí KV ≤ 230

0.9 Sí KV > 230

Para nuestro ejemplo tenemos:

V<sub>L</sub> = 1.05 × 138 = 144.9 KV (Voltaje máx. de operación 105%

Vn)

Df<sub>o</sub> = 2.5 cm/Kv

df = 43.2 cm

δ = 1

n = 1

Entonces procedemos a determinar el número de aisladores:

$$Na = \frac{144.9 \times 2.5}{43.2} = 8.385 \approx 8 \text{ aisladores}$$

Entonces tenemos que para el nivel C de contaminación en una línea de transmisión de 138 KV. Debemos emplear 8 aisladores de suspensión tipo neblinero (df= 432 mm) que el número de aisladores empleados en la L/T Pascuales – Santa Elena a 138 KV.

## 11.2 L/T Pascuales - Posorja a 138 KV

La línea de transmisión Pascuales – Posorja a 138 KV, presenta contaminación salina a partir del tramo Las Juntas – Posorja, en el siguiente análisis se va a determinar el estado actual de la Línea de Transmisión y se determina su nivel de contaminación.

En la Tabla XI se dan los datos generales a partir de las Juntas – Posorja, a fin de determinar desde que estructura comienza la contaminación por salinidad.

Cabe mencionar que la tabla de ubicación de estructuras de la línea de transmisión en estudio se la detalla en el apéndice H.

TABLA XI

LAS JUNTAS - POSORJA		
DATOS GENERALES		
Voltaje	138	kV
Longitud	39	Km
Porcentaje de pilotaje	0	
Porcentaje de postes de hormigón	80	
Circuitos	1	
Cables de Guardia	1	
Conductor	398	MCM
Vano económico aprox.	220	m
Número aprox. de est. fundación zapata	180	
Número aprox. de est. fundación pilote	0	
Número de est. De acero	37	
Número de estruc. Tipo poste	143	
Porcentaje de estructuras de suspensión	85	
Número de aisladores por cadena	8	

### 11.2.1 Componentes de la L/T afectados por la corrosión

Entre los componentes de la línea de transmisión más afectados se encuentra la grapa de suspensión la cual presenta una acentuada corrosión, en la figura 11.16 se puede apreciar la diferencia entre una grapa de suspensión nueva y una que tuvo que ser retirada por problemas de corrosión.



**Figura 11.16 Diferencia entre una grapa de suspensión nueva y una corroída**

El procedimiento empleado para el cambio de grapas de suspensión en líneas energizadas es muy laborioso como se detallará a continuación:

**Cambio de Grapas de Suspensión en líneas energizadas:**

Es importante tener en cuenta la tabla VIII de distancia mínima al conductor cuando se realizan todo tipo de trabajo en caliente.

Los instrumentos empleados son los siguientes:

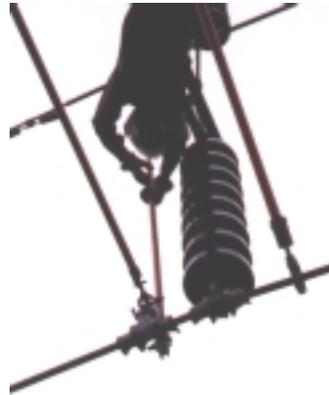
- ✓ 1 Tecele Aislado (1 Ton.)
- ✓ 1 Bastón Soporte
- ✓ 1 Pértiga de Enlace
- ✓ 3 Pértigas Universales
- ✓ 1 Silleta Fija
- ✓ 1 Manila de servicio (50 mts.)

- ✓ 1 Polea de servicio
- ✓ Adaptadores universales: llave con rache, Tenaza multi-angular, extractor de cartucho, Tenazas para sujetar aislador, extractor de pasador (chaveta) y un soporte de socket.

El procedimiento para proceder al cambio de la grapa de suspensión es el siguiente:

- 1) Se procede a montar sobre el H/G la polea de servicio por la cual pasara la manila con el objeto de subir o bajar las herramientas requeridas.
- 2) Se coloca el tecele a nivel de la cruceta y con la pértiga de enlace que por un extremo sujeta al conductor y por el otro queda conectado al tecele como se vio en el figura 11.2.
- 3) Se coloca la silleta fija a nivel del conductor donde se va a realizar el trabajo. Sobre la misma se coloca el bastón soporte el cual también como su nombre lo indica sostiene el conductor.
- 4) Se ubica la grapa de suspensión nueva con la pértiga universal que tiene la pinza para

sujetar aislador. Empleando la pértiga que tiene el extractor de cartucho se ubica la rotula corta, luego con la tercera pértiga que tiene la tenaza multi-angular se coloca el pasador de forma que se asegure rotula corta con la grapa de suspensión, como se ve en la figura 11.17



**Figura 11.17 Colocación de la Rotula Corta**

- 5) Luego se coloca una chapa de aluminio recortada, entre el conductor y la grapa con el fin de no dañar el conductor con los roces.
- 6) Se colocan las bridas, las cuales sirven para apretar la grapa con el conductor. Este paso

se lo realiza con la pértiga que tiene el adaptador para tenaza multi-angular

- 7) Se coloca las tuercas sobre las bridas y se procede a apretar para lo cual se emplea la pértiga que tiene la llave con rache. Ver figura 11.18



**Figura 11.18 Apretando La Grapa con el conductor**

- 8) Se procede a levantar el conductor para lo cual se emplea el tecla.

- 9) Se procede a cambiar la cadena de aisladores a la grapa de suspensión nueva que previamente ha sido instalada sobre el conductor. Una vez que se ha realizado el cambio se procede a dejar el conductor en su posición normal. Ver figura 11.19



**Figura 11.19 Cambio de Posición de la cadena de aisladores**

- 10) Finalmente se procede a retirar la grapa de suspensión corroída y se procede a bajar las herramientas utilizadas.

En la misma línea de transmisión se encuentra en mal estado la extensión de poste, pero no se

ha procedido a cambiarlos, lo que sí se ha hecho para que no avance la corrosión en el punto de sujeción del H/G al poste es colocar el cobertor plástico, pero se debe tener en cuenta que dichos elementos deben ser reemplazados. En la figura 11.20 se aprecia el estado actual de la extensión del poste en el cual solo se ha procedido a colocar el cobertor, pero es importante señalar que se debe realizar el mismo mantenimiento empleado en la L/T Pascuales – Santa Elena.



**Figura 11.20 Estado actual de la extensión de poste**

En la misma L/T se procedió al cambio de aisladores a partir de la estructura 146 hasta la estructura 180 del tramo Las Juntas – Posorja, para lo cual se empleó el mismo procedimiento que se utilizó en la L/T Pascuales – Santa Elena. Este mantenimiento se lo realizó en caliente en la segunda quincena de Septiembre del 2000, actualmente se procedió a lavar los aisladores para lo cual se sacó de servicio la línea por dos días y se limpió desde la estructura 1 a la 180 del tramo Las Juntas – Posorja, este mantenimiento se lo realizó los días 17 y 18 de Septiembre del 2001 y para prevención todos los años durante el mes de Septiembre se realiza este procedimiento debido a que en este mes los aisladores presentan gran acumulación de CINA en su superficie.

En la siguiente tabla se detallan los mantenimientos realizados y sus respectivas observaciones.

**Tabla XII Trabajos Efectuados en la L/T Pascuales – Posorja a 138 KV.**

<b>Tramo</b>	<b>Estructura</b>	<b>Trabajo Realizado</b>	<b>Observaciones</b>
Pascuales-Las Juntas	60 - 108	Cambio de aisladores de suspensión	Revisar los aisladores, debido a que en este sector el pin de los aisladores se corroe con más facilidad
Las Juntas - Posorja	59 - 180	Colocación de Cobertores	Cambiar Extensión de Poste desde Est. 146
Las Juntas - Posorja	146 - 180	Cambio de aisladores de Suspensión	
Las Juntas - Posorja	160 - 179	Cambio de Grapas de Suspensión	Cambiar desde las Est. 146
Las Juntas - Posorja	146 -179	Se requiere Blindaje en H/G	

### 11.2.2 Medición Actual de ESDD y NSDD

Los datos actuales fueron tomados de la estructura # 180 ubicada en la S/E Posorja, donde se procedió a colocar una cadena de aisladores, como se ve en la figura 11.21



**Figura 11.21 Ubicación de la Cadena de Aisladores**

El método de recolección de las muestras para determinar el ESDD y NSDD fue igual al que empleó Transelectric. Cabe señalar que los procedimientos fueron previamente descritos en el capítulo VI, los aisladores de los cuales se recogieron las muestras son los mismos que se explicó en el esquema mostrado en la figura 11.14.

El análisis fue igual al realizado en la L/T Pascuales – Santa Elena. Las muestras fueron tomadas el 21 de

septiembre del 2001, en la figura 11.22 se puede apreciar la recolección de muestras del 4º Aislador de la parte superior del mismo.



**Figura 11.22** Recolección de muestras de la cadena de aisladores de suspensión ubicado en la Estructura # 180 del tramo Las Juntas – Posorja

Las muestras recogidas fueron analizadas en el Laboratorio de Ciencias Químicas de la ESPOL de acuerdo al procedimiento sugerido por Transelectric. En el apéndice K se encuentran los valores entregados para proceder a determinar los valores de ESDD y NSDD.

### Calculo de NSDD

La fórmula para determinar el NSDD es la siguiente

$$NSDD = \frac{R.C.}{S} \text{ (mg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

R. D. = Residuo de los Contaminantes

S = Superficie del aislador

Es importante señalar que la parte superior del aislador tiene un área de 970 cm<sup>2</sup>, mientras que la parte inferior un área de 1440 cm<sup>2</sup>.

#### 4<sup>o</sup> Aislador

Superficie Superior

$$NSDD = 166/970 = 0.1711 \text{ mg/cm}^2$$

Superficie inferior

$$NSDD = 404/1440 = 0.2806 \text{ mg/cm}^2.$$

#### 5<sup>o</sup> Aislador

Superficie superior

$$NSDD = 173/970 = 0.1784 \text{ mg/cm}^2.$$

Superficie inferior

$$NSDD = 319/1440 = 0.2215 \text{ mg/cm}^2.$$

#### 6<sup>o</sup> Aislador

Superficie superior

$$NSDD = 159/970 = 0.1639 \text{ mg/cm}^2.$$

Superficie inferior

$$NSDD = 333/1440 = 0.2313 \text{ mg/cm}^2.$$

### Calculo de ESDD

La forma para determinar el ESDD es la siguiente:

$$ESDD = \frac{10 \times C \times V}{S} \text{ (mg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

C = Concentración de sal en %

V = Volumen de agua (400cc )

S superficie del aislador

#### 4º Aislador

Superficie Superior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.007 \times 400}{970} = 0.02886597 \text{ mg/cm}^2$$

Superficie Inferior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0117 \times 400}{1440} = 0.0325 \text{ mg/cm}^2$$

#### 5º Aislador

Superficie Superior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0061 \times 400}{970} = 0.02515464 \text{ mg/cm}^2$$

Superficie Inferior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0082 \times 400}{1440} = 0.022777777 \text{ mg/cm}^2$$

6º Aislador

Superficie Superior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0061 \times 400}{970} = 0.02515464 \text{ mg/cm}^2$$

Superficie Inferior

$$ESDD = \frac{10 \times 0.0077 \times 400}{1440} = 0.02138888 \text{ mg/cm}^2$$

En la tabla XIII se puede observar los valores obtenidos de ESDD y NSDD, para después proceder a realizar comparaciones con los valores obtenidos por Transelectric.



Los valores encontrados en la Línea de transmisión Pascuales – Posorja de ESDD, son similares a los obtenidos por los estudios efectuados por Translelectric, lo que sí debe notar que el NSDD no se tiene datos, pero este parámetro solo nos indica la cantidad de residuos depositados sobre la superficie del aislador. De los valores registrados para ESDD se tiene que han alcanzado valores de  $0.114 \text{ mg/cm}^2$  durante 8 meses de exposición pero si sabemos que la limpieza de aisladores se realiza cada año entonces haciendo referencia a la tabla X de niveles de Contaminación, observamos que tenemos un nivel de contaminación clase E, es decir contaminación severa, usando la misma fórmula para determinar el número de aisladores por cadena tenemos:

$$Na = \frac{V_L \times Df_o}{\delta^n \times df}$$

Donde

Na = número de aisladores

$V_L$  = KV de línea a línea máximo de operación

$Df_o$  = distancia de fuga (depende del grado de contaminación)

df = distancia de fuga del aislador

$\delta$  = densidad del aire

n = 1.0 Sí KV  $\leq$  230

0.9 Sí KV > 230

Para nuestro ejemplo tenemos:

$$V_L = 1.05 \times 138 = 144.9 \text{ KV (Voltaje máx. de operación 105\% Vn)}$$

$$Df_o = 3.0 \text{ cm/Kv}$$

$$df = 43.2 \text{ cm}$$

$$\delta = 1$$

$$n = 1$$

Entonces procedemos a determinar el número de aisladores:

$$Na = \frac{144.9 \times 3.0}{43.2} = 10.06 \approx 10 \text{ aisladores}$$

Entonces tenemos que para el nivel D de contaminación en una línea de transmisión de 138 KV. debemos emplear 10 aisladores de suspensión tipo neblinero (df= 432 mm) pero en la L/T Pascuales – Posorja se emplean 8 aisladores, sería conveniente por el tipo de contaminación existente en la zona, que para futuros proyectos de diseño de L/T se empleen las consideraciones señaladas.

En la figura 11.23 Se detallan los Tipos de contaminación existentes en las L/T en estudio.

## CAPITULO XII

### 12.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- \* Los componentes normalizados de redes y líneas eléctricas, en general son afectados por la contaminación por salinidad. Los efectos producidos varían con la función del componente y/o deterioro definitivo del mismo, en tiempos que varia según la severidad de la contaminación.
- \* En áreas de fuerte contaminación atmosférica por salinidad, los conductores de aluminio puro o en aleaciones de grano fino presentan una extraordinaria resistencia a la corrosión a lo largo de los vanos. Sin embargo, en los puntos de sujeción a los soportes, es fuertemente atacado por la acción corrosiva de la atmósfera. En la cercanía de estos puntos se produce el mayor número de rotura de conductores de aluminio. En Posorja el H/G de las líneas de EMEPE por acción de la corrosión del lugar se rompió en el punto de sujeción del poste, lo cual puede causar terribles problemas si el mismo hace contacto con una de las fases, por este motivo en la

L/T de Pascuales – Posorja, se insiste tanto en la protección del H/G para que no ocurran situaciones como esta. En la siguiente figura se aprecia el H/G del que se hace mención.



**Figura 12.1 H/G Afectado por la Contaminación por Salinidad  
En la línea de Emepe (Posorja)**

- \* El efecto corrosivo parece retardarse en los conductores cubriendo toda el área de abrazamiento de la mordaza de amarre con un material impermeable (neoprene) y tomando medidas para prevenir la humedad en esta área.
- \* Considerar que en lo posterior los diseños de los cobertores plásticos deben ser más largos para que la extensión del poste quede completamente protegida, a fin de evitar que la corrosión empiece en la parte inferior y luego se extienda. Hasta el momento se ha protegido satisfactoriamente los puntos de sujeción del H/G

al poste, los cuales estaban en pésimas condiciones tanto en Santa Elena como en Posorja.

- \* Colocar el blindaje en el H/G de la línea Pascuales – Posorja especialmente, los que se encuentran dentro de la zona de contaminación severa.
  
- \* Cambiar la estructura # 220 del tramo Las Juntas – Posorja, la misma que se encuentra afectada por la corrosión y presenta debilitamiento especialmente en las crucetas, esto se debe a que es del tipo metálico y en zonas de contaminación por salinidad son propensas a este tipo de problemas.
  
- \* Evitar el uso de aisladores normales en la zona comprendida entre Pascuales – Las juntas, por donde pasan otras líneas de transmisión del SIN, debido a que en esta zona el pin de los aisladores se corroe fácilmente, es por ello que se debe emplear aisladores que posean ánodo de sacrificio para evitar cualquier inconveniente. En la figura 12.2 se muestran los aisladores que fueron retirados de estos sectores por debilitamiento del pin del aislador.



**Figura 12.2 Cadena de Aisladores Retirados del tramo Pascuales – Las Juntas**

- ★ Considerar las condiciones de contaminación en las Zonas de Pascuales y Posorja, cuando se diseñe nuevas líneas de transmisión y sub.-transmisión. Así como hacer los cambios sugeridos en las líneas en estudio a fin de que tengan una vida útil mayor.

## APÉNDICE A

### CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La clase contaminación a considerar y las distancias de fugas mínimas unitarias requeridas por la cadena de aisladores y expresada en mm/kv, valor efectivo fase a tierra correspondiente al voltaje máximo permanente, son las siguientes:

	ZONA 1		ZONA 2
	Subzona a	Subzona b	
Clase de Contaminación	c	Entre B y C	B
Distancia de fuga mínima unitaria (mm/Kv)	33,3	29,8	26,4

Se considerarán en la subzona a de la zona 1 todos los trazados de líneas que queden a menos de 30 Km de la costa, así como también aquellos que, quedando a una mayor distancia de la costa, pasen por terrenos secos, con polvo seco y sin vegetación, por zonas de carencia de lluvias o por las cercanías de zonas industriales. En la subzona b se considerará el resto de los trazados.

## APÉNDICE B

### CLASES DE GALVANIZADO

	ZONA 1		ZONA 2
	Subzona a	Subzona b	
Clase de Galvanizado	B	A	A

## **APÉNDICE C**

### **CARGAS VERTICALES – PESO POR FASE**

Se deberá considerar el peso del conductor, aisladores, accesorios, pesos adicionales, amortiguadores, etc., aplicado en los puntos de suspensión o anclaje de la fase.

Alternativamente se considerará aplicada esta carga en un punto de suspensión provisoria cuya ubicación deberá ser fijada por el proyectista de la estructura en un punto adecuado para facilitar trabajo de montaje y reparación.

## APÉNDICE D

### VIENTO SOBRE LOS CONDUCTORES Y CABLES DE GUARDIA

La carga debido al viento sobre un conductor o cable de guardia para cualquier vano adyacente a la estructura se calculará según:

$$F_1 = Q \times \frac{L}{2} \times d \times 10^{-3} \text{ en Kg, donde :}$$

Q: presión para la condición de viento de que se trate, Kg/m<sup>2</sup>.

L: longitud del vano adyacente a la estructura, m.

d: diámetro del conductor o cable de guardia, mm.

La carga  $F_1$  se considerará normal al plano vertical que contiene el vano y actuando en el punto de suspensión o anclaje de los conductores y en el punto de sujeción de los cables de guardia respectivamente.

Para los dos vanos adyacentes a la estructura la carga total por conductor o cable de guardia será el resultado F de las cargas  $F_1$  correspondiente a cada vano.

## APÉNDICE E

### TENSIÓN MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES Y CABLES DE GUARDIA

	TEMPERATURA	VIENTO
<b>CONDICIÓN 1</b>		
<b>ZONA 1</b>	5°C	SIN VIENTO
<b>ZONA 2</b>	-5°C	SIN VIENTO
<b>CONDICIÓN 2</b>		
<b>ZONA 1</b>	18°C	90 Km/h
<b>ZONA 2</b>	5°C	90 Km/h

El viento de 90 Km/h se asumirá que produce una presión efectiva sobre la superficie diametral de los conductores y cables de guardia de 39 kg/m<sup>2</sup>.

Se considerará como valor inicial de la tensión máxima, el mayor valor que resulte de las condiciones indicadas en el párrafo anterior.

El valor inicial para la tensión máxima, para el punto más alto de fijación, no deberá sobrepasar el 50% de la tensión de rotura garantizada por el fabricante.

## APENDICE F

### MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION

Fecha de Medición

Localización de la cadena de aisladores

AISLADOR Nº	SUPERFICIE cm2	Antes y Después de la recolección de ontaminantes	Volumen de agua ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	Av. ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2						
	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2:									
		DESPUES				D1:									
	INFERIOR " (1440)	ANTES													
		DESPUES													
	SUPERIOR " (970)	ANTES													
		DESPUES													
	INFERIOR " (1440)	ANTES													
		DESPUES													
	SUPERIOR " (970)	ANTES													
		DESPUES													
	INFERIOR " (1440)	ANTES													
		DESPUES													
	SUPERIOR " (970)	ANTES													
		DESPUES													
	INFERIOR " (1440)	ANTES													
		DESPUES													





## TABLA DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

3/6

### Líneas de Transmisión LAS JUNTAS - SANTA ELENA

estructura	abscisa	cota	alto p. amarre	vano atrás	angulo de deflexión (grados)	extensión de cuerpo (m)	extensión de ladera				pesas	observ.	# actual
#	Tipo	(m)	(m)	(m)			A	B	C	D	(kg)		
80	P2	21583.10	113.71	11.20	330.00								81
81	P2-E	21736.10	117.90	11.20	153.00								82
82	P2	21981.10	104.26	11.20	245.00								83
83	P2	22169.10	102.07	11.20	188.00								84
84	P2-21	22421.30	99.99	11.90	252.20								85
85	P2-E	22871.10	81.74	11.20	449.80								86
86	P2	23078.10	86.05	11.20	207.00								87
87	P2	23234.10	87.88	11.20	156.00								88
88	P2	23392.10	88.15	11.20	158.00								89
89	P2	23627.10	84.89	11.20	235.00								90
90	P2-E	23923.10	84.78	11.20	296.00								91
91	P2	24217.15	81.58	11.20	294.05								92
92	P2	24473.10	74.21	11.20	255.95								93
93	P2	24675.10	59.98	11.20	202.00						50		94
94	P2	24929.10	62.68	11.20	254.00								95
95	P2	25145.10	59.38	11.20	216.00								96
96	P2	25454.10	63.91	11.20	309.00								97
97	P2	25612.10	69.16	11.20	158.00								98
98	P2	25831.10	73.35	11.20	219.00								99
99	P2	26104.71	75.26	11.20	273.61								100
101	AR2-1	26440.21	83.15	18.00	335.50	53.2329	3.00	4.50	4.50	4.50	4.50	V-07	101
120	P2	26851.01	82.57	11.20	410.80								102
121	P2	27036.01	80.41	11.20	185.00								103
122	P2-21	27446.01	78.33	11.90	410.00						50		104
124	SP2-1	27850.01	123.02	15.60	404.00		0.00	4.50	4.50	4.50	4.50		105
125	P2	27988.01	122.35	11.20	138.00								106
126	P2	28281.01	107.42	11.20	293.00								107
127	P2-E	28534.01	93.86	11.20	253.00								108
128	P2	28908.01	56.19	11.20	374.00								109
129	P2	29093.01	48.84	11.20	185.00								110
130	P2	29250.01	46.68	11.20	157.00								111
131	P2	29535.01	29.58	11.20	285.00								112
132	P2	29718.01	29.45	11.20	183.00								113
133	P2	30014.01	29.06	11.20	296.00								114
134	P2	30232.01	40.60	11.20	218.00								115
135	P2	30348.01	41.36	11.20	116.00								116
136	P2	30621.01	33.95	11.20	273.00								117
137	P2	30870.01	35.57	11.20	249.00								118
138	P2	31175.01	38.37	18.90	305.00		6.00	3.00	3.00	3.00	3.00		119
139	SL1-1	31592.01	44.21	21.40	417.00		6.00	4.50	4.50	4.50	4.50		120







## TABLA DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

1/3

### Líneas de Transmisión PASCUALES - LAS JUNTAS

estructura	abscisa	cota	alto p. amarre	vano atrás	angulo de deflexión	extensión de cuerpo	extensión de ladera				pesas	observ.	# actual	
#	Tipo	(m)	(m)	(m)	(grados)	(m)	A	B	C	D	(kg)			
1	AR1-2	0,00	20,50	16,50	50,78	100,1241	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	S/E Pascuales	1	
2	SL1-2	281,54	12,87	18,40	281,64		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50		2	
3	SL1-2	725,64	26,16	24,50	444,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00		3	
4	AR1-2	1227,64	107,38	13,50	502,00	-42,4112	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	V-01A	4	
5	SL1-2	15779,04	98,49	20,90	351,40		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50		5	
6	AR1-2	2240,94	45,70	17,50	661,90	23,5804	3,00	4,50	4,50	4,50	4,50	V-01B	6	
7	SL1-2	2656,94	14,05	13,40	416,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00		7	
8	SL1-2	2942,94	20,97	13,40	286,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00		8	
9	SL1-2	3256,94	16,92	11,90	314,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	50	9	
10	SL1-2	3561,94	26,37	11,90	305,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50		10	
11	AR1-3	4066,94	14,51	22,40	505,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50		11	
12	SL1-2	4515,94	9,60	14,40	449,00		6,00	3,00	3,00	3,00	3,00		12	
13	SL1-2	5059,94	41,60	18,90	544,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		13	
14	SL1-2	5383,94	16,89	21,40	324,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	150	14	
15	SL1-2	5702,94	30,09	21,40	319,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00		15	
16	AR1-4	6249,94	31,37	18,50	547,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00		16	
17	SL1-2	6672,94	41,00	16,90	423,00		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50		17	
18	SL1-2	6982,94	32,69	17,90	310,00		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50		18	
19	SL1-2	7446,94	18,83	20,90	464,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50		19	
20	SL1-2	7878,94	17,94	23,90	432,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50		20	
21	AR1-2	8277,94	18,05	12,00	399,00	-29,4615	3,00	4,50	4,50	4,50	4,50	V-02A	21	
22	SL1-2	8623,34	19,58	14,90	345,40		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		22	
23	SP1-2	9252,34	76,30	17,90	629,00		6,00	1,50	3,00	1,50	1,50		23	
24	SP1-2	9626,34	63,14	20,90	374,00		6,00	4,50	3,00	4,50	4,50		24	
26	SP1-2	10258,34	78,81	23,90	632,00		9,00	4,50	4,50	3,00	3,00		25	
27	AL1-2	10850,34	63,11	12,00	592,00		0,00	4,50	4,50	4,50	4,50	CAD. INV A E38	26	
28	SP1-2	11155,34	104,24	14,90	305,00		0,00	4,50	4,50	4,50	4,50		27	
29	SL1-2	11760,94	111,72	17,90	605,00		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50		28	
30	AR1-2	12302,94	118,64	13,50	542,60	44,1245	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	V-02B1	29	
31	SL1-2	12765,34	80,16	19,40	462,40		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00		30	
32	SL1-2	13205,34	59,20	14,40	440,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	100	31	
33	SL1-2	13692,34	96,75	19,40	487,00		6,00	4,50	4,50	3,00	3,00		32	
34	SL1-2	14015,34	109,55	11,90	323,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		33	
35	SP1-2	14438,34	106,52	11,90	423,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		34	
36	SP1-2	15296,34	158,38	11,90	858,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		35	
37	SL1-2	15752,34	171,73	11,90	456,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	100	36	
38	SL1-2	16012,34	211,48	11,90	260,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		37	
39	SL1-2	16390,34	201,14	11,90	378,00	-1,3044	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	100	V-02	38
40	SL1-2	16666,14	197,90	11,90	275,80		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		39	
40,1	SP1-2	17194,44	239,93	13,40	528,30	2,5624	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	50	V-02B1	40

## TABLA DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

2/3

### Líneas de Transmisión PASCUALES - LAS JUNTAS

#	estructura Tipo	abscisa (m)	cota (m)	alto p. amarre (m)	vano atrás (m)	angulo de deflexión (grados)	extensión de cuerpo (m)	extensión de ladera				pesas (kg)	observ.	# actual
								A	B	C	D			
40,2	SL1-2	17710,14	240,12	13,40	515,70		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00			41
41	AR1-2	18042,84	253,71	12,00	332,70		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		V-02C	42
42	SL1-2	18537,84	288,11	11,90	495,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			43
43	SL1-2	18992,84	360,61	11,90	455,00	-21,4232	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			44
44	SP1-2	19252,84	387,54	14,90	260,00		0,00	4,50	4,50	4,50	4,50			45
45	SL1-2	19621,84	369,99	11,90	369,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			46
46	SL1-2	20167,84	361,95	19,40	546,00		6,00	3,00	3,00	3,00	3,00			47
47	SL1-2	20581,84	337,14	11,90	414,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			48
48	AL1-2	21351,84	284,42	18,00	770,00		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50		Transposición	49
49	SL1-2	21584,54	236,33	13,40	232,70		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	50		50
50	SL1-2	21899,54	188,25	17,90	315,00		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50			51
51	SL1-2	22431,54	117,27	17,90	532,00		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50			52
52	SL1-2	22959,54	95,20	11,90	528,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			53
53	SL1-2	23308,54	81,24	22,40	349,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00			54
54	SL1-2	23902,54	77,23	22,40	594,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00			55
55	AL1-2	24229,54	87,87	16,50	327,00	-7,5730	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		V-03	56
56	SL1-2	24720,66	76,08	20,90	491,12		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50			57
57	SL1-2	25064,66	58,78	20,90	344,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50			58
58	SL1-2	25421,66	55,76	18,90	357,00		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50			59
59	SL1-2	25826,66	54,33	19,40	405,00		6,00	3,00	3,00	3,00	3,00			60
60	SL1-2	26272,66	60,02	20,90	446,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50			61
61	SL1-2	26768,66	86,61	13,40	496,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00			62
62	SL1-2	27008,66	81,37	11,90	240,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			63
63	SL1-2	27410,66	91,90	11,90	402,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			64
64	SL1-2	27611,66	84,72	14,90	201,00		0,00	4,50	4,50	4,50	4,50			65
65	SL1-2	28126,66	77,20	22,40	515,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00			66
66	SL1-2	28679,66	66,28	19,40	553,00		6,00	3,00	3,00	3,00	3,00			67
67	SL1-2	29102,66	77,35	13,40	423,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00			68
68	SL1-2	29535,66	68,08	13,40	433,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00			69
69	SL1-2	29940,66	61,67	11,90	405,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			70
70	SP1-2	30629,66	115,60	11,90	689,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			71
71	SL1-2	30946,66	87,14	13,40	317,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00			72
72	SL1-2	31512,66	79,42	13,40	566,00		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00			73
73	SL1-2	32033,66	64,65	19,40	521,00		6,00	3,00	3,00	3,00	3,00			74
74	SL1-2	32375,66	77,29	11,90	342,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			75
75	SL1-2	32613,66	92,59	11,90	238,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			76
76	SL1-2	32980,66	109,93	11,90	367,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			77
77	SL1-2	33574,66	96,30	20,90	594,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50			78
78	SL1-2	33864,80	66,32	19,90	290,14		6,00	3,00	3,00	3,00	3,00	50		79
79	SL1-2	34251,80	66,54	22,90	387,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00			80

## TABLA DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

3/3

### Líneas de Transmisión PASCUALES - LAS JUNTAS

estructura	abscisa	cota	alto p. amarre	vano atrás	angulo de deflexión	extensión de cuerpo	extensión de ladera				pesas	observ.	# actual
#	Tipo	(m)	(m)	(m)	(grados)	(m)	A	B	C	D	(kg)		
80	SP1-2	34761,80	90,58	22,40	510,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00		81
81	SL1-2	35289,96	86,60	13,40	528,16		0,00	3,00	3,00	3,00	3,00		82
82	AR1-2	35777,96	130,63	18,00	488,00	37,5616	3,00	4,50	4,50	4,50	4,50	V-04	83
83	SL1-2	36132,96	122,41	20,90	355,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50		84
84	SL1-2	36347,10	128,53	11,90	214,14	0,3823	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	V-04A	85
85	SL1-2	36605,95	127,83	11,90	258,85	-1,5039	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	50 V-04B	86
86	SL1-2	37150,43	116,08	11,90	544,48	2,0118	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	150 V-04C	87
87	SL1-2	37650,43	141,13	22,40	500,00	-0,5134	9,00	3,00	3,00	3,00	3,00	V-04D	88
88	SL1-2	38150,33	138,57	16,40	499,90		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		89
89	SL1-2	38619,53	138,05	11,90	469,20		6,00	1,50	1,50	1,50	1,50		90
90	SL1-2	39097,53	137,76	11,90	478,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		91
91	SL1-2	39301,53	149,80	14,90	204,00		0,00	4,50	4,50	4,50	4,50		92
92	SL1-2	39685,53	141,38	20,90	384,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50		93
93	SL1-2	39900,53	135,12	11,90	215,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		94
94	SL1-2	40319,53	112,09	11,90	419,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,50		95
95	SL1-2	40639,53	94,67	23,90	320,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00		96
96	SL1-2	41171,53	99,89	22,40	532,00		9,00	3,00	3,00	3,00	3,00		97
97	SL1-2	41487,53	103,88	14,90	316,00		0,00	4,50	4,50	4,50	4,50		98
98	SL1-2	41819,53	92,87	11,90	332,00	0,1211	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	150 V-04E	99
99	SP1-2	42383,53	162,33	17,90	564,00	0,4655	3,00	4,50	4,50	4,50	4,50	V-04F	100
100	SL1-2	42578,53	139,61	22,40	195,00	0,3443	9,00	1,50	1,50	1,50	1,50	V-04G	101
101	SL1-2	43121,53	105,67	17,90	543,00		3,00	4,50	4,50	4,50	4,50		102
102	SL1-2	43516,53	111,28	19,40	395,00		6,00	3,00	3,00	3,00	3,00		103
103	SP1-2	43962,53	149,94	19,40	446,00		6,00	3,00	3,00	3,00	3,00		104
104	SL1-2	44537,53	92,00	21,90	575,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50	100	105
105	SL1-2	44985,53	123,23	16,40	448,00		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		106
106	SL1-2	45292,53	111,03	20,90	307,00		6,00	4,50	4,50	4,50	4,50		107
107	AR1-2	45688,83	101,84	16,50	396,30	-18,4705	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	V-05 las Juntas	108







## TABLA DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

4/5

### Líneas de Transmisión LAS JUNTAS - POSORJA

estructura	abscisa	cota	alto p. amarre	vano atrás	angulo de deflexión (grados)	extensión de cuerpo (m)	extensión de ladera				pesas (kg)	observ.	# actual
#	Tipo	(m)	(m)	(m)			A	B	C	D			
122	P2	30403,66	49,04	11,20	307,00								60
124	SL1-1	30713,41	62,80	17,90	309,75	3,00	4,50	4,50	4,50	4,50			59
125	P2-21	31146,31	56,43	11,90	432,90								58
126	P2-21	31558,71	47,10	11,90	412,40								57
127	P2	31766,71	42,03	11,20	208,00								56
128	P2	31920,71	42,69	11,20	154,00								55
129	P2	32144,71	44,13	11,20	224,00								54
130	SL1-1	32443,71	46,10	16,40	299,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00			53
131	P2-21	32917,71	99,23	11,90	474,00								52
132	P2-E	33098,71	105,07	11,20	181,00								51
133	SP2-1	33525,71	103,73	12,60	427,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			50
136	SP2-1	34169,71	100,18	18,60	644,00	3,00	4,50	4,50	4,50	4,50			49
138	P2-21	34628,71	86,71	11,90	459,00						50		48
139	P2-E	34810,71	87,82	11,20	182,00								47
140	P2	34956,71	94,68	11,20	146,00								46
141	P2	35135,31	86,70	11,20	178,60								45
142	P2	35297,51	76,09	11,20	162,20								44
144	P2-E	35717,86	71,34	11,20	420,35								43
145	P2-21	35998,86	64,27	11,90	281,00						50		42
146	P2-21	36498,16	112,67	11,90	499,30								41
147	P2	36710,86	120,25	11,20	212,70								40
148	P2	36818,86	112,82	11,20	108,00								39
149	P2-21	37138,86	92,49	11,20	320,00	-1,0734						V-03A	38
150	P2-21	37608,86	77,31	11,90	470,00						100		37
152	SP2-1	37949,86	116,05	15,60	341,00	2,3316	0,00	4,50	3,00	4,50	4,5	V-03B	36
153	AR2-1	38599,86	117,81	12,00	650,00	-1,2455	0,00	1,50	1,50	1,50	1,5	V-03B1	35
154	SP2-1	38829,86	126,79	12,60	230,00		0,00	1,50	1,50	1,50	1,5		34
155	AL2-1	39438,83	130,52	13,00	608,97	4,1103	0,00	1,50	1,50	3,00	3		33
157	AL2-1	39694,53	131,77	16,20	255,70	-5,0109	3,00	1,50	1,50	1,50	1,5	C1 a 157 Transp.	32
158	P2-21	40258,53	84,39	11,90	564,00								31
159	P2	40518,53	68,12	11,20	260,00							100	30
160	P2	40731,53	76,52	11,20	213,00								29
161	P2	40988,83	95,60	11,20	257,30	0,5006							28
162	P2	41145,83	98,04	11,20	157,00								27
163	P2	41281,83	103,80	11,20	136,00								26
164	P2	41503,83	121,31	11,20	222,00								25
165	P2-E	41738,83	137,20	11,20	235,00								24
166	P2	42000,83	136,23	11,20	262,00								23
167	P2-E	42220,83	133,60	11,20	220,00								22
168	P2	42540,83	105,18	11,20	320,00						150		21

## TABLA DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

5/5

### Líneas de Transmisión LAS JUNTAS - POSORJA

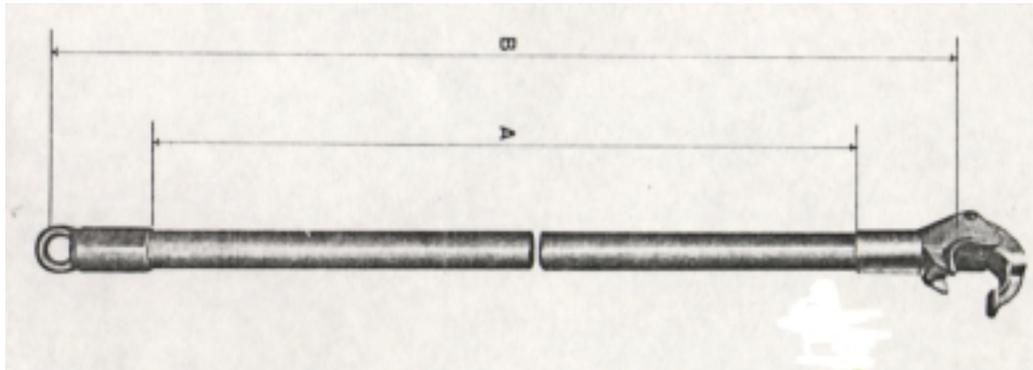
estructura	abscisa	cota	alto p. amarre	vano atrás	angulo de deflexión (grados)	extensión de cuerpo (m)	extensión de ladera				pesas (kg)	observ.	# actual
#	Tipo	(m)	(m)	(m)			A	B	C	D			
169	SP2-1	42807,83	121,75	12,6	267	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			20
170	P2	43039,83	100,38	11,2	232						50		19
172	P2-21	43395,83	100,82	11,9	356								18
173	P2	43711,83	78,91	11,20	316								17
174	P2	43910,83	75,13	11,20	199								16
175	P2-E	44197,83	89,42	11,20	287								15
176	P2	44503,83	79,04	11,20	306								14
177	P2	44729,83	82,66	11,20	226								13
178	P2	44991,83	80,79	11,20	262								12
179	P2	45229,83	81,88	11,20	238								11
180	P2	45457,83	83,39	11,20	228								10
181	P2	45645,83	82,18	11,20	188	0,5456					100	V-03C	9
182	P2	45833,83	86,64	11,20	188	-0,5423						V-03D	8
183	P2	46108,83	88,15	11,20	275	-0,4228						V-03E	7
184	P2	46335,83	89,59	11,20	227	0,4045					100	V-03F	6
185	P2-E	46543,83	102,52	11,20	208,00								5
186	SP2-1	46939,83	128,54	14,10	396,00	0,00	1,50	1,50	3,00	3,00			4
187	P2-21	47077,03	114,00	11,90	137,20						50		3
189	P2-E	47527,03	108,80	11,20	450,00								2
190	AR2-1	47781,03	102,38	12,00	254,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50			1
191	AR1-2	48086,73	118,09	16,50	305,70	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		V-05 LAS JUNTAS	0

## Apéndice I

Herramientas Para Trabajos en Líneas Energizadas (138 KV.)

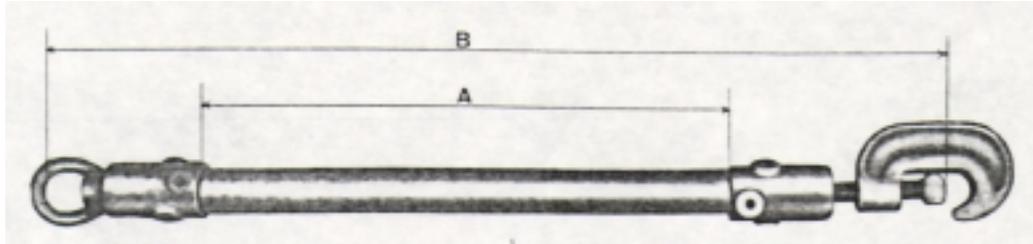
De la marca A. B. CHANCE CO. ó RITZ do Brasil

### Bastones Soporte



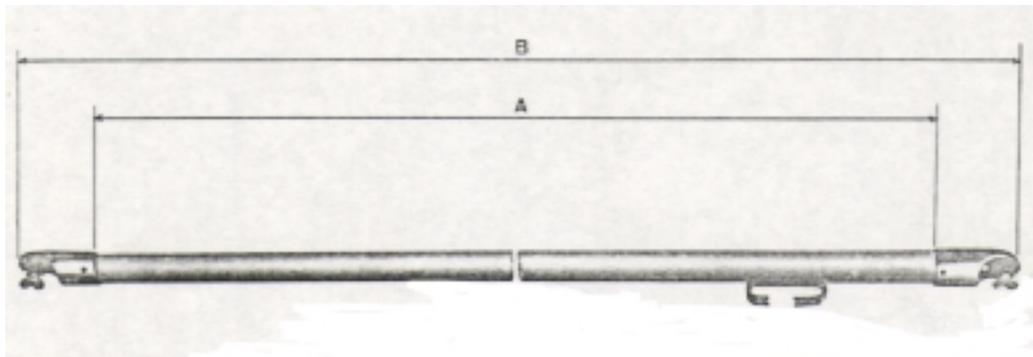
N° Catálogo	DIMENSIONES (mm)			Cantidad
	$\phi$	Compartimiento		
		A	B	
H4647-10	64	2890	3210	3

### Pértiga de Enlace



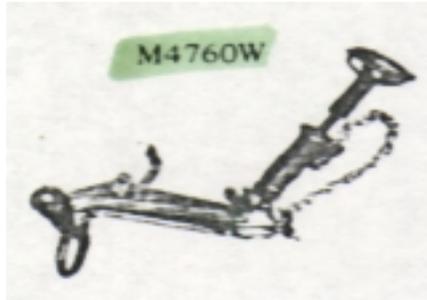
N° Catalogo	DIMENSIONES ( mm )			Capacidad ( Kg )	Cantidad
	φ	Compartimiento			
		A	B		
H4716-3	38	1690	2085	2948	3

### Pértiga Universal 2 cabezas y gancho auxiliar



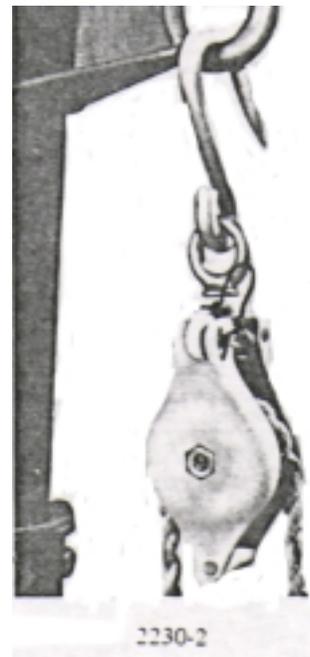
N° Catalogo	DIMENSIONES ( mm )			CANTIDAD
	φ	Compartimiento		
		A	B	
H1760-4	32	2925	3100	3

## Sillas para Poste



N° Catalogo	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (Kg)	Cantidad
M1846-W	Silla para Amarre	454	6
M4760-W	Silleta Elevadora	454	3

## Poleas



N° CATALOGO	DESCRIPCION	CAPACIDAD (KG)	CANTIDAD
2230-1	Poleas de Aluminio	454	2
2230-2	Poleas de Aluminio	454	2

### Adaptadores Universales



M4455-67  
TENAZA PARA  
SUJETAR  
AISLADOR



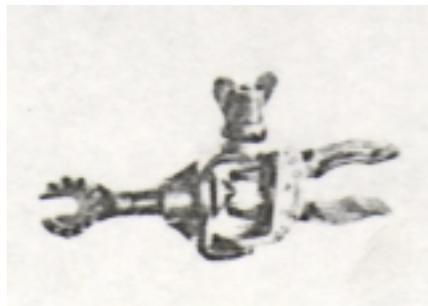
M4455-87  
HORQUILLA PARA SUJETAR  
SOCKET



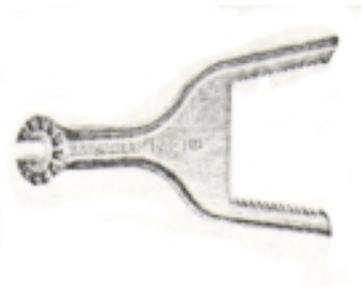
M4455-79  
GANCHO ESPIRAL



M4455-19  
SACADOR AUXILIAR  
DE PASADORES



C403-0177  
TENAZA MULTI-ANGULAR

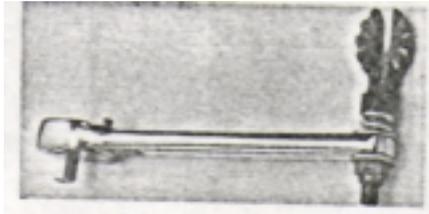


C403-0126  
HORQUILLA PARA  
AJUSTAR SOCKET



M4455-12

EXTRACTOR DE  
CHAVETAS



M4455-6  
RACHE



M4455-23  
ARCO DE SIERRA



M4455-22  
SOPORTE DE  
SOCKET



M4455-78  
EXTRACTOR DE CARTUCHO



M4455-17  
GANCHO DOBLE PARA  
SACAR CHAVETAS

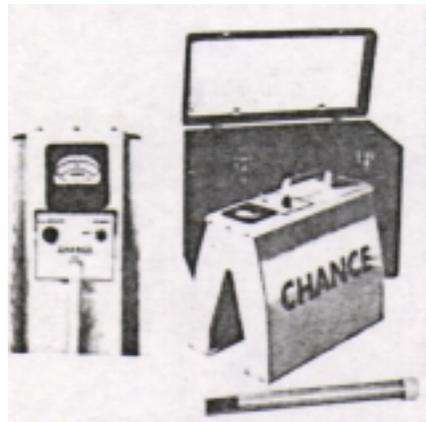
### Equipo Probador de Pértigas

La función de este equipo es determinar si las pértigas que van a ser utilizadas en líneas energizadas, esta en buenas condiciones.

El probador consiste en una gran fuente de voltaje, un conjunto de electrodos y un case metálico para propósitos de blindaje.

El equipo protector de pértigas determina la contaminación de la superficie, humedad interna y la conductividad interna del material.

La fuente de voltaje, aplica 1800 voltios a través de los electrodos centrales con dos electrodos de tierra. El electrodo de salida sirve de blindaje a los electrodos internos y sirve de protección para cualquier falla por operación.



N° CATALOGO	DESCRIPCIÓN	PESO	CANTIDAD
LS80	Equipo probador de pértigas, con calibración standard 110 Voltios	20 Lb. 9 Kg	1

#### 4.2. FABRICACION Y CUIDADO DE LAS HERRAMIENTAS PARA LINEAS VIVAS

La necesidad de realizar trabajos de mantenimiento usando herramientas para líneas vivas, ha ido aumentando constantemente debido a la natural expansión de las líneas de transmisión, al aumento en el voltaje en las de distribución, que no permite trabajarlas con los equipos corrientes de protección y a la necesidad cada vez más imperiosa de mantener la continuidad del servicio eléctrico.

Con esto también ha aumentado la demanda de las herramientas adecuadas de alta calidad para estos trabajos. Estos son: excelentes **cualidades aislantes, resistencia mecánica máxima y peso mínimo.**

A causa de la misma naturaleza de los trabajos en líneas vivas, las herramientas son fabricadas bajo las condiciones más severas y probadas individualmente para determinarse sus valores, muy especialmente los tres que se citaron en el párrafo anterior.

Los requisitos primordiales que indican la calidad de las herramientas mencionadas son: 1) resistencia mecánica, 2)

aislamiento, 3) facilidad para manipularlas, y 4) adaptabilidad a los distintos tipos de construcción de líneas. La calidad está concentrada en la clase de los materiales usados en su construcción y en su diseño funcional, más bien que en la apariencia de las mismas.

#### **4.2.1. PERTIGAS DE EPOXIGLAS PARA LINEAS VIVAS**

A mediados de 1950 los ingenieros de la A: B: Chance Company concentraron todo su interés en una búsqueda de un mango mejor para las herramientas de líneas vivas. Como resultado de un extenso programa de pruebas e investigación los ingenieros de la Chance introdujeron un nuevo material aislante que vendría a revolucionar la industria: el Epoxiglas.

El epoxiglas consiste en miles de fibra de vidrio impregnadas de resina epoxi, enrolladas y colocadas a lo largo de una alma unicelular de espuma plástica. Esta alma está formada por millones de células individuales desconectadas que contienen un material inerte de baja ebullición que evita la absorción y condensación de la humedad. La espuma unicelular se encuentra adherida a

las paredes reforzadas para obtener una integridad de espuma patentada e inigualada por ningún otro método de fabricación de herramientas.

Las ventajas eléctricas y mecánicas de las herramientas de epoxiglas para líneas vivas son bien conocidas como lo demuestra la rápida aceptación que han tenido entre las compañías eléctricas en todo el mundo. Las razones son muchas. Además de las excelentes cualidades aislantes, el Epoxiglas tiene una excelente resistencia a la humedad, a los ataques químicos y a la intemperie. Tiene alta resistencia mecánica, es muy durable, requiere el mínimo de mantenimiento, no siendo necesario darle tiempo a que se seque como sucede con las herramientas de madera. Cuenta además, con una característica de seguridad: las herramientas de epoxiglas para líneas vivas se pueden localizar fácilmente. Se usa el color naranja brillante para identificarlas y porque, en general, contrasta con el ambiente usual de trabajo. En realidad el color es parte del producto y no sólo un recubrimiento.

Las herramientas de Epoxiglas para Líneas vivas es otro ejemplo del criterio de la A: B: Chance Company:

**a) NADA ES SUFICIENTEMENTE BUENO CUANDO  
ESTA DE POR MEDIO UNA VIDA.**

En la fabricación de las partes metálicas de estas herramientas se presta una atención considerable al control de calidad, con el objeto de preservar al máximo las propiedades físicas del material básico usado. También se mantiene un control muy estricto sobre las temperaturas que se emplean en los departamentos de fundición y forjado. Donde es necesario obtener un acabado exacto y preciso se extreman los cuidados. Sin embargo, las partes metálicas de las herramientas o bastones rara vez son por mejorar su apariencia.

Las piezas más importantes, una vez salidas de la fundición, son sometidas a una inspección muy completa con la ayuda de los rayos X que permiten localizar cualquier defecto en la fundición. Todas las piezas son objeto de una rigurosa prueba e inspección.

Antes de moldear una masa de aleación de aluminio derretido, se prueban algunas barras para ver si esta tiene la fuerza de tracción necesaria.

Ningún tipo de herramienta es lanzado al mercado o puesto en uso sin antes haber pasado por un periodo de pruebas, efectuadas por especialistas, para tener la seguridad de que la herramienta ha sido debidamente construida y que el nuevo diseño es resistente y versátil.

**b) PRECAUCION: NUNCA USE UN BASTON HUMEDO**

Durante las épocas húmedas las herramientas de madera absorben la humedad más rápidamente que durante las épocas secas o normales.

Mientras no estén en uso las herramientas deben guardarse a temperatura ambiente normal para conservar su fuerza aislante. Sin embargo para mayor seguridad se recomienda tratarlas en un gabinete secador durante períodos de 48 horas a una semana por mes. Los mangos de madera recubiertos con Maplac deben guardarse limpios para facilitar su inspección. Cuando el acabado se daña o se gasta, se recomienda retocarlos rápidamente para evitar que las fibras de madera absorban la mugre o humedad formando así conductores peligrosos.

### **c) CUIDADO Y CONSERVACION DE LAS HERRAMIENTAS DE EPOXIGLAS**

No obstante lo cuidadoso del procedimiento empleado en la fabricación de las herramientas para trabajos de líneas vivas, debe tenerse mucho cuidado en la protección de estas, con el objeto de mantenerlas siempre en condiciones de ser usadas en todo momento. El cuidado que se tenga con estas herramientas no tan solo redundará en una vida mas larga sino que también produce una mayor confianza y seguridad en los linieros que las emplean.

Uno de los cuidados más importantes es mantener secas las herramientas, que nunca deben ponerse sobre el suelo; pueden apoyarse sobre una cerca o camión, dentro del remolque en que se transportan y si es completamente necesario apoyarlas en el suelo, esto se hará sobre una lona seca.

### **d) LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS DE EPOXIGLAS PARA LINEAS VIVAS**

Las herramientas de epoxiglas para líneas vivas deben inspeccionarse por lo menos cada 6 meses, o más

frecuentemente si las herramientas aparecen contaminadas. Si los bastones de Epoxiglas permanecen constantemente a la intemperie, deben limpiarse por lo menos cada 6 meses. Normalmente es suficiente limpiarlos con una fuerte solución de detergente. Sino fuera así, lave las herramientas de Epoxiglas con acetona o Etil Metil ketona. Después de limpiar las herramientas deben frotarse con el Restaurador de Brillo de Epoxiglas Chance.

**e) PROTECCION DE LAS HERRAMIENTAS DURANTE SU TRANSPORTE**

Cuando se transporten las herramientas de un lugar a otro, deben protegerse con fundas de lona para evitar daños a la superficie de los bastones, o deben ir montados en perchas, en camiones o remolques, en el Ecuador los bastones van en un estuche de PVC para bastones y en la parte donde se va a trabajar se los coloca en un caballete para bastones.

**f) RESPETE LAS NORMAS DE LOS  
FABRICANTES EN EL USO DE LAS  
HERRAMIENTAS PARA LINEAS VIVAS**

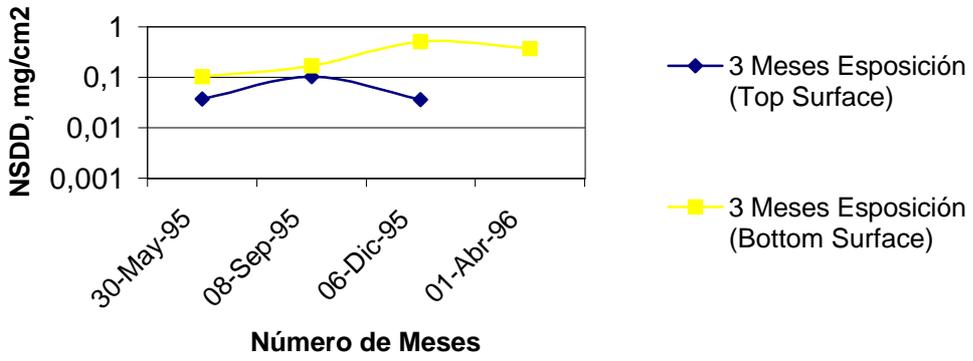
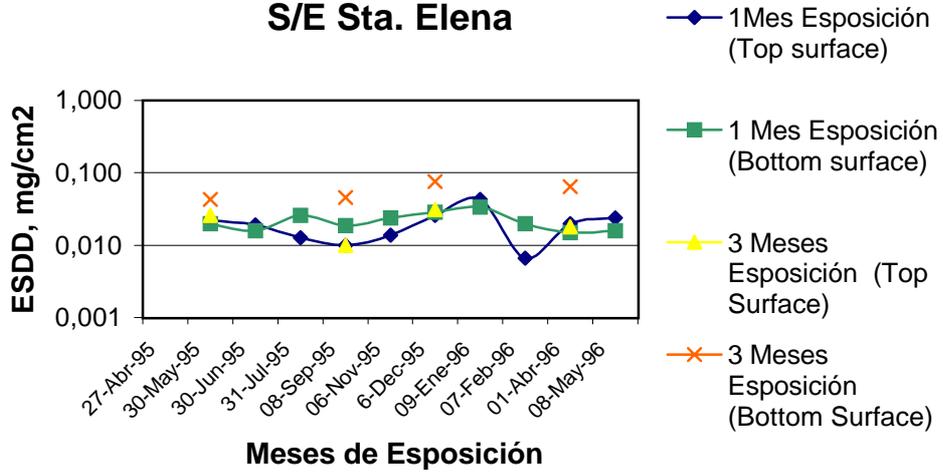
El trabajo no es el lugar adecuado para aprender el uso de las herramientas con las cuales no esta familiarizado, a no ser que no se encuentre presente alguna persona capacitada que pueda demostrar el uso correcto. Debe ejercerse sumo cuidado cuando se “carga” una herramienta hasta el punto en que se dobla considerablemente. Es fácil doblar la herramienta un poco más cada vez que se usa, hasta que de repente, sin aviso, se parte. Por consiguiente, el dobléz o curvatura, debe mantenerse a un mínimo.

Cuando se tenga duda sobre la carga que se pueda aplicar con seguridad sobre una herramienta, use una mayor o dos iguales a aquella que ofrezca la duda.

Las abrazaderas simples o con anillos giratorios que se colocan con el propósito de instalarles las garruchas, deben colocarse tan al extremo de los bastones como sea seguro y practico. La distancia máxima en todos los casos es de 24” (60 cm.) al extremo; mientras más corta sea esta distancia, mayor es la resistencia y menor la

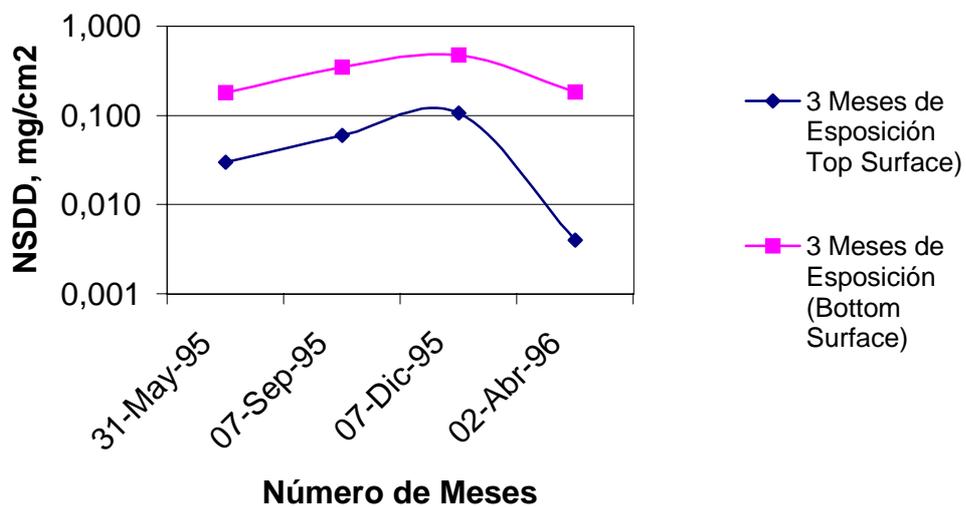
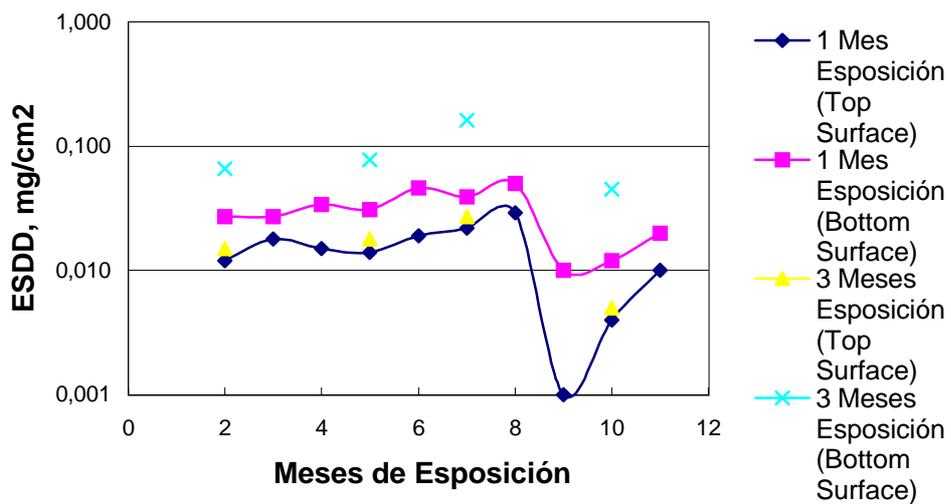
posibilidad de que se rompan los bastones. Para cargas excepcionalmente pesadas se instalará en el conductor una pértiga de enlace, con garrucha, con el fin de ayudar a cargar a los otros bastones que se estén empleando.

### S/E Sta. Elena





### S/E Posorja





**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA  
 ESTRUCTURA Nº 180

KV : 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 28-Abr-95    1/12

AISLADOR Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2	
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	31,20	1,97	D2	0,000101491	0,000150963		
		DESPUES		31,90	2,54	D1				0,000106868
	INFERIOR " (1440)	ANTES		31,10	2,02	D2				0,000200435
		DESPUES		31,70	3,68	D1				0,000156564
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	33,40	1,91	D2	0,000103195	0,000146797		
		DESPUES		31,70	2,49	D1				0,000104702
	INFERIOR " (1440)	ANTES		33,50	1,88	D2				0,000190399
		DESPUES		32,00	3,46	D1				0,000146932
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	31,30	2,03	D2	8,90586E-05	0,000136829		
		DESPUES		30,90	2,53	D1				0,000106434
	INFERIOR " (1440)	ANTES		31,10	2,01	D2				0,000184599
		DESPUES		30,90	3,54	D1				0,000150432

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS -POSORJA  
 ESTRUCTURA Nº 180

KV: 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 31-May-95 2/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES		VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )		ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
		RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES									
1	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	27.5	1,96	D2	8,18261E-05	0,014303543	0,040607027	1.7991
		DESPUES			26.6	76,20	D1	0,003550435			1.8262
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	27.7	1,31	D2	5,40328E-05	0,066910511		1.7844
		DESPUES			27.3	490,00	D1	0,024141817			1.9662
2	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	27.0	1,12	D2	4,59793E-05	0,015441833	0,039420302	1.7797
		DESPUES			27.2	81,20	D1	0,003790624			1.8077
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.0	2,41	D2	0,000101238	0,063398771		1.7724
		DESPUES			27.8	466,00	D1	0,022924796			1.9467
3	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	27.4	1,49	D2	6,1695E-05	0,0145845	0,040774607	1.7872
		DESPUES			27.7	77,20	D1	0,003598436			1.8213
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.2	2,04	D2	8,52682E-05	0,066964714		1.8020
		DESPUES			27.9	491,00	D1	0,024192565			1.9850
4	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	27.8	1,10	D2	4,51339E-05	0,011476033	0,019877965	
		DESPUES			27.3	61,10	D1	0,002828072			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.4	1,90	D2	7,92472E-05	0,028279898		
		DESPUES			27.9	213,50	D1	0,01026001			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	27.7	1,03	D2	4,21784E-05	0,011842248	0,018527171	
		DESPUES			27.1	62,90	D1	0,002913924			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.3	1,03	D2	4,21784E-05	0,025212094		
		DESPUES			27.6	190,40	D1	0,009118532			
6	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	27.7	1,48	D2	6,12685E-05	0,013696141	0,020785792	
		DESPUES			27.0	72,70	D1	0,003382583			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.4	1,02	D2	4,17567E-05	0,027875442		
		DESPUES			28.3	209,80	D1	0,010076916			

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA  
 ESTRUCTURA Nº 180

KV: 138  
 CIRCUITO Nº DOS

FECHA DE MEDICION: 01-Jul-95    3/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	24.9	1,55	D2	6,42554E-05	0,017810608	0,022577865
		DESPUES		24.9	93,50	D1	0,004383328		
	INFERIOR " (1440)	ANTES		24.8	1,44	D2	5,95637E-05	0,027345122	
		DESPUES		24.6	206,30	D1	0,009903808		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	24.9	1,27	D2	5,23342E-05	0,018696632	0,023747633
		DESPUES		24.8	97,70	D1	0,004586268		
	INFERIOR " (1440)	ANTES		24.8	1,12	D2	4,59793E-05	0,028798633	
		DESPUES		24.8	216,60	D1	0,010413487		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	24.8	1,23	D2	5,06373E-05	0,017727396	0,021935071
		DESPUES		24.7	92,80	D1	0,004349531		
	INFERIOR " (1440)	ANTES		25.1	1,74	D2	7,23825E-05	0,026142746	
		DESPUES		25.1	197,80	D1	0,009483771		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA  
 ESTRUCTURA N° 180

KV: 138  
 CIRCUITO N° DOS

FECHA DE MEDICION: 09-Ago-95    4/12

Aislador N°	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	26.8	1,10	D2	4,51339E-05	0,017531145	
		DESPUES		26.8	91,70	D1	0,004296437	0,02712542	
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	26.5	1,15	D2	4,72484E-05	0,036719694	
		DESPUES		26.5	274,00	D1	0,013266338		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	26.3	1,20	D2	4,93656E-05	0,014298888	
		DESPUES		26.2	75,50	D1	0,003516846	0,023019174	
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	26.5	1,18	D2	4,85184E-05	0,03173946	
		DESPUES		25.5	238,00	D1	0,011474724		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	26.2	0,97	D2	3,965E-05	0,013686488	
		DESPUES		26.2	72,20	D1	0,003358623	0,024315037	
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	26.1	0,95	D2	3,88082E-05	0,034943586	
		DESPUES		25.7	261,00	D1	0,012618499		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS - POSORJA  
 ESTRUCTURA Nº 180

KV: 138  
 CIRCUITO Nº DOS

FECHA DE MEDICION: 07-Sep-95 5/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	27,40	1,21	D2 4,97894E-05	0,015406294	0,048261422	1,7742
		DESPUES		26,40	81,10	D1 0,003785816			1.8280
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	28,10	0,72	D2 2,91689E-05	0,08111655		1.7808
		DESPUES		26,90	590,00	D1 0,029231127			2.1718
2	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	27,00	0,77	D2 3,12574E-05	0,0185244	0,049584516	1.7837
		DESPUES		27,10	96,40	D1 0,004523424			1.8497
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	27,80	1,12	D2 4,59793E-05	0,080644632		1.7728
		DESPUES		26,50	587,00	D1 0,029078047			2.1708
3	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	27,10	1,15	D2 4,72484E-05	0,019635409	0,045682976	1.7683
		DESPUES		27,00	102,30	D1 0,004808835			1.8282
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	27,50	1,12	D2 4,59793E-05	0,071730542		1.7744
		DESPUES		26,70	524,00	D1 0,025868974			2.0321
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	27,30	1,01	D2 4,13351E-05	0,015005135	0,02275191	
		DESPUES		27,10	78,90	D1 0,00368008			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	27,80	1,18	D2 4,85184E-05	0,030498685		
		DESPUES		26,20	229,00	D1 0,011028045			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	27,70	1,16	D2 4,76716E-05	0,015672844	0,023168147	
		DESPUES		27,10	82,40	D1 0,003848336			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,90	0,95	D2 3,88082E-05	0,030663451		
		DESPUES		26,70	230,00	D1 0,01107765			
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	28,10	0,78	D2 3,16756E-05	0,012712792	0,021825356	
		DESPUES		26,90	67,10	D1 0,003114528			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	28,30	0,96	D2 3,9229E-05	0,030937921		
		DESPUES		26,70	232,00	D1 0,011176881			

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA  
 ESTRUCTURA Nº 180

KV: 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 03-Oct-95    6/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	26,4	0,71	D2	2,87517E-05	0,011602571	0,019968862
		DESPUES		25,1	61,40	D1	0,002842375		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	25,3	0,85	D2	3,46074E-05	0,028335152	
		DESPUES		24,1	213,00	D1	0,010235262		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	26,4	1,20	D2	4,93656E-05	0,01226542	0,023739335
		DESPUES		25,2	65,20	D1	0,00302373		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	25,3	1,01	D2	4,13351E-05	0,03521325	
		DESPUES		23,7	263,00	D1	0,012718105		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	25,4	1,16	D2	4,76716E-05	0,012666544	0,020028604
		DESPUES		24,5	67,20	D1	0,003119309		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	25,1	0,70	D2	2,83347E-05	0,027390664	
		DESPUES		24,1	206,00	D1	0,009888974		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA  
 ESTRUCTURA Nº 180

KV: 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 07-Nov-95 7/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	28,1	0,78	D2	3,16756E-05	0,01906102	0,031110373
		DESPUES		26,6	99,10	D1	0,004653973		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	27,7	0,70	D2	2,83347E-05	0,043159727	
		DESPUES		26,1	320,00	D1	0,015565836		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	27,6	0,66	D2	2,66685E-05	0,019959908	0,033232316
		DESPUES		27,2	103,50	D1	0,004866946		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	27,4	0,69	D2	2,79179E-05	0,046504724	
		DESPUES		25,7	344,00	D1	0,016769618		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	27,6	0,63	D2	2,54208E-05	0,017692043	0,03356188
		DESPUES		25,9	92,10	D1	0,004315741		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	27,1	0,73	D2	2,95863E-05	0,049431716	
		DESPUES		25,8	365,00	D1	0,017825004		



**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA

KV:138

ESTRUCTURA Nº 180

CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 07-Dic-95 8/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	30,1	1,05	D2	4,30222E-05	0,027056164	1,8704
		DESPUES		28,5	139,20	D1	0,006604142		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	30	1,01	D2	4,13351E-05	0,149081822	1,9085
		DESPUES		28,8	726,00	D1	0,036193677		
2	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29	0,92	D2	3,75465E-05	0,0253876	1,8077
		DESPUES		27,6	130,80	D1	0,006194039		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,9	0,86	D2	3,50269E-05	0,172663408	1,7977
		DESPUES		28,8	837,00	D1	0,041905903		
3	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,5	0,90	D2	3,67061E-05	0,027062059	1,8
		DESPUES		28,5	139,10	D1	0,006599255		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	30,4	1,01	D2	4,13351E-05	0,163925058	1,7989
		DESPUES		29,8	796,00	D1	0,039793162		
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,8	0,95	D2	3,88082E-05	0,022731547	0,032028772
		DESPUES		28,2	117,60	D1	0,005551208		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,8	0,92	D2	3,75465E-05	0,041325998	
		DESPUES		28,6	307,00	D1	0,014914906		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,6	1,01	D2	4,13351E-05	0,02362387	0,031849125
		DESPUES		29,9	122,10	D1	0,005770124		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,9	0,93	D2	3,79669E-05	0,040074379	
		DESPUES		29	298,00	D1	0,014464744		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,9	0,96	D2	3,9229E-05	0,019628548	0,027904755
		DESPUES		29,4	102,10	D1	0,004799152		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,6	1,02	D2	4,17567E-05	0,036180962	
		DESPUES		28,5	270,00	D1	0,013066903		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA    KV:138

ESTRUCTURA Nº 180

CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 10-Ene-96    9/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	"(970)	DESPUES				D1			
	INFERIOR "	ANTES				D2			
2	SUPERIOR "(970)	DESPUES				D1			
		ANTES				D2			
	INFERIOR " (1440)	DESPUES				D1			
		ANTES				D2			
3	SUPERIOR "(970)	DESPUES				D1			
		ANTES				D2			
	INFERIOR " (1440)	DESPUES				D1			
		ANTES				D2			
4	SUPERIOR "(970)	DESPUES	400	31,5	1,41	D2	5,82859E-05	0,031193658	0,040628706
		ANTES		31	160,00	D1	0,007622748		
	INFERIOR " (1440)	DESPUES	400	29,5	370,00	D1	0,018076559	0,050063753	
		ANTES		31	1,30	D2	5,3608E-05		
5	SUPERIOR "(970)	DESPUES	400	30,9	1,24	D2	5,10614E-05	0,028838351	0,039596148
		ANTES		29,5	148,20	D1	0,007044362		
	INFERIOR " (1440)	DESPUES	400	30,5	372,00	D1	0,01817721	0,050353945	
		ANTES		31	1,21	D2	4,97894E-05		
6	SUPERIOR "(970)	DESPUES	400	30,6	1,26	D2	5,19098E-05	0,026374897	0,038641128
		ANTES		29,5	136,00	D1	0,006447822		
	INFERIOR " (1440)	DESPUES	400	30,7	1,26	D2	5,19098E-05	0,05090736	
		ANTES		29,9	376,00	D1	0,018378559		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA    KV: 138

ESTRUCTURA Nº 180

CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 28-Feb-96    10/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES		VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
		RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES								
1	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2			
		DESPUES					D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2			
		DESPUES					D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2			
		DESPUES					D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2			
		DESPUES					D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2			
		DESPUES					D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2			
		DESPUES					D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES			28,2	1,81	D2	7,53836E-05	0,001044434	
		DESPUES	400		29,8	7,56	D1	0,000328659		0,005736169
	INFERIOR " (1440)	ANTES			29,8	1,69	D2	7,02411E-05	0,010427904	
		DESPUES	400		31,5	81,90	D1	0,003824286		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES			28,9	1,51	D2	6,25481E-05	0,001315737	
		DESPUES	400		29,5	8,74	D1	0,000381614		0,006246343
	INFERIOR " (1440)	ANTES			30,5	1,35	D2	5,57329E-05	0,011176949	
		DESPUES	400		31,9	87,20	D1	0,004079435		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES			29,9	1,36	D2	5,61582E-05	0,00102227	
		DESPUES	400		31,4	7,01	D1	0,000304059		0,004927917
	INFERIOR " (1440)	ANTES			30,8	1,31	D2	5,40328E-05	0,008833563	
		DESPUES	400		32,5	69,60	D1	0,003234115		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA  
 ESTRUCTURA Nº 180

KV: 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 02-Abr-96 11/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES		VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
		RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES								
1	SUPERIOR " (970)	ANTES		27,4	1,45	D2	5,99897E-05	0,004858132	0,026189566	1,837
		DESPUES	400	26,5	27,40	D1	0,001238087			1,8476
	INFERIOR " (1440)	ANTES		27,8	1,22	D2	5,02133E-05	0,047520999		1,835
		DESPUES	400	27,6	240,00	D1	0,011574056			2,0359
2	SUPERIOR " (970)	ANTES		26,9	1,19	D2	4,8942E-05	0,004922883	0,024285386	1,7816
		DESPUES	400	26,8	27,50	D1	0,001242741			1,7822
	INFERIOR " (1440)	ANTES		27,6	1,14	D2	4,68252E-05	0,043647889		1,9386
		DESPUES	400	28,1	221,00	D1	0,010631438			2,1176
3	SUPERIOR " (970)	ANTES		26,9	1,25	D2	5,14855E-05	0,004280168	0,023238744	1,8086
		DESPUES	400	26,9	24,20	D1	0,001089426			1,8092
	INFERIOR " (1440)	ANTES		27,9	1,26	D2	5,19098E-05	0,042197321		1,8305
		DESPUES	400	28,2	214,00	D1	0,01028476			2,0026
4	SUPERIOR " (970)	ANTES		27,2	1,31	D2	5,40328E-05	0,004633378	0,008374557	
		DESPUES	400	26,9	26,10	D1	0,001177627			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		28,2	1,23	D2	5,06373E-05	0,012115737		
		DESPUES	400	28,4	94,10	D1	0,004412303			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES		27,1	1,25	D2	5,14855E-05	0,0038601	0,008095495	
		DESPUES	400	26,9	22,00	D1	0,00098756			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		28,6	1,34	D2	5,53077E-05	0,012330891		
		DESPUES	400	28,9	95,80	D1	0,004494428			
6	SUPERIOR " (970)	ANTES		27,6	1,30	D2	5,3608E-05	0,003908558	0,00766973	
		DESPUES	400	27,4	22,30	D1	0,001001433			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		29,1	1,58	D2	6,55367E-05	0,011430902		
		DESPUES	400	29,1	89,30	D1	0,004180661			

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO)**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-POSORJA  
 ESTRUCTURA Nº 180

KV: 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 09-May-96 12/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,1	1,58	D2	6,55367E-05	0,010253316	0,016220358
		DESPUES		29	55,30	D1	0,002551966		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	28,4	1,51	D2	6,25481E-05	0,022187399	
		DESPUES		28,1	168,70	D1	0,008050012		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	28,5	1,12	D2	4,59793E-05	0,009942163	0,015253205
		DESPUES		28,2	53,30	D1	0,002456954		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	28,6	1,05	D2	4,30222E-05	0,020564246	
		DESPUES		28,4	156,40	D1	0,007446151		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	28,4	1,41	D2	5,82859E-05	0,009187293	0,013575626
		DESPUES		28,1	49,70	D1	0,002286204		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29	1,08	D2	4,42889E-05	0,017963959	
		DESPUES		29,5	137,30	D1	0,006511314		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO)**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-STA. ELENA

Kv: 138

ESTRUCTURA N° 237

CIRCUITO N° LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 08-May-96 12/12

Aislador N°	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,5	1,48	D2	6,12685E-05	0,02462628	0,0200914
		DESPUES		29	127,50	D1	0,006033141		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,4	1,17	D2	4,80949E-05	0,01555661	
		DESPUES		29,5	119,60	D1	0,005648474		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29	1,35	D2	5,57329E-05	0,02543329	0,0210144
		DESPUES		29,2	131,40	D1	0,006223307		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,6	1,65	D2	6,85293E-05	0,01659544	
		DESPUES		30,5	127,70	D1	0,006042889		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,1	1,14	D2	4,68252E-05	0,02221744	0,0186257
		DESPUES		29,2	115,20	D1	0,005434556		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,8	1,25	D2	5,14855E-05	0,01503396	
		DESPUES		30,3	115,80	D1	0,005463712		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL UTZO  
MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO)**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES  
NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-STA. ELENA  
ESTRUCTURA Nº 237

KV: 138  
CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 01-Abr-96 11/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	34,1	1,74	D2	8,13961E-05	0,018492572	1,8643
		DESPUES		32	98,70	D1	0,023380963		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	33,1	1,95	D2	7,2811E-05	0,096773363	1,9765
		DESPUES		32,5	475,00	D1	0,00455726		
2	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	32,1	1,75	D2	6,55367E-05	0,017199437	1,8299
		DESPUES		32,8	97,10	D1	0,023533077		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	33,3	1,58	D2	6,76739E-05	0,0955295	1,8419
		DESPUES		32,2	478,00	D1	0,004238537		
3	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	32,4	1,63	D2	6,29748E-05	0,020152012	1,7805
		DESPUES		31,4	90,50	D1	0,023228879		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	33,2	1,52	D2	8,18261E-05	0,023263173	1,8292
		DESPUES		32,5	472,00	D1	0,004968689		
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	32,2	1,96	D2	6,55367E-05	0,019737773	0,017852533
		DESPUES		32,5	105,60	D1	0,005706856		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	33,3	1,58	D2	8,05364E-05	0,015967293	
		DESPUES		32,4	120,80	D1	0,004866946		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	33	1,93	D2	6,08422E-05	0,018777673	0,016004437
		DESPUES		32,3	103,50	D1	0,005809068		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	33,4	1,47	D2	6,1695E-05	0,013231202	
		DESPUES		31,9	122,90	D1	0,004615281		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	33,4	1,49	D2	6,9813E-05	0	0
		DESPUES		32,6	98,30	D1	0,004833046		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	34,8	1,68	D2	0	0	
		DESPUES		31,9	102,80	D1	0		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL UTZO  
MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES  
NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-STA. ELENA  
ESTRUCTURA N° 237

KV: 138

CIRCUITO N° LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 27-Feb-96 10/12

Aislador N°	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS		VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )		ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
		ANTES	DESPUES				D2	D1			
1	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
2	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
3	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
4	SUPERIOR " (970)	ANTES			32	1,70	D2	0,001851598	0,030525158		
		DESPUES		400	32,3	40,50	D1	5,3608E-05		0,017762821	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			32,4	1,30	D2	0,007455959	0,005000484		
		DESPUES		400	32,3	156,60	D1	6,08422E-05			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES			32,1	1,47	D2	0,001861017	0,030420585		
		DESPUES		400	32,6	40,70	D1	6,42554E-05		0,017155231	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			32,4	1,55	D2	0,007441247	0,003889876		
		DESPUES		400	32,1	156,30	D1	5,7009E-05			
6	SUPERIOR " (970)	ANTES			31,9	1,38	D2	0,001457364	0,026006335		
		DESPUES		400	31,8	32,10	D1	5,82859E-05		0,013003168	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			33,6	1,41	D2	0,006364822	0		
		DESPUES		400	32,9	134,30	D1	0			

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-STA. ELENA  
 ESTRUCTURA Nº 237

KV: 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 09-Ene-96 9/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS		VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )		ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
		ANTES	DESPUES				D2	D1			
1	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
2	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
3	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
4	SUPERIOR " (970)	ANTES			28,7	1,39	D2	4,51339E-05	0,04342436		
		DESPUES	400		27,7	266,00	D1	0,011127262		0,0400744	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			27,9	1,10	D2	5,14855E-05	0,03672439		
		DESPUES	400		26,4	231,00	D1	0,010581893			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES			27,9	1,25	D2	4,55565E-05	0,03224095		
		DESPUES	400		26,9	220,00	D1	0,013266338		0,0324779	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			27,5	1,11	D2	4,97894E-05	0,03271489		
		DESPUES	400		26,8	274,00	D1	0,007868219			
6	SUPERIOR " (970)	ANTES			27,9	1,21	D2	4,51339E-05	0		
		DESPUES	400		26,7	165,00	D1	0,011822493		0	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			27,6	1,10	D2	0	0		
		DESPUES	400		26,5	245,00	D1	0			

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL UTZO  
MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-STA. ELENA  
ESTRUCTURA Nº 237

KV: 138  
CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 06-Dic-95 8/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES		VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
		RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES								
1	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	33,4	0,87	D2	0,111149473	0,069323453	1,8165
		DESPUES			31,2	195,00	D1			2,91689E-05
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	32,6	0,82	D2	0,027497433		1,7954
		DESPUES			31,2	573,00	D1			3,46074E-05
2	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	32,1	0,72	D2	0,106030511	0,065860253	1,8078
		DESPUES			30,9	133,80	D1			3,3769E-05
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	32,7	0,85	D2	0,025689995		1,7978
		DESPUES			29,2	546,00	D1			5,48827E-05
3	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	31,5	0,83	D2	0,043279288	0,034690199	1,7998
		DESPUES			31,3	141,20	D1			3,25125E-05
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	31,6	1,33	D2	0,026101111		1,7991
		DESPUES			29,3	522,00	D1			3,71262E-05
4	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	31,2	0,80	D2	0,046559781	0,031573484	
		DESPUES			30,6	132,20	D1			3,04215E-05
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	31,6	0,91	D2	0,016587188		
		DESPUES			30,3	219,00	D1			3,50269E-05
5	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	31,8	0,75	D2	0,036759404	0,018379702	
		DESPUES			31,3	134,20	D1			3,25125E-05
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	31,4	0,86	D2	0		
		DESPUES			29,8	235,00	D1			3,67061E-05
6	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	31,6	0,80	D2	0	0	
		DESPUES			30,9	126,90	D1			0
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	31,3	0,90	D2	0		
		DESPUES			29,5	187,00	D1			0

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-STA. ELENA  
 ESTRUCTURA Nº 237

KV: 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 06-Nov-95    7/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	30,5	0,60	D2	2,41748E-05	0,01296064	0,019844474
		DESPUES		26,4	68,20	D1	0,00316713		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	28,7	0,61	D2	2,459E-05	0,026728308	
		DESPUES		25,7	201,10	D1	0,009646781		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,1	0,65	D2	2,62524E-05	0,014196392	0,018965723
		DESPUES		27,1	74,50	D1	0,003468877		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,4	0,90	D2	3,67061E-05	0,023735054	
		DESPUES		24,9	179,50	D1	0,008581325		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,5	0,84	D2	3,41882E-05	0,01404502	0,017460239
		DESPUES		26,7	73,90	D1	0,003440105		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	27,6	0,60	D2	2,41748E-05	0,020875459	
		DESPUES		25,3	158,30	D1	0,00753934		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-STA. ELENA  
 ESTRUCTURA Nº 237

KV: 138  
 CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 02-Oct-95    6/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400			D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	27,4	1,12	D2	0,002219901	0,022932794	0,013999688
		DESPUES		25,4	48,30	D1	3,3769E-05		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	26,4	0,83	D2	0,005594972	0,005066582	
		DESPUES		24,9	118,50	D1	4,17567E-05		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	26,4	1,02	D2	0,001865726	0,022691102	0,012994746
		DESPUES		24,8	40,80	D1	2,91689E-05		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	26,4	0,72	D2	0,005531761	0,003298391	
		DESPUES		24,9	117,20	D1	3,67061E-05		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	26,1	0,90	D2	0,001224127	0,018370146	0,009185073
		DESPUES		24,9	27,10	D1	3,00038E-05		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	26,4	0,74	D2	0,004484764	0	
		DESPUES		24,9	95,60	D1	0		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS PROPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS PROPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS - SANTA ELENA      KV: 138  
 ESTRUCTURA Nº 237      CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 08-Sep-95      5/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES		VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2	
		RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES									
1	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	30.0	1,21	D2	4,97894E-05	0,010357458	0,031204325	1.7806
		DESPUES			30.6	55,50	D1	0,002561473			1.8301
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	29.8	1,05	D2	4,30222E-05	0,052051192	1.7918	
		DESPUES			29.5	384,00	D1	0,018781451		1.9717	
2	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	28.9	1,27	D2	5,23342E-05	0,011721669	0,027562414	1.7951
		DESPUES			38,3	62,50	D1	0,002894839			1.8338
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.4	1,00	D2	4,09136E-05	0,043403159	1.8036	
		DESPUES			28.6	322,00	D1	0,015666051		1.9660	
3	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	28.6	0,97	D2	3,965E-05	0,008951684	0,025636564	1.8004
		DESPUES			28.9	48,10	D1	0,002210433			1.8233
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.5	0,73	D2	2,95863E-05	0,042321445	1.7910	
		DESPUES			28.6	314,00	D1	0,015265306		1.9560	
4	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	29.0	0,93	D2	3,79669E-05	0,009740333	0,014005379	
		DESPUES			29.4	52,10	D1	0,002399998			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.6	0,78	D2	3,16756E-05	0,018270425		
		DESPUES			28.1	139,30	D1	0,006609029			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	29.2	0,97	D2	3,965E-05	0,010144521	0,014424738	
		DESPUES			28.6	54,20	D1	0,002499696			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	28.8	0,78	D2	3,16756E-05	0,018704955		
		DESPUES			29.1	142,50	D1	0,006765459			
6	SUPERIOR " (970)	ANTES		400	29.2	1,03	D2	4,21784E-05	0,009957837	0,014513084	
		DESPUES			28.9	53,30	D1	0,002456954			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	29.1	0,81	D2	3,29312E-05	0,01906833		
		DESPUES			29.1	145,20	D1	0,00689753			

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-SANTA ELENA  
 ESTRUCTURA Nº 237

KV: 138  
 CIRCUITO Nº DOS

FECHA DE MEDICION: 31-Jul-95    4/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2	
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2				
		DESPUES				D1				
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,8	1,60	D2	6,63914E-05	0,01247107	0,019813239	
		DESPUES		28,1	66,60	D1	0,003090626	0,027155408		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29,3	1,65	D2	6,85293E-05			
		DESPUES		28,6	205,10	D1	0,009844476			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,2	1,71	D2	7,10974E-05	0,012372829	0,019436428	
		DESPUES		29,1	66,20	D1	0,003071508			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	29,1	1,62	D2	6,72463E-05		0,026500027
		DESPUES			27,4	200,30	D1	0,009607256		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29,6	1,77	D2	7,36683E-05	0,013882215	0,019067519	
		DESPUES		28,0	73,90	D1	0,003440105			
	INFERIOR " (1440)	ANTES		400	29,4	1,50	D2	6,21215E-05		0,024252822
		DESPUES			26,7	183,80	D1	0,008793137		

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS-SANTA ELENA      KV: 138  
 ESTRUCTURA N° 237      CIRCUITO N° DOS

FECHA DE MEDICION: 30-Jun-95    3/12

Aislador N°	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES		VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm)	CONCENTRACION DE SAL ( % )		ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
		RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES									
1	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
2	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
3	SUPERIOR " (970)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
	INFERIOR " (1440)	ANTES					D2				
		DESPUES					D1				
4	SUPERIOR " (970)	ANTES			25.7	1,43	D2	5,91377E-05	0,018927828		
		DESPUES	400		24.3	99,00	D1	0,004649136		0,017096258	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			24.3	1,01	D2	4,13351E-05	0,015264688		
		DESPUES	400		23.3	117,30	D1	0,005536623			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES			24.6	1,30	D2	5,3608E-05	0,020028597		
		DESPUES	400		23.9	104,40	D1	0,004910543		0,018494377	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			24.3	1,20	D2	4,93656E-05	0,016960158		
		DESPUES	400		23.6	130,00	D1	0,006155022			
6	SUPERIOR " (970)	ANTES			24.5	1,78	D2	7,4097E-05	0,018686647		
		DESPUES	400		23.9	98,10	D1	0,004605609		0,017512005	
	INFERIOR " (1440)	ANTES			24.2	1,20	D2	4,93656E-05	0,016337362		
		DESPUES	400		23.6	125,40	D1	0,005930816			

**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL UTZO  
MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T: LAS JUNTAS -STA. ELENA KV: 138

ESTRUCTURA Nº 237

CIRCUITO Nº DOS

FECHA DE MEDICION: 30/May/95 2/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2	
1	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	28.0	2,10	D2	8,78524E-05	0,021647622	0,032109885	1.8219
		DESPUES		27.8	113,20	D1	0,005337401			1.8575
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29.0	2,14	D2	8,95765E-05	0,042572149		1.7812
		DESPUES		28.0	317,00	D1	0,01541555			1.8815
2	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	28.4	2,01	D2	8,39769E-05	0,028520931	0,035667246	1.8325
		DESPUES		28.3	147,30	D1	0,007000303			1.8722
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	28.9	1,28	D2	5,27587E-05	0,042813561		1.8095
		DESPUES		28.0	318,00	D1	0,015465641			1.9175
3	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	28.2	2,21	D2	9,2596E-05	0,025945373	0,035291006	1.7945
		DESPUES		28.2	134,70	D1	0,006384349			1.8348
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29.6	2,34	D2	9,8211E-05	0,044636639		1.7960
		DESPUES		27.6	332,00	D1	0,016167401			1.9005
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	28.9	2,35	D2	9,86434E-05	0,023206918	0,021441923	
		DESPUES		27.6	121,20	D1	0,005726321			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29.6	3,12	D2	0,000132083	0,019676929		
		DESPUES		27.7	151,70	D1	0,007215778			
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29.7	1,07	D2	4,38665E-05	0,024055138	0,021755807	
		DESPUES		28.4	124,30	D1	0,005877238			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	29.2	2,24	D2	9,38909E-05	0,019456476		
		DESPUES		26.6	149,30	D1	0,007098222			
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	29.1	1,36	D2	5,61582E-05	0,019818328	0,019878822	
		DESPUES		27.5	103,40	D1	0,004862103			
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	28.8	1,50	D2	6,21215E-05	0,019939316		
		DESPUES		27.2	152,20	D1	0,007240275			



**UNIDAD DE TRANSMISION ZONA OCCIDENTAL      UTZO**  
**MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AISLADORES DE SUSPENSION (PILOTO )**

ESDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE SALES MINERALES EQUIVALENTES

NSDD: DENSIDAD DE LOS DEPOSITOS DE LOS MATERIALES NO-SOLUBLES

L/T : LAS JUNTAS-SANTA ELENA  
 ESTRUCTURA Nº 237

KV : 138

CIRCUITO Nº LADO DERECHO

FECHA DE MEDICION: 27-Abr-95      1/12

Aislador Nº	SUPERFICIE cm2	CONTAMINANTES RECOLECTADOS ANTES Y DESPUES	VOLUMEN DE AGUA ( cc )	TEMP. AGUA ( °C )	CONDUCTIVIDAD ( us/cm )	CONCENTRACION DE SAL ( % )	ESDD mg/cm2	ESDD mg/cm2	NSDD mg/cm2
1	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
2	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
3	SUPERIOR " (970)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
	INFERIOR " (1440)	ANTES				D2			
		DESPUES				D1			
4	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	32.7	2,17	D2	9,08702E-05	4,09716E-05	0,000115815
		DESPUES		30.8	2,40	D1	0,000100806	0,000190658	
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	32.2	2,00	D2	8,35466E-05		
		DESPUES		31.2	3,58	D1	0,000152183		
5	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	31.3	2,01	D2	8,39769E-05	5,69149E-05	0,000133534
		DESPUES		31.2	2,33	D1	9,77788E-05		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	31.7	2,01	D2	8,39769E-05	0,000210153	
		DESPUES		31.4	3,75	D1	0,000159632		
6	SUPERIOR " (970)	ANTES	400	32.3	2,01	D2	8,39769E-05	4,08824E-05	0,000109819
		DESPUES		31.4	2,24	D1	9,38909E-05		
	INFERIOR " (1440)	ANTES	400	32.6	2,13	D2	8,91454E-05	0,000178755	
		DESPUES		31.8	3,61	D1	0,000153497		

## **APÉNDICE J**

### **CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LA S/E SANTA ELENA**



# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

"Ciencia, Tecnología y Educación al servicio del País"

INSTITUTO DE CIENCIAS QUÍMICAS

CERTIFICADO DE ANALISIS



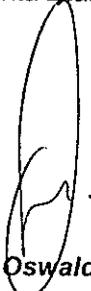
Fecha recepción muestra: Septiembre 25 de 2001  
Fecha entrega resultados: Septiembre 28 de 2001  
Solicitante: Sr. Servio Franco  
Identificación de muestra: Muestras de agua de Santa Elena

No. 199B

Resultados	Parámetros		
	<u>Conductividad</u> µmhos/cm	<u>Sólidos Suspendidos</u> mg/L	<u>Salinidad</u> mg ClNa/L
Muestra # 1	247	233	47
Muestra # 2	251	184	35
Muestra # 3	257	164	51
Muestra # 4	273	245	56
Muestra # 5	263	177	49

Observaciones:

Muestra # 1 = 4T Junta Dta. Elena Estación 237 6º exterior  
Muestra # 2 = 4T Junta Dta. Elena Estación 237 7ª exterior  
Muestra # 3 = 4T Junta Dta. Elena Estación 237 6º interior  
Muestra # 4 = 4T Junta Dta. Elena Estación 237 5º interior  
Muestra # 5 = 4T Junta Dta. Elena Estación 237 7ª interior

  
Ing. Oswaldo Valle S.  
Director

LCC/.

## **APÉNDICE K**

### **CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LA S/E POSORJA**



# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

"Ciencia, Tecnología y Educación al servicio del País"

INSTITUTO DE CIENCIAS QUIMICAS

## CERTIFICADO DE ANALISIS



Fecha recepción muestra: Septiembre 25 de 2001  
Fecha entrega resultados: Septiembre 28 de 2001  
Solicitante: **Sr. Servio Franco**  
Identificación de muestra: Muestras de agua de Posorja

No. 199 A

Resultados	Parámetros		
	Conductividad $\mu\text{mhos/cm}$	Sólidos Suspendidos mg/L	Salinidad mg ClNa/L
Muestra # 1	366	159	61
Muestra # 2	467	404	117
Muestra # 3	327	166	70
Muestra # 4	383	333	77
Muestra # 5	378	319	82
Muestra # 6	303	173	61

Observaciones:

Muestra # 1 = 4T 138 kv Posorja, 6° aislador arriba  
Muestra # 2 = 4T 138 kv Posorja 180, 4° aislador abajo  
Muestra # 3 = 4T 138 kv Estación 180 Posorja, 4° aislador arriba  
Muestra # 4 = 4T Estación 180 Posorja, 6° aislador abajo  
Muestra # 5 = 4T Estación 180 Posorja, 5° aislador abajo  
Muestra # 6 = 4T Estación 180 Posorja, 5° aislador arriba

  
Ing. Oswaldo Valle S.  
Director

LCC/

## BIBLIOGRAFÍA

1. A. B. CHANCE, "Manual de Mantenimiento de Líneas Vivas"
2. Ing. Barrero Pedro, "Contaminación por Salinidad en los Componentes de Líneas y Redes Eléctricas", Venezuela.
3. Dr. Checa Luis María, Líneas de Transporte de Energía, 3<sup>a</sup> Edición. Editorial ALFAOMEGA.
4. Ing. Enríquez Harper G., "Técnicas de las Altas Tensiones", Editorial LIMUSA, México 1980.
5. Dr. Felio S., "La Corrosión y las Técnicas Convencionales de Protección":
6. NGK Insulator, Is Your Power System Safe From Contamination? Catalog No. 001/1985
7. NGK Insulator, Pin Corrosion of Suspension Insulators, Edición N0. 4 Dec 1980.

8. NGK Insulator, Reporte de Investigación de Contaminación de Aisladores para Líneas de Transmisión y Subestaciones. Dic 18, 1996.
9. NGK Insulator, Technical Guide, Cat. No. 91R. 2<sup>da</sup> Edición, 1991.
10. Ramírez Vásquez José, "Manual Autodidáctico de Líneas Aéreas. Ediciones CEAC.
11. Sistema Nacional de Transmisión, "Normas de Proyecto para las Líneas de 138 KV."
12. [www.abchance.com](http://www.abchance.com)
13. [www.iie.org.mx/publica/infor99/inforse99.htm](http://www.iie.org.mx/publica/infor99/inforse99.htm)
14. [www.axasa.com/conductores](http://www.axasa.com/conductores)
15. [www.cenace.org.ec](http://www.cenace.org.ec)