

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**“ESTUDIO Y METODOLOGÍA DE UNA ESTACIÓN DE  
PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS  
DE ALTA CONTAMINACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN  
EN 220 KV”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR:

**EDWIN MARÍO BAZÁN GARCÍA**

**PROMOCIÓN 1995 - II**

**Lima - Perú**

**2008**

**“ESTUDIO Y METODOLOGÍA DE UNA ESTACIÓN DE  
PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS  
DE ALTA CONTAMINACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN  
EN 220 kV”**

A mis queridos padres, Clorinda y Eloy en agradecimiento por inculcarme los valores e ideales de superación. Así como, a mi esposa Rosa y mi hijo Jeremy por el apoyo moral.

## SUMARIO

Desde 1994 hasta el 2002, ETECEN, fue la empresa encargada de operar el sistema de transmisión costero en 220 kV que se extiende desde Marcona en el Sur, hasta Piura en el Norte y por la sierra hasta Tocache en 138 kV. Anteriormente, ELECTROPERÚ S.A. operaba todo este sistema de transmisión.

El problema de corrosión y las altas pérdidas transversales por efecto de la contaminación del sistema de transmisión costero son bien conocidos desde hace por lo menos 25 años. Cuando ELECTROPERÚ operaba el sistema, ejecuto varios estudios sobre el aislamiento, medición de pérdidas y problemas de corrosión. Sin embargo, nunca se tomaron medidas correctivas a largo plazo.

Inmediatamente después que ETECEN pasa a operar el sistema en el año 1994, tomo la decisión de evaluar dichos problemas y llevar a cabo la inspección de varias líneas. Luego, dada la magnitud y complejidad de estos problemas, decidió solicitar la participación de un consultor especializado para en forma conjunta realizar inspecciones, mediciones y pruebas.

# ÍNDICE

|   | Página |
|---|--------|
| <b>PRÓLOGO</b> .....  | 1      |
| <br>  |        |
| <b>CAPÍTULO I</b>   |        |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 2      |
| 1.1 Generalidades.....  | 2      |
| 1.2 Objetivos .....   | 3      |
| 1.3 Ubicación.....  | 4      |
| <br>  |        |
| <b>CAPÍTULO II</b>  |        |
| <b>DESCRIPCION</b> .....  | 6      |
| 2.1 Estación de pruebas.....  | 6      |
| 2.1.1 Sección de alimentación.....                                    | 6      |
| 2.1.2 Sección energizada.....   | 7      |
| 2.1.3 Sección desenergizada.....                                      | 7      |
| 2.1.4 Estación meteorológica.....                                     | 8      |
| 2.1.5 Laboratorio móvil (remolque).....                               | 9      |
| 2.2 Instalación de muestras en zonas críticas de LL.TT. costeras..... | 9      |
| <br>  |        |
| <b>CAPÍTULO III</b>   |        |
| <b>METODOLOGÍA</b> .....  | 10     |
| 3.1 Generalidades.....  | 10     |
| 3.2 Componentes.....  | 10     |
| 3.3 Pruebas de aislamiento.....                                       | 10     |
| 3.3.1 Aisladores no cerámicos.....                                    | 10     |
| 3.3.2 Aisladores cerámicos.....                                       | 12     |
| 3.3.3 Medidas NSDD y ESDD.....  | 20     |
| 3.3.4 Pruebas de lavado.....  | 21     |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.3.5 | Medidas de corrientes de fuga en 14.4kV .....             | 22 |
| 3.3.6 | Pruebas de descarga en laboratorio.....                   | 23 |
| 3.4   | Pruebas de corrosión.....                                 | 23 |
| 3.4.1 | Clasificación ISO del sitio de pruebas.....               | 23 |
| 3.4.2 | Prueba de vela de cloruro (Prueba Chloride Candle).....   | 24 |
| 3.4.3 | Prueba clima.....   | 25 |
| 3.4.4 | Retiro de muestra de ferreterías.....                     | 26 |
| 3.5   | Prueba de conductores .....                               | 27 |
| 3.5.1 | Metodología de acumulación de contaminación.....          | 28 |
| 3.5.2 | Información concerniente a condiciones de exposición..... | 28 |
| 3.5.3 | Inspección visual de los conductores.....                 | 29 |
| 3.5.4 | Medidas de densidad de los contaminantes.....             | 29 |
| 3.5.5 | Limpieza de conductores.....                              | 29 |
| 3.6   | Pinturas contra la corrosión en las zonas críticas.....   | 29 |

## **CAPÍTULO IV**

|                                 |   |    |
|---------------------------------|---|----|
| <b>PROGRAMA DE PRUEBAS.....</b> | <b>34</b>   |    |
| 4.1                             | Pruebas de facilidad de limpieza de aisladores.....             | 35 |
| 4.2                             | Pruebas de contaminación de aisladores.....                     | 35 |
| 4.3                             | Pruebas de contaminación de conductores.....                    | 35 |
| 4.4                             | Reemplazo de cadenas existentes por aisladores poliméricos..... | 36 |
| 4.5                             | Pruebas de corrosión (ferretería).....                          | 36 |
| 4.6                             | Pruebas CLIMAT.....   | 36 |
| 4.7                             | Pinturas.....   | 37 |

## **CAPÍTULO V**

|                                   |   |    |
|-----------------------------------|---|----|
| <b>RESUMEN DE RESULTADOS.....</b> | <b>39</b>   |    |
| 5.1                               | Análisis de los parámetros meteorológicos.....                      | 39 |
| 5.1.1                             | Distribución de la dirección del viento en estación 1 .....         | 39 |
| 5.1.2                             | Distribución de la humedad relativa-temperatura en el sitio 1 ..... | 40 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 5.1.3   | Datos meteorológicos obtenidos en otros sitios a lo largo de las LT 220 kV..... | 40 |
| 5.2     | Estudio de aisladores.....  | 43 |
| 5.2.1   | Introducción.....   | 43 |
| 5.2.2   | Medidas en el sitio de valores ESDD.....  | 44 |
| 5.2.3   | Valores de NSDD medidos.....  | 47 |
| 5.2.4   | Naturaleza de los contaminantes.....  | 48 |
| 5.2.5   | Medidas de corriente de fuga.....   | 49 |
| 5.2.6   | Valores Costo Anual estimado de pérdidas de energía.....                        | 50 |
| 5.2.7   | Resultados de las pruebas de laboratorio.....                                   | 50 |
| 5.2.8   | Resultados combinados de campos y pruebas de laboratorio.....                   | 51 |
| 5.2.9   | Aplicación de los resultados de pruebas y trabajos futuros.....                 | 52 |
| 5.3     | Estudios de corrosión.....  | 55 |
| 5.3.1   | Introducción.....   | 55 |
| 5.3.2   | Resultados-Pruebas CLIMAT.....  | 55 |
| 5.3.3   | Pruebas de vela de cloruro.....   | 56 |
| 5.3.4   | Observaciones de humedad relativa.....  | 56 |
| 5.3.5   | Conclusiones.....   | 57 |
| 5.4     | Observaciones de ferretería.....  | 57 |
| 5.4.1   | Introducción.....   | 57 |
| 5.4.2   | Resultados experimentales: muestras de ferretería de LT.....                    | 58 |
| 5.4.3   | Evaluación del comportamiento de los materiales y recomendaciones....           | 62 |
| 5.5     | Estudio de lavado de Aisladores.....  | 64 |
| 5.5.1   | Introducción.....   | 64 |
| 5.5.2   | Pruebas efectuadas en aisladores expuestos un año.....                          | 64 |
| 5.5.3   | Resultados de las pruebas luego de un año de exposición.....                    | 65 |
| 5.5.3.1 | Tendencia General de distribución de contaminantes.....                         | 65 |
| 5.5.3.2 | Discusión de los resultados.....  | 65 |
| 5.5.3.3 | Conclusiones.....   | 67 |
| 5.5.4   | Comparación de resultados obtenidos a los seis y doce meses de exposición.....  | 68 |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 5.5.5   | Comparación de resultados parte superior de los aisladores antes del lavado..... | 68        |
| 5.5.6   | Conclusiones y recomendaciones .....   | 69        |
| 5.6   | Inspección de pruebas de conductores.....  | 70        |
| 5.6.1   | Introducción.....  | 70        |
| 5.6.2   | Resultados de las pruebas.....   | 70        |
| 5.6.3   | Información concerniente a los sitios de exposición.....                         | 71        |
| 5.6.4   | Medidas de densidad de los contaminantes.....                                    | 71        |
| 5.6.5   | Limpieza de conductores.....   | 71        |
| 5.6.5.1   | Distribución de los contaminantes en los conductores.....                        | 72        |
| 5.6.5.2   | Discusión sobre los resultados.....  | 72        |
| 5.6.6   | Otros estudios efectuados.....   | 73        |
| 5.6.7   | Conclusiones y recomendaciones.....  | 75        |
| 5.6.7.1   | Relación a las pruebas realizadas en el proyecto de estación de pruebas.         | 75        |
| 5.6.7.2   | Con relación a otros estudios.....   | 76        |
| 5.7   | Inspección de aisladores Poliméricos.....  | 77        |
| 5.7.1   | Introducción.....  | 77        |
| 5.7.2   | Resultados de la evaluación de aisladores.....                                   | 77        |
| 5.7.3   | Otros aisladores poliméricos instalados por ETECEN.....                          | 78        |
| 5.7.4   | Aislador silicónico NGK 251SF450SJW, instalado el 09/06/96.....                  | 79        |
| 5.7.5   | Aisladores poliméricos, instalado Torre 419 de la línea L215.....                | 79        |
| 5.8   | Resultados de las pruebas de sistemas de pintura.....                            | 80        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                                |  | <b>86</b> |
| <br><b>ANEXO A</b>  |  |           |
| Dibujos y Características de los Aisladores Ensayados en el Proyecto..... |  | 104       |
| <br><b>ANEXO B</b>  |  |           |
| Resultados de ESDD.....   |  | 107       |

|   |     |
|---|-----|
| <b>ANEXO C</b>  |     |
| Resultados de NSDD .....                              | 112 |
| <b>ANEXO D</b>  |     |
| Valores Corrientes de Fuga.....                       | 116 |
| <b>ANEXO E</b>  |     |
| Histogramas corrientes de fuga.....                   | 120 |
| <b>ANEXO F</b>  |     |
| Valor horario promedio.....                           | 124 |
| <b>ANEXO G</b>  |     |
| Análisis meteorológicos.....                          | 128 |
| <b>ANEXO H</b>  |     |
| Pruebas de laboratorio IREQ.....                      | 135 |
| <b>ANEXO I</b>  |     |
| Fotos aisladores contaminados.....                    | 141 |
| <b>ANEXO J</b>  |     |
| Gráficos de Parámetros Eléctricos en Laboratorio..... | 147 |
| <b>ANEXO K</b>  |     |
| Resultados de Análisis de campo y Laboratorio.....    | 151 |
| <b>ANEXO L</b>  |     |
| Fotos de Pruebas de campo.....                        | 155 |
| <b>PLANOS</b> .....                                   | 166 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....                             | 168 |

## PROLOGO

El propósito de este trabajo es la evaluación de diferentes tipos de aisladores incluyendo no solamente su capacidad para resistir ambientes de alta contaminación salina, carencia de lluvias y presencia de humedad, sino su facilidad de limpieza o lavado. Asimismo comprende diferentes tipos de materiales para líneas con el objetivo de identificar aquellas que soportan con más facilidad el ambiente salino, característico de la costa peruana. También comprende la evaluación de diferentes geometrías de conductor con el objetivo de identificar conductores que acumulan menos suciedad y/o sean fácilmente limpiados, así como de determinar la mejor pintura contra ambientes salinos.

Es importante mencionar que como era de esperarse, los resultados confirman el ambiente altamente agresivo por el cual atraviesan las líneas costeras de ETECEN. Sin embargo, se reitera que, a pesar de que se está presentando para el caso de aisladores, un orden de prelación mérito de comportamiento, consideramos demasiado prematuro emitir conclusiones precisas debido a que el programa está recién iniciándose.

El presente Informe está estructurado de tal forma que se puede analizar por temas específicos, tales como: aislamiento, corrosión, lavado de aisladores y tipos de pintura.

Para cada tema se presentan los resultados de las diversas pruebas y observaciones ejecutadas, los comentarios e información sobre los resultados, así como el programa detallado de las diversas pruebas a ser ejecutados.

Agradezco al Ing. Moisés Flores Tinoco con quién compartí parte de esta experiencia, además de la dirección de la presente tesis, con su invaluable apoyo prestado para la realización de este trabajo.

Agradezco a mi Alma Mater la Universidad Nacional de Ingeniería que me ha dado una formación profesional competitiva.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1.1 Generalidades**

El denominado "Estudio para la Reducción de Pérdida y Efectos Salinos en el Sistema de Transmisión Costero de ETECEN en 220 kV", concluido en octubre de 1996, analizó los dos problemas fundamentales de los cuales adolece el sistema de transmisión costero de ETECEN. El primero es el relacionado a las excesivas pérdidas transversales y el segundo, la severa corrosión causada por el ambiente marino - desértico por el cual atraviesa el sistema costero de transmisión de ETECEN.

Con relación a las pérdidas transversales, luego de extensivas medidas de alta precisión en dos secciones de línea, Paramonga - Chimbote (L2215) y Chiclayo - Piura (L-2238), se llegó a la conclusión que las excesivas pérdidas se debían fundamentalmente al efecto corona en los conductores causadas por la acumulación de suciedad en la superficie de los conductores. El estudio recomendó la investigación de metodologías para limpiar efectivamente los conductores, así como un programa paralelo de pruebas de laboratorio con el objetivo de evaluar diferentes diámetros de conductores y configuración con el propósito de identificar que tipo de conductor - configuración en un ambiente contaminado tendría menores pérdidas corona. Adicionalmente se recomendó estudiar en el campo diseños alternativos de conductores (compacto, aéreo Z), comparándolos al tipo convencional en relación a su facilidad de acumular suciedad y a su facilidad de limpieza.

Con relación al aislamiento, si bien es cierto que la contaminación en los aisladores no causaba pérdidas significativas, se concluyó que la excesiva contaminación en los aisladores no causaba pérdidas significativas, se concluyó que la excesiva contaminación en los aisladores era causada por los depósitos de suciedad del suelo trasladados por el estudio concluyó adicionalmente que los aisladores existentes en el sistema de transmisión costero de ETECEN en 220 kV, antifog de porcelana y vidrio, no son del tipo óptimo desde el punto de vista del ritmo de acumulación de la suciedad, la línea de fuga disponible y la frecuencia de lavado - limpieza requerido. En consecuencia, el estudio recomendó pruebas de campo de diseños alternativos de aisladores en las zonas críticas de las líneas estudiadas así como la construcción de una estación de pruebas adyacentes a la zona crítica de la línea L 238 para evaluar dichos diseños alternativos de aisladores, por un período mínimo de dos años. La elección de la localización de la zona crítica, obedeció fundamentalmente a las características especiales en dicha zona que hacen que apenas cuatro años de operación de la línea L2238, sus estructuras estén a punto de colapsar y la excesiva acumulación de suciedad en los aisladores que han obligado a siliconarlos.

Con relación al problema de corrosión, se recomendó para las zonas muy críticas el cambio de estructuras de acero por postes de madera y en otras zonas, en función de nivel e corrosión, el reemplazo de miembros y el pintado de la estructura en su conjunto. Asimismo, se recomendó el estudio en el campo de materiales y diseños alternativos de ferretería de líneas más resistentes a la corrosión así como la evaluación en el campo de la pintura recomendada.

## **1.2 Objetivo**

El objetivo fundamental del estudio será de:

- Determinar, bajo condiciones reales de campo, el mejor tipo de aislador a ser usado en el sistema de transmisión costero de ETECEN, minimizando los costos de inversión y mantenimiento.
- Identificar el tipo de conductor que acumula menos suciedad y que es fácil de limpiar.

- Identificar materiales alternativos de ferretería de líneas con comportamiento superior en ambientes corrosivos.
- Identificar en el campo el comportamiento del tipo de pintura recomendada.

### **1.3 Ubicación**

La estación de pruebas está construida adyacente a la Torre 128 de la línea en 220 kV Chiclayo – Piura, de propiedad de ETECEN. El acceso es directo, en buen estado y a través de un camino de acceso de aproximadamente 300 m. desde la Panamericana Norte. Se eligió esta torre por estar en una de las zonas de mayor contaminación. En la Fig. 1 se muestra la ubicación geográfica de los otros lugares donde se han instalados las muestras para su monitoreo.



## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCION**

#### **2.1.- Estación de Pruebas**

El plano N° PLAN-ESPR-001, presenta la vista de planta de la estación de pruebas incluyendo el diagrama unifilar de alimentación en alta, baja y mediana tensión.

La Estación de Pruebas fue construida adyacente a la torre 128 de la línea L-238 Chiclayo - Piura consta de las secciones siguientes:

- Una sección de alimentación.
- Una sección energizada para pruebas de aisladores.
- Una sección desenergizada para pruebas de :
  - Aisladores.
  - Ferretería de líneas.
  - Pinturas, correspondientes a los diferentes sistemas y tipos de pintura.
- Una estación meteorológica
- Un Laboratorio Móvil (Remolque)
- Una Plataforma Chloride Candle (Cloruro de Vela)

#### **2.1.1 Sección de Alimentación**

La sección de alimentación comprende la derivación desde la fase inferior de la torre 128 y la alimentación al transformador 200 KVA, 127 kV/240V/120V, vía un fusible. Los planos No PLAN-ESPR-002, PLAN-ESPR-003 , presentan las vistas y detalles concernientes a la zona de alimentación de la estación de pruebas.

Se alimenta de la fase inferior (Fase T) de la torre 128 de la línea 238, al transformador 200 KVA, 127 KV/240-120V, vía un fusible de alta tensión especialmente diseñado.

### **2.1.2 Sección Energizada**

La sección de pruebas de aisladores energizada comprende la alimentación en 14.4 kV a dicha sección y cinco emplazamientos (bays), donde se monitorearán las corrientes fuga de doce tipos de aisladores incluyendo los existentes. Los planos No. PLAN-ESPR-004 presentan las vistas y detalles de la zona energizada, con indicación y localización de cada tipo de aislador a ser monitoreado y la lista de materiales correspondientes a esta sección.

Es la sección que se encuentra energizada por un transformador de 14.4KV/220V y cinco sectores(bays), donde se monitorearán las corrientes de fuga de doce tipo de aisladores incluyendo los existentes en las líneas costeras.

### **2.1.3 Sección Desenergizada**

De igual forma la sección de pruebas de aisladores desenergizados comprende ocho emplazamientos (bays) (N, P, Q, R, S, T, U, V) para pruebas de contaminación periódicas (ESDD y NSDD) de ocho tipos de aisladores más un emplazamiento (WXYZ) para pruebas de contaminación y descargas al cumplirse dos años de exposición. El último emplazamiento corresponde a tres tipos de aisladores que creemos serán los más prometedores para las condiciones de la costa peruana. Los planos No. PLAN-ESPR-005, PLAN-ESPR-006 presentan las vistas y detalles de la zona desenergizada, con indicación y localización de cada tipo de aislador a ser monitoreado.

### **Pruebas de Aisladores**

Comprende ocho emplazamientos (bays) (N, P, Q, R, S, T, U, V) para pruebas de contaminación periódicas de Densidad de Deposito de Sal Equivalente(ESDD) y Densidad de Deposito de Sal No Solubles (NSDD) de ocho tipos de aisladores más

un emplazamiento (WXYZ) para pruebas de contaminación y descargas al cumplirse los dos años de exposición.

### **Pruebas de Ferretería**

La sección de pruebas de materiales para fines de corrosión consiste en tres emplazamientos (bays), una para probar la ferretería de acero con un galvanizado equivalente a  $1000 \text{ g/m}^2$ , la segunda para probar la ferretería de acero inoxidable y la tercera para probar la ferretería existente (galvanizado de zinc con un peso equivalente a  $600 \text{ g/m}^2$ ). Adicionalmente se ha previsto ejecutar pruebas de contenido de cloruro utilizando el procedimiento llamado "Chloride Candle". La vista en elevación de las instalaciones previstas para éstas pruebas están mostrados en los planos No PLAN-ESPR-005 y PLAN-ESPR-007 presentan los detalles y la lista de materiales para esta zona.

Comprende los materiales para fines de corrosión, el cual consiste en tres sectores (bays), la primera para probar ferretería de acero con galvanizado de  $1000\text{gr/m}^2$ , la segunda ferretería de acero inoxidable y la tercera para probar la ferretería estándar (galvanizado de  $600 \text{ gr/m}^2$ ).

Adicionalmente se harán pruebas de contenido de cloruro llamado "Chloride Candle" y "Climat Test".

### **Pruebas de Pinturas**

La sección de pruebas de pinturas comprende probar diferente sistemas y tipos de pintura que han sido instalados en el ultimo poste de la estación de pruebas, mediante un panel de crucetas de madera donde se han pintados perfiles en grado de corrosión 0, 2, 3 y 4, no se instalarán en otro lugar por considerar la Estación de Pruebas la zona de más alta corrosión.

#### **2.1.4 Estación Meteorológica**

La estación de pruebas cuenta con un equipo para medir y monitorear las condiciones ambientales como temperatura ambiental, punto de rocío, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, precipitación y radiación solar. Toda la

información recolectada será almacenada en la computadora localizado en el remolque. Su localización está mostrada en el plano PLAN-ESPR-004.

### **2.1.5 Laboratorio Móvil (Remolque)**

Equipado con aire acondicionado que contiene los equipos de laboratorio para ESDD, NSDD, CHLORIDE CANDLE y CLIMAT TEST así como la computadora que recibirá permanentemente la información de corrientes de fuga y meteorológica para análisis posteriores. Su localización se presenta en el plano No PLAN-ESPR-004.

Finalmente, se instaló un baño químico que incluyó inodoro y lavatorio, y una caseta para el guardián.

## **2.2. Instalación De Muestras En Zonas Críticas De LL.TT. Costeras**

Para fines comparativos de comportamiento en las zonas críticas de las líneas (ver Fig. 1 LLTT. Costeras), de los diferentes componentes ensayados, se han instalados muestras de conductores, aisladores y ferreterías en las siguientes zonas:

| <b>Línea</b>                   | <b>Tramo</b>  | <b>Zona</b>  |
|--------------------------------|---------------|--------------|
| L-238 Chiclayo-Piura           | T-124 a T-134 | MORROPE      |
| L-215 Paramonga-Chimbote       | T-18 a T-29   | CHIMBOTE     |
|                                | T-358 a T-366 | HUARMEY      |
| L-213 Zapallal - Paramonga     | T-825 a T-831 | ANCON        |
| L-207 San Juan - Independencia | T-126 a T134  | PUERTO VIEJO |

## **CAPITULO III METODOLOGIA**

### **3.1 Generalidades**

Se desarrollara la recopilación de información técnica de los materiales existentes, evaluación y monitoreo en campo de los materiales probados, así como las pruebas correspondientes por cada tipo de material.

### **3.2 Componentes**

Los materiales que serán probados en la estación de pruebas a lo largo de las líneas bajo estudio corresponden a:

- Aisladores de diferentes tipos y diseños
- Ferretería de línea incluyendo partes metálicas de aisladores, grapas y amortiguadores.
- Conductores
- Sistemas y Tipos de pintura

### **3.3 Pruebas Aislamiento**

#### **3.3.1 Aisladores No Cerámicos**

Los aisladores no cerámicos ofrecen la ventaja de tener un peso muy liviano, facilidad de instalación, resistencia al vandalismo y un comportamiento superior en ambientes contaminados debido a las propiedades hidrofóbicas del material polimérico. También se reconoció el desconocimiento con respecto al envejecimiento de los materiales poliméricos, en particular cuando se le expone a corrientes de fuga superficiales bajo condiciones de contaminación húmeda u otros factores de envejecimiento como los rayos solares, altas temperaturas y componentes químicos.

Cierta experiencia muy corta (dos años) de envejecimiento de aisladores EPDM en el Perú fue también identificada en el estudio de factibilidad junto con los problemas de algunos procedimientos "standard" de envejecimiento acelerado, incluyendo la especificación IEC standard 1109. A pesar de los informes sobre el comportamiento superior, con relación al envejecimiento de los aisladores poliméricos de caucho silicónico, se recomendó que una prueba de campo sea ejecutada en tres tipos de aisladores de caucho silicónico de tres fabricantes diferentes, sobre un periodo de dos años sin limpiarlos.

Para obtener un balance entre costo y validez estadística, cinco unidades, de cada uno de los tres fabricantes, sean instaladas en cada una de las zonas críticas de las líneas bajo estudio, adicionadas a las instaladas en la estación de pruebas. Incluyendo la estación de pruebas y cuatro zonas críticas, 75 unidades deberán ser instaladas. Medidas de ESDD en aisladores no cerámicos no son útiles debido a que la literatura nuestra que pruebas ESDD en aisladores poliméricos son pobremente correlacionadas con el envejecimiento y/o las descargas en los mismos. Un parámetro más útil es la corriente de fuga y en particular su correlación con el envejecimiento del material.

Inspección visual y fotografías serán efectuadas al final del año, sin embargo un análisis detallado de laboratorio de la superficie y del material mismo es necesario al final de los dos años de pruebas de campo a fin de evaluar los verdaderos efectos del envejecimiento del material y su impacto en su comportamiento a largo plazo. La situación inicial del material de los aisladores deberá ser efectuada al inicio de las pruebas para efectos de comparación subsecuente.

El programa de evaluación en el campo permitirá identificar la tendencia del envejecimiento en el material de los aisladores no cerámicos ensayados, el cual tendrá efectos negativos en su duración a largo término y comportamiento de esas unidades. Conjuntamente con las pruebas efectuadas en los aisladores cerámicos, ello va permitir una recomendación sobre bases sólidas con relación al tipo de

aislador más efectivo para el sistema de transmisión costero de ETECEN en 220kV incluyendo las zonas no críticas.

### **3.3.2 Aisladores Cerámicos**

Dentro de la clase general de aisladores cerámicos, el mejor aislador es el que da un nivel aceptable descargas al mínimo costo de inversión y operación. El nivel de descargas para un tipo particular de aislador está determinado por su ritmo de acumulación de contaminación en la superficie superior e inferior y la línea de fuga disponible en la cadena de aisladores. El costo de operación para un tipo particular de aisladores. El costo de operación para cada tipo particular de aisladores está determinado por la frecuencia de limpieza requerida para mantener un nivel de descargas adecuado.

Con el objetivo e comparar las características de acumulación (cantidad y ritmo de acumulación en la superficie superior e inferior), entre los diferentes tipos de aisladores, sus características de acumulación para los diferentes tipos de orientación de las cadenas(suspensión y anclaje), deberán ser comparadas en intervalos de tiempo fijos bajo condiciones de campo idénticas. Los excesivos niveles de contaminación observados n las líneas indican que medidas de campo deberán ser efectuadas como mínimo cada tres meses. mejores resultados son obtenidos con medidas más frecuentes, por ejemplo a un intervalos de medida de dos meses. Por esta la razón nuestro proyecto está basado en intervalos de medida de dos meses. La práctica normal de estudios de campo de contaminación de aisladores es el de efectuar medidas sobre un período de tres años para incluir variaciones anuales. Sin embargo, teniendo en cuenta el ritmo acelerado de acumulación depende de la estación del año, un período mínimo de estudio de un año es necesario para asegurarse que todas las estaciones del año son cubiertas. La estación de pruebas puede continuar operando por un año son cubiertas. La estación de pruebas puede continuar operando por un año más con el objetivo que ETECEN mejore la precisión de los resultados.

La construcción de una estación de pruebas en un área particular de contaminación severa, permite que los niveles de contaminación y el ritmo e

acumulación de contaminación sean medidos para diferentes tipos de aisladores a ser evaluados bajo idénticas condiciones ambientales. La orientación del aislador en la estación de pruebas será exactamente la misma que en la línea existente con relación al viento que prevalece y reconocerá la diferencia entre la orientación vertical y de anclaje en las cadenas de aisladores.

Experiencias publicadas muestran que la energización de cadenas de aisladores a voltajes operativos en corriente alterna tiene efecto mínimo sobre la distribución de contaminantes en la cadena de aisladores. En consecuencia información precisa en el nivel y el ritmo de contaminación pueden ser obtenidas en estaciones de pruebas desenergizadas.

Sin embargo, cuando se combina con un método para identificar los niveles de contaminación que causan descargas, un programa de monitoreo de corrientes de fuga, particularmente los picos de corrientes de descarga bajo condiciones de alta humedad y formación de bandas secas puede proporcionar valiosa información con relación a la distribución probabilísticas del pico de la corriente de fuga y la corriente de fuga pico asociada a una alta probabilidad de descarga. Sin embargo, el valor de esta información adicional deberá ser analizada en contraste con el costo adicional de operar una estación energizada y el equipo adicional para registrar las corrientes fuga.

Después que el tipo de aislador óptimo haya sido seleccionado basado en sus características de acumulación y en sus características de descargas públicas, su intervalo de limpieza será optimizado con el monitoreo de las corrientes de fuga en tiempo real como práctica operacional. Es recomendable considerar esta alternativa cuando el proyecto haya avanzado.

Recopilar información meteorológica durante la duración de las pruebas es fundamental, debido a que esta información permitirá correlacionar las condiciones ambientales con el ritmo de acumulación de los contaminantes. Cuando se incluyen la medida de corriente de fuga, la correlación entre las corrientes de fuga y las condiciones ambientales serán también muy útiles. Los parámetros importantes a

ser registrados en función del tiempo incluyen velocidad del viento y su dirección, humedad relativa, temperatura ambiente y precipitación.

El parámetro convencional de medida de la contaminación de aisladores es la densidad equivalente de depósito contaminante salino (ESDD). El ESDD es obtenido midiendo la conductividad de la solución contenida en los contaminantes retirados de la superficie del aislador y calculando la cantidad equivalente del cloruro de sodio (NaCl) que produce la misma conductividad. Procedimiento detallado para mediciones ESDD y NSDD, incluido en el anexo A.

Adicionalmente a las medidas de ESDD, la densidad de depósito no soluble (NSDD), afecta el voltaje de descarga del aislador bajo contaminación puesto que afecta la capacidad de la capa contaminante para retener agua. Medidas de NSDD en zonas desérticas son más importantes que en zonas de contaminación salina. En ambientes de costa marina NSDD combinados con ESDD pueden producir una condición severa. Para un nivel dado de ESDD, voltajes de descarga pueden ser reducidos hasta un 25 a 30% por la presencia de no solubles dependientes del NSDD. NSDD está correlacionado con la forma del aislador en un sitio específico para un tipo dado de aislador. En consecuencia NSDD no tiene que ser medido con la misma frecuencia que el ESDD para todos los tipos de aisladores. Una medida para cada tipo de aislador evaluado al completarse el año sería suficiente conjuntamente con la medida a cada intervalo de un solo tipo de aislador.

Para cada tipo de aislador a ser evaluado es importante asegurarse de la equivalencia aerodinámica con la cadena completa al voltaje de operación. La práctica usual es de no tener en cuenta las unidades al comienzo y al final de la cadena bajo prueba. Para cada tipo de aislador a ser probado tres cadenas de prueba serán instaladas en situaciones donde la orientación de la línea es fundamentalmente uniforme. Una cadena de pruebas en la orientación vertical o suspensión. Esta es la cadena primaria. Las otras cadenas están orientadas en la posición horizontal paralela a la orientación de la línea, las cadenas horizontales están orientadas opuestamente para simular ambas posibles posiciones en la línea real. Para la cadena vertical dos unidades de aisladores serán utilizadas para cada periodo de

pruebas previsto. Para la cadena horizontal, una unidad por muestra es requerida. Un intervalo de muestreo requerirá 12 unidades en orientación vertical y 6 en orientación horizontal para el periodo de estudio de un año o para un costo incremental pequeño, 24 unidades en la posición vertical y 12 unidades en la posición horizontal para el periodo adicional de estudio de un año. Incluyendo un aislador adicional al comienzo y al final de cada cadena, un programa de dos años requiere 26 unidades en la posición vertical y 14 unidades en la posición horizontal. Será necesario dejar un arreglo adicional de 26 unidades para cada tipo de aislador aerodinámico, antifog existente y superfog para ETECEN realice medidas completando el periodo de dos años.

Con el arreglo anterior, el muestreo deberá hacerse sin renovar la muestra de cadena de su ubicación. Dos métodos son disponibles para tomar las muestras, el primero utilizando un camión con escalera aérea móvil articulada especial para líneas. Como segunda alternativa un dispositivo para bajar sistemáticamente las cadenas a través de un sistema de cables, poleas y winchas el cual puede ser fácilmente manipulado por un hombre parado en el suelo. Este método es preferido por su bajo costo y efectividad.

Los aisladores existentes en el sistema de transmisión de ETECEN son los siguientes:

- L 207: Porcelana, antineblina, NGK, 120 kN, 267 mm x 165, línea de fuga de 419 mm.
- L 213/215: Porcelana, antineblina, NGK, 12kN, 254 mm x 146 mm, línea de fuga de 390mm.
- L 238: Vidrio, antineblina, ESA, 280 mm x 146mm, línea de fuga de 445mm.

El comportamiento de descargas de estas líneas son generalmente aceptables con un intervalo de limpieza de 3 a 4 meses, sin embargo, los aisladores antineblina utilizados presentan factores de forma que facilita la acumulación de contaminación traída por el viento en las faldas de porcelana de la superficie inferior del aislador. El informe de Factibilidad reconoció este fenómeno y

recomendó la evaluación de campo de otros tipos de aisladores cubriendo un amplio espectro que permita atacar el problema de contaminación en las condiciones costeras desérticas. Dichos aisladores son los siguientes:

- **Perfil Desértico aerodinámico:** Estos aisladores son diseños para facilitar su limpieza natural por el viento por lo que presentan suave perfil plano al flujo del viento. La línea de fuga se logra mediante un diámetro mucho más grande que el normal y su comportamiento eléctrico puede ser superior a los aisladores antineblina con más línea de fuga, en condiciones adecuadas. Adicionalmente la ausencia de faldas en la superficie inferior del aislador hacen que su lavado sea fácil y más efectivo.
- **Tipo Bastón (long rod):** Estos aisladores están también diseñados para tener un perfil aerodinámico que facilite su limpieza natural. Su diseño elimina las partes metálicas de las cadenas de aisladores, lo cual puede ser ventajoso en zonas de alta corrosión. Es importante mencionar que el comportamiento de estas unidades en condiciones de contaminación y humedad no han sido favorables.
- **Superfog de porcelana:** Son un desarrollo reciente de NGK en Japón. Ellos se caracterizan por un diámetro grande y faldas profundas con línea de fuga de 612 mm. por cada disco, cerca del 50% superior a las unidades convencionales. El principio es opuesto al de los aisladores aerodinámicos, logrando un comportamiento aceptable a través de una línea de fuga bien grande a pesar que su perfil facilita la acumulación de suciedad. Es posible que logre un buen comportamiento eléctrico sin lavarlos, lo cual sería difícil hacerlo debido a sus profundas faldas.

**Esmalte semiconductor (semi-conducting glaze):** Su diseño permite una corriente de fuga intencional la cual es suficiente para calentar uniformemente la superficie del aislador en la cadena previniendo la distribución de voltaje no uniformes durante condiciones humeas, lo cual impide la descarga. Este diseño tuvo inicialmente problemas en el esmalte. Sin embargo NGK del Japón ha comenzado a vender un nuevo esmalte semiconductor que según informaciones técnicas supera problemas anteriores. Es importante mencionar

que pérdidas entre 150 a 200 kW ocurren en una sección de línea de 500 torres usando unidades deben ser operadas muy cerca del voltaje nominal de diseño por aislador con el objetivo que el calentamiento del esmalte sea efectivo.

Es posible que uno de los aisladores mencionados muestre un comportamiento superior en la costa peruana, que los aisladores existen. Los aisladores aerodinámicos son propiedades de auto-limpieza podrían acumular baja contaminación que pueda tener mejor comportamiento eléctrico y requerir menos limpieza a pesar de su baja líneas de fuga específica. Resultados similares podrían ser esperados para el aislador tipo bastón. Por otro lado la alta línea de fuga de los aisladores superfog podría más que compensar el aumento de la acumulación de contaminación en sus faldas. Adicionalmente, la evaluación de aisladores tipo desértico, tipo superfog y esmalte semiconductor, podrían resultar en una significativa reducción de la necesidad de lavado.

Mientras que medidas de la cantidad y ritmo de acumulación de contaminantes correlacionado con las condiciones ambientales, es el objeto central del estudio, una correlación simultánea con medidas de corrientes de fuga ayudará a identificar el nivel de contaminación necesario para que se produzca una descarga. Calibración de los resultados de la estación de pruebas con los otros de zonas críticas de las líneas bajo estudio, es necesario que el éxito del estudio. Mientras que la susceptibilidad relativa de contaminación entre los diferentes tipos de aisladores permanecerá similar de un lugar al otro, el ritmo de contaminación absoluto podría diferir dependiendo de la severidad del lugar y el valor absoluto ESDD/NSDD podría variar entre lugares debido a las diferencias de composición de los suelos.

En el estudio de factibilidad identifico cinco zonas con severas condiciones fueron identificadas. Ellas son:

| <b>LL.TT</b>                    | <b>N°<br/>TORRE</b> | <b>TRAMO</b>                   | <b>ZONA</b>                           |
|---------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Chimbote - Paramonga<br>(L-215) | 511                 | T-001 a T-036<br>T-300 a T-360 | P.J. Buenos Aires<br>Pampa las Zorras |
| Paramonga - Zapallal (L213)     | 397                 | T-805 a T-860                  | Variante Pasamayo                     |
| Lima - Pisco (L207)             | 503                 | T-100 a T-150                  | Puerto Viejo<br>Morrope/Pampa Palo    |
| Chiclayo - Piura (L238)         | 463                 | T100 a T-150                   | Grueso.                               |

Para tener en consideración los cambios de lugar de las zonas críticas, solamente será necesario medir la acumulación ESDD/NSDD de los dos tipos de aisladores extremos bajo evaluación (Desértico y superfog) después de seis meses y un año de exposición en las cinco zonas críticas y correlacionar estas medidas con el resultado de la estación de pruebas de todos los tipos de aisladores probados. Al mismo tiempo los niveles de contaminación medios y los ritmos de acumulación en las zonas de pruebas serán juntadas con las características de descarga actual para cada tipo de aislador estudiado, evaluando el voltaje de descarga de cadenas expuestas a contaminación natural. Ambos objetivos pueden ser obtenidos instalando unidades de diferentes tipos desenergizados en la orientación vertical en el circuito de reserva en una torre seleccionada en dichas zonas.

Con el objeto de evaluar el voltaje de descarga calibrado al valor medido de contaminación acumulada para cada tipo de aislador, cadenas de 8 tipos básicos (excepto el esmalte semiconductor) pueden ser colgados con un arreglo apropiado en un torre en el lado del circuito no utilizado de una torre de la línea L-238, adyacente a la estación de pruebas. Al final del año, las muestras serán removidas y enviadas a un laboratorio de alta tensión para ser evaluación de las tensiones de descarga. Un total de 11 unidades en suspensión se recomienda por cadena para esta evaluación, una unidad a cada extremo es considerada solo por equivalencia autodinámica, cinco para la prueba de descarga y dos grupos adicionales de dos

para medidas ESDD/NSDD al final del mes seis y en las unidades 6 y 12 meses respectivamente, con el propósito de calibrar la estación de pruebas. Adicionalmente una cadena de prueba corta para cada tipo, tipo desértico y superfog, pueden ser instalados en una torre específica en cada una de las zonas críticas. Esas cadenas consistirán en un mínimo de 6 unidades. En las unidades 2 y 3 se medirán ESDD/NSDD al final del mes seis y en las unidades 4 y 5 al final del año. Análisis de información meteorológica de base horaria en zonas cerca de Piura, Chiclayo, Lima y Pisco pueden permitir una comparación cualitativa con la información detallada registrada en la estación de pruebas.

Con el objetivo de evaluar la facilidad de limpieza de los diferentes tipos de aisladores a probarse, cadenas completas serán colgadas en cada fase en la posición vacante de línea L238 cerca de la estación de pruebas.

Con el objeto de evaluar la facilidad de limpieza de los diferentes tipos de aisladores a probarse, cadenas completas serán colgadas en cada fase en la posición vacante de línea L238 cerca de la estación de pruebas. Se instalarán cadenas a plena longitud de los cinco nuevos tipos de aisladores y los tres actualmente en uso. Para esos cinco tipos, cinco torres son requeridas. Esas unidades deberán ser dejadas sin tocarse por los menos seis meses para la prueba de limpieza, se examinarán las cadenas desde el camión - grúa o bajando la cadena con winches y la torre, tomándose fotografías antes y después del lavado. Los resultados ayudarán a mejorar los procedimientos de mantenimiento.

Los resultados obtenidos en las diferentes secciones de la línea y en la estación de pruebas, permitirán identificar lo siguiente:

- a) El tipo de aislador que acumula menos contaminación en relación con los otros, considerando tanto la superficie como inferior de los aisladores.
- b) El tipo de aislador que tiene el tiempo más largo de descarga en condiciones equivalentes de contaminación.

- c) El nivel de contaminación por encima del cual se tiene una alta probabilidad de descarga dado condiciones apropiadas de humedad.
- d) Para cada tipo de aislador, el intervalo de tiempo recomendado para su lavado, considerando niveles de contaminación y condiciones ambientales.
- e) La distribución de la frecuencia de las corrientes de fuga correlacionadas con las condiciones ambientales y la probabilidad de descarga para cada tipo de aislador.

### **3.3.3 Medidas NSDD y ESDD**

DESSAU recomienda como opción un programa adicional de medidas de la Densidad de los Depósitos No Solubles (NSDD) por razones descritas en secciones anteriores. Medidas NSDD pueden ser ejecutadas directamente con el agua que sobra de las pruebas ejecutadas ESDD. Proponemos que muestras de ESDD sean enviadas a Canadá para efectuar las pruebas NSDD.

Medidas NSDD serían ejecutadas al final del primer año de exposición de los ocho tipos de aisladores en la estación desenergizada (cadenas verticales solamente, superficie superior e inferior) y para un solo tipo en cada uno de los seis intervalos de medidas. Se efectuarán medidas NSDD en 25 muestras.

Adicionalmente, muestras NSDD serán tomadas a los seis meses del año de las ocho cadenas propuestas a ser expuestas con el objetivo de efectuar pruebas de descarga en el laboratorio, en el circuito libre de la línea L238, cerca de la estación de pruebas ello representa un adicional de 8 muestras.

Finalmente, muestras serán tomadas a los seis meses del año de las dos cadenas propuestas a ser expuestas para fines de calibración en las zonas críticas de las líneas L213, L215 y L207. Ello representa 10 muestras adicionales.

### **3.3.4 Pruebas de Lavado**

Dos conjuntos de muestras para pruebas se instalarán en la línea Chiclayo – Piura L-238 de ETECEN, torres 124, 125, 126 y 127, para evaluar la calidad de la técnica de lavado que actualmente ETECEN esta usando para limpiar los aisladores de la contaminación acumulada y la facilidad de acumulación de contaminantes de los diferentes tipos de aisladores probados. El primer conjunto de muestras (torres 124 y 125) será lavado a los seis meses de exposición natural y el segundo conjunto (torres 126 y 127) a los 12 meses de exposición natural. El mismo ciclo se seguirá para el segundo año de exposición.

El siguiente procedimiento debe seguirse para realizar el lavado de cada conjunto de muestras de aisladores:

- a) Verificar cuidadosamente la dirección de cada aislador. Una marca debe ser hecha o el posicionamiento del aislador debe estar en la misma dirección. El uso de marcadores podrá ser usado para ese propósito.
- b) Bajar al suelo el grupo de aisladores de prueba poniendo atención de no alterar la condición de los contaminantes.
- c) Tomar fotos mostrando la condición de los contaminantes
- d) Antes del lavado de la primera cadena, proceder con el muestreo de los contaminantes en la unidad N° 4 (Pruebas ESDD). Una primera muestra será tomada desde la superficie superior. Una segunda muestra será tomada sobre la superficie inferior. Efectuando para ambas superficies, la prueba ESDD de dicho aislador.
- e) Cubrir las 3 cadenas de aisladores restantes con un cobertor plástico para prevenir que el agua salpique a las otras cadenas.
- f) Elevar la cadena de aisladores a un nivel equivalente a las condiciones normales de lavado usadas por ETECEN, ejemplo lateral y vertical.
- g) Amarrar las cadenas de aisladores a un sistema de anclaje apropiado para simular las condiciones en la línea.
- h) Lavar la cadena de acuerdo al procedimiento utilizado por ETECEN.

- i) Tomar muestras de contaminantes en las unidades N° 2 y 3 para efectuar pruebas ESDD. Una primera muestra será tomada de la superficie superior. Una segunda muestra será tomada de la superficie inferior de acuerdo al método. La prueba ESDD será hecha en esos aisladores para ambas superficies.
- j) Proceder de la misma forma para las siete cadenas restantes
- k) Una vez concluido el proceso, las cadenas retornan a su posición original.
- l) Revisar para asegurarse que la dirección de las cadenas es la apropiada (original).

### 3.3.5 Medidas de Corrientes de Fuga en 14.4kV

Se instalaron 32 canales de registros dentro del remolque climatizado, en el mismo campo de la estación de pruebas (emplazamiento N° 1) cerca de la torre 128, línea de transmisión L-238 Chiclayo-Piura (fig. 1), para medir el valor pico de los impulsos de corriente de fuga sobre cadenas de aisladores cerámicos y silicónicos, instalados verticalmente o horizontalmente (superficie superior de los aisladores orientados sea en la dirección Este u Oeste) y alimentados en 14.4 kV fase-tierra



Fig.2: Registro de Corrientes de Fuga de 32 Canales situados en la Estación de Pruebas.

### **3.3.6 Pruebas de Descargas en Laboratorio**

Los resultados de los niveles de contaminación medidos en la estación de corrientes de fuga medidas en la estación energizada serán analizadas juntas y completadas por una prueba denominada "clean fog minimum flashover" ejecutado en un a unidad de cinco aisladores ensayados, en un laboratorio especializado.

Ocho cadenas serán instaladas en una torre apropiadamente puesta en el circuito libre de línea L238 adyacente a la estación de pruebas tal que mostrado en la figura N° 4-10. Las cadenas consistirán en unidades de 11 aisladores cada una. Ellas permanecerán expuestas a las condiciones naturales de 11 aisladores cada una. Ellas permanecerán expuestas a las condiciones naturales por el primer año de operación de la estación. Medidas de ESDD serán tomadas en las unidades número 9 y 10 a los seis meses y en las unidades 2 y 8 al año. Unidades 3 a 7 serán enviadas a Canadá para pruebas al final del año. Unidades de 1 y 11 permanecerán sin ser usadas y servirán para proveer equivalencia aerodinámica a la cadena. Pruebas NSDD pueden ser ejecutadas tal que recomendado. Para las zonas críticas de las otras líneas igualmente se instalarán 10 cadenas de aisladores, siguiéndose el mismo procedimiento y efectuándose pruebas de descarga.

## **3.4 Pruebas de Corrosión**

### **3.4.1 Clasificación ISO 9225 del sitio de Pruebas**

Con relación a la corrosión, existen tres (3) factores importantes que influyen la corrosividad de la atmósfera:

- El tiempo de humedad: número de horas por año con humedad relativa superior al 80%;
- Intensidad de depósito de SO<sub>2</sub>, no aplicable en nuestro caso ;
- Depósito de CL – en mg/m<sup>2</sup> - día, tal que medido en la prueba de Vela de Cloruro.

Dichos factores, nos permiten clasificar a la atmósfera de la zona bajo estudio, de acuerdo a la escala internacional siguiente:

| <b>CLASIFICACIÓN</b> | <b>CORROSIVIDAD</b> |
|----------------------|---------------------|
| C1                   | Muy bajo            |
| C2                   | Bajo                |
| C3                   | Promedio (moderado) |
| C4                   | Alto                |
| C5                   | Muy alto            |

Los dos factores medidos y que nos permiten clasificar la atmósfera de un sitio, son:

**Tiempo de Humedad (Humedad Relativa > 80%)**

| <b>Clasificación</b> | <b>Horas por año</b>    | <b>% de tiempo</b>  |
|----------------------|-------------------------|---------------------|
| t <sub>1</sub>       | $t \leq 10$             | $t \leq 0.1$        |
| t <sub>2</sub>       | $10 \leq t \leq 250$    | $0.1 \leq t \leq 3$ |
| t <sub>3</sub>       | $250 \leq t \leq 2500$  | $3 \leq t \leq 30$  |
| t <sub>4</sub>       | $2500 \leq t \leq 5500$ | $30 \leq t \leq 60$ |
| t <sub>5</sub>       | $5500 < t$              | $60 < t$            |

**Índice de depósito de Cl' (Vela de Cloruro, ISO 9225)**

| <b>Categoría</b> | <b>Mg/cm<sup>2</sup>.dia</b> |
|------------------|------------------------------|
| S <sub>0</sub>   | $S \leq 3$                   |
| S <sub>1</sub>   | $3 \leq S \leq 60$           |
| S <sub>2</sub>   | $60 \leq S \leq 300$         |
| S <sub>3</sub>   | $300 \leq S \leq 1500$       |

**3.4.2 Prueba de Vela de Cloruro (Prueba Chloride Candle)**

De acuerdo con la Norma ISO 9225, la prueba de Vela de Cloruro es usada para medir los valores de salinidad como un factor de intensidad de depósito de cloruro expresado en mg/m<sup>2</sup> por día.

Tal como está descrito en la norma ISO 9225, (Corrosión de metales y aleaciones – corrosividad de atmósfera – medidas de contaminación), las pruebas Vela de Cloruro consisten en la exposición por un período de 30 días de una gasa de 100 cm<sup>2</sup> remojada en una solución de glicerol y expuesta al viento prevaleciente. En las fotos que se anexan se muestran las unidades de Vela de Cloruro tal y cual fueron instaladas en la estación de pruebas.

La clasificación de la atmósfera, para la Chloride Candle, tal que especificada en la norma ISO 9225 es la siguiente:

|     |            |                      |                |
|-----|------------|----------------------|----------------|
| S   | ≤ 3        | mg/m <sup>2</sup> .d | S <sub>0</sub> |
| 3   | ≤ S ≤ 60   | mg/m <sup>2</sup> .d | S <sub>1</sub> |
| 60  | ≤ S ≤ 300  | mg/m <sup>2</sup> .d | S <sub>2</sub> |
| 300 | ≤ S ≤ 1500 | mg/m <sup>2</sup> .d | S <sub>3</sub> |

Muestras fueron recogidas por ETECEN luego de un período de exposición de 30 días. (El día 17 de cada mes), fueron lavadas nuevamente con una solución de glicerol, analizadas en el lugar por el equipo de Titration, calculadas y enviadas por fax al Canadá.

### 3.4.3 Prueba Climat

La práctica estándar ASTM G116, cuya copia se anexa cubre la “prueba de alambre atado a un perno para corrosión atmosférica galvánica”. Esta prueba es conocida bajo el nombre de CLIMAT (Clasificación Industrial y Atmósferas Marinas) para determinar el nivel de corrosión atmosférico.

La práctica consiste en envolver un alambre que es el ánodo alrededor de las roscas de un perno que es el material catódico y exponer dicho ensamble a la atmósfera, determinando la pérdida de masa del alambre ánodo después de la exposición.

El tamaño reducido del alambre combinado con la distancia corta de interacción galvánica a una exposición atmosférica, da una relación de área-cátodo

a ánodo grande el cual acelera el ataque galvánico. Por esta razón, esta práctica con un período típico de exposición de 90 días, es la prueba más rápida de corrosión galvánica atmosférica.

Un (1) metro de longitud de alambre ánodo es pesado e instalado en las roscas del perno. Después de un período de exposición de 90 días las muestras son retiradas, limpiadas en el laboratorio siguiendo estrictamente la práctica del estándar ASTM G1 para materiales envueltos y pesados nuevamente.

La pérdida de masa por unidad de longitud de cable es luego calculado y referenciado a un período de exposición de 90 días.

Índice de medida de corrosividad es igual a

$$\frac{\text{Pérdida de masa/m}}{\text{Peso del alambre antes de la exposición}} \times 100$$

#### **3.4.4 Retiro de muestras de Ferreterías**

A comienzos de Marzo de 1999, ferretería de línea consistente en acero inoxidable, en acero galvanizado estándar y acero galvanizado de 1000 g/m<sup>2</sup> fueron instalados en la parte no energizada de la estación de pruebas en la torre T-128 de la Línea Lima-Chiclayo.

De acuerdo con el programa previsto, como se puede apreciar en el cronograma que se anexa, las muestras tienen que ser visualmente examinadas y algunas de ellas recogidas para ser enviadas a nuestros laboratorios en Canadá para una investigación más detallada.

El programa establecido se basa en la Norma ASTM G50, Práctica para Pruebas de Corrosión Atmosférica de Metales, la cual especifica los períodos de recojo. Debido al acelerado nivel de corrosión de la zona, el período de recojo ha sido reducido a 6, 12 y 24 meses.

Las muestras están al frente de los vientos que prevalecen y están expuestas a una elevación de 20 metros.

En adición a la ferretería expuesta en la estación de pruebas, otras cadenas de suspensión han sido instaladas en zonas críticas de otras líneas específicamente en la Líneas L215, L207 y L213. En el plano PLAN-ESPR-012 se muestra la forma como se han instalado dichas muestras.

### **Retiro de Muestras**

El primer retiro de muestras tendrá como objetivo realizar un examen visual. Luego algunas muestras deberán ser recogidas para exámenes de laboratorio y el resto deberán ser nuevamente subidas para continuar con otro período de exposición de 6 meses.

Las muestras de ferretería deben ser enviadas al Canadá, conjuntamente con las muestras patrones no expuestas las cuales han sido guardadas como referencia desde el comienzo de las pruebas.

### **Análisis de laboratorio**

Después de la recepción de las muestras de ferretería de línea en el Canadá, un examen visual cerrado debe ejecutarse y así como tomar varias fotos para referencias futuras. Las muestras serán también almacenadas y selladas en bolsas de plástico especiales para referencias futuras. Fotos con descripción son mostradas en anexo.

### **3.5 Prueba de Conductores**

Con relación de las pérdidas excesivas por efecto corona, el estudio de factibilidad recomendó pruebas de laboratorio y pruebas de campo. Con relación a las pruebas de laboratorio, ellas consistirán en evaluar las pérdidas coronas de conductores contaminados, de diferentes diámetros y configuraciones, con el objeto de obtener el diámetro - configuración que arroje menos pérdidas corona en ambientes contaminados similares a los existentes a lo largo de la línea.

En vista que, según los cálculos teóricos, aún conductores de mayor diámetro arrojan pérdidas coronas relativamente altas en ambientes contaminados. Se recomendó que ETECEN ejecute un estudio con el objetivo de identificar metodologías de limpieza de conductores como práctica de mantenimiento. Se recomendó igualmente que la metodología igualmente que la metodología final fuese mecanizada. Dadas estas circunstancias se recomendó también que pruebe en el campo otros tipos de conductores con el objetivo de identificar el tipo de conductor que acumule menos suciedad y sea fácil de limpiar.

### 3.5.1 Metodología de Acumulación de Contaminación

Se instalara, en cada sitio, una cruceta con tres tipos de conductores expuestos a las condiciones naturales del medio ambiente. Las tres muestras de conductores observadas, luego de un año de exposición natural, son las siguientes

| <b>Denominación conductor</b>    | <b>Conductor A</b> | <b>Conductor B</b>     | <b>Conductor C</b>    |
|----------------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| Característica<br>Tipo           | Cableado<br>AAAC   | Trapezoidal<br>AAAC/TW | Aero Z<br>AAAC/AereoZ |
| Tipo de aluminio                 | 6101               | 6200                   | 6101 optimizado       |
| Diámetro mm                      | 31.05              | 31.05                  | 31.05                 |
| Area de aluminio mm <sup>2</sup> | 570                | 683                    | 683                   |
| Masa (kg/m)                      | 1574               | 1878                   | 1878                  |
| Carga de rotura kN               | 183                | 229                    | 171                   |
| Resistencia CC 20°C, Ω/km        | 0.0582             | 0.0472                 | 0.045                 |

### 3.5.2 Información concerniente a condiciones de exposición

Las condiciones de exposición de los conductores fueron indicativas para determinar el tipo de contaminantes presentes en el área. Una evaluación de los diferentes factores que afectan a los conductores, tales como dirección del viento, tipo de contaminación en el área ej.: industrial, natural (viento, sol, lluvia, humedad y mar) y terrenos agrícolas, son condiciones que se tienen en consideración.

### **3.5.3 Inspección visual de los conductores**

La inspección visual consiste en tomar notas de los depósitos en los conductores, el grado de contaminación en función a las diferentes condiciones de exposición. La inspección visual también incluye la toma de fotos mostrando ejemplos de depósitos en la superficie de los conductores.

### **3.5.4 Medidas de densidad de los contaminantes**

Se hicieron marcas en los conductores a una distancia de 50 cm representando el área de superficie para el recojo de los contaminantes. Los contaminantes fueron recogidos del conductor usando una esponja húmeda. Luego la solución fue trasladada en una jarra y luego filtrada, para obtener el peso neto de los depósitos. Luego un factor de corrección fue aplicado para la humedad relativa para cuidar la diferencia entre el peso inicial del papel y el peso en el momento de medir los depósitos.

Se utilizó agua demineralizada para las pruebas. La esponjas utilizadas para el recojo de depósitos fueron las mismas que se utilizaron para la prueba ESDD con los aisladores.

### **3.5.5 Limpieza de Conductores**

Después de recoger todos los contaminantes, se realizó una prueba de limpieza para determinar el grado de adherencia de los depósitos en los conductores. Para éste propósito se utilizó un cepillo de alambres de acero.

## **3.6 Pinturas contra la Corrosión en las Zonas Críticas**

En función de la experiencia adquirida en el proyecto de protección de torres actualmente bajo ejecución, se identificaron cinco sistemas de pintura a ensayarse. La Tabla N° 1 presenta los cinco sistemas de pintado propuestos. Dichos sistemas serán aplicados sobre muestras de perfiles debidamente seleccionadas con niveles de corrosión 0 (NC0), nivel de corrosión 2 (NC2), nivel de corrosión 3 (NC3) y

nivel de corrosión 4 (NC4). Las superficies de los perfiles previamente seleccionados, clasificados, cortados y perforados para el montaje, se prepararon adecuadamente según el procedimiento standard SSPC-SP3 (mecánico) donde era factible, SSPC-SP2 donde no podía ejecutarse mecánicamente y SSPC-SP1 para los perfiles nuevos (NC0). Previo al pintado y luego de la preparación de superficie, se lavaron los perfiles con la solución de CHLOR\*RID, producto removedor de sales biodegradable y posteriormente se ejecutó el control de contenido de sales con el método del Parche Bresley.

Inmediatamente después del lavado se procedió a la aplicación de los sistemas de pintado de acuerdo al programa preestablecido y detallado en la Tabla N° 2 dejándo secar las muestras pintadas 24 horas, para posteriormente realizar el izamiento de las crucetas mediante poleas instaladas sobre el poste P-24 de la estación de pruebas.

Las muestras fueron debidamente codificadas en función del número de la misma, el sistema de pintura utilizado, el nivel de corrosión y el espesor de pintura a aplicarse. La Tabla N° 3 presenta los códigos asignados para cada muestra y sistema de pintura utilizado.

Cabe mencionar que todas las pruebas de pinturas fueron realizadas siguiendo estrictamente lo indicado en las hojas técnicas de cada uno de los fabricantes. Así mismo durante los procesos se realizaron controles de calidad con los distintos equipos necesarios para una buena ejecución de los trabajos.

**TABLA N° 3.1 – SISTEMA DE PINTADO****Sistema N° 1**

- Preparación de superficie SSPC –SP3
- Lavado con solución de CHLOR \* RID.
- Pintado 1ra. Capa, 17G120 Color Verde alquídico
- Pintado 2da. Capa, 17G120 Color Gris alquídico

CHLOR\*RID INTERNATIONAL-  
USA  
AMERON-USA  
AMERON-USA

**Sistema N° 2**

- Preparación de superficie SSPC –SP3
- Lavado con solución de CHLOR \* RID.
- Pintado 1ra. Capa, PRIMER 13F22 alquídico
- Pintado 2da. Capa, 17G120 Color Gris alquídico

CHLOR\*RID INTERNATIONAL-  
USA  
AMERON-USA  
AMERON-USA

**Sistema N° 3**

- Preparación de superficie SSPC –SP3
- Lavado con solución de CHLOR \* RID.
- Pintado con Sher mil 800 Aluminio Epóxico

CHLOR\*RID INTERNATIONAL-  
USA  
SHERWIN WILLIAM-PERU

**Sistema N° 4**

- Preparación de superficie SSPC –SP3
- Lavado con solución de CHLOR \* RID.
- Pintado con Amerlock 400 – Color Aluminio Epóxico

CHLOR\*RID INTERNATIONAL-  
USA  
AMERON-PERU

**Sistema N° 5**

- Preparación de superficie SSPC –SP3
- Lavado con solución de CHLOR \* RID.
- Pintado 1ra. Capa, con zinc E303 epóxico
- Pintado 2da. Capa, 17G120 Color Gris alquídico

CHLOR\*RID INTERNATIONAL-  
USA  
TECNOQUIMICA-PERU  
AMERON-USA

**Sistema N° 6**

- Preparación de superficie SSPC/SP2 – SSPC/SP3
- Lavado con solución de CHLOR\*RID.

CHLOR\*RID INTERNATIONAL  
USA

- Tripolar FERRIE PRIRER KL6000 KEELER & LONG-USA
- ANADIC SELF PRIRER KL4400F KEELER & LONG-USA

Nota.-

SSPC: Steel Structures Painting Council – Concejo de Pintores de Estructuras de Acero

SP: Preparación de superficies

Donde físicamente no sea posible utilizar el método de preparación de superficie SSPC-SP3, utilizar el SSPC-SP2. Utilizar SSPC-SP1 para los perfiles nuevos (NC0)

**TABLA 3.2 - PROGRAMA DE PINTURA**

| SISTEMA                      | CAPAS                 | NC0                | NC1                | NC2                | NC3                 | NC4                 | NC4             | NUMERO DE MUESTRAS | PREPARACION SUPERFICIE |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------------------|
| SISTEMA No 1                 | 1era Capa<br>2da Capa | NO<br>3MILS, 6MILS | NO<br>3MILS, 6MILS | NO<br>4MILS, 8MILS | NO<br>5MILS, 10MILS | NO<br>5MILS, 10MILS | 6MILS<br>9MILS  | 18                 | SSPC-SP3<br>SSPC-SP3   |
| SISTEMA No 2                 | 1era Capa<br>2da Capa | NO<br>NO           | NO<br>NO           | NO<br>NO           | NO<br>NO            | NO<br>NO            | 3MILS<br>10MILS | 2                  | SSPC-SP3               |
| SISTEMA No 3                 | Una Capa              | 3MILS, 6MILS       | 3MILS, 6MILS       | 4MILS, 8MILS       | 4MILS, 8MILS        | NO                  | 4MILS, 8MILS    | 16                 | SSPC-SP3               |
| SISTEMA No 4                 | Una Capa              | 3MILS, 6MILS       | 3MILS, 6MILS       | 4MILS, 8MILS       | 4MILS, 8MILS        | NO                  | 4MILS, 8MILS    | 16                 | SSPC-SP3               |
| SISTEMA No 5                 | 1era Capa<br>2da Capa | NO<br>NO           | NO<br>NO           | NO<br>NO           | NO<br>NO            | NO<br>NO            | 3MILS<br>10MILS | 2                  | SSPC-SP3               |
| SISTEMA No 6<br>'KEELER&LONG | 1era Capa<br>2da Capa | NO<br>3MILS, 6MILS | NO<br>3MILS, 6MILS | NO<br>4MILS, 8MILS | NO<br>5MILS, 10MILS | NO<br>5MILS, 10MILS | 6MILS<br>9MILS  | 18                 | SSPC-SP3               |

**TABLA N° 3.3**  
**PROGRAMA DE PINTURA Y NUMERO DE MUESTRAS**

| <b>CODIGO</b>    | <b>NUMERO DE MUESTRA</b> | <b>NUMERO DE SISTEMA</b> | <b>NIVEL DE CORROSION NC</b> | <b>ESPESOR DE PINTURA MILS</b> |
|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| <b>SISTEMA 1</b> |                          |                          |                              |                                |
| 1-103            | 1                        | 1                        | 0                            | 3                              |
| 2-103            | 2                        | 1                        | 0                            | 3                              |
| 3-106            | 3                        | 1                        | 0                            | 6                              |
| 4-106            | 4                        | 1                        | 0                            | 6                              |
| 5-124            | 5                        | 1                        | 2                            | 4                              |
| 6-124            | 6                        | 1                        | 2                            | 4                              |
| 7-128            | 7                        | 1                        | 2                            | 8                              |
| 8-128            | 8                        | 1                        | 2                            | 8                              |
| 9-135            | 9                        | 1                        | 3                            | 5                              |
| 10-135           | 10                       | 1                        | 3                            | 5                              |
| 11-1310          | 11                       | 1                        | 3                            | 10                             |
| 12-1310          | 12                       | 1                        | 3                            | 10                             |
| 13-145           | 13                       | 1                        | 4                            | 5                              |
| 14-145           | 14                       | 1                        | 4                            | 5                              |
| 15-1410          | 15                       | 1                        | 4                            | 10                             |
| 16-1410          | 16                       | 1                        | 4                            | 10                             |
| 17-1415          | 17                       | 1                        | 4                            | 15                             |
| 18-1415          | 18                       | 1                        | 4                            | 15                             |
| <b>SISTEMA 2</b> |                          |                          |                              |                                |
| 1-2413           | 1                        | 2                        | 4                            | 13                             |
| 2-2413           | 2                        | 2                        | 4                            | 13                             |
| <b>SISTEMA 3</b> |                          |                          |                              |                                |
| 1-303            | 1                        | 3                        | 0                            | 3                              |
| 2-303            | 2                        | 3                        | 0                            | 3B                             |
| 3-306            | 3                        | 3                        | 0                            | 6                              |
| 4-306            | 4                        | 3                        | 0                            | 6                              |
| 5-324            | 5                        | 3                        | 2                            | 4                              |
| 6-324            | 6                        | 3                        | 2                            | 4                              |
| 7-328            | 7                        | 3                        | 2                            | 8                              |
| 8-328            | 8                        | 3                        | 2                            | 8                              |
| 9-334            | 9                        | 3                        | 3                            | 4                              |
| 10-334           | 10                       | 3                        | 3                            | 4                              |
| 11-338           | 11                       | 3                        | 3                            | 8                              |
| 12-338           | 12                       | 3                        | 3                            | 8                              |
| 13-344           | 13                       | 3                        | 4                            | 4                              |
| 14-344           | 14                       | 3                        | 4                            | 4                              |
| 15-348           | 15                       | 3                        | 4                            | 8                              |
| 16-348           | 16                       | 3                        | 4                            | 8                              |
| <b>SISTEMA 4</b> |                          |                          |                              |                                |
| 1-403            | 1                        | 4                        | 0                            | 3                              |
| 2-403            | 2                        | 4                        | 0                            | 3                              |
| 3-406            | 3                        | 4                        | 0                            | 6                              |
| 4-406            | 4                        | 4                        | 0                            | 6                              |
| 5-424            | 5                        | 4                        | 2                            | 4                              |
| 6-424            | 6                        | 4                        | 2                            | 4                              |
| 7-428            | 7                        | 4                        | 2                            | 8                              |
| 8-428            | 8                        | 4                        | 2                            | 8                              |
| 9-434            | 9                        | 4                        | 3                            | 4                              |
| 10-434           | 10                       | 4                        | 3                            | 4                              |
| 11-438           | 11                       | 4                        | 3                            | 8                              |
| 12-438           | 12                       | 4                        | 3                            | 8                              |
| 13-444           | 13                       | 4                        | 4                            | 4                              |
| 14-444           | 14                       | 4                        | 4                            | 4                              |
| 15-448           | 15                       | 4                        | 4                            | 8                              |
| 16-448           | 16                       | 4                        | 4                            | 8                              |
| <b>SISTEMA 5</b> |                          |                          |                              |                                |
| 1-5413           | 1                        | 5                        | 4                            | 13                             |
| 2-5413           | 2                        | 5                        | 4                            | 13                             |
| <b>SISTEMA 6</b> |                          |                          |                              |                                |
| 1-603            | 1                        | 6                        | 0                            | 3                              |
| 2-603            | 2                        | 6                        | 0                            | 3                              |
| 3-606            | 3                        | 6                        | 0                            | 6                              |
| 4-606            | 4                        | 6                        | 0                            | 6                              |
| 5-624            | 5                        | 6                        | 2                            | 4                              |
| 6-624            | 6                        | 6                        | 2                            | 4                              |
| 7-628            | 7                        | 6                        | 2                            | 8                              |
| 8-628            | 8                        | 6                        | 2                            | 8                              |
| 9-635            | 9                        | 6                        | 3                            | 5                              |
| 10-635           | 10                       | 6                        | 3                            | 5                              |
| 11-6310          | 11                       | 6                        | 3                            | 10                             |
| 12-6310          | 12                       | 6                        | 3                            | 10                             |
| 13-645           | 13                       | 6                        | 4                            | 5                              |
| 14-645           | 14                       | 6                        | 4                            | 5                              |
| 15-6410          | 15                       | 6                        | 4                            | 10                             |
| 16-6410          | 16                       | 6                        | 4                            | 10                             |
| 17-6415          | 17                       | 6                        | 4                            | 15                             |
| 18-6415          | 18                       | 6                        | 4                            | 15                             |

## **CAPITULO IV**

### **PROGRAMA DE PRUEBAS**

La instalación de las muestras efectuadas sobre las líneas Chiclayo - Piura L-238, Zapallal – Paramonga L-213, Paramonga – Chimbote L-215, San Juan – Independencia L-207 y San Juan – Independencia L-208.

Las pruebas efectuadas corresponde a:

- Pruebas de facilidad de limpieza de aisladores
- Contaminación de aisladores para pruebas de descarga a efectuarse en los laboratorios del IREQ
- Contaminación de conductores
- Reemplazo de cadenas de aisladores existentes por aisladores de tipo silicónico de cuatro fabricantes diferentes
- Pruebas de corrosión sobre tres tipos de materiales de ferretería de líneas de transmisión
- Pruebas CLIMAT

A excepción del reemplazo de cadenas de aisladores existentes por aisladores de tipo silicónico, las cuales operarán a plena tensión de línea, las demás muestras se instalaron en el lado del circuito libre de las líneas y para el caso de la línea L-207 sobre una ménsula disponible.

En general, las muestras fueron instalados sobre perfiles angulares especialmente diseñados para tal fin.

#### 4.1 Pruebas de facilidad de limpieza de aisladores

En la línea L-238, torres 124, 125, 126 y 127 se instalaron las muestras para las pruebas respectivas. El plano No PLAN-ESPR-008 presenta los detalles específicos. Los aisladores mencionados se instalaron en el circuito libre de las torres.

#### 4.2 Pruebas de Contaminación de aisladores

Comprende la exposición natural de diferentes tipos de aisladores, para trasladarlos posteriormente a los laboratorios del IREQ para efectuar pruebas de descarga. Los planos siguientes presentan los detalles:

| <u>PLANO N°</u> | <u>LINEA</u> |
|-----------------|--------------|
| PLAN-ESPR-013   | L-207        |

Los tipos de aisladores mencionados en los planos respectivos se instalaron en los circuitos libres de las torres especificadas para las líneas L-238, L-213 y L-215 y para el caso de la línea L-207 se instalaron sobre ménsulas disponibles.

#### 4.3 Pruebas de contaminación de Conductores

Comprende la exposición natural de tres tipos de conductores para evaluar la facilidad de acumulación de contaminación y de limpieza de los mismos. Los planos siguientes presentan los detalles:

| <u>PLANO N°</u> | <u>LINEA</u> |
|-----------------|--------------|
| PLAN-ESPR-011   | L-215        |

Los tipos de conductores indicados en los planos respectivos se instalaron en los circuitos libres de torres especificados para las líneas L-238, L-213, L-215 y para el caso de la línea L-207 se instaló sobre ménsulas disponibles.

#### 4.4 Reemplazo de cadenas existentes por aisladores poliméricos

Cadenas de aisladores existentes fueron reemplazados por aisladores de tipo silicónico provenientes de cuatro fabricantes diferentes.

Los planos siguientes presentan los detalles:

| <u>PLANO N°</u> | <u>LINEA</u> |
|-----------------|--------------|
| PLAN-ESPR-010   | L-213        |

La exposición de los aisladores silicónico se efectuó a plena tensión en las líneas respectivas.

#### 4.5 Pruebas de Corrosión (ferretería)

Adicionalmente a las pruebas de corrosión a efectuarse en la estación de pruebas, zona desenergizada, con el objeto de comparar el comportamiento de tres tipos de materiales de ferretería en las otras líneas, se instalaron muestras tal que indicados en los planos siguientes:

| <u>PLANO N°</u> | <u>LINEA</u> |
|-----------------|--------------|
| PLAN-ESPR-012   | L-215        |
| PLAN-ESPR-014   | L-207        |

Los tipos de ferretería indicados en los planos respectivos se instalaron en las circuitos libres de las líneas L-213 y L-215 y en el caso de la línea L-207 se instalaron sobre una ménsulas disponible.

#### 4.6 Pruebas CLIMAT

El plano PLAN-ESPR-009 muestra la localización de las muestras CLIMAT instalados en la torre N° 128 de la línea L-238. Las muestras han sido suministradas por DESSAU.

#### 4.7 Pinturas

Este programa tiene por objeto seleccionar el mejor recubrimiento en cuanto a protección anticorrosiva se refiere, así como la duración y vida útil de los perfiles seleccionados. Las muestras pintadas fueron instaladas en la Estación de Pruebas que se encuentra a la altura del KM. 832 Panamericana Norte, zona Mórrope, adjunta a la torre 128 de la línea de transmisión Chiclayo Piura (L-238).

Se seleccionaron perfiles de torres de variados niveles de corrosión, así tenemos el nivel de corrosión - 0, nivel de corrosión - 2, nivel de corrosión - 3 y nivel de corrosión - 4, los perfiles de NC-2, NC-3 y NC-4 fueron tomados de las torres que se encontraban en la Sub Estación Zapallal en Lima y para el NC-0 se utilizaron perfiles nuevos en algunos casos y en otro se obturaron de las torres que en ciertos sectores no presentan desgaste de galvanizado considerándolos como NC-0. Sobre estos perfiles previamente seleccionados, clasificados, cortados, perforados para el montaje y tratados de acuerdo a normas internacionales, se pintaron distintos recubrimientos que fueron sugeridos por ETECEN, la supervisora DESSAU INTERNATIONAL y CIFSA. A todos los perfiles se les trató con el método de preparación de superficie SSPC/SP-3, método con herramientas eléctricas, donde no era posible utilizar herramientas eléctricas se utilizó el método SSPC/SP-2 método con herramientas manuales y el método SSPC/SP-1 se utilizó sobre los perfiles nuevos de NC-0 o sin pérdida del galvanizado. Luego se procedió a colocar los perfiles en forma de "L" sobre las crucetas de maderas confeccionadas para tal fin.

Previo al pintado y luego de la preparación de superficie, se lavaron los perfiles en forma de "L" con la solución de CHLOR\*RID, producto removedor de sales biodegradable y posteriormente el control de sales con el método del Parche Bresle. Inmediatamente después del lavado se pintaron los distintos sistemas a variados espesores de películas de pintura, se dejaron secar las muestras pintadas 24 hrs. para posteriormente realizar el izamiento de las crucetas mediante poleas instaladas sobre el poste P-24 de la estación de pruebas disponible, cabe mencionar que todas las pruebas de pinturas fueron realizadas siguiendo estrictamente lo indicado en las hojas técnicas de cada uno de los fabricantes. Así mismo durante los

procesos se realizaron controles de calidad con los distintos equipos necesarios para una buena ejecución de los trabajos.

Las pinturas suministradas con sus respectivos diluyentes o thinners, para ejecutar los trabajos fueron:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Pintura Alquídica 17G120 Gris   | Ameron - USA            |
| Pintura Alquídica 17G120 Verde.   | Ameron - USA            |
| Pintura 13F22   | Ameron - USA            |
| Thinner 7T38  | Ameron - USA            |
| Epoxy Mastic Sher Mil 800 Gris Claro                                    | Sherwin Williams - PERU |
| Diluyente Sher Mil 800  | Sherwin Williams - PERU |
| Amerlock 400 Aluminio   | Ameron - PERU           |
| Thinner B233J24   | Ameron - PERU           |
| Zinc E303 - Epoxico   | Tecnoquímica - PERU     |
| Disolvente Epoxi  | Tecnoquímica - PERU     |
| Chl02*Rid   | Chlor*rid International |
| Keller & Long anodic priming ponit 4404 Alkyd<br>dust /acero inoxidable | Keeler & Long - USA     |
| Anodic self primer N° 6000  | Keeler & Long - USA     |

## **CAPITULO V**

### **RESUMEN DE RESULTADOS**

#### **5.1 ANALISIS DE LOS PARAMETROS METEOROLOGICOS**

Los parámetros meteorológicos, que incluyen la temperatura, la humedad relativa, la dirección y velocidad del viento, el punto de rocío y la precipitación, fueron registrados en la estación de pruebas principal (Sitio 1) durante el período de Mayo 1999 a Abril 2000. Se realizó un análisis estadístico de los cuatro primeros parámetros meteorológicos registrados cada 5 minutos, bajo curvas de frecuencia mensual y de distribución acumulativa de la forma siguiente:

- Distribución de la dirección del viento;
- Correlación entre la velocidad y la dirección del viento;
- Distribución de la humedad relativa;
- Distribución de la temperatura ambiente.

##### **5.1.1 Distribución de la Dirección del Viento en la Estación 1**

Para todo el período del estudio, la dirección promedio del viento fue de 168 grados, es decir se mantuvo dentro de los valores mensuales de 165 y 171 grados. Como indicación de la pequeña dispersión de la dirección del viento, se determinó que los valores  $\mu \pm 2\sigma$  están entre  $136^\circ$  y  $200^\circ$ , tomando en cuenta todos los valores de viento mientras que se ubican dentro de límites todavía más estrechos, entre  $146^\circ$  y  $194^\circ$ , si se toma en cuenta solo los vientos de  $\geq 10$  km/h, donde  $\mu$  y  $\sigma$  representan respectivamente el promedio y la desviación estándar de la dirección del viento. Este comportamiento del viento explica, tal como se menciona en el capítulo de

aisladores, porque la contaminación se acumula en una sección de los aisladores, concentrándose en una capa de contaminación en la parte opuesta al sector predominante de la dirección del viento, es decir en la parte a sotavento.

### **5.1.2 Distribución de la Humedad Relativa y de la Temperatura en el Sitio 1**

En el caso de la humedad relativa, el promedio calculado es de 79% y los valores  $\mu \pm 2 \sigma$  entre 60 % y 98 %; en el caso de la temperatura, el promedio calculado es de 19 °C y los valores  $\mu \pm 2 \sigma$  se ubican entre 13 °C y 25 °C. Asimismo se analizará el porcentaje del tiempo en que la humedad relativa estaba  $\geq 80$  %, para fines de evaluación de severidad del ambiente.

### **5.1.3 Datos Meteorológicos Obtenidos en Otros Sitios a lo largo de las LT en 220 kV**

Se importó de un sitio Internet los parámetros meteorológicos siguientes que cubren el período de Enero de 1994 a Mayo del 2000:

- La temperatura (los valores mínimo, promedio y máximo diarios expresados en °C)
- La humedad relativa (los valores mínimo, promedio y máximo diarios expresados en %)
- La velocidad del viento (los valores promedio y máximo diarios expresados en km/h)
- La precipitación (los valores acumulativos diarios)

En el IREQ, se convirtió en gráficas las tablas de datos importados de estos parámetros meteorológicos, en el caso de las estaciones meteorológicas siguientes, empezando con la estación más al Norte: Piura, Chiclayo, Chimbote, Lima y Pisco. Se pudo observar el ciclo anual global de los diferentes parámetros meteorológicos. Tres de los cuatro parámetros mencionados arriba parecen variar "normalmente" en función del tiempo dentro del período del estudio, mientras que las velocidades del

viento obtenidas de Piura, Chiclayo y Chimbote presentan signos de saturación durante el período de Enero de 1994 a Enero de 1999. Las estaciones que tienen datos disponibles sobre la velocidad del viento después de Enero de 1999 presentan variaciones mucho más grandes que las de los años anteriores. Eventualmente, habría que verificar estos datos sobre la velocidad del viento con otras fuentes de datos meteorológicos para validarlos.

Se hizo un análisis comparativo de los parámetros meteorológicos anuales promedio medidos en la Estación Meteorológica de Chiclayo, incluyendo:

- la temperatura (valores máximo, medio y mínimo diarios),
- la humedad relativa (valores máximo, medio y mínimo diarios), y
- la velocidad del viento (valor máximo y medio diario).

Para que se pueda comparar estos datos con los del estudio sobre la contaminación de aisladores en el Perú, cada uno de los cinco períodos comparativos de 1 año empieza en Mayo de un año y se termina en Abril del año siguiente.

#### Temperatura

Las temperaturas promedio anuales (máximo, medio y mínimo diarios) se mantienen dentro de límites estrechos durante los tres primeros años reportados. En el año 97-98, se observa un incremento importante de más de 5 °C en la temperatura media promedio y luego disminuciones sucesivas en los dos años siguientes. La temperatura del año del presente estudio, 1999-2000, parece estar todavía superior a la de los años que precedieron el año 97-98.

#### Humedad Relativa

El promedio anual de la humedad relativa media diaria ha bajado continuamente de 78 % a 72 % durante los 4 primeros años para alcanzar su valor mínimo en el año 97-98. Luego, aumentó de 72 % a 74 % durante los dos años consecutivos siguientes.

### Velocidad del viento

El promedio anual de la velocidad media diaria del viento muestra una variación similar a la de la humedad relativa, es decir, una disminución continua de 16 km/h a 10,6 km/h durante los 4 primeros años para llegar a un mínimo en el año 97-98. Luego aumentó de 10,6 km/h a 32,9 km/h durante los dos años siguientes. Sin embargo, hay que verificar estos datos sobre la velocidad del viento con otras fuentes de datos debido a los signos de saturación mencionados más arriba.

### Precipitación

Se efectuó una comparación de la precipitación acumulativa anual, Ra, medida en las estaciones meteorológicas de Piura, Chiclayo, Chimbote, Lima y Pisco. Se observa que la precipitación es por lo general muy baja durante todo el período de 6 años disponible para la comparación y para las cinco estaciones meteorológicas, salvo las pocas excepciones y detalles presentados a continuación:

- Piura: (Ra < ~1 mm/año, 4 de 6 años; salvo los años 96-97 y 97-98 cuando la Ra alcanzó 15 mm y 187 mm respectivamente);
- Chiclayo: (Ra < 1 mm/año, 4 de 6 años; salvo los años 96-97 y 97-98 cuando la Ra alcanzó 11 mm y 57 mm respectivamente);
- Chimbote: (Ra < 2 mm/año, durante todo el período de 6 años);
- Lima: (Ra < 1 mm/año, 5 de 6 años; salvo el año 94-95 cuando la Ra alcanzó 27 mm);
- Pisco: (Ra < 2 mm/año, 3 de 6 años con un máximo < 10 mm/año para los 3 otros años).

Hay que notar que la estación meteorológica de Chiclayo indica una precipitación acumulativa anual, Ra, de "0" mm para el período del presente estudio, de Mayo 1999 a Abril 2000, mientras que se midió ~20 mm en el Sitio de pruebas 1, la cual está ubicada relativamente cerca de la estación meteorológica de Chiclayo.

## 5.2 Estudio De Aisladores

### 5.2.1 Introducción

Los tres principales objetivos del estudio de aisladores alternativos para las líneas costeras de ETECEN en 220 kV son los siguientes:

- 1) Determinar los niveles de contaminación de los aisladores de las líneas costeras, a través de la medición y monitoreo de la severidad en cinco sitios considerados como de más alta contaminación en base a la experiencia pasada de lavado de aisladores.
- 2) Determinar el(los) tipo(s) de aisladores más apropiados para el sistema de transmisión costero de ETECEN en 220 kV.
- 3) Sentar las bases para que en el futuro ETECEN pueda determinar el mejor momento para lavar ciertas secciones de la línea de transmisión, tomando en cuenta los altos niveles de contaminación a los cuales están sometidas debido a la acumulación continua de la contaminación y a la precipitación anual muy baja, que impiden que sea eficaz el proceso natural de lavado de los aisladores.

La contaminación de los aisladores instalados en la línea 220 kV localizados entre Piura y Pisco ha creado serios problemas en el pasado a ETECEN en lo relacionado a mantener la continuidad de operación en el servicio.

Las pruebas comprendieron lo siguiente:

- Medida de valores ESDD (Equivalent Salt Deposit Density) y de valores NSDD (Non Soluble Salt Deposit Density), tomados en las superficies superior e inferior de varios tipos de aisladores cerámicos no energizados instalados en seis ubicaciones diferentes:
  - ❖ **Sitio 1** (Línea de Transmisión Chiclayo – Piura L 238, adyacente a la Torre 128), Estación principal cerca a Chiclayo.
  - ❖ **Sitio 2** : (Línea de Transmisión Chiclayo – Piura L 238, Torres 128, 129 y 130), adyacente al Sitio 1

- ❖ **Sitio 3** : (Línea de Transmisión Zapallal - Paramonga L 213, Torre 825), entre Barranca y Lima
  - ❖ **Sitio 4A** : (Línea de Transmisión Paramonga - Chimbote L 215, Torre 26), cerca a Chimbote
  - ❖ **Sitio 4B** : (Línea de Transmisión Paramonga - Chimbote L 215, Torre 359), cerca a Huarmey
  - ❖ **Sitio 5** (Línea de Transmisión San Juan – Independencia L 207, Torre 132) , entre Lima y Pisco
- Las corrientes de fuga de doce tipos de aisladores incluyendo cerámicos y aisladores compuestos, en 30 cadenas sean 5 aisladores tipo plato o una sola unidad de aislador compuesto (en el caso de Long Rod y aisladores compuestos), energizados en paralelo a una tensión de 14.4 kV rms por cadena en el Sitio 1;
  - Medidas de seis parámetros meteorológicos (temperatura, punto de rocío, humedad relativa, velocidad y dirección de viento y precipitación) en el Sitio 1, ya comentados en el capítulo anterior;
  - Medidas de voltaje mínimos de descarga en los laboratorios de alta tensión del IREQ de 17 cadenas de aisladores naturalmente contaminados, después de un período de exposición de un año en los seis diferentes sitios en el Perú.

Las principales conclusiones obtenidas en esta parte de programa son materia de la sección presente.

### **5.2.2 Medidas en el Sitio de Valores ESDD (Contaminación de aisladores)**

El valor de ESDD es el parámetro más usado comunmente para caracterizar los niveles de contaminación de los aisladores. Aunque la contaminación no fue uniformemente distribuida sobre la superficie de los aisladores, un nivel promedio fue utilizado para caracterizar el nivel de contaminación separadamente tanto para la superficie superior como inferior. Las conclusiones siguientes son derivadas de las medidas ESDD ejecutadas:

- De las medidas ejecutadas cada segundo mes en el Sitio 1, el nivel ESDD combinado tanto para la superficie Superior e Inferior de la mayoría de aisladores, alcanza un valor máximo luego de cerca de seis meses de exposición, donde casi todos los aisladores montados verticalmente tenían valores de ESDD en su superficie inferior en el nivel muy severo, ej: (ESDD [0,24-0,48 mg/cm<sup>2</sup>]) y su superficie superior estaba en el nivel de contaminación medio a severo, es decir valores de ESDD en el orden de 0,06-0,24 mg/cm<sup>2</sup>.
- El nivel de ESDD de las cadenas de aisladores instalados verticalmente en el Sitio 1 fue generalmente superior a aquellos del mismo tipo de aislador pero instalados horizontalmente.
- El nivel de ESDD medido en la superficie inferior de los aisladores instalados en el Sitio 1 fue generalmente superior que los medidos en su superficie superior.
- Considerando solamente los valores medidos de ESDD en la superficie inferior de los diferentes tipos de aisladores instalados en el Sitio 2, después de seis meses de exposición a las condiciones naturales y el momento donde los valores máximos de ESDD fueron alcanzados durante el período de observaciones, un orden de mérito fue derivado basado en los aisladores presentando los valores más bajos de ESDD, el cual es presentado en la Tabla 5.1. Se puede apreciar que los aisladores de perfil aerodinámico se comportan generalmente mejor que los aisladores del tipo Fog.

**Tabla 5.1**

Orden de Mérito Basado en el Nivel Más Bajo de ESDD Medido en el Sitio 2 en la Superficie Inferior de los Aisladores Instalados Verticalmente en Setiembre de 1999 (después de 6 Meses de Exposición)

| Orden de Mérito                            | Perfil    | Tipo de Aislador       | Identificación del Aislador | ESDD, mg/cm <sup>2</sup> Superior | ESDD, mg/cm <sup>2</sup> Inferior | Relación Superior/Inferior |
|--|-----------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1  | Long rod  | Ceram LS75/18+17       | S                           | 0.190                             | 0.190                             | -                          |
| 2  | Super Fog | Super Fog NGK 821 EX   | N                           | 0.145                             | 0.222                             | 0.65                       |
| 3  | Desértico | Sediver F12 D/127DC    | Q                           | 0.119                             | 0.253                             | 0.47                       |
| 4  | Standard  | NGK Fog ECA-500 MY     | U                           | 0.128                             | 0.270                             | 0.47                       |
| 5  | Desértico | Sediver F12 D/146DC    | R                           | 0.143                             | 0.334                             | 0.43                       |
| 6  | Fog       | NGK Fog CA-807 MD      | T                           | 0.095                             | 0.342                             | 0.28                       |
| 7  | Fog       | Sediver F120P/146DC    | V                           | 0.143                             | 0.357                             | 0.40                       |
| 8  | Fog       | NGK Fog CA-825 MW      | G                           | 0.150                             | 0.368                             | 0.41                       |
| 9  | Fog       | Sediver F120 SPF/170DC | P                           | 0.145                             | 0.390                             | 0.37                       |
| <b>Relación Promedio Superior/Inferior</b> |           |                        |                             |                                   |                                   | <b>0.21</b>                |

Tomando los valores máximos de ESDD obtenidos en cada sitio de prueba durante un período de un año, las Tablas 5.2 y 5.3 presentan un ranking comparativo de sitios en términos de severidad de contaminación decreciente.

**TABLA 5.2**

Variación del ESDD Máximo (Inferior) Medido en el Aislador Super Fog Tipo N instalado verticalmente en los Diferentes Sitios de Pruebas durante el primer año de estudio

| Sitios de Prueba | Máx. ESDD (Inferior), mg/cm <sup>2</sup> | Clases de Contaminación |
|------------------|--|-------------------------|
| 1 y 2            | 0.222                                    | Severa                  |
| 5                | 0.101                                    | Medio                   |
| 4A               | 0.080                                    | Medio                   |
| 4B               | 0.053                                    | Ligero                  |
| 3                | 0.046                                    | Ligero                  |

**Tabla 5.3**

Variación del ESDD Máximo (Inferior) Medido en el Aislador Desértico Tipo R instalado verticalmente en los diferentes Sitios de Pruebas durante el primer año de estudio

| Sitios de Prueba | Máx. ESDD (Inferior), mg/cm <sup>2</sup> | Clases de Contaminación |
|------------------|--|-------------------------|
| 1 y 2            | 0.334                                    | Muy Severo              |
| 4B               | 0.162                                    | Severo                  |
| 4A               | 0.155                                    | Severo                  |
| 5                | 0.057                                    | Ligero                  |
| 3                | 0.050                                    | Ligero                  |

### 5.2.3 Valores de NSDD Medidos

La información que puede ser obtenida por la medida del NSDD es principalmente la determinación de la cantidad de material inerte eléctricamente, el cual ayuda a mantener las sales en la superficie del aislador y a absorber agua del

aire húmedo. De las medidas de NSDD tomadas en el Sitio 1, se pueden emitir las siguientes conclusiones:

- Las medidas de NSDD efectuadas cada dos meses en los aisladores instalados verticalmente Super Fog y Desértico indican que ella se incrementa continuamente en la superficie inferior de ambos tipos de aisladores con el tiempo de exposición alcanzando luego de 12 meses de exposición  $2,7 \text{ mg/cm}^2$  y  $0,96 \text{ mg/cm}^2$  para los aisladores Super Fog y Desértico respectivamente.
- Cuando ambos valores de ESDD y NSDD son expresados en  $\text{mg/cm}^2$  de la superficie lavada del aislador, la relación NSDD/ESDD es generalmente superior a la unidad. En el caso de la superficie inferior de los aisladores, ella estaba comprendida respectivamente en el rango de 1,9-14 y 1.2-9.1, para los aisladores Super Fog y Desértico respectivamente.
- En el caso del aislador Super Fog, la relación NSDD/ESDD para la superficie superior y la superficie inferior tienen la tendencia de ser cercanos el uno al otro.

De las medidas de NSDD efectuadas en los aisladores Super Fog y Desértico después de un período de exposición en los diferentes sitios, se puede emitir la siguiente conclusión:

- Los sitios 1 y 2 cerca a Chiclayo presentan los niveles NSDD más altos en la superficie superior de ambos tipos de aisladores, comparados al Sitio 4A cerca a Chimbote quien tiene el valor NSDD más bajo. El valor NSDD en la superficie inferior del aislador desértico varía a lo largo de la distancia entre los sitios y en un rango más reducido ( $0,17 - 0,33 \text{ mg/cm}^2$ ) comparado con los del aislador Tipo Fog ( $0,11 - 1,05 \text{ mg/cm}^2$ ).

#### **5.2.4 Naturaleza de los Contaminantes**

Muestras de depósitos naturales de contaminantes recolectados de la superficie inferior del aislador Super Fog NGK CA-821 EX expuesto por un período de 12 meses en los Sitios 1, 2, 3, 4A, 4B y 5 para tomar medidas de ESDD

y NSDD, se mantuvieron con el objetivo de identificar los elementos remanentes en los filtros de papel utilizados para las medidas NSDD. Los principales componentes del material inerte encontrado, para los diferentes sitios de pruebas, son: silicio, hierro, aluminio y calcio, representando más del 80%.

### 5.2.5 Medidas de Corrientes de Fuga

Los valores pico de corrientes de fuga fueron medidos durante un período de un año en el Sitio 1, en aisladores instalados tanto horizontal como verticalmente. Las medidas se efectuaron en ambas polaridades, pero debido a que se detectaron problemas de ruido en la polaridad positiva, solamente se han utilizado los valores de polaridad negativa para comparar el comportamiento de los aisladores. En el caso de los aisladores montados verticalmente un orden de mérito basado en la máxima resistencia de superficie específica por centímetro de líneas de fuga  $R_s$  fue preparado. El aislador semiconductor da el valor más alto de  $R_s$  con 6,2 k $\Omega$ /cm, el cual fue seguido por los aisladores compuestos con valores en el rango de (5,9-3,3 k $\Omega$ /cm), los otros dos aisladores de perfil aerodinámico el Desértico y el aislador Long Rod con valores respectivamente 0,61 y 0,56 k $\Omega$ /cm y finalmente por los aisladores de tipo Fog (0,44 – 0,24 k $\Omega$ /cm).

Orden de Mérito Después de 12 Meses de Exposición Basados en el Valor Más Alto de Resistencia de Superficie Específica Medidos en Aisladores Instalados Verticalmente en el Sitio 1

| Orden de Mérito | Identificación del Aislador | Perfil       | Tipo de Aislador       | Mín. Resistencia Específica k $\Omega$ /cm Línea de Fuga $R_s$ |
|-----------------|-----------------------------|--------------|------------------------|--|
| 1               | H                           | Estándar     | NGK ECA-500 MY (V)     | 6.2  |
| 2               | L                           | Aerodinámico | RELIABLE composite (V) | 5.9  |
| 3               | J                           | Aerodinámico | CERAMTEC composite (V) | 4.1  |
| 4               | M                           | Aerodinámico | SEDIVER composite (V)  | 3.3  |
| 5               | K                           | Aerodinámico | NGK composite (V)      | 3.3  |
| 6               | D                           | Desértico    | SED 12D/146 DC (V)     | 0.61   |
| 7               | E                           | Long rod     | CERAM (V)              | 0.56   |
| 8               | B                           | Fog          | SED 120 SPF/170 DC (V) | 0.44   |
| 9               | C                           | Fog          | SED 120 P/146 DC (V)   | 0.33   |
| 10              | G                           | Fog          | NGK CA-825 MW (V)      | 0.32   |
| 11              | F                           | Fog          | NGK CA-807 MD (V)      | 0.29   |
| 12              | A                           | Fog          | NGK CA- 821 EX (V)     | 0.24   |

### **5.2.6 Valores Costo Anual Estimado de Pérdidas de Energía**

Asumiendo una acumulación de carga positiva anual similar a la acumulación de carga negativa anual para cada tipo de aislador probado y basado en las hipótesis siguientes:

- Número promedio de torres/100 km de líneas de transmisión en 220 kV:  
 $413/211,2 \text{ km} = 196 \text{ torres/100 km}$
- Costo promedio de energía de pérdidas: 0,054 US\$/kWh
- Longitud de la cadena: 2,92 m (ejemplo: 20 aisladores teniendo un paso de 146 mm. por unidad)

Un estimado anual de costos de pérdidas de energía fue calculado para cada tipo de aislador probado verticalmente. Los valores anuales de costos varían entre 13,700 a 110,000 k\$US/100 km de líneas de transmisión. Los aisladores compuestos y semiconductivos presentan respectivamente los valores más bajos y más altos de los costos respectivamente.

### **5.2.7 Resultados de las Pruebas de Laboratorio**

Luego de un año de exposición a las condiciones naturales de los diferentes sitios en el Perú, 17 cadenas de aisladores cerámicos naturalmente contaminados fueron enviados al IREQ para medir el voltaje mínimo de descarga usando la técnica de descarga rápida. Las pruebas fueron ejecutadas dentro de una cámara de neblina en el laboratorio de alta tensión del IREQ. Los resultados nos permiten emitir las conclusiones principales siguientes:

- Después de un año de exposición del Sitio 2 cerca a Chiclayo, el aislador semiconductor presenta el mejor comportamiento con un valor estimado de voltaje no disruptivo de 204 kV/m de separación aplicando las correcciones apropiadas para los valores de ESDD. Este valor corresponde a un

comportamiento de 59% mejor que aquel del aislador Super Fog NGK CA 821 EX seleccionado como el aislador de referencia (100%).

- Los dos aisladores de suspensión grandes Super Fog y el aislador Fog Sediver 120 SPF/170 DC dan valores cercanos dentro del margen del 3%.
- La diferencia en el comportamiento de ambos aisladores Desérticos Sediver 12D/127DC y Sediver 12 D/146 DC puede ser atribuido mayormente a la diferencia de paso de unidad.
- Los aisladores Long Rod dan el valor más bajo de voltaje no disruptivo con solamente el 38% del valor obtenido para el aislador Super Fog.
- El comportamiento del aislador Super Fog NGK CA 821 EX y del Desértico Sediver 12D / 146 DC pueden ser comparados en términos de sus respectivos valores no disruptivos después de ser expuestos en condiciones naturales durante un año en los diferentes sitios. En promedio el aislador Desértico presenta un voltaje no disruptivo del 82% comparado al aislador Super Fog.
- Los resultados combinados con el factor de corrección por la contaminación no uniforme ( $ESDD_{Superior} \neq ESDD_{Inferior}$ ), permitieron derivar para ambos tipos de aisladores la mejor curva de potencia que puede ser usada para calcular el voltaje no disruptivo estimado.

### 5.2.8 Resultados Combinados de Campo y Pruebas de Laboratorio

Con el objetivo de estimar el voltaje no disruptivo basado en las medidas actuales de ESDD (en las superficies superior e inferior de los aisladores), para los diferentes tipos de aisladores expuestos a las condiciones de contaminación existente en los diferentes sitios en el Perú y después de diferentes períodos de exposición, se derivaron parámetros A y B para los diferentes tipos de aisladores probados en el laboratorio y usando la ecuación adecuada. De los resultados principales, para el caso de los aisladores instalados verticalmente se pueden derivar las conclusiones siguientes:

- Durante el período de exposición de un año, el aislador semiconductor presentaba un voltaje no disruptivo mínimo estimado muy por encima de los

otros tipos de aisladores, con un margen de seguridad SM por encima de 4 p.u. (asumiendo un factor de sobrevoltaje de 10% y longitud de cadena del aislador de 2,92 m o 20 unidades de 146 mm de paso).

- El aislador cerámico Long Rod da el valor más bajo en el orden de mérito: se puede ver que éste sería el único tipo de aislador que hubiera descargado si hubiera estado en servicio en la línea Chiclayo - Piura L 238 durante el período de observaciones presente.
- No ha habido una diferencia importante de comportamiento entre los diferentes tipos de aisladores tipo Fog probados: en efecto, su valor promedio estimado de voltaje no disruptivo estaba comprendido en el rango de (96,6-104) kV/m, (92,8-103) kV/m y (95,3-110) kV/m respectivamente para la orientación NorOeste vertical y SudEste el cual corresponde a una  $\text{promedio} \pm \text{sigma}(\%)$  de  $99,7 \text{ kV/m} \pm (3,5\%)$ ,  $99,2 \text{ kV/m} \pm (4,6\%)$  y  $101 \text{ kV/m} \pm (6,5\%)$ .
- El orden de méritos de los aisladores depende de su posición: mientras los aisladores Desérticos se comportan mejor o igual a los aisladores tipo fog cuando son instalados en la posición NorOeste, ellos no se comportan tan bien cuando son instalados al SudEste o verticalmente; donde el voltaje no disruptivo se reduce por un factor de 17% y 26% respectivamente y debajo de los aisladores tipo Fog.

### 5.2.9 Aplicación de los Resultados de Pruebas y Trabajos Futuros

Al final del primer año de observaciones en los seis sitios distribuidos a lo largo de la costa entre Piura y Pisco, el valor máximo de ESDD medido en el sitio más severo, Sitios 1 y 2, están en el nivel Muy Severo de contaminación, ejemplo: ESDD : (0,24-0,48 mg/cm<sup>2</sup>). Valores superiores de ESDD han sido medidos en estudios publicados anteriormente. Debe notarse que los aisladores estuvieron limpios al comienzo del período de observaciones. El nivel de contaminación medido en un aislador hubiese sido ciertamente mayor si hubiese sido instalado unos años antes. Es muy difícil fijar un valor preciso para un Margen de Seguridad (SM) aceptable en  $V_w$  para el cual se tendría tiempo para proceder a limpiar los

aisladores contaminados de una sección dada de línea de transmisión, sin conocer precisamente la dispersión de la severidad de contaminación a lo largo de las líneas de transmisión. Sin embargo, un valor de Margen de Seguridad (SM) de 1.3 podría ser un valor para comenzar y podría ser mejor ajustado con la información disponible en ETECEN en relación con los valores de ESDD y el tipo de aislador existente cuando las líneas de transmisión salieron de servicio y fueron atribuidas a descargas de aisladores contaminados.

Se recomienda prioritariamente continuar con la medida en los diferentes sitios de pruebas con el objetivo de mejorar el conocimiento de los valores de ESDD. Para lo cual debería traerse inmediatamente de los laboratorios del IREQ los aisladores enviados para pruebas y reinstalarlos en los diferentes sitios. Un año de observaciones sería aceptable donde los parámetros meteorológicos fueran cíclicos con variaciones pequeñas de un año a otro año. En la zona donde se ejecutaron las pruebas, un año de pruebas no es suficiente para generalizar los resultados en una escala de tiempo más grande. El cambio de precipitación de un año a otro es un factor importante a considerarse en la determinación de la peor condición para el aislamiento exterior de una línea de transmisión. En el presente, es difícil de evaluar el efecto real del fenómeno de El Niño/La Niña en los resultados del presente estudio.

Debido al muy buen comportamiento del tipo de aislador semiconductor, su aplicación debería ser considerada al menos en las regiones expuestas a niveles de contaminación severos y muy severos. Con el objetivo de ganar experiencia en el servicio de este tipo de aisladores, algunas unidades deberían ser instaladas en la línea de transmisión Chiclayo - Piura L 238 cerca a la estación de pruebas principal Sitio 1. Se recomienda también medir las corrientes de fuga de cadenas completas de este tipo de aisladores conjuntamente con inspecciones periódicas para verificar las condiciones de las cadenas de aisladores. El uso de cámaras infrarojas podrían ser también apropiadas para visualizar la distribución de la temperatura a lo largo de las cadenas de aisladores con el tiempo.

Los resultados de las pruebas obtenidos con aisladores compuestos de longitud corta han mostrado valores muy bajos de corrientes de fuga luego de un año de exposición natural. Es muy importante el seguimiento de la evolución de las

corrientes de fuga con el tiempo debido al hecho que un año de exposición es bastante corto para emitir conclusiones serias con relación a su comportamiento en el largo plazo para este tipo de aisladores, especialmente en zonas de contaminación severa. Una correlación entre el comportamiento de los aisladores compuestos instalados en las líneas de 220 kV y los instalados en la estación de pruebas en el Sitio 1, debe de efectuarse con el objetivo de asociar mejor el envejecimiento de las unidades grandes instaladas en las líneas con las corrientes de fuga medidas en los aisladores compuestos pequeños instalados en la estación de pruebas, Sitio 1. Resumiendo, se recomienda para el segundo año de observaciones

- Continuar con el monitoreo de las corrientes fuga y parámetros meteorológicos de las muestras energizadas instaladas en el Sitio No 1.
- Continuar con las medidas de ESDD y NSDD de las muestras instaladas en el Sitio N° 1.
- Retornar del IREQ e reinstalarlos inmediatamente las muestras enviadas al Canadá para pruebas de descarga, con el objetivo de obtener información más sólida sobre la contaminación (ESDD y NSDD) en los otros sitios.
- Solicitar inmediatamente a NGK e instalarlos adecuadamente sobre una pequeña sección de la línea Chiclayo - Piura L 238 energizada, aisladores de tipo semiconductor, monitoreando sus corrientes de fuga, ello con el objetivo fundamental de ganar experiencia operativa ya que este tipo de aislador luego de un año, representa una alternativa muy interesante especialmente para las zonas de alta contaminación.
- Continuar con el monitoreo de los aisladores silicónicos instalados directamente a plena tensión en las diferentes líneas estudiadas.
- Para fines de optimizar el mantenimiento de los aisladores, comenzar inmediatamente a preparar el “mapa” de contaminación de sus líneas costeras. Ello sería similar al mapa de niveles de corrosión que sirvió para identificar los trabajos de reconstrucción y rehabilitación de sus líneas costeras. La elaboración de dicho “mapa” no sería onerosa, ya que se instalarían a lo largo del resto de las zonas no estudiadas peruana muestras de un sólo tipo de aislador para monitorear la contaminación (ESDD) sobre los

mismos. Ello podría permitir identificar zonas de alta, mediana y baja contaminación.

### **5.3 Estudios de Corrosión**

#### **5.3.1 Introducción**

Los objetivos de la estación de pruebas con relación al estudio de materiales alternativos para ferretería de líneas, denominado también estudio de corrosión fueron definidos como sigue:

- Evaluar la agresividad de corrosividad del sitio donde está ubicada la estación de pruebas, clasificándola de acuerdo con la clasificación ISO. Correlacionarlo con la clasificación de CLIMAT test.
- Identificar materiales alternativos que presenten una resistencia superior a los actualmente utilizados en la región costera del Perú. Verificar si el espesor adicional de galvanizado o acero inoxidable que nunca fueron utilizados en la región costera del Perú, se comportan mejor que los galvanizados estándar actualmente usados;
- Evaluar la aceleración de la corrosión debido a materiales similares juntos y alternativos si encontrados;

#### **5.3.2 Resultados – Pruebas CLIMAT**

Después de la limpieza de las muestras instaladas, se pesaron los alambres y la pérdida de masa, calculando los valores de M.C.I.

Los valores MCI más altos corresponden a las elevaciones 41,7 m y 25 m., lo cual concuerda exactamente con las condiciones de corrosión observadas en las torres. En efecto, tal y como se ha observado, la corrosión comienza por los niveles superiores descendiendo gradualmente. Los valores promedios de MCI obtenidos de 10,8 y 11,2 corresponden a la clasificación de atmósfera “seria”.

### 5.3.3 Pruebas de Vela de Cloruro

De acuerdo con la Norma ISO 9225, la prueba de Vela de Cloruro es usada para medir los valores de salinidad como un factor de intensidad de depósito de cloruro expresado en miligramos  $\text{mg}/\text{m}^2$  día.

La clasificación de la atmósfera, para la Chloride Candle, tal que especificada en la norma ISO 9225 es la siguiente:

|     |                    |                                 |                |
|-----|--------------------|---------------------------------|----------------|
| S   | $\leq 3$           | $\text{mg}/\text{m}^2.\text{d}$ | S <sub>0</sub> |
| 3   | $\leq S \leq 60$   | $\text{mg}/\text{m}^2.\text{d}$ | S <sub>1</sub> |
| 60  | $\leq S \leq 300$  | $\text{mg}/\text{m}^2.\text{d}$ | S <sub>2</sub> |
| 300 | $\leq S \leq 1500$ | $\text{mg}/\text{m}^2.\text{d}$ | S <sub>3</sub> |

Muestras fueron recogidas por ETECEN luego de un período de exposición de 30 días. (El día 17 de cada mes), fueron lavadas nuevamente con una solución de glicerol, analizadas en el lugar por el equipo de Titration, calculadas y enviadas por fax al Canadá.

Depósitos de cloruro tal y cual fueron medidos dan como resultado para el período de exposición, un valor promedio de  $348 \text{ mg}/\text{m}^2$ -día de cloruro, basado en 10 meses de exposición, dando la más alta clasificación de la norma ISO 9223: S<sub>3</sub>.

De los resultados se puede apreciar que existe una tendencia a tener menor índice de corrosión en el verano y en la primavera.

### 5.3.4 Observaciones de Humedad Relativa

La humedad relative es média en la estación de pruebas por el instrumento meteorológico instalado en dicha estación. De medidas efectuadas, se concluye que de un año, son nueve meses en los cuales la humedad relativa supera el 80% en un 55 a 60% del tiempo. Se pudo también apreciar que la humedad relativa en los meses de verano (Enero a Marzo) es menor en % en el tiempo. En la escala anual, el % de tiempo con humedad relativa mayor a 80% corresponde a la clasificacion t<sub>4</sub> de la Norma ISO 9223 entre 30% y 60% del tiempo donde la humedad relativa es superior a 80%.

### **5.3.5 Conclusiones**

La combinación de  $t_4$  de tiempo de humedad y  $S_3$  para la relación de depósitos de cloruro, corresponden a la clasificación de atmósfera C5, el más alto grado. Las pruebas CLIMAT determinan que la atmósfera bajo estudio es clasificada como « seria ». Como conclusión final, los resultados de las pruebas corroboran la agresividad del medio ambiente de la zona, lo cual explica la corrosión acelerada existente en las estructuras metálicas.

Como segunda etapa se recomienda efectuar pruebas similares en las otras líneas para correlacionarlo con la estación de pruebas que permitirá tener un conocimiento adecuado de las zonas por donde atraviezan las líneas, para fines de mantenimiento y planificación de los materiales a utilizarse en las futuras líneas costeras.

## **5.4 Observaciones de Ferretería**

### **5.4.1 Introducción**

Con el objetivo de analizar el comportamiento de materiales alternativos de ferretería de líneas de transmisión, se instalaron tanto en la estación de pruebas como en las zonas críticas de las otras líneas estudiadas, muestras de dos tipos de materiales. El primero de acero inoxidable y el segundo de acero galvanizado. Con relación al acero galvanizado se instalaron dos tipos de muestras, la primera con galvanizado estándar de  $600 \text{ g/m}^2$  y la segunda con un galvanizado de  $1000 \text{ g/m}^2$ . Algunas muestras fueron retiradas en dos períodos; unas al concluir seis meses y las otras al cumplir doce meses de exposición natural.

Es importante mencionar que las pruebas ejecutadas han sido efectuadas sobre muestras encontradas comercialmente. Es decir los materiales y acabados que ETECEN puede adquirir en cualquier proceso de licitación efectuado para tal fin. Por razones obvias no se ha probado ningún material especial o capa de protección especial. Por ejemplo existen otros tipos de acero inoxidable que podrían ser estudiados, pero por un lado son mucho más caros y por otro lado deben de ser fabricados especialmente.

#### **5.4.2 Resultados Experimentales: Muestras de Ferretería de Líneas de Transmisión**

Se efectuaron observaciones de las diversas muestras de ferretería de líneas de transmisión, antes y después de la limpieza respectiva. En esta sección se discutirá el comportamiento de los diferentes materiales expuestos naturalmente comparándolos con sus características iniciales, antes de la instalación. Es importante mencionar que, para fines comparativos, de todas las muestras recibidas de los diferentes fabricantes, se han guardado muestras patrones no expuestas, que permiten efectuar dichas comparaciones.

##### **a) Amortiguadores**

###### Alambre de acero Inoxidable

Los resultados obtenidos de las observaciones en las muestras, permiten resaltar dos aspectos sobre el comportamiento del hilo de acero inoxidable del amortiguador:

- 1) Se ha encontrado que la muestra de acero inoxidable estaba contaminado con fierro;
- 2) La presencia de corrosión en los alambres, corrosión del tipo picadura y/o fisuras (crevice), causados por la presencia de sales de cloruro que podría ser ayudado aún más por la presencia de contaminación de hierro en el acero (antes de la exposición al medio ambiente natural).

Estos resultados nos permiten de no recomendar el uso de alambres de acero inoxidable, como componente del amortiguador, debido a que el diseño aumenta la posibilidad de desarrollar la corrosión, especialmente la de tipo fisura (crevice).

###### Alambres de Acero Galvanizado Engrasado

Observaciones efectuadas en los amortiguadores con hilos de acero galvanizado y acero galvanizado protegido con grasa (muestras N° 320-1-13 y 340-1-13), muestra evidentes signos de corrosión en ambas muestras. El

comportamiento de estos materiales no son aceptables y demuestran que otro tipo de protección debe ensayarse. La grasa utilizada por ETECEN no protege suficientemente o aún ayuda a la corrosión al facilitar la acumulación de sal. Se recomienda que se estudie el uso de otras capas protectoras.

## **b) Ferrería de cadena de aisladores para Líneas de transmisión**

### Ferrería de cadena de aisladores de acero inoxidable

#### ➤ Características de los Materiales

Las muestras de referencia no instaladas sirvieron para caracterizar el acero inoxidable utilizado en la ferrería de cadenas de aisladores para líneas de transmisión.

Se detectó contaminación de hierro en las roscas de las muestras de los pernos y en los bordes de los grilletes (330-0-4). la contaminación observada en las roscas de los pernos no es aceptable y debe de evitarse tratando de instalar materiales no contaminados, también los acabados de la superficie no estaban buenos para las condiciones severas de exposición de las piezas 330-0-4 (grilletes) y el perno con pasador; esas partes están generalmente expuestas a la corrosión por picaduras y a la corrosión en general y mejores acabados de superficie deben ser usados en esos componentes.

#### ➤ Comportamiento del material

Para los materiales de ferrería de cadena de aisladores de líneas, instalados en la estación de pruebas, se efectuaron observaciones antes y después de la limpieza ultrasónica.

Algunas piezas de acero inoxidable se comportan mejor que otras y una comparación de las características iniciales del acero inoxidable indican que:

- Los acabados de superficie tienen un impacto significativo en la resistencia a la corrosión y una atención importante debe de darse a este aspecto;
- Contaminación de hierro puede ser una fuente del inicio de la corrosión y debe de ser evitada.

Las piezas que tienen una superficie uniforme o son pulidas muestran un buen comportamiento pero para sacar una conclusión definitiva se requiere un período adicional de observaciones.

**c) Ferretería de cadenas de líneas de Transmisión de acero galvanizado**

➤ Características de la capa de galvanizado

Se efectuaron observaciones para inspeccionar ciertas características de la capa de galvanizado de las piezas de acero galvanizado. La corrosión uniforme fue también verificada mediante mediciones de espesor, de acuerdo con las tres pruebas siguientes:

- Calibración magnética de medidas (Magnetic gage measurements, NDT), ASTM E376 ;
- Método del peso de masa (Weight mass method, ASTM A90) ;
- Metalografía (ASTM B487)

Todos los resultados de medidas de espesor fueron también reverificados debido a que los valores no eran consistentes con el espesor de la capa de galvanizado especificado para la muestra de acero galvanizado (340-0-2) (la capa estándar de acero galvanizado es normalmente especificada como  $600 \text{ g/m}^2$  ( $85\mu\text{m}$ ) en comparación con la capa de galvanizado especificada como  $1000\text{g/m}^2$  ( $141\mu\text{m}$ )). En primer lugar, se observó que el brillo y apariencia de las dos muestras eran bastante diferentes. En segundo lugar, resultados de los tres métodos descritos y utilizados, mostró que el método NDT da resultados sobre el rango de comparación con los métodos de peso de masa y metalografía, probablemente debido a la dificultad para medir el espesor real en las secciones de las pequeñas muestras redondas. Sin embargo, la comparación de los resultados de espesores obtenidos entre las muestras ensayadas son bastante consistentes unas con las otras.

El espesor obtenido en la muestra de acero galvanizado (340-0-2) puede simplemente ser explicado por un sobreespesor a la capa de galvanizado

especificado para esta muestra. Puede ser también una muestra de  $1000\text{g/m}^2$ , pero tal y cual lo mencionáramos anteriormente el brillo y la apariencia no son los mismos que corresponden a las muestras identificadas como  $1000\text{g/m}^2$  muestra 320-0-2. El brillo de la muestra de  $1000\text{ g/m}^2$  (320-0-2) no se ha explicado aún pero puede ser que se haya efectuado un tratamiento especial a su superficie por ejemplo con influencia sobre la composición de la capa y/o la composición química del sustrato. También, se puede observar que la muestra de  $1000\text{ g/m}^2$  tiene un sobre-espesor de zinc ( $190\mu\text{m}$ , en vez de  $141\mu\text{m}$ ). Los resultados del espesor se mantienen aún después de la verificación.

#### ➤ Comportamiento del material

Reverificaciones de medidas indicadas en nuestro informe semestral, mostraron que el perfil de profundidad de superficie no fue tomado en consideración en el método NDT y los valores después de seis meses de exposición son modificados. Las características de la capa de galvanizado son también presentadas para facilitar la evaluación del comportamiento del material.

Para todas las muestras, observaciones fueron efectuadas después de la limpieza ultrasónica de las piezas, sin embargo la contaminación aún estaba presente y muy difícil de remover y puede haber sobremedido los resultados de espesor obtenidos por el método de calibración magnética (NDT) y por el método de peso de masa.

Una observación importante puede mencionarse con relación al comportamiento de las muestras de  $1000\text{g/m}^2$ , ellos no se corroen tan rápido como las muestras estándar. La apariencia y el brillo son signos que otra de las características de la capa de galvanizado ha influenciado en los resultados, pero se requiere mayor investigación para conocer con precisión la razón exacta de este comportamiento.

Finalmente, las pruebas de metalografía han detectado que todas las muestras sufren de la corrosión blanca (wet storage staining corrosion), incluyendo las muestras de  $1000\text{g/m}^2$ . Esto es confirmado por la

localización de las áreas más afectadas que coincide exactamente donde la acumulación de arena es observada en la superficie de la muestra.

### **5.4.3 Evaluación del Comportamiento de los Materiales y Recomendaciones**

#### **a) Amortiguadores**

Alambres de acero inoxidable no deben utilizarse como componentes de amortiguadores. Los resultados confirman que el diseño ayuda a la corrosión, especialmente corrosión localizada. También, demuestra que el uso de acero galvanizado no es recomendable para la zona ni la utilización de la grasa en la muestra proporcionada por ETECEN, para las pruebas respectivas.

Se recomienda el uso de acero galvanizado probando dos otros tipos de capas protectoras. La primera capa sería una capa de la pintura alquídica actualmente utilizada. La segunda un tipo de grasa a ser especificada en su oportunidad. Las características principales de las capas protectoras serán:

Suficientemente fluida como para penetrar entre los alambres del cable y proteger los alambres exteriores

Resistente a los iones de cloruro y a los rayos ultravioleta

Flexible

Resistente a altas temperaturas

- Neutral no incompatible con el zinc

Después de un año de exposición los alambres serán limpiados para verificar la corrosión de la capa de zinc siguiendo los procedimientos ya utilizados.

#### **b) Ferrería de cadena de Aisladores de Líneas de Transmisión**

Las muestras de acero inoxidable mostraron buen y bajo comportamiento, siendo el bajo comportamiento asociado con las características iniciales, tal que observadas en las muestras:

- El acabado de superficie tiene un gran impacto en la resistencia contra la corrosión y una atención especial debe darse a este factor.
- Contaminación de fierro sería una de las fuentes de inicio de la corrosión y debe de evitarse.

Las muestras que tienen una superficie liza o pulida muestran un buen comportamiento contra la corrosión pero se requiere un período de evaluación adicional para emitir conclusiones más firmes. Las muestras actualmente bajo exposición en la estación de pruebas deben permitirnos emitir una conclusión más contundente, luego de un mínimo de dos años de exposición natural.

Para las muestras de acero galvanizado, se ha comprobado que el comportamiento de las muestras con galvanizado de  $1000\text{g/m}^2$  es superior a las muestras de galvanizado estándar, no corroidéndose tan rápidamente como las muestras estándar. La explicación puede estar asociada a los acabados de superficie debido a la diferencia encontrada con relación a la apariencia y brillo, pero también puede ser asociado por la composición de la capa de galvanizado. Se requiere un mayor tiempo de observación para encontrar el factor o proceso de influencia exacto que podrían ser aplicados a las muestras de galvanizado estándar.

Exámenes metalográficos mostraron que todas las muestras de acero galvanizado sufrían de corrosión blanca (wet storage staining corrosion), incluyendo las correspondientes a muestras con  $1000\text{g/m}^2$  de galvanizado. Esto se confirma con la localización de las superficies más afectadas que coinciden exactamente con aquella donde se observa acumulación de arena sobre la superficie.

Se recomienda lo siguiente:

- Completar el segundo año de exposición natural de la ferretería de líneas.
- En función de los resultados finales obtenidos para el material seleccionado, preparar especificaciones técnicas de suministro y

transporte de ferretería, con el objetivo de tomar en cuenta todos los aspectos tanto de fabricación como de transporte de los materiales, que influyen significativamente en el proceso de corrosión de los mismos.

## **5.5 Estudio De Lavado De Aisladores**

### **5.5.1 Introducción**

El objetivo de esta parte del estudio es el de proveer los resultados del comportamiento de diferentes tipos de aisladores instalados en las torres 124, 125, 126 y 127 de la línea de transmisión Chiclayo-Piura con el objetivo de evaluar su facilidad de limpieza (lavado). Las pruebas que se han realizado consistieron básicamente en comparar los resultados de pruebas ESDD de ocho diferentes tipos de aisladores instalados en las mismas condiciones en las líneas de transmisión. La comparación se efectúa a través de medidas ESDD antes del lavado de los aisladores y después del lavado de los mismos, efectuándose el lavado siguiendo los procedimientos convencionales utilizados por ETECEN. Adicionalmente a ello, con el objetivo de mostrar que existen en ambas superficies de los aisladores ciertas zonas de alta concentración de contaminación, se efectuaron pruebas ESDD en ellas comparándolas con la superficie total.

### **5.5.2 Pruebas Efectuadas en Aisladores Expuestos Un Año**

Aisladores expuestos a la contaminación natural e instalados en las torres 126 y 127, fueron descendidos luego de un año de exposición efectuándose las pruebas utilizando la metodología descrita en el capítulo precedente. Los aisladores ensayados fueron los siguientes:

A126 – Tipo N: NGK Super Fog CA-821 EX o MW

B126 - Tipo P: Super Fog SEDIVER F120 SPF/170DC

C126 -.Tipo Q: Tipo Desértico SEDIVER F 12D/127 DC

D126 - Type R: Tipo Desértico SEDIVER F12D/146 DC

E127 – Tipo S: Tipo Long Rod CERAM LS 75/18+17

F127 – Tipo T: Tipo Fog NGK CA-807 MD

G127 – Tipo Fog NGK CA- 825 MW (L-213, L-215)

H127 – Tipo FOG VICASA E120 PPZ/146 (L-238)

Debido a que la contaminación no era uniforme en la superficie de los aisladores, se decidió proceder con la ejecución de cuatro pruebas por aislador, una prueba para la zona altamente contaminada y una para el área total de las superficies superiores e inferiores, para la cuarta unidad de cada cadena. Para el aislador tipo long rod la prueba se limitó al 15avo disco solamente.

A continuación se detallan los resultados de dichas pruebas.

### **5.5.3 Resultados de las Pruebas luego de un año de Exposición**

#### **5.5.3.1 Tendencia General de Distribución de Contaminantes**

Luego de un año de exposición a las condiciones climáticas naturales, la tendencia general de distribución de los contaminantes sobre los aisladores, fue en general muy similar a la correspondiente a la exposición de seis meses. La única diferencia corresponde al espesor de los depósitos, especialmente aquellos aisladores con faldas pronunciadas. En efecto, se notó que los aisladores que tienen faldas pronunciadas tenían una capa de contaminantes más gruesa comparada con la observada hace seis meses. También se notó rastros de lavado natural de los aisladores debido sea a la alta humedad o pequeñas precipitaciones ocurridas en la zona.

Luego de un año de exposición la tendencia de distribución de contaminantes se basa fundamentalmente en la forma del aislador, la altura de las faldas, su separación y la existencia de cualquier protuberancia.

#### **5.5.3.2 Discusión de los resultados**

Una comparación entre los diferentes resultados, nos permite establecer lo siguiente:

- a) El valor promedio de los valores de ESDD para los aisladores, antes del lavado, sin incluir el F 127.4, es  $0,020 \text{ mg/cm}^2$  para la superficie superior y 0.88 para la superficie inferior. El valor más bajo para la superficie superior corresponde al aislador D126.4 ( $0,01 \text{ mg/cm}^2$ ) y el valor más alto corresponde al aislador D127.4 ( $0,0318 \text{ mg/cm}^2$ ).

Los valores para la superficie inferior, antes del lavado, varían considerablemente. El aislador G127.4 tiene el valor más alto de ESDD con  $4,05 \text{ mg/cm}^2$  mientras que el aislador D126.4 tiene el más bajo valor con  $0,180 \text{ mg/cm}^2$ . La relación de valores ESDD entre la superficie inferior y superior de los aisladores varía entre 8 veces (aislador A126.4) a 127 veces para el aislador G 127.4.

De los resultados, se puede concluir que la acumulación de contaminación en la superficie inferior es más rápida que en la superficie superior. Asimismo, se puede concluir que la acumulación de contaminantes en la superficie superior siendo muy pequeña indica la presencia de erosión de los depósitos ya sea por el viento, las lluvias o por la presencia de humedad por largos períodos de tiempo que ocasiona la dilución de los contaminantes con el consiguiente limpiado natural.

- b) El valor promedio de ESDD, después del lavado, excepto para el aislador long rod E127, que es de categoría diferente, es de  $0,0036 \text{ mg/cm}^2$  para la superficie superior y  $0,0016$  para la superficie inferior. Todas las superficies superiores de los aisladores tienen un valor ESDD cercano al valor promedio excepto para el aislador H127 quien tiene un valor doble.

Los aisladores A126, C126, D126 y F127 tienen aproximadamente el mismo valor de ESDD, debajo del valor medio (rango de  $0.0005 \text{ mg/cm}^2$ ).

Los aisladores B126, G127 y H127 tienen el valor de 3 a 8 veces los valores del primer grupo.

Se resalta que los valores de ESDD para la superficie inferior, después del lavado, son cerca de 10 veces menos que los de la superficie superior. Esto indica claramente que el lavado es más eficiente para la superficie inferior que para la superficie superior.

- c) Para las superficies superiores, la relación de ESDD antes y después del lavado varia entre 2,5 veces a 10,7 veces. Para las superficies inferiores, la relación entre los valores de ESDD antes y después del lavado varia entre 76 veces y más de 2300 veces. Nuevamente, ésto es una indicación que el lavado de las superficies inferiores es más eficiente.
- d) Una comparación de valores ESDD entre zonas y la superficie total nos permite apreciar que la concentración de contaminación en ciertas zonas varía entre 4 a 13 veces para la superficie superior y 8 a 17 veces para la superficie inferior. Es evidente que la concentración de contaminantes en ciertas zonas afecta grandemente el comportamiento de los aisladores. Adicionalmente, es sumamente importante mencionar que la concentración de contaminantes tanto en la superficie superior e inferior están en el mismo lado.

Basado en los valores ESDD obtenidos permite concluir que cinco tipos de aisladores están en el mismo rango si se considera el lavado de los mismos. Ellos son los aisladores A126 (Super Fog NGK), C126 y D126 (Desértico) y F127 Fog. Enseguida vienen los aisladores B126 (Super Fog Sediver, G127 (Fog NGK) y H127 (Fog Vicasa).

Con relación al aislador long rod, E127, el valor de ESDD es de 2.927 mg/cm<sup>2</sup> que es cerca de 300 veces más que los aisladores tipo plato. En relación al lavado del aislador long rod, éste dió un excelente resultado siendo mejor que el mejor aislador tipo plato.

### 5.5.3.3 Conclusiones

Las principales conclusiones, luego de efectuadas las pruebas sobre aisladores expuestos naturalmente durante un año, son las siguientes:

El lavado de aisladores contaminados, tal y cual efectuado en las torres 126 y 127 de la línea Chiclayo - Piura L 238, usando la cantidad de agua y presión adecuadas y la correcta posición, da excelentes resultados

El tiempo de lavado de los aisladores fue dejado a criterio de la experiencia de los linieros de ETECEN. El tiempo usado osciló entre 18 segundos (aislador C126) y 46 segundos (aislador super fog). Tal como puede esperarse algunos aisladores necesitan más tiempo de lavado que otros para lograr buenos resultados. Esto es muy importante para administrar adecuadamente la cantidad de agua para el lavado de los aisladores.

La concentración de contaminación en ciertas zonas del aislador, pueden jugar un factor importante en la performance del aislador. Las pruebas eléctricas deben de establecer más claramente la influencia de esa concentración.

Ambos aisladores desérticos tuvieron valores bajos de ESDD.

Ambos aisladores desérticos estuvieron en el mejor lugar luego del lavado de los aisladores.

#### **5.5.4 Comparación de los Resultados Obtenidos a los Seis y Doce Meses de Exposición**

Los valores de los resultados del lavado de aisladores, expuestos naturalmente durante 6 meses, muestras de las torres 124 y 125 L 238 y 12 meses, muestras instaladas en las torres 126 y 127 respectivamente, han sido recopilados con el objetivo de emitir una mejor conclusión con relación a la eficiencia del lavado de los aisladores.

#### **5.5.5 Comparación de resultados para la parte superior de los aisladores – antes del lavado**

Con la excepción del aislador long rod, los valores ESDD después de seis meses son superiores en el orden de 10 veces a aquellos correspondientes a 12 meses. El valor de ESDD para el aislador E es 10 veces más alto luego de un año. La inspección visual luego de un año de exposición mostró que el núcleo del long rod estaba fuertemente cargado con contaminantes y que el viento y lluvias no pudieron limpiarlo.

**a) Comparación de resultados para la parte inferior de los aisladores – antes del lavado**

Para las superficies inferiores, cinco de los aisladores tenían prácticamente los mismos valores de ESDD. El aislador C126 tenía el valor ESDD cinco veces más bajo comparado los resultados de 12 meses con seis meses de exposición. El otro aislador (G127) tenía el valor de 12 veces más alto.

**b) Comparación de resultados para la superficie superior – después del lavado**

Ambos valores, para seis meses y doce meses de exposición tenían valores de ESDD casi similares, luego del lavado de los aisladores.

**c) Comparación de resultados para la superficie inferior – después del lavado**

Con la excepción de los aisladores B y H, todos los otros aisladores tenían valores ESDD bajos. Si se tiene en cuenta los niveles bajos de ESDD luego del lavado, la comparación es irrelevante, pudiendo decirse que el lavado es muy eficaz.

### **5.5.6 Conclusiones y recomendaciones**

El primer año de observaciones se ha completado satisfactoriamente. Las pruebas han confirmado que el lavado de aisladores a una presión de 3000 kPa es eficiente y proporciona resultados satisfactorios. Si bien es cierto que existe un ranking de eficiencia después del lavado, en general, para todos los tipos de aisladores ensayados, el lavado efectuado utilizando las técnicas de ETECEN, es satisfactorio y eficiente, si se tiene en cuenta la contaminación remanente (ESDD después del lavado).

Tal como se puede apreciar en la comparación de resultados de seis meses con doce meses, es fácil de deducir que en los últimos seis meses del programa ha habido cambios climáticos importantes. Existe una indicación clara que la lluvia y/o el viento o una combinación de ellos ha eliminado una cantidad importante de contaminantes. Se recomienda repetir el mismo proceso de medidas efectuadas sólo

con fines corroborativos debiéndose efectuar mediciones a los 18 y 24 meses de observaciones, durante el segundo año. Los próximos resultados deberán de efectuarse en la primavera en las torres 124 y 125 y al fin de año en el verano en las torres 126 y 127. Estos resultados los creemos importantes, ya que dilucidarán características climáticas que permitan planificar el mantenimiento anual de una forma más adecuada.

## **5.6 Inspección de pruebas de conductores**

### **5.6.1 Introducción**

El objetivo de esta parte del estudio es el de proveer los primeros resultados relacionados al comportamiento, desde el punto de vista de acumulación de contaminantes, de los tres tipos de conductores instalados en cinco lugares en las diferentes líneas de transmisión que recorren a lo largo de la costa Peruana y extendidas entre el Norte de Chiclayo y al Sur de Lima. Tres tipos de conductores, el standard cableado, el tipo trapezoidal y el tipo aeroZ, aproximadamente del mismo diámetro, fueron instalados en cada sitio, en crucetas de pruebas especialmente adaptadas.

Las crucetas de pruebas fueron instaladas en zonas críticas de las líneas con el objetivo de evaluar la susceptibilidad de los conductores al acumular depósitos de contaminación cuando éstos son expuestos a diferentes tipos de contaminación. El propósito del estudio es también de determinar que tipo de conductor facilitará el mantenimiento y proveerá los mejores resultados desde el punto de vista de pérdidas corona en los conductores.

### **5.6.2 Resultados de las Pruebas**

Las pruebas para el recojo de los depósitos se realizaron durante el período del 6 al 11 de Marzo del 2000. Es importante mencionar que durante ese período hubo una leve lluvia a lo largo de la Costa Peruana. Pero no es posible mencionar

con exactitud si la lluvia afectó los resultados o no. Sin embargo, las medidas se realizaron después de un período de un año de exposición natural de las muestras.

### **5.6.3 Información concerniente a los sitios de exposición**

Los conductores fueron expuestos en los cinco sitios siguientes:

- Sitio de Prueba 1 – Línea L 238, T 131 – Al Norte de Chiclayo
- Sitio de Prueba 2 – Línea 215, T 25 – Al Sur de Chimbote
- Sitio de Prueba 3 – Línea 215, T 379 – A medio camino entre Huarmey y Paramonga
- Sitio de Prueba 4 – Línea 213, T 826 – Cerca a Ancón y al Norte de Lima
- Sitio de Prueba 5 – Línea 207, T 131

### **5.6.4 Medidas de densidad de los contaminantes**

Se efectuaron medidas de comparación de la densidad de los contaminantes recolectados en los tres conductores en cada sitio. Los depósitos de contaminación en los conductores son de importancia en las líneas L 213, T 826 y L 207, T 131. En la línea L 238, T 131 los depósitos fueron regulares y en los otros dos lugares pueden ser considerados de menor importancia.

### **5.6.5 Limpieza de conductores**

Las pruebas se llevaron a cabo para determinar como se podría realizar la limpieza con los diferentes tipos de contaminación. Los tres conductores de las diferentes crucetas de pruebas fueron limpiados usando un cepillo de mano de acero de uso general. En las peores condiciones, el conductor podría ser limpiado fácilmente con el cepillo con uno o dos golpes y presión normal.

Donde se encontró pequeña cantidad de contaminación, no había signos de ataques al conductor por la contaminación. Pero en los tres lugares, los conductores

fueron ligeramente atacados y había signos de decoloración de la capa de galvanizado del conductor.

#### **5.6.5.1 Distribución de los contaminantes en los conductores**

Generalmente, las cinco crucetas de pruebas fueron instaladas bajo diferentes condiciones de contaminación. Los conductores instalados en los cinco diferentes lugares fueron colocados en la misma dirección general, la cual es paralela a la costa y con un ángulo entre 60° y 90° con el viento normal del día.

#### **5.6.5.2 Discusión sobre los resultados**

Un análisis de los resultados obtenidos nos permite establecer lo siguiente:

- a) En general se observó que los conductores compactos tienen menores depósitos de contaminantes que el conductor cableado. Esto era de esperarse teóricamente, debido a que el conductor cableado al no tener una superficie lisa o casi lisa, tiende a acumular mayor contaminación en los intersticios propios del cableado.
- b) El conductor trapezoidal en los cinco lugares tuvo la menor densidad de depósito de contaminación comparado con los otros conductores;
- c) El conductor trapezoidal fue afectado en menor grado por la presencia de contaminación. Es posible observar que al menos en tres lugares las hebras del conductor trapezoidal no fueron afectadas por la presencia de los diferentes depósitos de contaminación;
- d) Después de un año de exposición al Norte y al Sur de Lima los conductores cableados y aéreoZ ya muestran signos de agresión debido a la presencia de diferentes tipos de contaminación depositados naturalmente sobre ellos;
- e) En las cinco crucetas de pruebas, la muestra del conductor cableado A (AAAC) recolectó un grado mayor de depósitos ej. 50% más que el conductor trapezoidal y 23% más que el conductor de hebras Z.

Así mismo, el conductor cableado AAAC fue el más atacado por los productos contaminantes en todos los sitios;

- f) El grado de contaminación en dos sitios, al Norte y al Sur de Lima, pueden ser considerados más severos que en los otros tres sitios;
- g) Otro aspecto importante que creemos debemos mencionar, es el hecho que los conductores compactos, por el hecho de ser compactos, no permiten que la humedad penetre al interior del mismo. Esto representa una gran ventaja ya que se ha encontrado en las muestras de conductores cableados retirados de las líneas costeras de ETECEN, que ellos han perdido muchas de sus propiedades mecánicas debido a este hecho constructivo.

#### **5.6.6 Otros estudios efectuados**

Consideramos importante presentar los resultados de otros estudios realizados, con relación a la selección del conductor que mejor se adapte a las condiciones climatológicas de la costa peruana y/o represente una ventaja electromecánica su uso. En ese contexto es importante encontrar un conductor que facilite el mantenimiento del mismo (limpieza), acumule menos suciedad en su superficie y de ser posible tenga un mejor comportamiento eléctrico corona.

En 1998 ETECEN contrató a la Universidad de San Juan la ejecución de pruebas de laboratorio de conductores contaminados, el cual tenía por objetivo fundamental el de desarrollar fórmulas empíricas para predecir pérdidas corona de diferentes diámetros-configuraciones de conductores contaminados. Los resultados muestran que para reducir las pérdidas corona, el uso de la configuración doble de conductores es más eficiente que incrementar el diámetro de un conductor simple. Aún en configuración doble, si bien es cierto las pérdidas corona se reducen, ellas representan aún pérdidas del orden de cinco veces las pérdidas correspondientes a un conductor limpio. Si además, se tiene en cuenta la situación actual del sistema de transmisión costero de ETECEN, resultaría excesivamente oneroso cambiar los conductores existentes simples por conductores dobles, aún así habría que limpiarlos.

Los resultados muestran que para conductores contaminados el conductor compacto tiene pérdidas corona inferiores al conductor normal cableado, que varía entre 7% y 30% dependiendo del grado de contaminación. Si tenemos en cuenta, según las medidas de pérdidas corona efectuadas en el 1996 donde el factor de rugosidad promedio de las líneas estudiadas era del orden de 0.3, concluimos que en promedio se estaría ahorrando aproximadamente 20% en pérdidas utilizando un conductor compacto. Es importante mencionar que estos resultados son sobre un sólo tipo de conductor compacto, pero creemos que la tendencia sino exacta debería ser aproximadamente la misma.

Es importante mencionar que el conductor compacto es un conductor especial, diseñado para usos especiales, no siendo fácil encontrar fabricantes de los mismos con experiencia y facilidades de fabricación.

El conductor compacto fue desarrollado por Hydro Quebec y Electricité de France con el objetivo fundamental de incrementar la capacidad de transmisión de potencia de sus líneas aéreas en alta tensión. Dicho conductor, antes de su utilización fue extensivamente probado con el objetivo de validar o determinar su comportamiento térmico-eléctrico, mecánico incluyendo elasticidad, capacidad de tensado, coeficiente aerodinámico (drag) y susceptibilidad a vibraciones aéreas. Las conclusiones de dichas pruebas fueron las siguientes:

El conductor compacto tiene un comportamiento superior o equivalente comparado con el conductor normal cableado.

El comportamiento muestra lo que se esperaba con relación al comportamiento eléctrico y térmico, para igualdad de diámetro, bajo condiciones normales de operación existe un incremento de capacidad de transmisión del orden de 7 a 16% y por consiguiente una disminución de pérdidas joule del orden de 13 a 26%.

El coeficiente de resistencia aerodinámico fue reducido de 25 a 50% comparado con los conductores cableados convencionales cuando fueron sometidos a velocidades de viento altas.

La resistencia mecánica, facilidad de unión (juntas) y tensado son satisfactorias.

La susceptibilidad de vibraciones aéreas es ciertas veces fuertemente reducida y en el peor de los casos igual a los conductores cableados

Creep y el esfuerzo de fatiga son equivalentes a los conductores cableados convencionales

A continuación presentamos conclusiones efectuadas sobre otros estudios realizados, con relación al comportamiento corona de conductores incluyendo el compacto y estudios eléctricos y mecánicos del conductor compacto. Las conclusiones se basan en las pruebas de laboratorio, observaciones realizadas en el sistema de transmisión costero de ETECEN y las investigaciones de desarrollo de los conductores compacto efectuados por Hydro Quebec y Electricité de France. Siempre se comparará conductores de igual diámetro.

Si ETECEN no limpiara sus líneas y se dejara acumular contaminación en los conductores, en niveles altos de contaminación el conductor compacto tendría pérdidas corona inferiores del orden del 7 al 30% dependiendo del grado de contaminación del conductor. Para el valor promedio de contaminación de las líneas de ETECEN ( $m=0.3$ ), las pérdidas corona serían inferiores en 20% aproximadamente.

Según resultados de investigación de Hydro Quebec y Electricité de France, a igualdad de diámetro, las pérdidas joule de un conductor compacto son inferiores al del cableado convencional entre el 13 y 26%.

A igualdad de diámetro el conductor compacto tiene una capacidad superior de transmisión de potencia del orden del 7 a 16%.

## **5.6.7 Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.6.7.1 Con relación a las pruebas realizadas en el proyecto de la Estación de Pruebas**

Las pruebas efectuadas nos han permitido comparar el comportamiento de cada tipo de conductor bajo los diferentes tipos de exposiciones, a la arena, a la humedad desde el mar, a la contaminación industrial y finalmente a los contaminantes agrícolas.

Es importante mencionar que los resultados recogidos después de un año muestran que el conductor cableado acumula mayor cantidad de contaminantes que los conductores compactos. Asimismo ellos son más atacados por el ambiente húmedo salino.

Los resultados del primer año de observación muestran que el conductor trapezoidal acumula aproximadamente 50% menos de contaminación que el conductor cableado y el conductor aéreoZ acumula aproximadamente 23% menos de contaminación que el conductor cableado. Asimismo, se ha podido verificar que los conductores compactos son más fáciles de limpiar que los conductores cableados debidos fundamentalmente a su característica constructiva.

Se recomienda, un año adicional de observaciones y verificaciones para corroborar lo observado durante el primer año. Asimismo se recomienda al final del segundo año, observar la presencia de penetración de humedad al interior de los conductores expuestos.

#### **5.6.7.2 Con relación a los otros Estudios**

Si la tendencia se mantiene en el sentido que el conductor compacto acumula menos suciedad y por los resultados de laboratorio obtenidos en el sentido de que dicho conductor tiene un mejor comportamiento corona aún contaminado, por su facilidad de limpieza (superficie casi lisa) y por las otras ventajas electromecánicas, en esa situación estaríamos en condiciones de recomendar al conductor compacto trapezoidal como el conductor a ser utilizado en las líneas costeras de ETECEN. Asimismo para completar el proyecto de reducción de pérdidas, es importante que se concluya con el diseño y construcción de los equipos mecanizados de limpieza de conductores y se limpien los conductores, como práctica corriente de mantenimiento, para reducir las excesivas pérdidas transversales en el sistema de transmisión costero de ETECEN. Esta recomendación es aún más válida, debido a que ETECEN está instalando segundas ternas en las diferentes secciones de líneas costeras, hecho que, de no mantenerse limpios los conductores, las pérdidas corona se incrementarán significativamente.

## **5.7 Inspección de Aisladores Poliméricos**

### **5.7.1 Introducción**

Como parte del estudio de aislamiento se previó la instalación, sobre las líneas bajo estudio y a tensión plena, de muestras de tres fabricantes de aisladores no cerámicos a saber: NGK, Sediver de Francia y Ceramtec. Posteriormente ETECEN sugirió la instalación de aisladores no cerámicos fabricados por Reliable de los Estados Unidos. Las muestras fueron instaladas en las zonas críticas de las líneas L 207, L 213, L 215 y L 238. Al final del primer año correspondía una evaluación visual y fotográfica del comportamiento de estos aisladores en zonas altamente agresivas. El presente capítulo trata sobre las observaciones efectuadas en las muestras instaladas luego de un año de exposición a las condiciones ambientales naturales y a plena tensión de operación. Asimismo, solamente con carácter referencial, se presentan comentarios sobre la exposición de aisladores poliméricos instalados anteriormente por ETECEN, con el objetivo de verificar su comportamiento en las líneas costeras.

Se realizó una inspección nocturna con el objetivo de identificar el aislador o aisladores que tenían mayor actividad (efluvios), siendo este(os) seleccionados para una inspección visual y fotográfica detallada.

### **5.7.2 Resultados de la Evaluación de Aisladores**

Con relación a los aisladores instalados en el marco del proyecto, las conclusiones y recomendaciones son las siguientes

- Durante las inspecciones nocturnas efectuadas, si bien es cierto que se presentan signos de actividad sobre los aisladores silicónicos instalados (efluvios), ellos no son serios aún como para que las diferentes líneas salgan de servicio a causa de dichas descargas.
- Dichas descargas son debido a la acumulación de contaminantes y a la presencia de alta humedad en el medio ambiente. Su efecto es una de las causas del deterioro gradual de este tipo de aislador.

- Durante el primer año de exposición se aprecia en ciertos aisladores, la presencia de deformaciones de ciertas aletas y pequeños daños en los mismos. Sin embargo, dichas deformaciones y daños no representan aún un riesgo evidente de deterioro que ponga en riesgo la fiabilidad de las líneas.
- La inquietud principal de los aisladores silicónicos es su capacidad a largo plazo para soportar ambientes altamente salinos y abrasivos, como la costa peruana, con una contaminación pronunciada, presencia mínima de lluvias y alta humedad. Es importante que se tenga en cuenta que los aisladores son diseñados para durar un mínimo de 25 a 30 años siendo dificultoso y oneroso, cambiar aisladores con frecuencia.
- Es importante mencionar que el estudio de aisladores alternativos para las líneas costeras de ETECEN, no se efectúa con el objetivo de reducir pérdidas transversales en las líneas, ya que su contribución es mínima. El estudio se realiza con el objetivo fundamental de disminuir los costos de mantenimiento, llámese lavado o siliconado, que en algunas líneas es relativamente oneroso.
- Los componentes metálicos de los aisladores presentan ya signos de corrosión unos más que los otros. Evidentemente, dichos signos son más significativos en la zona de la estación de pruebas, línea Chiclayo – Piura L 238.
- Un año de exposición no es suficiente para evaluar el comportamiento de dichos tipos de aisladores por lo que se recomienda un año de exposición adicional al fin del cual se programarán pruebas en los materiales, con el objetivo de cuantificar los daños ocasionados por el medio ambiente en los diferentes tipos de aisladores (fabricantes).

### **5.7.3 Otros Aisladores Poliméricos Instalados por Etecen**

ETECEN ha venido instalando diferentes tipos de aisladores compuestos en sus líneas de transmisión costeras con el objetivo de evaluar el comportamiento de los mismos. Lamentablemente, no se cuenta con un registro sistemático desde su

instalación ni se han guardado las muestras patrón o de referencia de los diferentes tipos de aisladores instalados, que hubiera servido para poder analizar comparativamente el comportamiento de los mismos.

#### **5.7.4 Aislador Silicónico NGK 251SF450SJW, Instalado el 09/06/96**

Dicho aislador fue instalado en la zona crítica de la línea L 238, torre 122. En la foto final del informe, se aprecia una pequeña grieta entre la primera y segunda aleta, cerca al conductor. Si bien es cierto que dicho daño aún no ha causado problemas de aislamiento, es necesario que se efectúe un seguimiento cerrado de su comportamiento, vía inspecciones nocturnas. Asimismo, en la secuencia de fotos presentada en el Informe Final se aprecia una gran acumulación de contaminantes y la presencia de corrosión avanzada en los componentes metálicos. Es difícil emitir un juicio sobre el comportamiento de este aislador, debido al hecho que no se tiene registros de su instalación y se puede argumentar que el daño fue causado por una mala maniobra durante su instalación o si falla no se cuenta con la muestra patrón que nos permita comparar las propiedades del material al inicio contra las propiedades actuales.

#### **5.7.5 Aislador Polimérico, Instalado en la Torre 419 de la Línea Paramonga – Chimbote L 215**

Las fotos presentadas en el Informe muestran el estado en que se encuentra el aislador polimérico instalado en la línea L 215, torre 419. Aparentemente dicho aislador es de marca HELITE -2, del tipo EPDM y fue instalado en 1993. No se tiene ningún registro sistemático de su instalación ni seguimiento, no contándose tampoco con una muestra patrón de referencia. Como se aprecia en la secuencia de fotos del Informe, el aislador presenta signos evidentes de envejecimiento, presencia de grietas a lo largo del núcleo, deformación y pérdida del material y/o quebradura en las aletas, lo que hace que dicho aislador represente un serio riesgo para la operación de la línea. Este tipo de material, ya es conocido por ETECEN, que presenta dificultades serias de comportamiento en el ambiente costero peruano,

requiriéndose inclusive lavarse tres veces al año. Adicionalmente, se aprecia signos evidentes de corrosión en sus componentes metálicos.

Con relación a los aisladores compuestos, se recomienda a ETECEN a ser cautos en el uso extensivo de este tipo de aisladores en el sistema de transmisión costero. No hay que olvidarse que el objetivo fundamental no es reducir pérdidas sino reducir los costos de mantenimiento. Antes de utilizar extensivamente aisladores del tipo silicónico, debemos estar seguros que se adapta fácilmente a las características agresivas de la costa casi sin lluvias, con una presencia casi permanente de alta humedad, arenado y en ciertos períodos una presencia solar intensa.

## **5.8 Resultados de las pruebas de Sistemas de Pintura**

Antes de mostrar los resultados de la aplicación de la pintura, creemos que es importante mencionar algunos aspectos de utilización de los diferentes sistemas propuestos. En efecto, se pudo notar en las pinturas alquídicas son más sencillas en su aplicación ya sean con mitón (guante) o con brocha, con o sin diluyente y los espesores deseados fáciles de medir y obtener debido al secado. En el thinner se pudo apreciar que era menos fuerte y contaminante respecto a los otros diluyentes. En las pinturas de dos o más componentes como son las epóxicas, con características de secado más rápido pero con mayor contaminación ambiental debido a su composición, su aplicación es dificultosa debido a las condiciones del clima, como son los vientos mayores a 20 Kph que hacen desperdiciar hasta el 60% de pintura al aplicarlas, pérdidas que son irrecuperables, como también el calor por encima de 32°C al ambiente y entre 40°C a 45°C de temperatura de superficie, evitando un brochado uniforme por la rápida evaporación del thinner y acelerando la reacción de sus componentes, lo cual limita el tiempo de aplicación de la mezcla "Pot Life" entre 1 o 2 hrs. de duración.

La Tabla N° 5.1 presenta las condiciones ambientales tenidas durante los días que se fueron preparando, pintando e instalando las muestras. La Tabla N° 5.2 presenta los detalles del control de la preparación de la superficie de las diferentes muestras, notándose que el contenido de sales promedio luego de la preparación de

la superficie era del orden de 60 a 80 mgr/m<sup>2</sup>, concordante con los requerimientos mínimos especificados en el proceso de aplicación de la pintura actualmente bajo ejecución.

Las Tablas N° 5.3 y 5.4 presentan los resultados del control del proceso de aplicación de los diferentes sistemas de pintado, para todas las muestras, para la primera y segunda capa respectivamente, incluyendo los espesores aplicados en húmedo, en seco y los controles ambientales. Con relación a los controles ambientales, ellos de ninguna manera superan los valores máximos o mínimos recomendados por los fabricantes.

Finalmente, al final del presente capítulo, se adjuntan una serie de fotografías que muestran las diferentes fases de la aplicación de los diferentes sistemas de pintura sobre las muestras debidamente seleccionadas.

El capítulo denominado Programa Consecutivo, detalla las fechas de inspección previstas con el objetivo de evaluar el comportamiento de los diferentes sistemas de pintado aplicado.

**TABLA N° 5.1**  
**CONDICIONES AMBIENTALES**  
**PROYECTO EVALUACION DE SISTEMAS DE PINTADO - ETECEN**

| DIA / FECHA                           | HORA  | VELOCIDAD VIENTO<br>KP/H | TEMPERATURA SUPERFICIE<br>°C | TEMPERATURA AMBIENTE<br>°C | PUNTO DE ROCIO<br>°C | HUMEDAD RELATIVA<br>% | OBSERVACIONES                  |
|---------------------------------------|-------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|
| <b>SABADO</b><br><b>01/04/2000</b>    | 07:00 | 0                        | 18                           | 19                         | 15                   | 85                    | SOLEADO                        |
|                                       | 08:15 | 4                        | 26                           | 24.4                       | 20                   | 68                    | SOLEADO                        |
|                                       | 09:15 | 0                        | 36                           | 26                         | 20                   | 68                    | SOLEADO                        |
|                                       | 10:15 | 3                        | 38                           | 28                         | 18.6                 | 60                    | SOLEADO                        |
|                                       | 11:15 | 3                        | 52                           | 28                         | 20                   | 59                    | SOLEADO                        |
|                                       | 12:15 | 12                       | 58                           | 30                         | 20                   | 59                    | SOLEADO                        |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>3.67</b>              | <b>38.00</b>                 | <b>25.90</b>               | <b>18.93</b>         | <b>66.50</b>          |                                |
| <b>DOMINGO</b><br><b>02/04/2000</b>   | 07:00 | 1.8                      | 18                           | 19                         | 18.2                 | 83                    | SOLEADO                        |
|                                       | 08:15 | 1.8                      | 27                           | 23                         | 18.2                 | 70                    | SOLEADO                        |
|                                       | 09:15 | 3.6                      | 30                           | 27                         | 18.7                 | 59                    | SOLEADO                        |
|                                       | 10:15 | 1.8                      | 35                           | 27                         | 18.5                 | 54                    | SOLEADO                        |
|                                       | 11:15 | 1.8                      | 48                           | 27                         | 18.4                 | 53                    | SOLEADO                        |
|                                       | 12:15 | 3.6                      | 55                           | 30                         | 18.4                 | 53                    | SOLEADO                        |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>2.40</b>              | <b>35.50</b>                 | <b>25.50</b>               | <b>18.40</b>         | <b>62.00</b>          |                                |
| <b>LUNES</b><br><b>03/04/2000</b>     | 07:00 | 1                        | 17                           | 19                         | 16                   | 83                    | SOLEADO                        |
|                                       | 08:15 | 3                        | 27                           | 25                         | 21                   | 75                    | SOLEADO                        |
|                                       | 09:15 | 0                        | 38                           | 27                         | 22                   | 60                    | SOLEADO                        |
|                                       | 10:15 | 4                        | 39                           | 29                         | 17.8                 | 60                    | SOLEADO                        |
|                                       | 11:15 | 2                        | 50                           | 27                         | 19                   | 55                    | SOLEADO                        |
|                                       | 12:15 | 13                       | 60                           | 31                         | 18                   | 54                    | SOLEADO                        |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>3.83</b>              | <b>38.50</b>                 | <b>26.33</b>               | <b>18.97</b>         | <b>64.50</b>          |                                |
| <b>MARTES</b><br><b>04/04/2000</b>    | 08:15 | 7.2                      | 20                           | 22                         | 18.2                 | 81                    | SOLEADO                        |
|                                       | 09:15 | 5.4                      | 25                           | 24.7                       | 18.7                 | 69.3                  | SOLEADO                        |
|                                       | 10:30 | 0                        | 31                           | 26.5                       | 18                   | 57                    | SOLEADO                        |
|                                       | 11:50 | 15                       | 35                           | 29.5                       | 18.5                 | 56                    | SOLEADO                        |
|                                       | 12:30 | 18                       | 33                           | 30                         | 18.4                 | 53                    | SOLEADO                        |
|                                       | 13:10 | 18                       | 33                           | 28.8                       | 16.5                 | 52                    | SOLEADO                        |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>10.60</b>             | <b>29.50</b>                 | <b>26.92</b>               | <b>18.05</b>         | <b>61.38</b>          |                                |
| <b>MIÉRCOLES</b><br><b>05/04/2000</b> | 07:30 | 5                        | 24                           | 21.8                       | 19.3                 | 85                    | NUBLADO                        |
|                                       | 08:40 | 9                        | 25                           | 23.3                       | 20.1                 | 82                    | NUBLADO PINTADO (SIST. 1)      |
|                                       | 09:35 | 28                       | 32                           | 27.9                       | 19                   | 59                    | SOLEADO                        |
|                                       | 10:25 | 7.2                      | 33                           | 27                         | 19                   | 56                    | SOLEADO                        |
|                                       | 11:25 | 0                        | 34                           | 31                         | 19                   | 56                    | SOLEADO PINTADO (SIST. 2)      |
|                                       | 12:30 | 14                       | 34                           | 31                         | 20.2                 | 56                    | SOLEADO                        |
|                                       | 01:15 | 10                       | 33                           | 30                         | 20.1                 | 50                    | SOLEADO PINTADO (SIST. 5)      |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>11.37</b>             | <b>31.83</b>                 | <b>28.37</b>               | <b>19.57</b>         | <b>59.83</b>          |                                |
| <b>JUEVES</b><br><b>06/04/2000</b>    | 07:45 | 10                       | 25                           | 22.4                       | 19.2                 | 83                    | NUBLADO                        |
|                                       | 08:30 | 12                       | 28                           | 24.6                       | 19.5                 | 74.5                  | NUBLADO                        |
|                                       | 09:40 | 10                       | 31                           | 27.4                       | 19.6                 | 61                    | NUBLADO                        |
|                                       | 10:30 | 10                       | 31                           | 27.6                       | 19                   | 61                    | NUBLADO                        |
|                                       | 10:45 | 12                       | 29                           | 26.9                       | 18.4                 | 58                    | NUBLADO                        |
|                                       | 11:50 | 16                       | 30                           | 22.9                       | 17.8                 | 53                    | SOLEADO                        |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>11.67</b>             | <b>29.00</b>                 | <b>25.30</b>               | <b>18.92</b>         | <b>65.08</b>          |                                |
| <b>VIERNES</b><br><b>07/04/2000</b>   | 07:45 | 10                       | 19                           | 20                         | 18.4                 | 91                    | SOLEADO                        |
|                                       | 08:45 | 7.2                      | 27                           | 22.1                       | 18.2                 | 77                    | SOLEADO                        |
|                                       | 09:45 | 3.6                      | 32                           | 24.4                       | 18.9                 | 73                    | SOLEADO                        |
|                                       | 10:45 | 12                       | 40                           | 26.1                       | 19.5                 | 64                    | SOLEADO                        |
|                                       | 11:45 | 17                       | 42                           | 28.3                       | 18                   | 60.8                  | SOLEADO                        |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>10.24</b>             | <b>31.50</b>                 | <b>24.37</b>               | <b>18.65</b>         | <b>71.81</b>          |                                |
| <b>LUNES</b><br><b>10/04/2000</b>     | 07:45 | 15                       | 20                           | 22.9                       | 19.5                 | 83                    | SOLEADO                        |
|                                       | 08:15 | 18                       | 28                           | 24.8                       | 19.4                 | 70                    | SOLEADO                        |
|                                       | 09:15 | 15                       | 35                           | 26.7                       | 18.1                 | 63                    | SOLEADO                        |
|                                       | 10:15 | 18                       | 29                           | 27.5                       | 18.5                 | 56.3                  | SOLEADO PINTADO (SIST.3)       |
|                                       | 12:00 | 18                       | 31                           | 30                         | 18                   | 50                    | SOLEADO                        |
|                                       | 13:00 | 18                       | 31                           | 28                         | 18                   | 50                    | SOLEADO PINTADO (SIST.4)       |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>17.00</b>             | <b>29.00</b>                 | <b>26.65</b>               | <b>18.58</b>         | <b>62.05</b>          |                                |
| <b>MARTES</b><br><b>11/04/2000</b>    | 07:55 | 10                       | 23                           | 22                         | 19.8                 | 86                    | SOLEADO                        |
|                                       | 09:05 | 4                        | 27                           | 23.7                       | 19.7                 | 81                    | SOLEADO                        |
|                                       | 10:05 | 0                        | 36                           | 25.4                       | 18.8                 | 67.4                  | SOLEADO                        |
|                                       | 11:20 | 0                        | 36                           | 28.4                       | 20.3                 | 62.4                  | SOLEADO PINTADO (SIST.1,6)     |
|                                       | 14:20 | 25.2                     | 30                           | 28.4                       | 19.3                 | 60                    | SOLEADO                        |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>7.84</b>              | <b>30.40</b>                 | <b>25.58</b>               | <b>19.58</b>         | <b>71.36</b>          |                                |
| <b>MIÉRCOLES</b><br><b>12/04/2000</b> | 07:30 | 0                        | 22                           | 22                         | 18.2                 | 77                    | SOLEADO                        |
|                                       | 08:30 | 0                        | 24                           | 23.9                       | 18.2                 | 70                    | SOLEADO                        |
|                                       | 09:15 | 0                        | 32                           | 24.7                       | 18.1                 | 67                    | SOLEADO                        |
|                                       | 11:30 | 3.6                      | 39                           | 31.4                       | 17.5                 | 38                    | SOLEADO PINTADO (SIST.1,2,5,6) |
| <b>PROMEDIO</b>                       |       | <b>0.90</b>              | <b>29.25</b>                 | <b>25.50</b>               | <b>18.00</b>         | <b>63.00</b>          | 2da CAPA                       |

**TABLA Nº 5.2**  
**CONTROL DE PREPARACION DE SUPERFICIE POR SISTEMAS**

| C<br>O<br>D<br>I<br>G<br>O | NC | ESPOSOR/GALVANIZADO MILS. |          |          |          |                  |          |          |          | P<br>R<br>O<br>M<br>E<br>D<br>I<br>O | METODO<br>DE<br>PREP. DE<br>SUPERFICIE | CONTROLES AMBIENTALES PROMEDIO |                            |                              |                                    |                               | CONCENTRACION DE SALES<br>MILGERS / M2 | OBSERVACIONES |
|----------------------------|----|---------------------------|----------|----------|----------|------------------|----------|----------|----------|--------------------------------------|--|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|---------------|
|                            |    | PERFIL DE 45 CMS          |          |          |          | PERFIL DE 35 CMS |          |          |          |                                      |  | HUMEDAD<br>RELATIVA<br>%       | PUNTO<br>DE<br>ROCIO<br>°C | VELOCIDAD /<br>VIENTO<br>KPH | TEMPERATURA<br>DE<br>SUPERF.<br>°C | TEMPERATURA<br>AMBIENTE<br>°C |  |               |
|                            |    | INTERIOR                  | EXTERIOR | INTERIOR | EXTERIOR | INTERIOR         | EXTERIOR | INTERIOR | EXTERIOR |                                      |  |                                |                            |                              |                                    |                               |  |               |
| 1-103                      | 0  | 4.41                      | 4.17     | 4.48     | 4.37     | 1.54             | 3.93     | 2.80     | 2.86     | 3.57                                 | SP-1                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 60-80                                  | NUEVO         |
| 2-103                      | 0  | 3.56                      | 4.41     | 4.17     | 3.59     | 3.40             | 4.72     | 3.03     | 2.61     | 3.44                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 60-80                                  |               |
| 3-106                      | 0  | 6.02                      | 4.69     | 5.16     | 5.16     | 6.18             | 4.65     | 4.65     | 6.73     | 5.55                                 | SP-1                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 60-80                                  | NUEVO         |
| 4-106                      | 0  | 4.08                      | 5.35     | 3.40     | 3.67     | 5.98             | 5.16     | 4.57     | 5.92     | 5.41                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 60-80                                  |               |
| 5-124                      | 2  | 3.39                      | 1.77     | 3.87     | 3.27     | 4.21             | 1.37     | 3.72     | 2.41     | 2.93                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 60-80                                  |               |
| 6-124                      | 2  | 3.05                      | 3.91     | 1.31     | 3.91     | 6.06             | 3.30     | 0.31     | 1.94     | 2.90                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 60-80                                  |               |
| 7-128                      | 2  | 3.42                      | 5.71     | 2.43     | 3.25     | 4.65             | 6.77     | 5.24     | 3.86     | 5.13                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 60-80                                  |               |
| 8-128                      | 2  | 5.43                      | 4.37     | 4.45     | 3.90     | 7.48             | 3.61     | 5.79     | 4.33     | 5.30                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 60-80                                  |               |
| 9-135                      | 3  | 1.99                      | 4.61     | 4.21     | 4.25     | 1.22             | 4.69     | 4.57     | 3.98     | 3.62                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 60-80                                  |               |
| 10-135                     | 3  | 1.94                      | 3.08     | 5.28     | 7.99     | 0.57             | 1.07     | 1.64     | 1.63     | 1.23                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 60-80                                  |               |
| 11-1310                    | 3  | 1.62                      | 3.11     | 3.25     | 1.01     | 0.07             | 6.38     | 1.22     | 4.06     | 2.93                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 60-80                                  |               |
| 12-1310                    | 3  | 5.50                      | 3.32     | 3.10     | 3.14     | 0.36             | 1.32     | 2.28     | 1.51     | 1.37                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 60-80                                  |               |
| 13-145                     | 4  | 0.00                      | 0.00     | 1.42     | 0.75     | 0.00             | 1.11     | 1.82     | 0.50     | 0.86                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 60-80                                  |               |
| 14-145                     | 4  | 0.00                      | 0.00     | 0.00     | 1.81     | 1.20             | 1.50     | 1.25     | 1.75     | 1.43                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 60-80                                  |               |
| 15-1410                    | 4  | 0.00                      | 2.05     | 1.06     | 2.05     | 0.00             | 1.61     | 0.00     | 0.00     | 0.40                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 60-80                                  |               |
| 16-1410                    | 4  | 0.39                      | 0.15     | 0.40     | 0.44     | 0.94             | 1.98     | 1.45     | 2.50     | 1.72                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 60-80                                  |               |
| 17-1415                    | 4  | 0.00                      | 0.71     | 0.00     | 0.00     | 2.03             | 0.51     | 0.35     | 0.16     | 0.76                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 60-80                                  |               |
| 18-1415                    | 4  | 1.29                      | 0.44     | 1.42     | 2.09     | 0.00             | 1.34     | 0.00     | 0.92     | 0.57                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 60-80                                  |               |
| 1-2413                     | 4  | 0.76                      | 1.80     | 1.66     | 1.17     | 0.59             | 2.43     | 2.64     | 1.89     | 1.89                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 60-80                                  |               |
| 2-2413                     | 4  | 2.80                      | 1.63     | 1.09     | 1.29     | 1.89             | 2.96     | 0.28     | 0.00     | 1.28                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 60-80                                  |               |
| 1-303                      | 0  | 3.00                      | 4.21     | 7.60     | 7.64     | 7.64             | 7.64     | 3.20     | 3.77     | 5.56                                 | SP-1                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  | NUEVO         |
| 2-303                      | 0  | 5.39                      | 3.01     | 6.26     | 5.67     | 5.31             | 5.63     | 5.75     | 5.79     | 5.62                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 3-306                      | 0  | 6.14                      | 3.72     | 5.98     | 4.25     | 5.63             | 4.22     | 5.16     | 4.20     | 4.80                                 | SP-1                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  | NUEVO         |
| 4-306                      | 0  | 3.97                      | 3.87     | 3.37     | 5.63     | 6.97             | 5.35     | 4.21     | 3.87     | 5.10                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 5-324                      | 2  | 5.59                      | 6.81     | 4.61     | 6.42     | 5.20             | 5.91     | 4.76     | 4.84     | 5.18                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 6-324                      | 2  | 4.49                      | 6.54     | 5.08     | 6.38     | 3.28             | 2.47     | 3.58     | 3.51     | 3.21                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 7-328                      | 2  | 8.03                      | 4.57     | 4.25     | 3.70     | 3.42             | 5.87     | 3.72     | 2.39     | 3.85                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 8-328                      | 2  | 4.65                      | 7.36     | 3.29     | 3.62     | 6.46             | 3.66     | 4.96     | 5.20     | 5.07                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 9-334                      | 3  | 5.31                      | 5.94     | 4.21     | 3.86     | 0.93             | 1.39     | 3.92     | 4.65     | 2.72                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 40-60                                  |               |
| 10-334                     | 3  | 1.72                      | 3.08     | 0.00     | 8.27     | 3.65             | 5.24     | 4.72     | 5.24     | 4.71                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 40-60                                  |               |
| 11-338                     | 3  | 3.30                      | 0.39     | 0.48     | 3.11     | 3.94             | 4.21     | 3.94     | 4.69     | 4.20                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 40-60                                  |               |
| 12-338                     | 3  | 5.93                      | 6.30     | 1.28     | 6.93     | 4.92             | 3.11     | 4.72     | 3.31     | 4.02                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 40-60                                  |               |
| 13-344                     | 4  | 2.97                      | 2.76     | 1.57     | 2.55     | 2.80             | 2.54     | 2.67     | 0.17     | 2.05                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 40-60                                  |               |
| 14-344                     | 4  | 2.23                      | 1.50     | 0.00     | 0.99     | 0.30             | 2.15     | 2.89     | 1.17     | 1.63                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 40-60                                  |               |
| 15-348                     | 4  | 1.98                      | 2.12     | 1.87     | 1.39     | 2.17             | 1.36     | 2.47     | 1.98     | 2.00                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 40-60                                  |               |
| 16-348                     | 4  | 2.96                      | 2.35     | 1.56     | 1.18     | 3.91             | 1.99     | 2.31     | 1.92     | 2.53                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 40-60                                  |               |
| 1-403                      | 0  | 5.31                      | 6.65     | 5.59     | 4.72     | 4.80             | 4.92     | 5.28     | 5.24     | 5.06                                 | SP-1                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  | NUEVO         |
| 2-403                      | 0  | 3.05                      | 5.51     | 2.73     | 3.28     | 2.50             | 3.04     | 2.39     | 3.21     | 2.79                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 3-406                      | 0  | 4.76                      | 4.72     | 5.20     | 5.39     | 8.00             | 8.31     | 7.72     | 8.11     | 8.04                                 | SP-1                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  | NUEVO         |
| 4-406                      | 0  | 2.86                      | 3.22     | 3.00     | 3.70     | 3.61             | 5.47     | 1.85     | 5.04     | 3.99                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 5-424                      | 2  | 2.90                      | 3.13     | 3.66     | 2.71     | 0.17             | 4.63     | 3.78     | 4.61     | 3.30                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 6-424                      | 2  | 5.20                      | 5.00     | 4.69     | 4.45     | 3.61             | 5.24     | 3.50     | 2.60     | 3.74                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 7-428                      | 2  | 4.33                      | 6.22     | 4.92     | 4.17     | 4.92             | 3.78     | 4.37     | 5.00     | 4.52                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 8-428                      | 2  | 4.72                      | 5.43     | 4.33     | 4.17     | 3.66             | 3.31     | 3.83     | 2.23     | 3.26                                 | SP-3                                   | 64.50                          | 18.97                      | 3.83                         | 38.50                              | 26.33                         | 40-60                                  |               |
| 9-434                      | 3  | 3.91                      | 3.87     | 0.72     | 4.33     | 3.57             | 4.53     | 3.39     | 3.73     | 3.81                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 40-60                                  |               |
| 10-434                     | 3  | 3.87                      | 7.05     | 2.92     | 3.54     | 0.54             | 8.46     | 1.97     | 3.98     | 3.74                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 40-60                                  |               |
| 11-438                     | 3  | 4.41                      | 3.85     | 2.22     | 4.33     | 2.35             | 3.88     | 3.65     | 3.13     | 3.25                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 40-60                                  |               |
| 12-438                     | 3  | 3.62                      | 6.93     | 3.12     | 2.98     | 0.89             | 2.75     | 2.69     | 2.66     | 2.25                                 | SP-3                                   | 62.00                          | 18.40                      | 2.40                         | 35.50                              | 25.50                         | 40-60                                  |               |
| 13-444                     | 4  | 1.77                      | 0.96     | 1.19     | 2.21     | 0.74             | 1.33     | 0.56     | 2.77     | 1.35                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 40-60                                  |               |
| 14-444                     | 4  | 1.20                      | 1.19     | 1.64     | 2.67     | 1.73             | 2.15     | 2.88     | 2.95     | 2.43                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 40-60                                  |               |
| 15-448                     | 4  | 1.65                      | 1.74     | 1.26     | 2.26     | 2.33             | 0.03     | 1.41     | 1.84     | 1.40                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 40-60                                  |               |
| 16-448                     | 4  | 1.39                      | 1.00     | 0.92     | 2.99     | 2.23             | 1.85     | 1.17     | 1.24     | 1.62                                 | SP-3                                   | 66.50                          | 18.93                      | 3.67                         | 38.00                              | 25.90                         | 40-60                                  |               |

**TABLA N° 5.3**  
**CONTROLES DE PINTADO PRIMERA CAPA**

| CODIGO  | NC | FECHA DE PINTADO | NUMERO DE CAPA: PRIMERA |                  |                                |                      |                     |                   |                | CONTROLES AMBIENTALES |                    |                    |                |                     | HORA DE INICIO DE PINTADO |                   |       |
|---------|----|------------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------------|---------------------------|-------------------|-------|
|         |    |                  | Nº COMPONENTES          | FILEA VOL MEZCLA | TIEMPO VIDA DE LA MEZCLA /MRS. | RELACION DE % TRIMER | ESPESOR HUMEDO MILS | ESPESOR SECO MILS | SECO TACTO HRS | REPINTA DO / A DIAS   | HUMEDAD RELATIVA % | PUNTO DE ROCCIO °C | VEL VIENTO MPH | TEMP. SUPERFICIE °C |                           | TEMP. AMBIENTE °C |       |
| 1-103   | 0  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 5                 | 3              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 2-103   | 0  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 5                 | 3              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 3-106   | 0  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 8                 | 6              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 4-106   | 0  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 8                 | 6              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 5-124   | 2  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 4              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 6-124   | 2  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 4              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 7-128   | 2  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 10                | 8              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 8-128   | 2  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 10                | 8              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 9-135   | 3  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 7                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 10-135  | 3  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 7                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 11-1310 | 3  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 12                | 10             | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 12-1310 | 3  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 12                | 10             | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 13-145  | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 7                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 14-145  | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 7                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 15-140  | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 12                | 10             | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 16-1410 | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 12                | 10             | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 17-1415 | 4  | 05/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 7                 | 5              | 12                    | 7                  | 82                 | 20.1           | 9                   | 25                        | 23.3              | 08:40 |
| 18-1415 | 4  | 05/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 7                 | 5              | 12                    | 7                  | 82                 | 20.1           | 9                   | 25                        | 23.3              | 08:40 |
| 1-2413  | 4  | 05/04/2000       | DOS                     | -                | INDEFINIDO                     | -                    | -                   | 4                 | 3              | 0.25                  | 7                  | 56                 | 19             | 0                   | 34                        | 31                | 11:25 |
| 2-2413  | 4  | 05/04/2000       | DOS                     | -                | INDEFINIDO                     | -                    | -                   | 4                 | 3              | 0.25                  | 7                  | 56                 | 19             | 0                   | 34                        | 31                | 11:25 |
| 1-303   | 0  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 4                   | 3                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 2-303   | 0  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 4                   | 3                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 3-306   | 0  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 7                   | 6                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 4-306   | 0  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 7                   | 6                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 5-324   | 2  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 6-324   | 2  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 7-328   | 2  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 1.5                            | -                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 8-328   | 2  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 1.5                            | -                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 9-334   | 3  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 10-334  | 3  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 11-338  | 3  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 1.5                            | -                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 12-338  | 3  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 1.5                            | -                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 13-344  | 4  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 14-344  | 4  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.25                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 15-348  | 4  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 1.5                            | -                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 16-348  | 4  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 1.5                            | -                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 56.3               | 18.5           | 18                  | 29                        | 27.5              | 10:15 |
| 1-403   | 0  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 4                   | 3                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 2-403   | 0  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 4                   | 3                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 3-406   | 0  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 7                   | 6                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 4-406   | 0  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 7                   | 6                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 5-424   | 2  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 6-424   | 2  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 7-428   | 2  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 8-428   | 2  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 9-434   | 3  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 10-434  | 3  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 11-438  | 3  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 12-438  | 3  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 13-444  | 4  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 14-444  | 4  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 5                   | 4                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 15-448  | 4  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 16-448  | 4  | 10/04/2000       | DOS                     | 1:1              | 2.75                           | 5                    | 9                   | 8                 | 0.25           | -                     | -                  | 50                 | 18             | 18                  | 31                        | 28                | 13:00 |
| 1-5413  | 4  | 05/04/2000       | TRES                    | A PROPOR.        | 6                              | -                    | 4                   | 3                 | 0.25           | 7                     | 50                 | 20.1               | 10             | 33                  | 30                        | 13:15             |       |
| 2-5413  | 4  | 05/04/2000       | TRES                    | A PROPOR.        | 6                              | -                    | 4                   | 3                 | 0.25           | 7                     | 50                 | 20.1               | 10             | 33                  | 30                        | 13:15             |       |
| 1-603   | 0  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 4                 | 3              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 2-603   | 0  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 4                 | 3              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 3-606   | 0  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 7                 | 6              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 4-606   | 0  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 7                 | 6              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 5-624   | 2  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 5                 | 4              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 6-624   | 2  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 5                 | 4              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 7-628   | 2  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 9                 | 8              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 8-628   | 2  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 9                 | 8              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 9-635   | 3  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 10-635  | 3  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 11-6310 | 3  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 11                | 10             | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 12-6310 | 3  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 11                | 10             | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 13-645  | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 14-645  | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 3              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 15-6413 | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 3              | 0.5                   | 1                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 16-6413 | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 3              | 0.5                   | 1                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 17-6415 | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |
| 18-6415 | 4  | 11/04/2000       | UNICO                   | -                | -                              | -                    | -                   | 6                 | 5              | 12                    | -                  | 62.4               | 20.3           | 0                   | 36                        | 28.4              | 11:20 |

**TABLA N° 5.4**  
**CONTROLES DE PINTADO SEGUNDA CAPA**

| CODIGO  | NC | FECHA DE PINTADO | NUMERO DE CAPA: |                   |                              |                  |                     |                   |                 | SEGUNDA            |                    |                   |                          |                     | CONTROLES AMBIENTALES |      |       |   |   | HORA DE INICIO DE PINTADO |
|---------|----|------------------|-----------------|-------------------|------------------------------|------------------|---------------------|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|------|-------|---|---|---------------------------|
|         |    |                  | N° COMPONENTES  | PREP. VOL. MEZCLA | TIEMPO VIDA DE LA MEZCLA HRS | DELUC. % THINNER | ESPESOR MEDIDO MILS | ESPESOR SECO MILS | SECO TACTO MILS | ESPESOR TOTAL MILS | HUMEDAD RELATIVA % | PUNTO DE ROCIO °C | VELOCIDAD DEL VIENTO MPH | TEMP. SUPERFICIE °C | TEMP. AMBIENTE °C     |      |       |   |   |                           |
| 1-103   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 3                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 2-103   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 3                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 3-106   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 6                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 4-106   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 6                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 5-124   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 6-124   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 7-128   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 8-128   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 9-135   | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 5                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 10-135  | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 5                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 11-1310 | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 10                | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 12-1310 | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 10                | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 13-145  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 5                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 14-145  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 5                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 15-1410 | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 10                | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 16-1410 | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 10                | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 17-1415 | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 12                | 10              | 12                 | 15                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 18-1415 | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 12                | 10              | 12                 | 15                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 1-2413  | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 12                | 10              | 12                 | 13                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 2-2413  | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 12                | 10              | 12                 | 13                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 1-303   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 3                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 2-303   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 3                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 3-306   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 6                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 4-306   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 6                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 5-324   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 6-324   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 7-328   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 8-328   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 9-334   | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 10-334  | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 11-338  | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 12-338  | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 13-344  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 14-344  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 15-348  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 16-348  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 1-403   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 3                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 2-403   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 3                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 3-406   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 6                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 4-406   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 6                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 5-424   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 6-424   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 7-428   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 8-428   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 9-434   | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 10-434  | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 11-438  | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 12-438  | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 13-444  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 14-444  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 15-448  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 16-448  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 1-5413  | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 12                | 10              | 12                 | 13                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 2-5413  | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 12                | 10              | 12                 | 13                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 1-603   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 3                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 2-603   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 3                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 3-606   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 6                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 4-606   | 0  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 6                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 5-624   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 6-624   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 4                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 7-628   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 8-628   | 2  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 8                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 9-635   | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 5                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 10-635  | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 5                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 11-6310 | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 10                | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 12-6310 | 3  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 10                | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 13-645  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 5                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 14-645  | 4  | -                | -               | -                 | -                            | -                | -                   | -                 | -               | -                  | -                  | 5                 | -                        | -                   | -                     | -    | -     | - | - | -                         |
| 15-6413 | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 11                | 10              | 12                 | 13                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 16-6413 | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 11                | 10              | 12                 | 13                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 17-6415 | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 11                | 10              | 12                 | 15                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |
| 18-6415 | 4  | 12/04/2000       | UNICO           | -                 | -                            | -                | -                   | 11                | 10              | 12                 | 15                 | 38                | 17.5                     | 3.6                 | 39                    | 31.4 | 11:30 | - | - |                           |

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Luego de los resultados se establece algunas conclusiones y recomendaciones emitidas luego de cada prueba.

### **ESTUDIO DE AISLAMIENTO**

1. De las medidas ejecutadas cada segundo mes en el Sitio 1, el nivel ESDD combinado tanto para la superficie Superior e Inferior de la mayoría de aisladores, alcanza un valor máximo luego de cerca de seis meses de exposición, donde casi todos los aisladores montados verticalmente tenían valores de ESDD en su superficie inferior en el nivel muy severo, ej: (ESDD [0.24-0.48 mg/cm<sup>2</sup>]) y su superficie superior estaba en el nivel de contaminación medio a severo, es decir valores de ESDD en el orden de 0.06-0.24 mg/cm<sup>2</sup>.
2. El nivel de ESDD de las cadenas de aisladores instalados verticalmente en el Sitio 1 fue generalmente superior a aquellos del mismo tipo de aislador pero instalados horizontalmente.
3. El nivel de ESDD medido en la superficie inferior de los aisladores instalados en el Sitio 1 fue generalmente superior que los medidos en su superficie superior.
4. Considerando solamente los valores medidos de ESDD en la superficie inferior de los diferentes tipos de aisladores instalados en el Sitio 2, después de seis meses de exposición a las condiciones naturales y el momento donde los valores máximos de ESDD fueron alcanzados durante el período de

observaciones, un orden de mérito fue derivado basado en los aisladores presentando los valores más bajos de ESDD, el cual es presentado en la tabla siguiente. Los aisladores de perfil aerodinámico se comportan generalmente mejor que los aisladores del tipo Fog.

Orden de prelación basado en el nivel más bajo de ESDD medido en el sitio 2 en la superficie inferior de los aisladores instalados verticalmente en septiembre de 1999 (después de 6 meses de exposición)

| Orden de prelación                  | Perfil    | Tipo de Aislador        | Identificación del Aislador | ESDD, mg/cm <sup>2</sup> Superior | ESDD, mg/cm <sup>2</sup> Inferior | Relación Superior/Inferior |
|-------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1                                   | Long rod  | Ceram LS75/18+17        | S                           | 0.190                             | 0.190                             | -                          |
| 2                                   | Super Fog | Super Fog NGK 821 EX    | N                           | 0.145                             | 0.222                             | 0.65                       |
| 3                                   | Desértico | Sediver F12 D/127DC     | Q                           | 0.119                             | 0.253                             | 0.47                       |
| 4                                   | Standard  | NGK Fog ECA-500 MY      | U                           | 0.128                             | 0.270                             | 0.47                       |
| 5                                   | Desértico | Sediver F12 D/146DC     | R                           | 0.143                             | 0.334                             | 0.43                       |
| 6                                   | Fog       | NGK Fog CA-807 MD       | T                           | 0.095                             | 0.342                             | 0.28                       |
| 7                                   | Fog       | Sediver F120P/146DC     | V                           | 0.143                             | 0.357                             | 0.40                       |
| 8                                   | Fog       | NGK Fog CA-825 MW       | G                           | 0.150                             | 0.368                             | 0.41                       |
| 9                                   | Fog       | Sediver F120P SPF/170DC | P                           | 0.145                             | 0.390                             | 0.37                       |
| Relación Promedio Superior/Inferior |           |                         |                             |                                   |                                   | 0.21                       |

Tomando los valores máximos de ESDD obtenidos en cada sitio de prueba durante un período de un año, las tablas siguientes presentan un ranking comparativo de sitios en términos de severidad de contaminación decreciente.

Variación del ESDD Máximo (Inferior) Medido en el Aislador Super Fog Tipo N Instalado

Verticalmente en los Diferentes Sitios de Pruebas Durante el Primer Año de Estudio

| Sitios de Prueba | Máx. ESDD (Inferior), mg/cm <sup>2</sup> | Clases de Contaminación |
|------------------|--|-------------------------|
| 1 y 2            | 0,222                                    | Severa                  |
| 5                | 0,01                                     | Medio                   |

|    |       |        |
|----|-------|--------|
| 4A | 0,080 | Medio  |
| 4B | 0,053 | Ligero |
| 3  | 0,046 | Ligero |

Variación del ESDD Máximo (Inferior) Medido en el Aislador Desértico Tipo R Instalado

Verticalmente en los Diferentes Sitios de Pruebas Durante el Primer Año de Estudio

| Sitios de Prueba | Máx. ESDD (Inferior), mg/cm <sup>2</sup> | Clases de Contaminación |
|------------------|--|-------------------------|
| 1 y 2            | 0,334                                    | Muy Severo              |
| 4B               | 0,162                                    | Severo                  |
| 4A               | 0,155                                    | Severo                  |
| 5                | 0,057                                    | Ligero                  |
| 3                | 0,050                                    | Ligero                  |

#### **Valores de NSDD medidos en el lugar**

- En el Sitio 1, las medidas de NSDD efectuadas cada dos meses en los aisladores instalados verticalmente Super Fog y Desértico indican que ella se incrementa continuamente en la superficie inferior de ambos tipos de aisladores con el tiempo de exposición alcanzando luego de 12 meses de exposición 2,7 mg/cm<sup>2</sup> y 0,96 mg/cm<sup>2</sup> para los aisladores Super Fog y Desértico respectivamente.
- En el Sitio 1, cuando ambos valores de ESDD y NSDD son expresados en mg/cm<sup>2</sup> de la superficie lavada del aislador, la relación NSDD/ESDD es generalmente superior a la unidad. En el caso de la superficie inferior de los aisladores, ella estaba comprendida respectivamente en el rango de 1,9-14 y 1,2-9,1, para los aisladores Super Fog y Desértico respectivamente.
- En el Sitio 1, en el caso del aislador Super Fog, la relación NSDD/ESDD para la superficie superior y la superficie inferior tienen la tendencia de ser cercanos el uno al otro.

De las medidas de NSDD efectuados en los aisladores Super Fog y Desértico después de un período de exposición en los diferentes sitios, se puede emitir la siguiente conclusión:

8. Los sitios 1 y 2 cerca a Chiclayo presentan los niveles NSDD más altos en la superficie superior de ambos tipos de aisladores, comparados al Sitio 4A cerca a Chimbote quien tiene el valor NSDD más bajo. El valor NSDD en la superficie inferior del aislador desértico varía a lo largo de la distancia entre los sitios y en un rango más reducido ( $0,17 - 0,33 \text{ mg/cm}^2$ ) comparado con los del aislador Tipo Fog ( $0,11 - 1,05 \text{ mg/cm}^2$ ).

### **Naturaleza de los Contaminantes**

9. Muestras de depósitos naturales de contaminantes recolectados de la superficie inferior del aislador Super Fog NGK CA-821 EX expuesto por un período de 12 meses en los Sitios 1, 2, 3, 4A, 4B y 5 para tomar medidas de ESDD y NSDD, se mantuvieron con el objetivo de identificar los elementos remanentes en los filtros de papel utilizados para las medidas NSDD. Los principales componentes del material inerte encontrado, para los diferentes sitios de pruebas, son: silicio, hierro y aluminio.

### **Medidas de Corrientes de Fuga**

10. Los valores pico de corrientes de fuga fueron medidos durante un período de un año en el Sitio 1, en aisladores instalados tanto horizontal como verticalmente. Las medidas se efectuaron en ambas polaridades, pero debido a que se detectaron problemas de ruido en la polaridad positiva, solamente se han utilizado los valores de polaridad negativa para comparar el comportamiento de los aisladores. En el caso de los aisladores montados verticalmente un orden de mérito basado en la máxima resistencia de superficie específica por centímetro de líneas de fuga  $R_s$  es dado en la tabla siguiente. El aislador semi conductor da el valor más alto de  $R_s$  con  $6,2 \text{ k}\Omega/\text{cm}$ , el cual fue seguido por los aisladores compuestos con valores en el rango de ( $5,9-3,3 \text{ k}\Omega/\text{cm}$ ), los otros dos aisladores de perfil aerodinámico el Desértico y el aislador Long Rod con valores respectivamente  $0,61$  y  $0,56 \text{ k}\Omega/\text{cm}$  y finalmente por los aisladores de tipo Fog ( $0,44-0,24 \text{ k}\Omega/\text{cm}$ ).

Orden de prelación Después de 12 meses de exposición basados en el valor más alto de resistencia de superficie específica medidos en aisladores instalados verticalmente en el sitio 1

| Orden de Praelación | Identificación del Aislador | Perfil       | Tipo de Aislador       | Mín. Resistencia Específica kδ/cm Línea de Fuga Rs |
|---------------------|-----------------------------|--------------|------------------------|--|
| 1                   | H                           | Estándar     | NGK ECA-500 MY (V)     | 6.2  |
| 2                   | L                           | Aerodinámico | RELIABLE composite (V) | 5.9  |
| 3                   | J                           | Aerodinámico | CERAMTEC composite (V) | 4.1  |
| 4                   | M                           | Aerodinámico | SEDIVER composite (V)  | 3.3  |
| 5                   | K                           | Aerodinámico | NGK composite (V)      | 3.3  |
| 6                   | D                           | Desértico    | SED 12D/146 DC (V)     | 0.61   |
| 7                   | E                           | Long rod     | CERAM (V)              | 0.56   |
| 8                   | B                           | Fog          | SED 120 SPF/170 DC (V) | 0.44   |
| 9                   | C                           | Fog          | SED 120 P/146 DC (V)   | 0.33   |
| 10                  | G                           | Fog          | NGK CA-825 MW (V)      | 0.32   |
| 11                  | F                           | Fog          | NGK CA-807 MD (V)      | 0.29   |
| 12                  | A                           | Fog          | NGK CA- 821 EX (V)     | 0.24   |

### **Valores Costo Anual Estimado de Pérdidas de Energía**

Asumiendo una acumulación de carga positiva anual similar a la acumulación de carga negativa anual para cada tipo de aislador probado y basado en las hipótesis siguientes:

- Número promedio de torres/100 km de líneas de transmisión en 220 kV:  
 $413/211,2 \text{ km} = 196 \text{ torres}/100 \text{ km}$

Costo promedio de energía de pérdidas: 0.054 US\$/kWh

Longitud de la cadena: 2,92 m (ej. 20 aisladores teniendo un paso de 146 mm por unidad)

- 11 Un estimado anual de costos de pérdidas de energía fue calculado para cada tipo de aislador probado verticalmente. Los valores anuales de costos varían entre 3,3 a 25,4 k\$US/100 km de líneas de transmisión. Los aisladores compuestos y semiconductivos presentan respectivamente los valores más bajos y más altos de los costos respectivamente.

### **Resultados de las Pruebas de Laboratorio**

Luego de un año de exposición a las condiciones naturales de los diferentes sitios en el Perú, 17 cadenas de aisladores cerámicos naturalmente contaminados fueron enviados al IREQ para medir el voltaje mínimo de descarga usando la técnica de descarga rápida. Las pruebas fueron ejecutadas dentro de una cámara de neblina pequeña en el laboratorio de alta tensión del IREQ y los resultados resumidos en las tablas siguientes nos permiten emitir las conclusiones principales siguientes:

- 12 después de un año de exposición del Sitio 2 cerca a Chiclayo, el aislador semi conductor presenta el mejor comportamiento con un valor estimado de voltaje no disruptivo de 204 kV/m de separación basado en los resultados del fabricante NGK y aplicando las correcciones apropiadas para los valores de ESDD. Este valor corresponde a un comportamiento de 59% mejor que aquel del aislador Super Fog NGK CA 821 EX seleccionado como el aislador de referencia (100%).
- 13 Los dos aisladores de suspensión grandes Super Fog y el aislador Fog Sediver 120 SPF/170 DC dan valores cercanos dentro del margen del 3%.
- 14 La diferencia en el comportamiento de ambos aisladores Desérticos Sediver 12D/127DC y Sediver 12 D/146 DC puede ser atribuido mayormente a la diferencia de paso de unidad.
- 15 Los aisladores Long Rod dan el valor más bajo de voltaje no disruptivo con solamente el 38% del valor obtenido para el aislador Super Fog.

**Voltaje de Descarga de los Aisladores Recogidos del Sitio 2 Después de un Año de Exposición**

| Orden de Mérito | Perfil    | Tipo de Aislador         | Vmin*, kV/m Separación | Vw, kV/m Separación | Comportamiento P, % |
|-----------------|-----------|--------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| 1               | Estándard | NGK ECA-500MY ♣          | -                      | 204                 | 159                 |
| 2               | Fog       | NGK CA 821 EX or MW      | 151                    | 128                 | 100                 |
| 3               | Fog       | SEDIVER 120 SPF / 170 DC | 146                    | 124                 | 97                  |
| 4               | Fog       | NGK CA 807 MD            | 138                    | 117                 | 91                  |

|   |           |                                 |     |     |    |
|---|-----------|---------------------------------|-----|-----|----|
| 5 | Desértico | SEDIVER 12D / 127 DC            | 134 | 114 | 89 |
| 6 | Fog       | VICASA E120PPZ / 146            | 130 | 111 | 86 |
| 7 | Fog       | NGK CA 825 MW                   | 127 | 108 | 84 |
| 8 | Desértico | SEDIVER 12D / 146 DC            | 115 | 98  | 76 |
| 9 | Long rod  | CERAM LS75 / 18+17<br>(Sección) | 58  | 49  | 38 |

\* Leyenda: Vmin : Voltaje mínimo de descarga

Vw : Voltaje no disruptivo ( $V_w = V_{min} - 3 \sigma$ , asumiendo  $\sigma \sim 5\%$ )

P : Comportamiento del aislador comparado al NGK CA 821 EX o MW (100%)

♣: Basado en resultados presentados en Ref. (12) y en los valores actuales de ESDD

16 El comportamiento del aislador Super Fog NGK CA 821 EX y del Desértico Sediver 12D / 146 DC pueden más adelante ser comparados en términos de sus respectivos valores no disruptivos después de ser expuestos en condiciones naturales durante un año en los diferentes sitios. En promedio el aislador Desértico presenta un voltaje no disruptivo del 82% comparado al aislador Super Fog.

17 Los resultados presentados en la tabla siguiente combinados con el factor de corrección por la contaminación no uniforme ( $ESDD_{Superior} \neq ESDD_{Inferior}$ ), permitieron derivar para ambos tipos de aisladores la mejor curva de potencia que puede ser usada para calcular el voltaje no disruptivo estimado  $V_w$  expresados en términos de la ecuación siguiente:

$$V_w = [A \times (ESDD_{Inferior})^B] \times [1 - 0.474 \log_{10}(ESDD_{Superior}/ESDD_{Inferior})] \quad (1)$$

con :

$V_w$  : Voltaje no disruptivo (kV/m separación) del ESDD (Superior/Inferior) no uniforme ejem. A los valores actuales de ESDD

A Constante para un aislador dado (Super fog :  $A=62.5$ ; Desértico:  $A =39.7$ )

B Constante para un aislador dado (Super fog :  $B=-0.240$ ; Desértico:  $A =-0.356$ )

Voltaje de Descarga de Aisladores Recogidos de los Sitios 2, 3, 4A, 4B y 5  
Después de un Año de Exposición

| Cadenas de Aisladores (Sitio-Torre) | LT * | Tipos de Aisladores      |                        |                          |                        | Comportamiento                  |
|-------------------------------------|------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------------|
|                                     |      | NGK CA 821 EX o MW       |                        | SEDIVER 12D / 146 DC     |                        |                                 |
|                                     |      | Super Fog                |                        | Desértico                |                        | Desértico/<br>Super Fog<br>p.u. |
|                                     |      | Vmin, kV/m<br>Separación | Vw, kV/m<br>Separación | Vmin, kV/m<br>Separación | Vw, kV/m<br>Separación |                                 |
| S2-T129                             | 238  | 151                      | 128                    | 115                      | 98                     | 0.76                            |
| S4A-T26                             | 215  | 200                      | 170                    | 139                      | 118                    | 0.69                            |
| S4B-T359                            | 215  | 178                      | 151                    | 141                      | 120                    | 0.79                            |
| S3-T825                             | 213  | 168                      | 143                    | 151                      | 128                    | 0.90                            |
| S5-A132                             | 207  | 171                      | 145                    | 165                      | 140                    | 0.96                            |
|                                     |      |                          |                        | Promedio, p.u.           |                        | 0.82                            |
|                                     |      |                          |                        | Desviación Estándar, %   |                        | 13                              |

\* Leyenda: LT : Número de Línea de Transmisión en 220 kV

Vmin: Voltaje de descarga mínimo medido durante las pruebas

Vw : Voltaje no disruptivo ( $Vw = Vmin - 3\sigma$ , con  $\sigma$  asumiendo ~5%)

### Resultados Combinados de Campo y Pruebas de Laboratorio

Con el objetivo de estimar el voltaje no disruptivo basado en las medidas actuales de ESDD (en las superficies superior e inferior de los aisladores), para los diferentes tipos de aisladores expuestos a las condiciones de contaminación existente en los diferentes sitios en el Perú y después de diferentes períodos de exposición, se derivaron parámetros A y B para los diferentes tipos de aisladores probados en el laboratorio y usando la ecuación (1). El Anexo K muestra la variación del nivel ESDD con el tiempo junto con el voltaje no disruptivo estimado calculado con la ecuación (1) para la estación principal Sitio 1. De los resultados principales resumidos en la tabla siguiente para el caso de los aisladores instalados verticalmente se pueden derivar las conclusiones siguientes:

Orden de Mérito Basado en el Más Alto Voltaje No Disruptivo Estimado Mínimo de los Aisladores Instalados Verticalmente Durante el Período Mayo 1999 - Abril 2000 en el Sitio 1

| Orden de Mérito | Perfil    | Tipo de Aislador       | Identificación del Aislador | Voltaje No Disruptivo Mínimo Estimado Vw min kV/m Separación | Margen de Seguridad Estimado Actual, p.u. |
|-----------------|-----------|------------------------|-----------------------------|--|---|
| 1               | Estándard | NGK Fog ECA-500 MY     | U                           | 193  | 4.03                                      |
| 2               | Fog       | NGK Fog CA-807 MD      | T                           | 103  | 2.15                                      |
| 3               | Fog       | Sediver F120P/146DC    | V                           | 98.2   | 2.05                                      |
| 4               | Super Fog | Super Fog NGK 821 EX   | N                           | 94.9   | 1.98                                      |
| 5               | Fog       | Sediver F120 SPF/170DC | P                           | 92.8   | 1.94                                      |
| 6               | Desértico | Sediver F12 D/146DC    | R                           | 80.5   | 1.68                                      |
| 7               | Desértico | Sediver F12 D/127DC    | Q                           | 76.5   | 1.60                                      |
| 8               | Long rod  | Ceram LS75/18+17       | S                           | 46.4   | 0.97                                      |

- 18 urante el período de exposición de un año, el aislador semi conductivo presentaba un voltaje no disruptivo mínimo estimado muy por encima de los otros tipos de aisladores, con un margen de seguridad SM por encima de 4 p.u. (asumiendo un factor de sobrevoltaje de 10% y longitud de cadena del aislador de 2.92 m o 20 unidades de 146 mm de paso).
- 19 El aislador cerámico Long Rod da el valor más bajo en el orden de mérito: se puede ver que éste sería el único tipo de aislador que hubiera descargado si hubiera estado en servicio en la línea Chiclayo - Piura L 238 durante el período de observaciones presente.
- 20 No ha habido una diferencia importante de comportamiento entre los diferentes tipos de aisladores tipo Fog probados: en efecto, su valor promedio estimado de voltaje no disruptivo estaba comprendido en el rango de (96.6-104) kV/m, (92.8-103) kV/m y (95.3-110) kV/m respectivamente para la orientación NorOeste vertical y SudEste el cual corresponde a una

promedio $\pm$ sigma(%) de 99.7 kV/m  $\pm$  (3.5%), 99.2 kV/m  $\pm$  (4.6%) y 101 kV/m  $\pm$  (6.5%).

- 21 El orden de méritos de los aisladores depende de su posición: mientras los aisladores Desérticos se comportan mejor o igual a los aisladores tipo fog cuando son instalados en la posición NorOeste, ellos no se comportan tan bien cuando son instalados al SudEste o verticalmente; donde el voltaje no disruptivo se reduce por un factor de 17% y 26% respectivamente y debajo de los aisladores tipo Fog.

### **Aplicación de los Resultados de Pruebas y Trabajos Futuros**

- 22 Al final del primer año de observaciones en los seis sitios distribuidos a lo largo de la costa entre Piura y Pisco, el valor máximo de ESDD medido en el sitio más severo, Sitios 1 y 2, están en el nivel Muy Severo de contaminación, ej. ESDD : (0.24-0.48 mg/cm<sup>2</sup>). Valores superiores de ESDD han sido medidos en estudios publicados anteriormente. Debe notarse que los aisladores estuvieron limpios al comienzo del período de observaciones. El nivel de contaminación medido en un aislador hubiese sido ciertamente mayor si hubiese sido instalados unos años antes. En consecuencia, los resultados presentados en nuestro informe pueden ser aplicados directamente para fines de mantenimiento solamente para los aisladores en servicio que habrían sido limpiados cuando se instalaron los aisladores en la estación de pruebas en Marzo de 1999. De otro modo medidas de ESDD han debido de ejecutarse en los aisladores en servicio quitados del servicio y luego utilizando la ecuación (1) estimar su voltaje no disruptivo  $V_w$ . Es muy difícil fijar un valor preciso para un Margen de Seguridad (SM) aceptable en  $V_w$  para el cual se tendría tiempo para proceder a limpiar los aisladores contaminados de una sección dada de línea de transmisión, sin conocer precisamente la dispersión de la severidad de contaminación a lo largo de las líneas de transmisión. Sin embargo, un valor de Margen de Seguridad (SM) de 1.3 podría ser un valor para comenzar y podría ser mejor ajustado con la información disponible en ETECEN en relación con los valores de ESDD y el tipo de aislador existente cuando las líneas de transmisión salieron de servicio y fueron atribuidas a descargas de aisladores contaminados.

23. Se recomienda prioritariamente continuar con la medida en los diferentes sitios de pruebas con el objetivo de mejorar el conocimiento de los valores de ESDD. Para lo cual debería traerse inmediatamente de los laboratorios del IREQ los aisladores enviados para pruebas y reinstalarlos en los diferentes sitios. Un año de observaciones sería aceptable donde los parámetros meteorológicos fueran cíclicos con variaciones pequeñas de un año a otro año. En la zona donde se ejecutaron las pruebas, un año de pruebas no es suficiente para generalizar los resultados en una escala de tiempo más grande. El cambio de precipitación de un año a otro es un factor importante a considerarse en la determinación de la peor condición para el aislamiento exterior de una línea de transmisión. En el presente, es difícil de evaluar el efecto real del fenómeno de El Niño/La Niña en los resultados del presente estudio.
24. Debido al muy buen comportamiento del tipo de aislador semi conductor, su aplicación debería ser considerada al menos en las regiones expuestas a niveles de contaminación severos y muy severos. Con el objetivo de ganar experiencia en el servicio de este tipo de aisladores, algunas unidades deberían ser instaladas en la línea de transmisión Chiclayo - Piura L 238 cerca a la estación de pruebas principal Sitio 1. Se recomienda también medir las corrientes de fuga de cadenas completas de este tipo de aisladores conjuntamente con inspecciones periódicas para verificar las condiciones de las cadenas de aisladores. El uso de cámaras infrarrojas podrían ser también apropiadas para visualizar la distribución de la temperatura a lo largo de las cadenas de aisladores con el tiempo.
25. Los resultados de las pruebas obtenidos con aisladores compuestos de longitud corta han mostrado valores muy bajos de corrientes de fuga luego de un año de exposición natural. Es muy importante el seguimiento de la evolución de las corrientes de fuga con el tiempo debido al hecho que un año de exposición es bastante corto para emitir conclusiones serias con relación a su comportamiento en el largo plazo para este tipo de aisladores, especialmente en zonas de contaminación severa. Una correlación entre el comportamiento de los aisladores compuestos instalados en las líneas de 220 kV y los instalados en la estación de pruebas en el Sitio 1, debe de efectuarse con el

objetivo de asociar mejor el envejecimiento de las unidades grandes instaladas en las líneas con las corrientes de fuga medidas en los aisladores compuestos pequeños instalados en la estación de pruebas, Sitio 1.

## **ESTUDIOS DE CORROSIÓN**

### **Clasificación Atmosférica**

26 La combinación de tiempo de humedad e índice de depósito de cloruro, corresponden a la clasificación Internacional de atmósfera más alta C5 para la zona de Morrope. Una correlación con la prueba CLIMAT indica una atmósfera clasificada como “seria” para la zona de Morrope. Si bien es cierto que dicha zona es la más extrema, las otras zonas también presentan condiciones severas que se recomienda cuantificar. Ello conlleva a que los materiales de estructuras metálicas y ferretería de línea requiera sea protección adicional o materiales adecuados al ambiente expuesto.

### **b) Amortiguadores**

27 Alambres de acero inoxidable no deben de utilizarse como componentes de amortiguadores. Los resultados confirman que el diseño ayuda a la corrosión, especialmente corrosión localizada. También, demuestra que el uso de acero galvanizado no es recomendable para la zona ni la utilización de la grasa en la muestra proporcionada por ETECEN, para las pruebas respectivas.

La solución podría ser probablemente, el uso de acero galvanizado con una capa de pintura u otra capa protectora a ser definida. El comportamiento de esta nueva capa de protección debe ser estudiada y evaluada siendo particularmente resistente a la abrasión, rayos ultravioleta y luz solar. Para el mejor comportamiento de la capa de protección, se debe seguir una buena práctica de fabricación, especialmente en lo relacionado a preparación de la superficie y retiro de contaminantes.

Para ello, de estar de acuerdo ETECEN, nuevas muestras deben ser especificadas incluyendo sus capas protectoras y expuestas a la atmósfera de la estación de pruebas por un año.

**c) Ferrería de cadena de Aisladores de Líneas de Transmisión**

28. Las muestras de acero inoxidable mostraron buen y bajo comportamiento, siendo el bajo comportamiento asociado con las características iniciales, tal que observadas en las muestras:

El acabado de superficie tiene un gran impacto en la resistencia contra la corrosión y una atención especial debe darse a este factor, tal que discutido previamente.

Contaminación de fierro sería una de las fuentes de inicio de la corrosión y debe evitarse.

Las muestras que tienen una superficie liza o pulida muestran un buen comportamiento contra la corrosión pero se requiere un período de evaluación adicional para emitir conclusiones más firmes. Las muestras actualmente bajo exposición en la estación de pruebas deben permitirnos emitir una conclusión más contundente, luego de un mínimo de dos años de exposición natural.

Para las muestras de acero galvanizado, se ha comprobado que el comportamiento de las muestras con galvanizado de  $1000\text{g/m}^2$  es superior a las muestras de galvanizado estándar, no corroyéndose tan rápidamente como las muestras estándar. La explicación puede estar asociada a los acabados de superficie debido a la diferencia encontrada con relación a la apariencia y brillo, pero también puede ser asociado por la composición de la capa de galvanizado. Se requiere un mayor tiempo de observación para encontrar el factor o proceso de influencia exacto que podrían ser aplicados a las muestras de galvanizado estándar.

Exámenes metalográficos mostraron que todas las muestras de acero galvanizado sufrían de corrosión blanca (wet storage staining corrosion), incluyendo las correspondientes a muestras con  $1000\text{g/m}^2$  de galvanizado. Esto se confirma con la localización de las superficies más afectadas que coinciden exactamente con aquella donde se observa acumulación de arena sobre la superficie.

Acero galvanizado con zinc dan relativamente resultados bajos de comportamiento, incluyendo las muestras con galvanizado de  $1000\text{g/m}^2$  quien muestra un mejor comportamiento que el acero galvanizado estándar.

Se recomienda lo siguiente:

29. Completar el segundo año de exposición natural de la ferretería de líneas.
30. En función de los resultados finales obtenidos para el material seleccionado, preparar especificaciones técnicas de suministro y transporte de ferretería, con el objetivo de tomar en cuenta todos los aspectos tanto de fabricación como de transporte de los materiales, que influyen significativamente en el proceso de corrosión de los mismos.

## **ESTUDIO DE LAVADO DE AISLADORES**

31. Las pruebas han confirmado que el lavado de aisladores a una presión de 3000 kPa es eficiente y proporciona resultados satisfactorios. Si bien es cierto que existe un ranking de eficiencia después del lavado, en general, para todos los tipos de aisladores ensayados, el lavado efectuado utilizando las técnicas de ETECEN, es satisfactorio y eficiente, si se tiene en cuenta la contaminación remanente (ESDD después del lavado).
32. Tal como se puede apreciar en la comparación de resultados de seis meses con doce meses, es fácil de deducir que en los últimos seis meses del programa han habido cambios climáticos importantes. Existe una indicación clara que la lluvia y/o el viento o una combinación de ellos ha eliminado una cantidad importante de contaminantes. Se recomienda repetir el mismo proceso de medidas efectuadas sólo con fines corroborativos debiéndose efectuar mediciones a los 18 y 24 meses de observaciones, durante el segundo año. Los próximos resultados deberán de efectuarse en la primavera en las torres 124 y 125 y al fin de año en el verano en las torres 126 y 127. Estos resultados los creemos importantes, ya que dilucidarán características climáticas que permitan planificar el mantenimiento anual de una forma más adecuada.

33. Sin embargo, es importante notar que el lavado efectuado usando el sistema que ETECEN normalmente utiliza, es eficiente, para todos los tipos de aisladores.

## **ESTUDIO DE CONTAMINACION DE CONDUCTORES**

Con relación a las pruebas realizadas en el proyecto de la Estación de Pruebas

34. Las pruebas efectuadas nos han permitido comparar el comportamiento de cada tipo de conductor bajo los diferentes tipos de exposiciones, a la arena, a la humedad desde el mar, a la contaminación industrial y finalmente a los contaminantes agrícolas.
35. Es importante mencionar que los resultados recogidos después de un año muestran que los conductores cableados acumulan mayor cantidad de contaminantes que los conductores compactos. Asimismo ellos son más atacados por el ambiente húmedo salino.
36. La primera observación muestra que el conductor trapezoidal tiene el mejor comportamiento, seguido del aéreo Z y el conductor cableado. Asimismo, se ha podido verificar que los conductores compactos son más fáciles de limpiar que los conductores cableados.
37. Se recomienda, un año adicional de observación y verificación para corroborar lo observado durante el primer año. Asimismo se recomienda al final del segundo año, observar la presencia de penetración de humedad al interior de los conductores expuestos.

Con relación a los otros estudios

38. Tal como se ha mencionado en el capítulo V, si la tendencia se mantiene en el sentido que el conductor compacto acumula menos suciedad y por los resultados de laboratorio obtenidos en el sentido de que dicho conductor tiene un mejor comportamiento corona aún contaminado, por su facilidad de limpieza (superficie casi lisa) y por las otras ventajas electromecánicas, en esa situación estaríamos en condiciones de recomendar al conductor compacto trapezoidal como el conductor a ser utilizado en las líneas costeras de

ETECEN. Asimismo para completar el proyecto de reducción de pérdidas, es importante que se concluya con el diseño y construcción de los equipos mecanizados de limpieza de conductores y se limpien los conductores, como práctica corriente de mantenimiento, para reducir las excesivas pérdidas transversales en el sistema de transmisión costero de ETECEN. Esta recomendación es aún más válida, debido a que ETECEN está instalando segundas ternas en las diferentes secciones de líneas costeras, hecho que, de no mantenerse limpios los conductores, las pérdidas corona se incrementarán significativamente.

## **INSPECCIÓN DE AISLADORES POLIMÉRICOS**

Con relación a los aisladores instalados en el marco del proyecto:

39. Durante las inspecciones nocturnas efectuadas, si bien es cierto que se presentan signos de actividad sobre los aisladores silicónicos instalados (efluvios), ellos no son serios aún como para que las diferentes líneas salgan de servicio a causa de dichas descargas.
40. Dichas descargas son debido a la acumulación de contaminantes y a la presencia de alta humedad en el medio ambiente. Su efecto es una de las causas del deterioro gradual del aislador.
41. Durante el primer año de exposición se aprecia en ciertos aisladores, la presencia de deformaciones de ciertas aletas y pequeños daños en los mismos. Sin embargo, dichas deformaciones y daños no representan aún un riesgo evidente de deterioro que ponga en riesgo la fiabilidad de las líneas.
42. La inquietud principal de los aisladores silicónicos es su capacidad a largo plazo para soportar ambientes altamente salinos y abrasivos, como la costa peruana, con una contaminación pronunciada, presencia mínima de lluvias y alta humedad. Es importante que se tenga en cuenta que los aisladores son diseñados para durar un mínimo de 25 a 30 años siendo dificultoso y oneroso, cambiar aisladores con frecuencia.
43. Es importante mencionar que el estudio de aisladores alternativos para las líneas costeras de ETECEN, no se efectúa con el objetivo de reducir pérdidas

transversales en las líneas, ya que su contribución es mínima. El estudio se realiza con el objetivo fundamental de disminuir los costos de mantenimiento, llámese lavado o siliconado, que en algunas líneas es relativamente oneroso.

44. Los componentes metálicos de los aisladores presentan ya signos de corrosión unos más que los otros. Evidentemente, dichos signos son más significativos en la zona de la estación de pruebas, línea Chiclayo – Piura L 238.
45. Un año de exposición no es suficiente para evaluar el comportamiento de dichos tipos de aisladores por lo que se recomienda un año de exposición adicional al fin del cual se programarán pruebas en los materiales, tal que propuesto en la oferta técnica, con el objetivo de cuantificar los daños ocasionados por el medio ambiente en los diferentes tipos de aisladores.

Con relación a los aisladores instalados por ETECEN anteriormente:

46. Tal y cual se puede apreciar en las fotos respectivas, especialmente en el último tipo de aislador, del tipo EPDM, ya existen daños serios en la estructura misma del aislador. Lamentablemente no podemos emitir una opinión en firme debido al hecho que las pruebas no han sido efectuadas sistemáticamente, ni se cuenta con una muestra patrón de referencia para fines de comparación y de conocimiento real del tipo de material utilizado. Sin esos elementos cualquier opinión puede ser fácilmente refutable argumentando que los aisladores han sido dañados previo a su instalación o durante las maniobras efectuadas para efectuar observaciones. Sin embargo, ello nos permite recomendar aún más a ETECEN a ser cautos en el uso extensivo de este tipo de aisladores en el sistema de transmisión costero. No hay que olvidarse que el objetivo fundamental no es reducir pérdidas sino reducir los costos de mantenimiento. Antes de utilizar extensivamente aisladores del tipo silicónico, debemos estar seguros que se adapta fácilmente a las características agresivas de la costa casi sin lluvias, con una presencia casi permanente de alta humedad, arenado y en ciertos períodos una presencia solar intensa.

## **ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS**

47. Los datos meteorológicos demuestran que el primer año de exposición natural de las diferentes muestras, no corresponde a un año representativo debido al hecho que dicho año fue el subsiguiente al año del fenómeno del Niño. A manera de ejemplo, se menciona que cuando se seleccionó la localización de la estación de pruebas, antes del fenómeno del niño, la zona era completamente desértica. Luego de su instalación, al año siguiente del fenómeno del niño, la zona presentaba una cantidad importante de vegetación que creció debido a la presencia de lluvias torrenciales durante el fenómeno del niño. Ella, la vegetación, actúa como una pantalla, evitando el traslado de la arena por efecto del viento, disminuyendo el fenómeno abrasivo así como la contaminación presente en el medio ambiente.

## **RECOMENDACION GENERAL**

48. Se recomienda, por las razones expuestas en el numeral 10.6 y por razones netamente estadísticas y de fines corroborativos, completar el segundo año de observaciones, así como de continuar el programa de pruebas instalando la Estación de Pruebas en las otras zonas de alta contaminación.

## **ANEXO A**

**Dibujos y Características de los Aisladores Ensayados en el Proyecto**

# ESTACIÓN METEOROLOGICA

▽ Meteo



## DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS

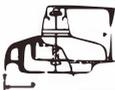
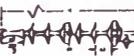
| Channel # | Insulator | Make     | Type                 | Catalog Number |
|-----------|-----------|----------|----------------------|----------------|
| 1-2-3     | A         | NGK      | superfog             | CA-821EX or MW |
| 4-5-6     | B         | SEDIVER  | fog                  | F120SPF/170DC  |
| 7-8       | C         | SEDIVER  | fog                  | F120P/146DC    |
| 11-12     | D         | SEDIVER  | desertico            | F12D/146DC     |
| 13-14-15  | E         | CERAM    | Long rod             | LS75/18+17     |
| 16-17-18  | F         | NGK      | antifog              | CA-807MD       |
| 19-20-21  | G         | NGK      | antifog              | CA-825MW       |
| 22-23-24  | H         | NGK      | semiconducting glaze | ECA-500-MY     |
| 25-26     | J         | CERAMTEC | composite            | 22/10(170)840  |
| 9-27      | K         | NGK      | composite            | 251-SH160-SJ   |
| 10-28     | L         | RELIABLE | composite            | S178035VA02    |
| 29-30     | M         | SEDIVER  | composite            | FSB 120XL21S   |

**Figure A-1**

Arrangement of the 14.4 kV Energized Test Station

**Table A-1**  
**Insulators Field Tested at Site 1**

**Energized (14.4 kV) : [ A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M ] Non Energized : [ N, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z ]**

| Insulator [ ]<br>Type                                       | Drawing   | Material  | Spacing<br>mm | Diameter<br>mm | Leakage<br>Distance<br>mm | Form<br>Factor | Top<br>Surface<br>cm <sup>2</sup> | Bottom<br>Surface<br>cm <sup>2</sup> |
|---|---|-----------|---------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>[A-N-Y]</b><br>NGK Super Fog<br>CA-821EX                 |    | Porcelain | 146           | 320            | 612                       | 1.07           | 1287<br>[1252] ①                  | 2932<br>[2764] ①                     |
| <b>[B-P]</b><br>SEDIVER<br>Super Fog<br>F120SPF/170 DC      |    | Glass     | 170           | 330            | 612                       | 1.10           | 1250<br>[1250]                    | 2817<br>[2379]                       |
| <b>[C-V-W] (L238)</b><br>SEDIVER<br>F120P/146DC             |    | Glass     | 146           | 280            | 445                       | 1.04           | 884<br>[884]                      | 1514<br>[1290]                       |
| <b>[D-R-X]</b><br>SEDIVER<br>Desertico<br>F12D/146 DC       |    | Glass     | 146           | 380            | 350                       | 0.68           | 1252<br>[1252]                    | 1167<br>[1148]                       |
| <b>[E-S]</b><br>CERAM Long Rod<br>LS 75/18+17               |    | Porcelain | 1420          | 180/215        | 5015                      | 13.3           | 237/360<br>②                      | 247/337<br>[1181]                    |
| <b>[F-T] (L207)</b><br>NGK Fog<br>CA-807 MD                 |   | Porcelain | 165           | 267            | 432                       | 0.90           | 1455<br>[1455]                    | 1261<br>[923]                        |
| <b>[G]</b><br>NGK Fog<br>CA-825 MW                          |  | Porcelain | 146           | 254            | 456                       | 1.03           | 894<br>[894]                      | 1567<br>[1318]                       |
| <b>[H-U]</b><br>NGK Semi-con-<br>ducting glaze<br>ECA-500MY |  | Porcelain | 146           | 254            | 292                       | 0.69           | 603<br>[603]                      | 880<br>[646]                         |
| <b>[J]</b><br>CERAMTEC<br>22/10(170)840                     |  | Composite | 840           | 170            | 2420                      | 13.6           | 290                               | 383                                  |
| <b>[K]</b><br>NGK<br>251-SH160-SJ                           |  | Composite | 858           | 136/165        | 2424                      | 13.6           | 156/220                           | 173/225                              |
| <b>[L]</b><br>RELIABLE<br>S178035VA02                       |  | Composite | 889           | 163            | 2463                      | 14.4           | 251                               | 221                                  |
| <b>[M]</b><br>SEDIVER<br>FSB 120XL21S                       |  | Composite | 834           | 118/138        | 2385                      | 12.4           | 104/165                           | 117/151                              |
| <b>[Z]</b><br>SEDIVER Fog<br>F120PF/146 DC                  |  | Glass     | 146           | 330            | 550                       | 1.03           | 1246<br>[1246]                    | 2352<br>[2009]                       |
| <b>[Q]</b><br>SEDIVER<br>Desertico<br>F12D/127 DC           |  | Glass     | 127           | 380            | 350                       | 0.68           | 1271<br>[1271]                    | 1141<br>[1126]                       |

**Note ①** : Value between a square bracket [ ] is the area of the surface used for the insulator washing

**Note ②** : 1 small and 1 large sheds are used for the washing : washed surface : 1181 cm<sup>2</sup>

## **ANEXO B**

### **Resultados de ESDD**

| Fecha de instalación   |          | Fecha de toma de medida |  | Aislador No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua $\square$ S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
|--|----------|-------------------------|--|--------------|-------------------|-------------------------------|---|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo N: NGK Super Fog CA-821 EX or MW</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Superior: 1252 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 612 mm<br>Inferior: 2764 cm <sup>2</sup> Espaciamiento unidad: 146 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Superior: 0.500 litro Factor de forma: 1.07<br>Inferior: 0.500 litro |          |                         |  |              |                   |                               |   |                         |                                |                                   |   |
| 05/03/99   |          |                         |  | N1-2         | Superior          | 27.6                          | 28.4                                      | 26.7                    | 83.4                           | 72.5                              | 0.00992                                 |
|  |          |                         |  |              | Inferior          | 27.7                          | 28.4                                      | 25.8                    | 667.0                          | 590.3                             | 0.05651                                 |
| 05/03/99   | 13-05-99 |                         |  | N2-2         | Superior          | 24.4                          | 26.8                                      | 23.9                    | 113.2                          | 104.2                             | 0.01634                                 |
|  |          |                         |  |              | Inferior          | 24.7                          | 26.6                                      | 24.6                    | 832.0                          | 754.6                             | 0.07309                                 |
|  |          |                         |  | N2-3         | Superior          | 25.6                          | 27.2                                      | 25.0                    | 113.5                          | 102.1                             | 0.01597                                 |
|  |          |                         |  |              | Inferior          | 26.4                          | 27.6                                      | 25.5                    | 818.0                          | 728.4                             | 0.07043                                 |
|  |          |                         |  | N3-2         | Superior          | 28.2                          | 29.0                                      | 26.6                    | 78.3                           | 68.2                              | 0.00899                                 |
|  |          |                         |  |              | Inferior          | 28.2                          | 28.8                                      | 26.5                    | 709.0                          | 618.7                             | 0.05935                                 |

| Fecha de instalación   |          | Fecha de toma de medida |  | Aislador No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua $\square$ S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
|--|----------|-------------------------|--|--------------|-------------------|-------------------------------|---|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo P: Super Fog Type SEDIVER F120SPF/170 DC</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Superior: 1250 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 612 mm<br>Inferior: 2379 cm <sup>2</sup> Espaciamiento unidad: 170 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Superior: 0.500 litro Factor de forma: 1.10<br>Inferior: 0.500 litro |          |                         |  |              |                   |                               |   |                         |                                |                                   |   |
| 05/03/99   |          |                         |  | P1-2         | Superior          | 27.7                          | 33.6                                      | 23.8                    | 107.0                          | 98.7                              | 0.01437                                 |
|  |          |                         |  |              | Inferior          | 27.3                          | 33.4                                      | 22.9                    | 778.0                          | 731.0                             | 0.08162                                 |
| 05/03/99   | 15-05-99 |                         |  | P2-2         | Superior          | 26.3                          | 18.8                                      | 23.8                    | 125.0                          | 115.3                             | 0.02027                                 |
|  |          |                         |  |              | Inferior          | 26.4                          | 18.9                                      | 23.2                    | 1225.0                         | 1143.8                            | 0.13174                                 |
|  |          |                         |  | P2-3         | Superior          | 26.3                          | 18.8                                      | 23.9                    | 101.7                          | 93.6                              | 0.01586                                 |
|  |          |                         |  |              | Inferior          | 26.3                          | 18.7                                      | 22.6                    | 1219.0                         | 1152.6                            | 0.13281                                 |
|  |          |                         |  | P3-2         | Superior          | 26.8                          | 32.8                                      | 24.3                    | 96.2                           | 87.8                              | 0.01219                                 |
|  |          |                         |  |              | Inferior          | 26.3                          | 18.8                                      | 22.8                    | 798.0                          | 751.4                             | 0.08541                                 |

| Fecha de instalación  |          | Fecha de toma de medida |  | Aislador No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua $\square$ S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
|---|----------|-------------------------|--|--------------|-------------------|-------------------------------|---|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo Q: Desertico Type SEDIVER F12D/127 DC</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Superior: 1271 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 350 mm<br>Inferior: 1126 cm <sup>2</sup> Espaciamiento unidad: 127 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Superior: 0.500 litro Factor de forma: 0.68<br>Inferior: 0.500 litro |          |                         |  |              |                   |                               |   |                         |                                |                                   |   |
| 06/03/99  |          |                         |  | Q1-2         | Superior          | 28.1                          | 28.7                                      | 26.3                    | 82.7                           | 72.5                              | 0.00976                                 |
|   |          |                         |  |              | Inferior          | 27.9                          | 28.4                                      | 26.3                    | 98.4                           | 86.2                              | 0.01418                                 |
| 06/03/99  | 13-05-99 |                         |  | Q2-2         | Superior          | 31.7                          | 31.1                                      | 27.0                    | 97.1                           | 83.9                              | 0.01201                                 |
|   |          |                         |  |              | Inferior          | 31.4                          | 30.4                                      | 27.1                    | 403.0                          | 347.5                             | 0.07896                                 |
|   |          |                         |  | Q2-3         | Superior          | 31.0                          | 30.3                                      | 27.8                    | 100.8                          | 85.7                              | 0.01244                                 |
|   |          |                         |  |              | Inferior          | 30.5                          | 30.1                                      | 26.9                    | 389.0                          | 336.7                             | 0.07628                                 |
|   |          |                         |  | Q3-2         | Superior          | 27.8                          | 28.2                                      | 26.3                    | 85.3                           | 74.7                              | 0.01028                                 |
|   |          |                         |  |              | Inferior          | 27.5                          | 28.2                                      | 26.1                    | 227.0                          | 199.7                             | 0.03960                                 |

| Fecha de instalación  |  | Fecha de toma de medida |  | Aislador No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua J/S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
|---|--|-------------------------|--|--------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo R: Desertico Type SEDIVER F12D/146 DC</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Superior: 1252 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 350 mm<br>Inferior: 1148 cm <sup>2</sup> Espaciamiento unidad: 146 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Superior: 0.500 litro Factor de forma: 0.68<br>Inferior: 0.500 litro |  |                         |  |              |                   |                               |                                   |                         |                                |                                   |   |
| 07/03/99  |  |                         |  | R1-2         | Superior          | 24.6                          | 26.1                              | 23.6                    | 100.2                          | 92.8                              | 0.01418                                 |
|   |  |                         |  |              | Inferior          | 24.7                          | 26.1                              | 24.0                    | 113.5                          | 104.2                             | 0.01801                                 |
|   |  |                         |  | R2-2         | Superior          | 25.5                          | 26.7                              | 24.1                    | 110.3                          | 101.1                             | 0.01584                                 |
|   |  |                         |  |              | Inferior          | 25.6                          | 26.6                              | 24.4                    | 371.0                          | 337.9                             | 0.07525                                 |
|   |  |                         |  | R2-3         | Superior          | 25.7                          | 26.7                              | 24.6                    | 97.1                           | 88.1                              | 0.01322                                 |
|   |  |                         |  |              | Inferior          | 25.6                          | 26.7                              | 24.6                    | 380.0                          | 344.6                             | 0.07086                                 |
|   |  |                         |  | R3-2         | Superior          | 24.3                          | 25.9                              | 23.4                    | 86.1                           | 80.1                              | 0.01159                                 |
|   |  |                         |  |              | Inferior          | 24.4                          | 26.1                              | 23.4                    | 262.0                          | 243.6                             | 0.05257                                 |

| Fecha de instalación   |  | Fecha de toma de medida |  | Set od Sheds No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua J/S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
|--|--|-------------------------|--|------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo S: Long Rod Type CERAM LS 75/18+17</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Total: 1181 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 5015 mm<br>Espaciamiento unidad: 1420 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Total: 0.500 litro Factor de forma: 13.3<br>Superficie total incluye: 1 falda grande + 1 falda corta (1L + 1S) |  |                         |  |                  |                   |                               |                                   |                         |                                |                                   |   |
| 07/03/99   |  |                         |  | S1-2             | 1L + 1S           | 27.4                          | 27.9                              | 24.5                    | 124.2                          | 112.9                             | 0.01931                                 |
|  |  |                         |  | S2-2             | 1L + 1S           | 27.5                          | 27.8                              | 23.7                    | 168.1                          | 155.3                             | 0.02842                                 |
|  |  |                         |  | S2-3             | 1L + 1S           | 27.1                          | 27.5                              | 24.0                    | 165.6                          | 152.1                             | 0.02774                                 |
|  |  |                         |  | S4-2             | 1L + 1S           | 27.6                          | 27.8                              | 24.9                    | 143.4                          | 129.3                             | 0.02286                                 |

| Fecha de instalación   |  | Fecha de toma de medida |  | Aislador No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua J/S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
|--|--|-------------------------|--|--------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo T: Fog Type NGK CA-807 MD</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Superior: 1455 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 432 mm<br>Inferior: 923 cm <sup>2</sup> Espaciamiento unidad: 165 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Superior: 0.500 litro Factor de forma: 0.90<br>Inferior: 0.500 litro |  |                         |  |              |                   |                               |                                   |                         |                                |                                   |   |
| 08/03/99   |  |                         |  | T1-2         | Superior          | 29.3                          | 28.8                              | 25.2                    | 97.7                           | 87.5                              | 0.01126                                 |
|  |  |                         |  |              | Inferior          | 28.6                          | 28.7                              | 24.7                    | 268.0                          | 242.6                             | 0.06500                                 |
|  |  |                         |  | T2-2         | Superior          | 24.2                          | 31.4                              | 22.7                    | 112.8                          | 106.4                             | 0.01369                                 |
|  |  |                         |  |              | Inferior          | 24.3                          | 31.6                              | 22.5                    | 392.0                          | 371.4                             | 0.10210                                 |
|  |  |                         |  | T2-3         | Superior          | 24.5                          | 31.7                              | 22.7                    | 96.5                           | 91.1                              | 0.01098                                 |
|  |  |                         |  |              | Inferior          | 24.5                          | 31.7                              | 23.3                    | 370.0                          | 344.7                             | 0.09411                                 |
|  |  |                         |  | T3-2         | Superior          | 28.3                          | 28.2                              | 24.7                    | 103.0                          | 93.2                              | 0.01226                                 |
|  |  |                         |  |              | Inferior          | 27.7                          | 27.7                              | 23.8                    | 277.0                          | 255.4                             | 0.06896                                 |

| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo U: Semi-conducting glaze Type NGK ECA-500MY</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Superior: 603 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 292 mm<br>Inferior: 646 cm <sup>2</sup> Espaciamento unidad: 146 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Superior: 0.500 litro Factor de forma: 0.69<br>Inferior: 0.500 litro |                         |              |                   |                               |  |                         |                                |                                   |   |
|--|-------------------------|--------------|-------------------|-------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| Fecha de instalación   | Fecha de toma de medida | Aislador No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
| 08/03/99   | 15-05-99                | U1-2         | Superior          | 22.5                          | 29.9   | 22.0                    | 64.8                           | 62.1                              | 0.01441                                 |
|  |                         |              | Inferior          | 22.4                          | 29.9   | 21.9                    | 277.0                          | 265.8                             | 0.10095                                 |
|  |                         | U2-2         | Superior          | 23.3                          | 30.5   | 22.5                    | 62.5                           | 59.2                              | 0.01316                                 |
|  |                         |              | Inferior          | 23.4                          | 30.5   | 22.4                    | 246.0                          | 233.6                             | 0.08722                                 |
|  |                         | U2-3         | Superior          | 23.6                          | 30.7   | 22.8                    | 62.2                           | 58.6                              | 0.01288                                 |
|  |                         |              | Inferior          | 23.6                          | 30.8   | 22.5                    | 214.0                          | 202.8                             | 0.07402                                 |
| U3-2   | Superior                | 22.6         | 30.1              | 22.3                          | 53.4   | 50.8                    | 0.00956                        |                                   |   |
|  | Inferior                | 22.9         | 30.2              | 22.5                          | 164.3  | 155.7                   | 0.05026                        |                                   |   |

| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo V: SEDIVER F120P/146DC</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Superior: 884 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 445 mm<br>Inferior: 1290 cm <sup>2</sup> Espaciamento unidad: 146 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Superior: 0.500 litro Factor de forma: 1.04<br>Inferior: 0.500 litro |                         |              |                   |                               |  |                         |                                |                                   |   |
|--|-------------------------|--------------|-------------------|-------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| Fecha de instalación   | Fecha de toma de medida | Aislador No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
| 08/03/99   | 15-05-99                | V1-2         | Superior          | 25.8                          | 32.2   | 23.8                    | 92.9                           | 85.7                              | 0.01661                                 |
|  |                         |              | Inferior          | 25.1                          | 31.8   | 23.9                    | 528.0                          | 485.8                             | 0.09766                                 |
|  |                         | V2-2         | Superior          | 25.4                          | 32.2   | 24.2                    | 97.1                           | 88.8                              | 0.01745                                 |
|  |                         |              | Inferior          | 25.7                          | 32.3   | 23.5                    | 667.0                          | 618.9                             | 0.12629                                 |
|  |                         | V2-3         | Superior          | 26.1                          | 32.4   | 24.4                    | 84.5                           | 77.0                              | 0.01409                                 |
|  |                         |              | Inferior          | 26.2                          | 32.4   | 23.6                    | 769.0                          | 712.0                             | 0.14646                                 |
| V3-2   | Superior                | 25.2         | 31.8              | 24.1                          | 72.0   | 66.0                    | 0.01092                        |                                   |   |
|  | Inferior                | 25.5         | 32.0              | 23.4                          | 530.0  | 492.8                   | 0.09917                        |                                   |   |

| <b>Sitio 1</b> <span style="float: right;"><b>Aislador: Tipo N: NGK Super Fog CA-821 EX or MW</b></span><br>L238 Estación principal<br><b>Superficie lavada</b> Superior: 1252 cm <sup>2</sup> Línea de fuga: 612 mm<br>Inferior: 2764 cm <sup>2</sup> Espaciamento unidad: 146 mm<br><b>Volumen de agua para lavado</b> Superior: 0.500 litro Factor de forma: 1.07<br>Inferior: 0.500 litro |                         |              |                   |                               |  |                         |                                |                                   |   |
|---|-------------------------|--------------|-------------------|-------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| Fecha de instalación  | Fecha de toma de medida | Aislador No. | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
| 05/03/99  | 03/07/99                | N1-3         | Superior          | 20.7                          | 3.3  | 19.7                    | 167.0                          | 168.1                             | 0.03363                                 |
|   |                         |              | Inferior          | 21.7                          | 2.2  | 19.8                    | 2050.0                         | 2059.0                            | 0.20951                                 |
|   |                         | N2-4         | Superior          | 21.8                          | 1.7  | 20.6                    | 334.0                          | 329.7                             | 0.07199                                 |
|   |                         |              | Inferior          | 21.4                          | 1.9  | 20.3                    | 2430.0                         | 2414.1                            | 0.24092                                 |
|   |                         | N2-5         | Superior          | 21.9                          | 1.9  | 20.6                    | 242.0                          | 238.8                             | 0.05196                                 |
|   |                         |              | Inferior          | 22.0                          | 1.9  | 20.4                    | 2340.0                         | 2319.6                            | 0.23694                                 |
| N3-3  | Superior                | 21.6         | 2.4               | 20.4                          | 166.6  | 165.1                   | 0.03323                        |                                   |   |
|   | Inferior                | 22.2         | 1.8               | 19.9                          | 1702.0   | 1705.7                  | 0.17272                        |                                   |   |

| Sitio 1   |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
|---|-------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| L238 Estación principal                                 |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| Aislador: Tipo P: Super Fog Type SEDIVER F120SPF/170 DC |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| <b>Superficie lavada</b>                                |                         | Superior: 1250 cm <sup>2</sup> |                   | Linea de fuga: 612 mm         |                                  |                         |                                |                                   |   |
|   |                         | Inferior: 2379 cm <sup>2</sup> |                   | Espaciamiento unidad: 170 mm  |                                  |                         |                                |                                   |   |
| <b>Volumen de agua para lavado</b>                      |                         | Superior: 0.500 litro          |                   | Factor de forma: 1.10         |                                  |                         |                                |                                   |   |
|   |                         | Inferior: 0.500 litro          |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| Fecha de instalación                                    | Fecha de toma de medida | Aislador No.                   | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua /S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
| 05/03/99  | 09/07/99                | P1-3                           | Superior          | 19.7                          | 6.4                              | 19.2                    | 334.0                          | 339.9                             | 0.07333                                 |
|   |                         |                                | Inferior          | 19.7                          | 6.6                              | 19.5                    | 2380.0                         | 2406.3                            | 0.28537                                 |
|   |                         | P2-4                           | Superior          | 20.0                          | 7.1                              | 19.9                    | 291.0                          | 291.6                             | 0.06252                                 |
|   |                         |                                | Inferior          | 20.3                          | 7.0                              | 20.1                    | 3610.0                         | 3602.1                            | 0.43458                                 |
|   |                         | P2-5                           | Superior          | 20.4                          | 6.6                              | 20.2                    | 270.0                          | 268.8                             | 0.05761                                 |
|   |                         |                                | Inferior          | 20.4                          | 6.5                              | 19.7                    | 3450.0                         | 3472.8                            | 0.41828                                 |
|   |                         | P3-3                           | Superior          | 19.9                          | 6.4                              | 19.3                    | 255.0                          | 259.0                             | 0.05547                                 |
|   |                         |                                | Inferior          | 19.7                          | 6.4                              | 19.4                    | 2110.0                         | 2138.1                            | 0.25256                                 |

| Sitio 1  |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
|--|-------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| L238 Estación principal                              |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| Aislador: Tipo Q: Desertico Type SEDIVER F12D/127 DC |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| <b>Superficie lavada</b>                             |                         | Superior: 1271 cm <sup>2</sup> |                   | Linea de fuga: 350 mm         |                                  |                         |                                |                                   |   |
|  |                         | Inferior: 1126 cm <sup>2</sup> |                   | Espaciamiento unidad: 127 mm  |                                  |                         |                                |                                   |   |
| <b>Volumen de agua para lavado</b>                   |                         | Superior: 0.500 litro          |                   | Factor de forma: 0.68         |                                  |                         |                                |                                   |   |
|  |                         | Inferior: 0.500 litro          |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| Fecha de instalación                                 | Fecha de toma de medida | Aislador No.                   | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua /S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
| 06/03/99   | 09/07/99                | Q1-3                           | Superior          | 21.4                          | 6.7                              | 20.6                    | 250.0                          | 246.7                             | 0.05188                                 |
|  |                         |                                | Inferior          | 21.2                          | 6.6                              | 20.7                    | 287.0                          | 282.6                             | 0.06737                                 |
|  |                         | Q2-4                           | Superior          | 21.1                          | 6.1                              | 20.5                    | 327.0                          | 323.4                             | 0.06864                                 |
|  |                         |                                | Inferior          | 20.1                          | 6.1                              | 20.0                    | 1002.0                         | 1002.0                            | 0.24538                                 |
|  |                         | Q2-5                           | Superior          | 20.2                          | 6.1                              | 20.0                    | 324.0                          | 324.0                             | 0.06874                                 |
|  |                         |                                | Inferior          | 20.1                          | 6.0                              | 19.9                    | 967.0                          | 969.1                             | 0.23719                                 |
|  |                         | Q3-3                           | Superior          | 21.4                          | 7.3                              | 20.8                    | 253.0                          | 248.6                             | 0.05217                                 |
|  |                         |                                | Inferior          | 21.3                          | 6.8                              | 20.7                    | 612.0                          | 602.7                             | 0.14605                                 |

| Sitio 1  |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
|--|-------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| L238 Estación principal                              |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| Aislador: Tipo R: Desertico Type SEDIVER F12D/146 DC |                         |                                |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| <b>Superficie lavada</b>                             |                         | Superior: 1252 cm <sup>2</sup> |                   | Linea de fuga: 350 mm         |                                  |                         |                                |                                   |   |
|  |                         | Inferior: 1148 cm <sup>2</sup> |                   | Espaciamiento unidad: 146 mm  |                                  |                         |                                |                                   |   |
| <b>Volumen de agua para lavado</b>                   |                         | Superior: 0.500 litro          |                   | Factor de forma: 0.68         |                                  |                         |                                |                                   |   |
|  |                         | Inferior: 0.500 litro          |                   |                               |                                  |                         |                                |                                   |   |
| Fecha de instalación                                 | Fecha de toma de medida | Aislador No.                   | Superficie lavada | Temperatura inicial agua T °C | Conductividad inicial agua /S/cm | Temperatura final T, °C | Conductividad final a T, mS/cm | Conductividad final a 20°C, mS/cm | Valor ESDD calculado mg/cm <sup>2</sup> |
| 07/03/99   | 09/07/99                | R1-3                           | Superior          | 21.0                          | 6.2                              | 20.3                    | 227.0                          | 225.5                             | 0.04810                                 |
|  |                         |                                | Inferior          | 20.9                          | 6.3                              | 20.4                    | 332.0                          | 329.1                             | 0.07730                                 |
|  |                         | R2-4                           | Superior          | 21.1                          | 6.9                              | 20.5                    | 295.0                          | 291.8                             | 0.06254                                 |
|  |                         |                                | Inferior          | 21.1                          | 6.3                              | 20.5                    | 1038.0                         | 1026.7                            | 0.24672                                 |
|  |                         | R2-5                           | Superior          | 21.1                          | 7.2                              | 20.3                    | 288.0                          | 286.1                             | 0.06122                                 |
|  |                         |                                | Inferior          | 21.2                          | 6.3                              | 20.5                    | 1103.0                         | 1091.0                            | 0.26250                                 |
| R3-3   | Superior                | 21.0                           | 6.8               | 20.6                          | 202.0                            | 199.4                   | 0.03916                        |                                   |   |
|  | Inferior                | 20.9                           | 6.4               | 20.4                          | 693.0                            | 687.0                   | 0.16377                        |                                   |   |

## **ANEXO C**

### **Resultados de NSDD**

NSDD Measured in May 1999 at Site 1 (Main Test Station), Line 238 near Tower 128, Insulator types: N and R

| Insulator   | Date of Washing | Surface | Area<br>cm <sup>2</sup> | Filter # | Weight, g<br>Wc (60%) | Weight, g |         |        |        | NSDD<br>mg/cm <sup>2</sup> |
|---|-----------------|---------|-------------------------|----------|-----------------------|-----------|---------|--------|--------|----------------------------|
|   |                 |         |                         |          |                       | Wc        | W (n&s) | W (s)  | W (n)  |                            |
| N2-3<br>Type N: NGK Super Fog<br>CA-821EX<br>  | 1999-05-13      | Top     | 1252                    | 6A       | 4.5114                | 4.3309    | 4.4562  |        | 0.0931 | 0.074                      |
|   |                 |         |                         | 6B       | 4.4102                | 4.2338    |         | 4.2659 |        |                            |
|   | 1999-05-13      | Bottom  | 2764                    | 5A       | 4.3886                | 4.2131    | 4.9455  |        | 0.6891 | 0.25                       |
|   |                 |         |                         | 5B       | 4.3435                | 4.1698    |         | 4.2131 |        |                            |
| R2-3<br>Type R: SEDIVER<br>Desertico F12D/146 DC<br>   | 1999-05-14      | Top     | 1252                    | 4A       | 4.3967                | 4.2208    | 4.3146  |        | 0.0234 | 0.019                      |
|   |                 |         |                         | 4B       | 4.4235                | 4.2466    |         | 4.3169 |        |                            |
|   | 1999-05-14      | Bottom  | 1148                    | 3A       | 4.4336                | 4.2563    | 4.4766  |        | 0.1209 | 0.11                       |
|   |                 |         |                         | 3B       | 4.4803                | 4.3011    |         | 4.4005 |        |                            |
| <p><b>Legend:</b> Wc (60%): Weight of the clean filter at -60% relative humidity and at room temperature (-20°C)</p> <p>Wc : Weight of the clean filter at -40% relative humidity and at room temperature (-20°C)</p> <p>W (n&amp;s) : Weight of the filter including non-soluble &amp; soluble deposit at -40% relative humidity and at room temperature (-20°C)</p> <p>W (s) : Weight of the filter including soluble deposit at -40% relative humidity and at room temperature (-20°C)</p> <p>W (n) : Weight of the non-soluble deposit at -40% relative humidity and room temperature (-20°C)</p> <p>NSDD: Non-soluble Deposit Density = <math>1000 \times [(W(n\&amp;s) - Wc(\text{filter A})) - (W(s) - Wc(\text{filter B}))] / \text{Area}</math></p> <p>Correction factor for Humidity <math>Wc(-40\%) / Wc(-60\%)</math>: 0.96</p> |                 |         |                         |          |                       |           |         |        |        |                            |

NSDD Measured in July 1999 at Site 1 (Main Test Station), Line 238 near Tower 128, Insulator types: N and R

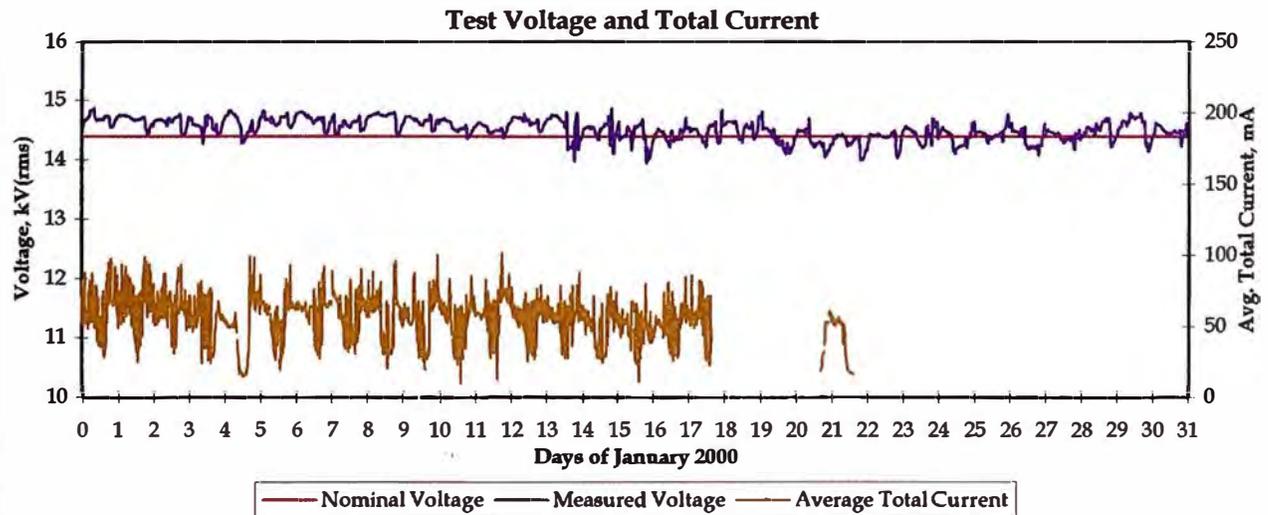
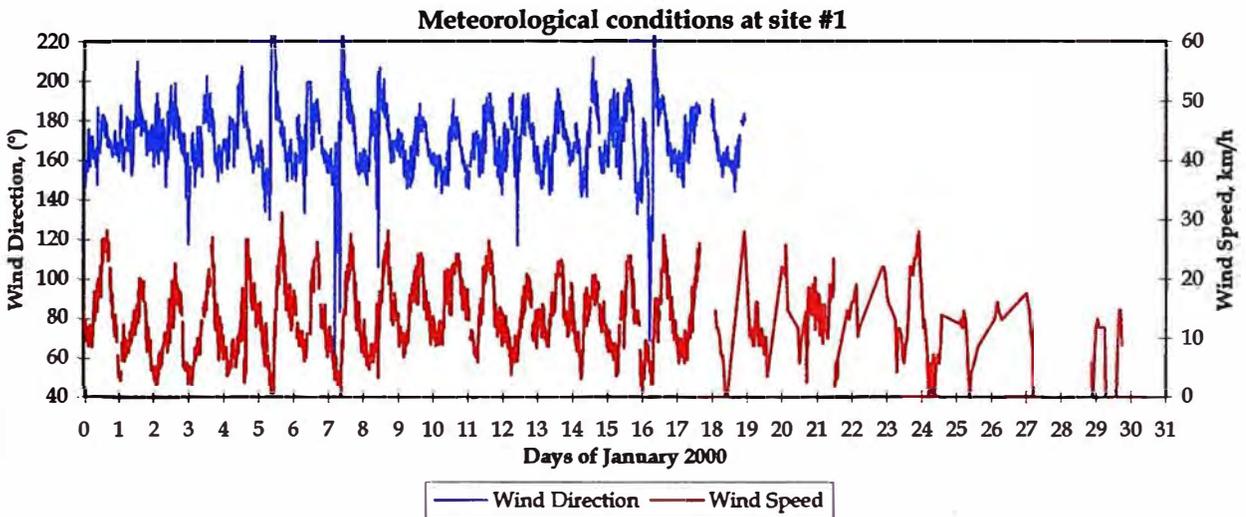
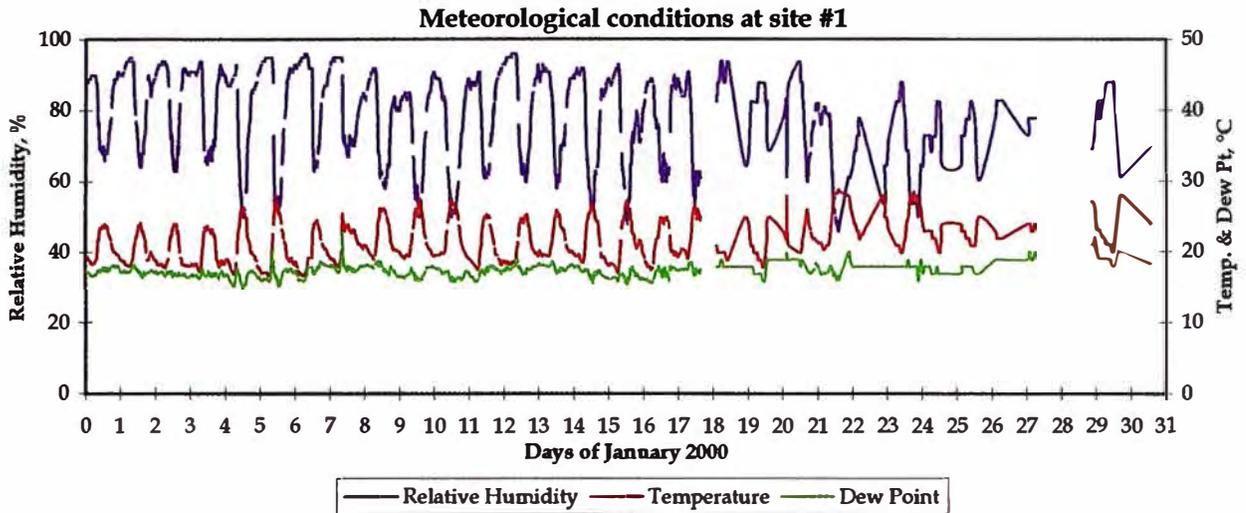
| Insulator   | Date of Washing | Surface | Area cm <sup>2</sup> | Filter # | Weight, g<br>Wc (60%) | Weight, g |         |       |        | NSDD<br>mg/cm <sup>2</sup> |
|---|-----------------|---------|----------------------|----------|-----------------------|-----------|---------|-------|--------|----------------------------|
|   |                 |         |                      |          |                       | Wc        | W (n&s) | W (s) | W (n)  |                            |
| N2-5<br>Type N: NGK Super Fog<br>CA-821EX<br>  | 1999-07-03      | Top     | 1252                 | 8A       | 4.4459                | 4.2681    | 4.4473  |       | 0.1457 | 0.12                       |
|   |                 |         |                      | 8B       | 4.3898                | 4.2142    | 4.2477  |       |        |                            |
|   | 1999-07-03      | Bottom  | 2764                 | 7A       | 4.5085                | 4.3282    | 5.6521  |       | 1.2619 | 0.46                       |
|   |                 |         |                      | 7B       | 4.4932                | 4.3135    | 4.3755  |       |        |                            |
| R2-5<br>Type R: SEDIVER<br>Desertico F12D/146 DC<br>   | 1999-07-09      | Top     | 1252                 | 10A      | 4.3695                | 4.1947    | 4.3709  |       | 0.1122 | 0.090                      |
|   |                 |         |                      | 10B      | 4.5137                | 4.3332    | 4.3971  |       |        |                            |
|   | 1999-07-09      | Bottom  | 1148                 | 9A       | 4.4665                | 4.2878    | 4.6768  |       | 0.3416 | 0.30                       |
|   |                 |         |                      | 9B       | 4.5227                | 4.3418    | 4.3892  |       |        |                            |
| <p><b>Legend:</b> Wc (60%): Weight of the clean filter at -60% relative humidity and at room temperature (~20°C)<br/>                     Wc : Weight of the clean filter at -40% relative humidity and at room temperature (~20°C)<br/>                     W (n&amp;s) : Weight of the filter including non-soluble &amp; soluble deposit at -40% relative humidity and at room temperature (~20°C)<br/>                     W (s) : Weight of the filter including soluble deposit at -40% relative humidity and at room temperature (~20°C)<br/>                     W (n) : Weight of the non-soluble deposit at -40% relative humidity and room temperature (~20°C)<br/>                     NSDD: Non-soluble Deposit Density = <math>1000 \times [(W(n\&amp;s) - Wc(\text{filter A})) - (W(s) - Wc(\text{filter B}))] / \text{Area}</math><br/>                     Correction factor for Humidity <math>Wc(-40\%) / Wc(-60\%)</math>: 0.96</p> |                 |         |                      |          |                       |           |         |       |        |                            |

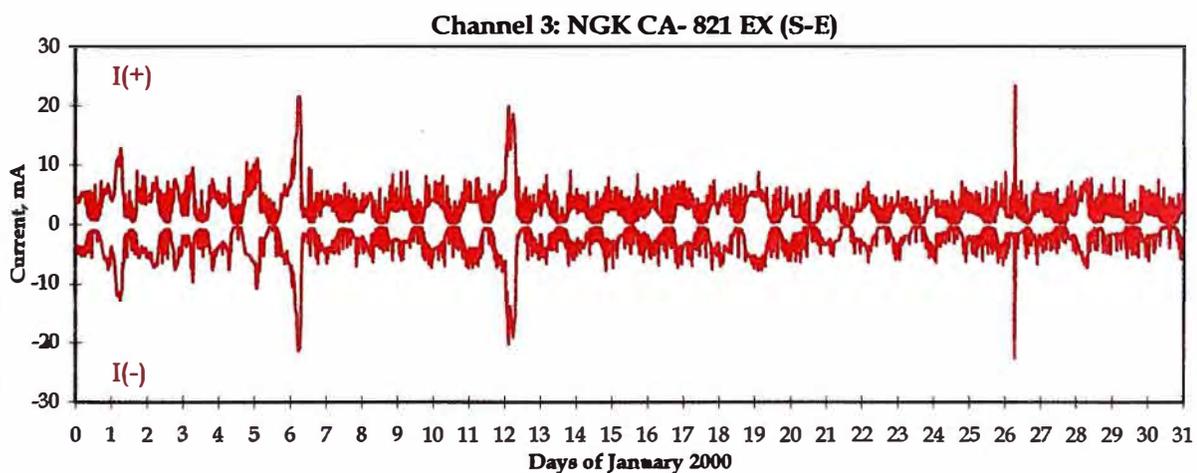
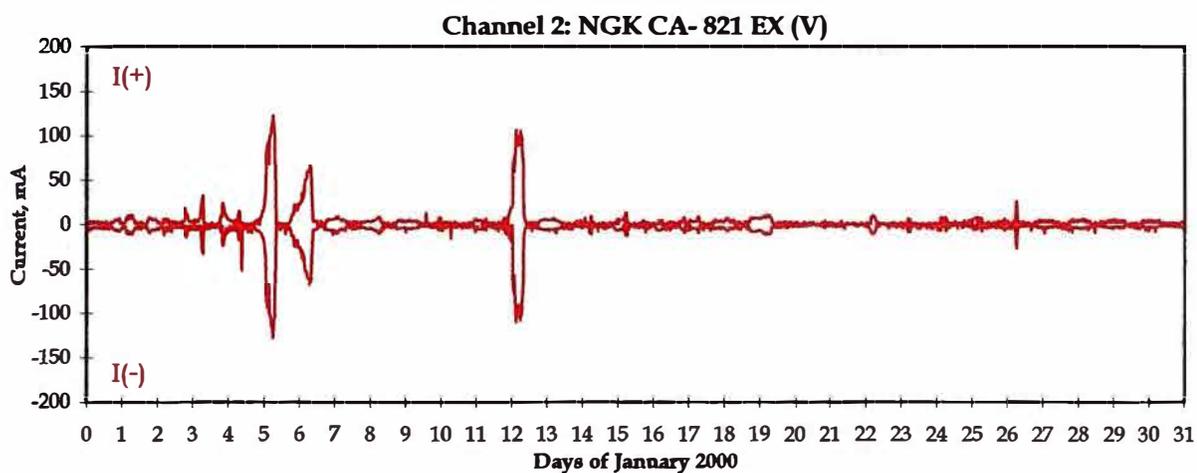
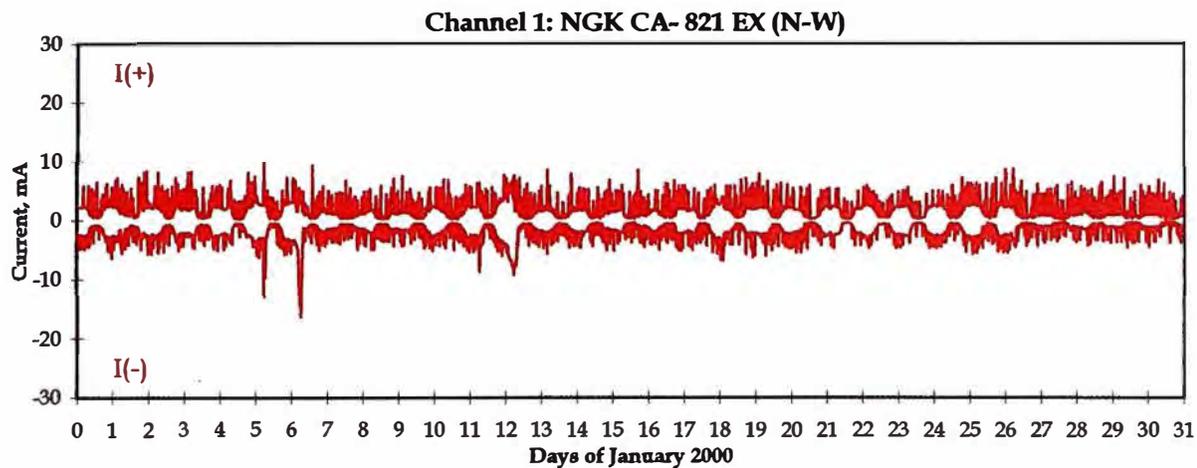
NSDD Measured in September 1999 at Site 1 (Main Test Station), Line 238 near Tower 128, Insulator types: N and R

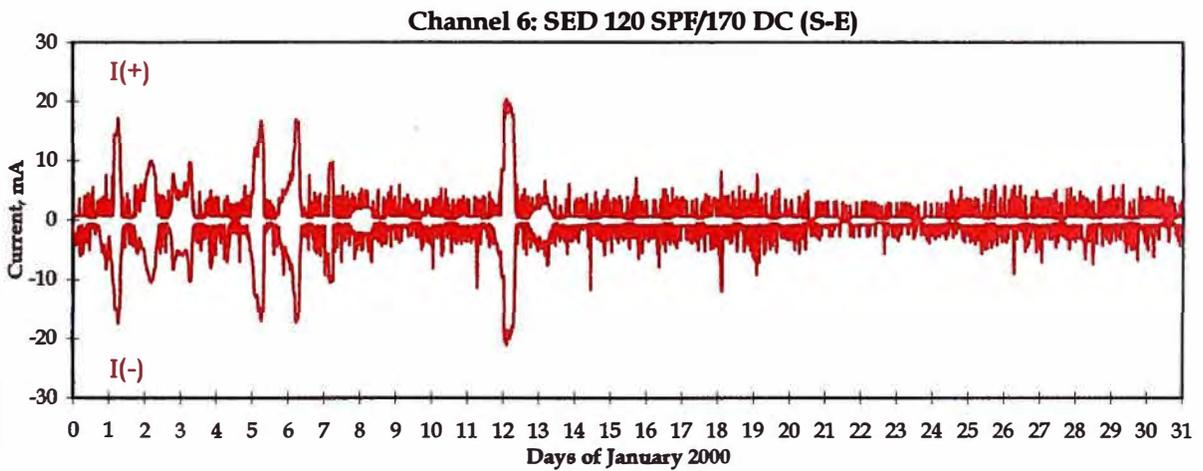
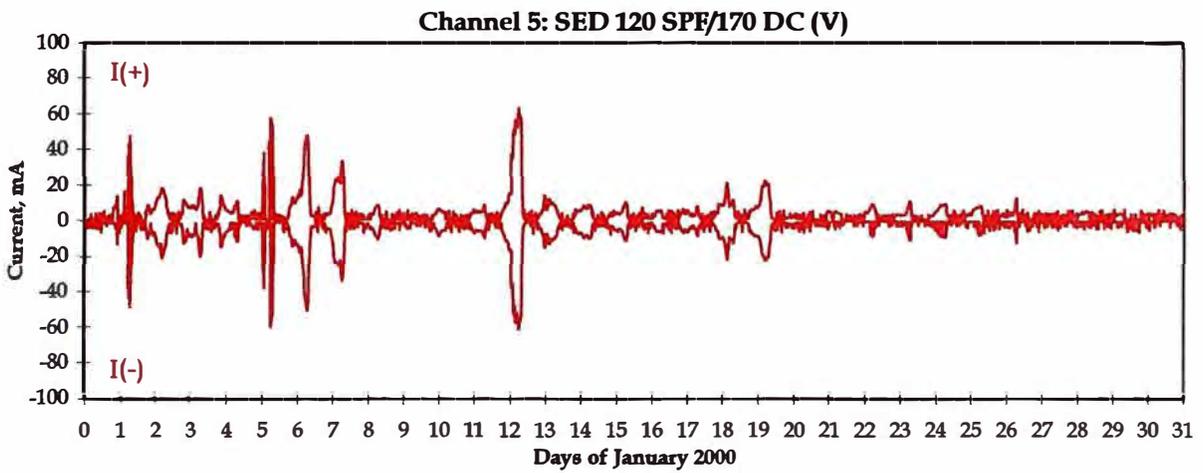
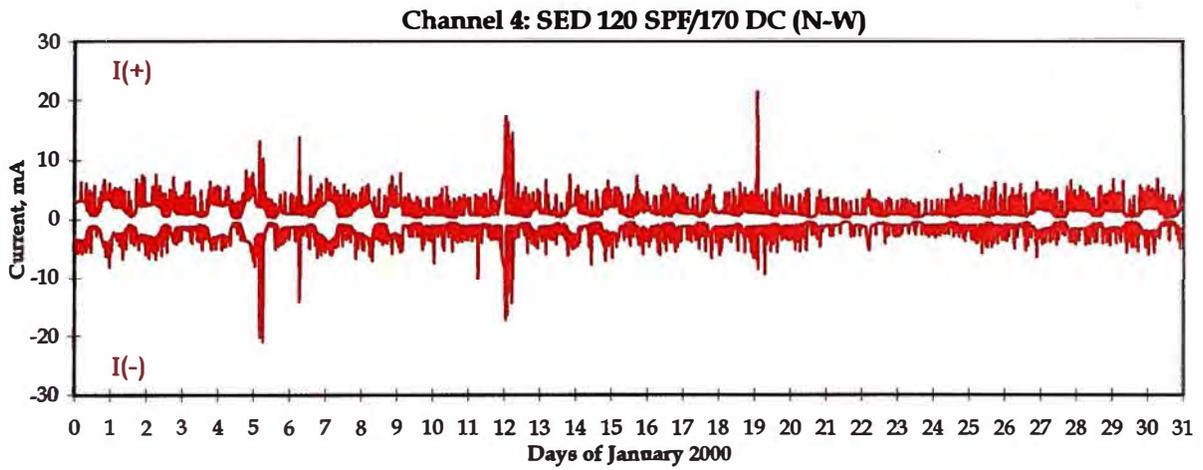
| Insulator   | Date of Washing | Surface | Area cm <sup>2</sup> | Filter # | Weight, g<br>W <sub>c</sub> (60%) | Weight, g      |         |       |        | NSDD<br>mg/cm <sup>2</sup> |
|---|-----------------|---------|----------------------|----------|-----------------------------------|----------------|---------|-------|--------|----------------------------|
|   |                 |         |                      |          |                                   | W <sub>c</sub> | W (n&s) | W (s) | W (n)  |                            |
| N2-7<br>Type N: NGK Super Fog<br>CA-821EX<br>  | 1999-09-03      | Top     | 1252                 | 11A      | 4.4294                            | 4.2522         | 4.3846  |       | 0.0836 | 0.067                      |
|   |                 |         |                      | 11B      | 4.4313                            | 4.2540         | 4.3028  |       |        |                            |
|   | 1999-09-03      | Bottom  | 2764                 | 12A      | 4.4252                            | 4.2482         | 6.2631  |       | 1.9045 | 0.69                       |
|   |                 |         |                      | 12B      | 4.3679                            | 4.1932         | 4.3036  |       |        |                            |
| R2-7<br>Type R: SEDIVER<br>Desertico F12D/146 DC<br>   | 1999-09-04      | Top     | 1252                 | 13A      | 4.4725                            | 4.2936         | 4.7125  |       | 0.3407 | 0.27                       |
|   |                 |         |                      | 13B      | 4.3744                            | 4.1994         | 4.2776  |       |        |                            |
|   | 1999-09-04      | Bottom  | 1148                 | 14A      | 4.4545                            | 4.2763         | 4.8768  |       | 0.4989 | 0.43                       |
|   |                 |         |                      | 14B      | 4.4283                            | 4.2512         | 4.3527  |       |        |                            |
| <p><b>Legend:</b> W<sub>c</sub> (60%): Weight of the clean filter at ~60% relative humidity and at room temperature (~20°C)</p> <p>W<sub>c</sub> : Weight of the clean filter at ~40% relative humidity and at room temperature (~20°C)</p> <p>W (n&amp;s) : Weight of the filter including non-soluble &amp; soluble deposit at ~40% relative humidity and at room temperature (~20°C)</p> <p>W (s) : Weight of the filter including soluble deposit at ~40% relative humidity and at room temperature (~20°C)</p> <p>W (n) : Weight of the non-soluble deposit at ~40% relative humidity and room temperature (~20°C)</p> <p>NSDD: Non-soluble Deposit Density = <math>1000 \times [(W(n\&amp;s) - W_c(\text{filter A})) - (W(s) - W_c(\text{filter B}))] / \text{Area}</math></p> <p>Correction factor for Humidity <math>W_c(-40\%) / W_c(-60\%)</math>: 0.96</p> |                 |         |                      |          |                                   |                |         |       |        |                            |

## **ANEXO D**

Valores Corrientes de Fuga



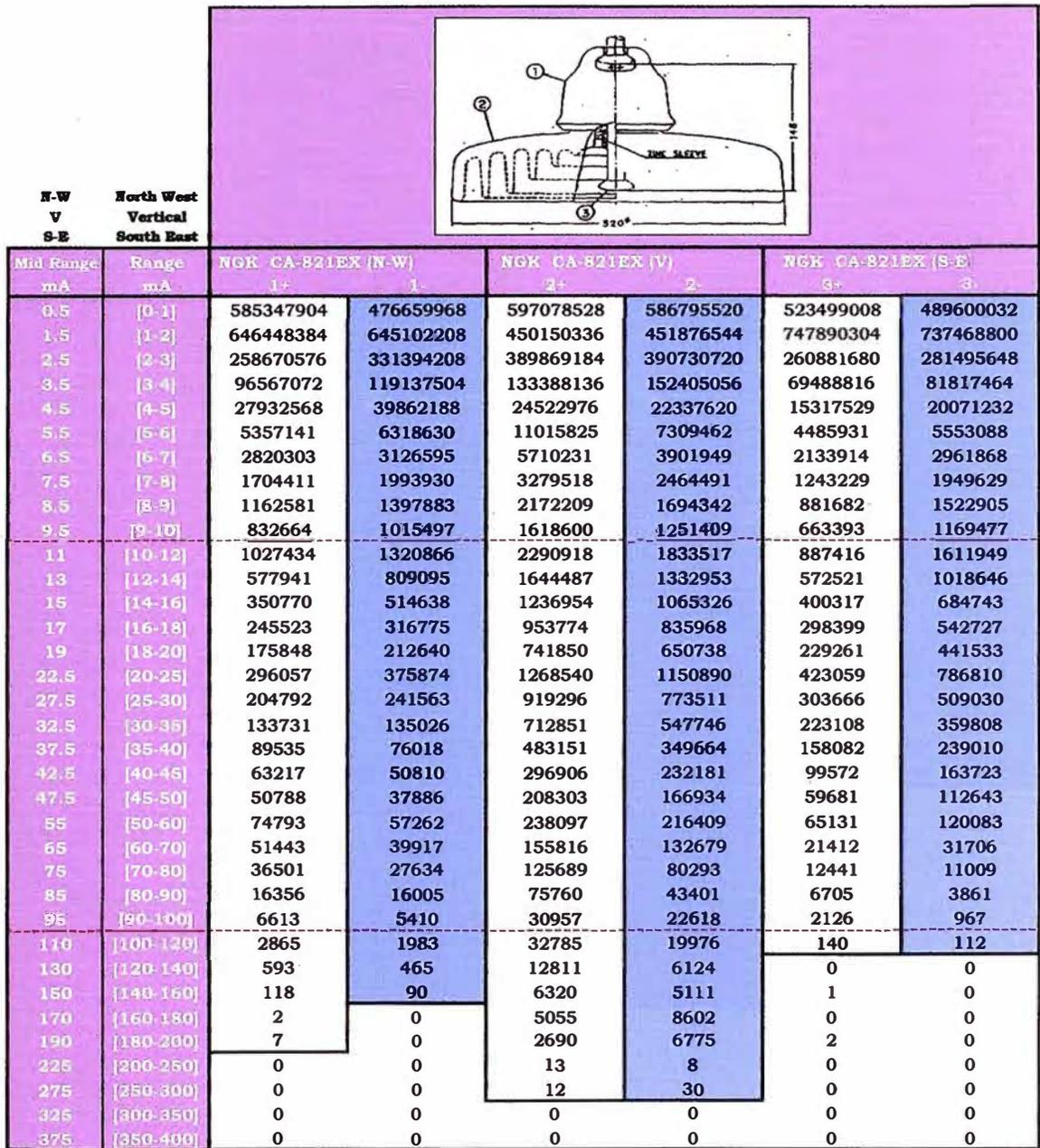




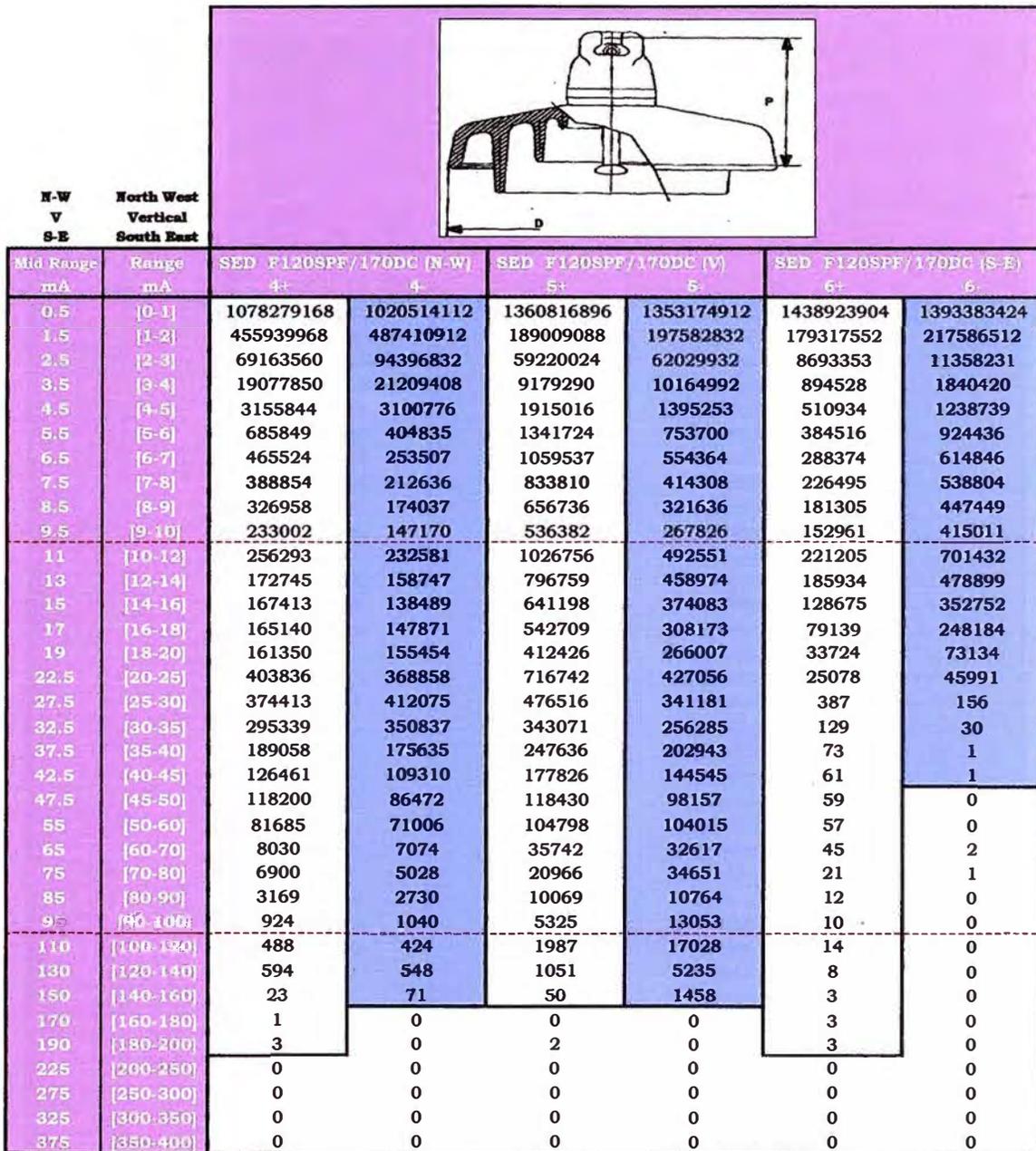
## **ANEXO E**

**Histograma corrientes de Fuga**

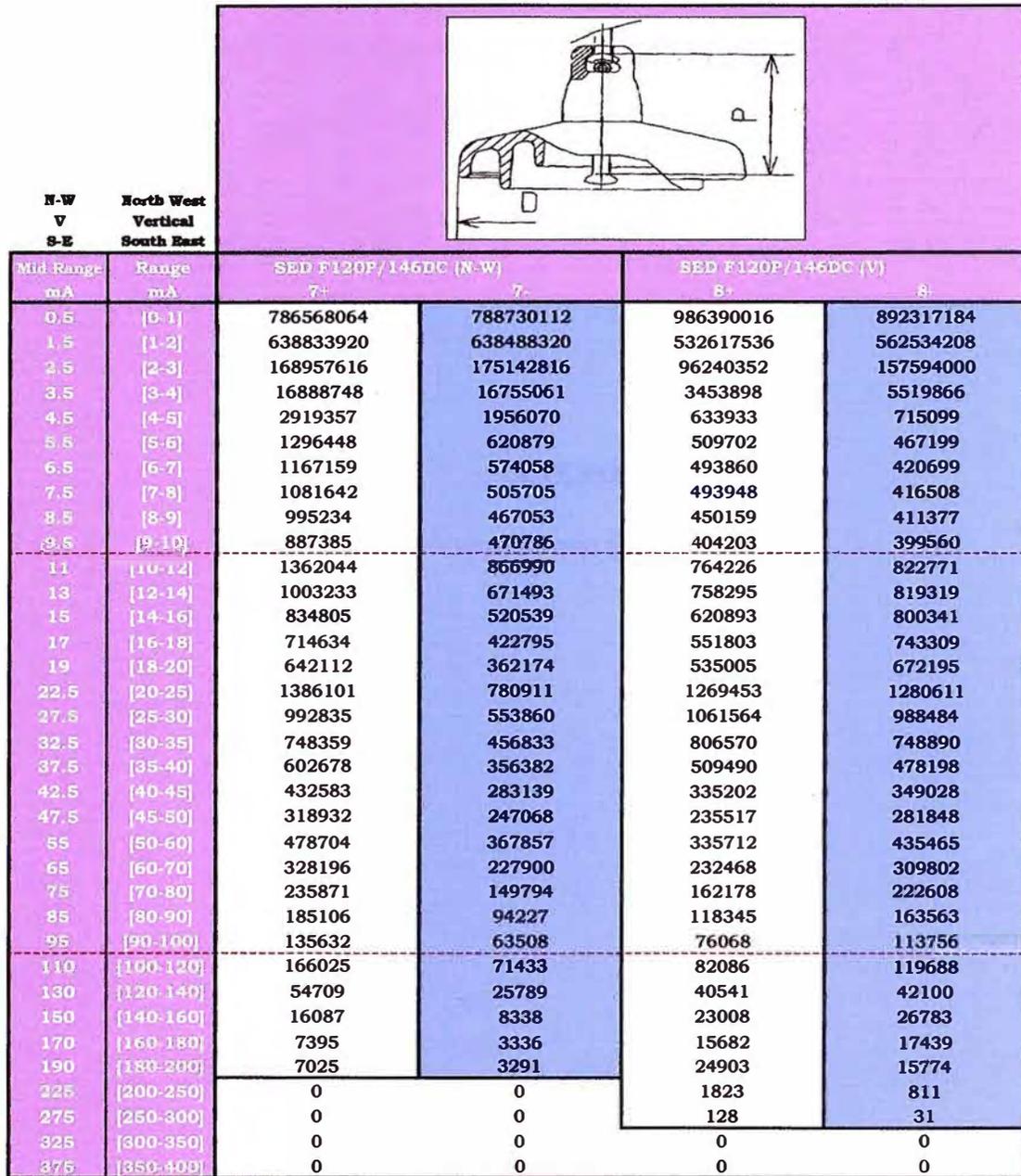
Histogram of the peak values of leakage currents for the period [May 1999 - April 2000]



Histogram of the peak values of leakage currents for the period [May 1999 - April 2000]

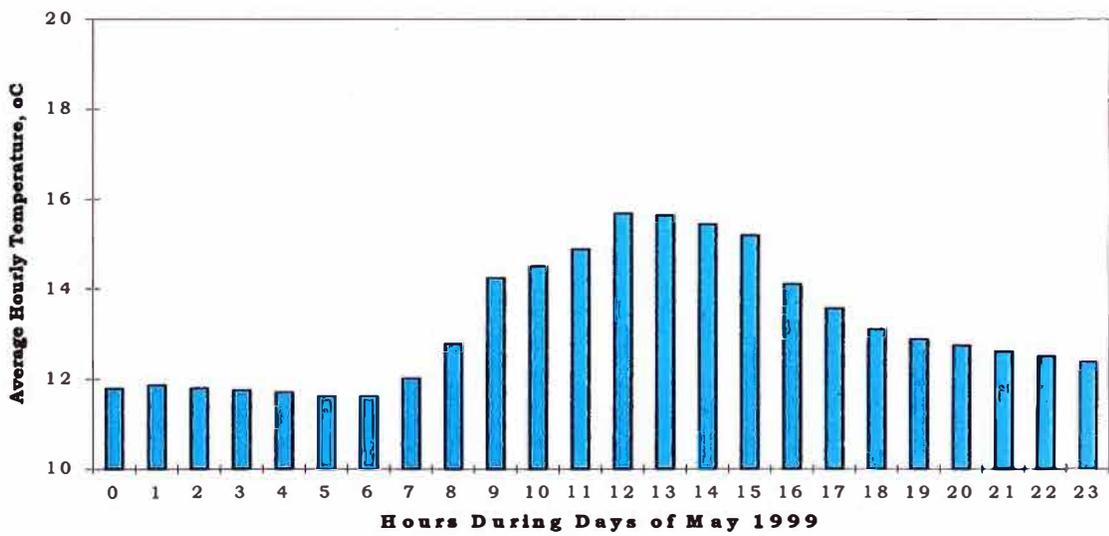
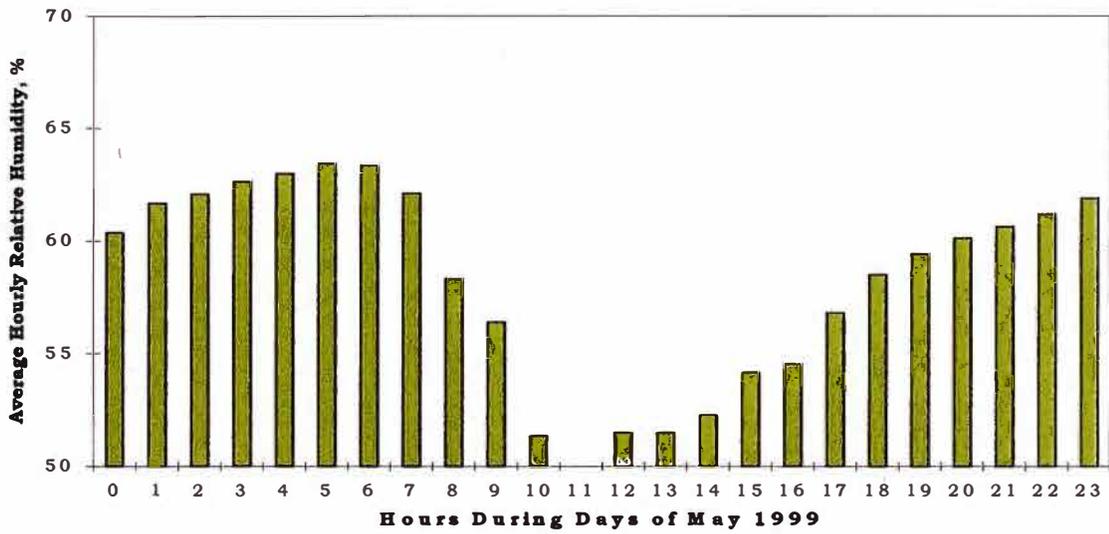
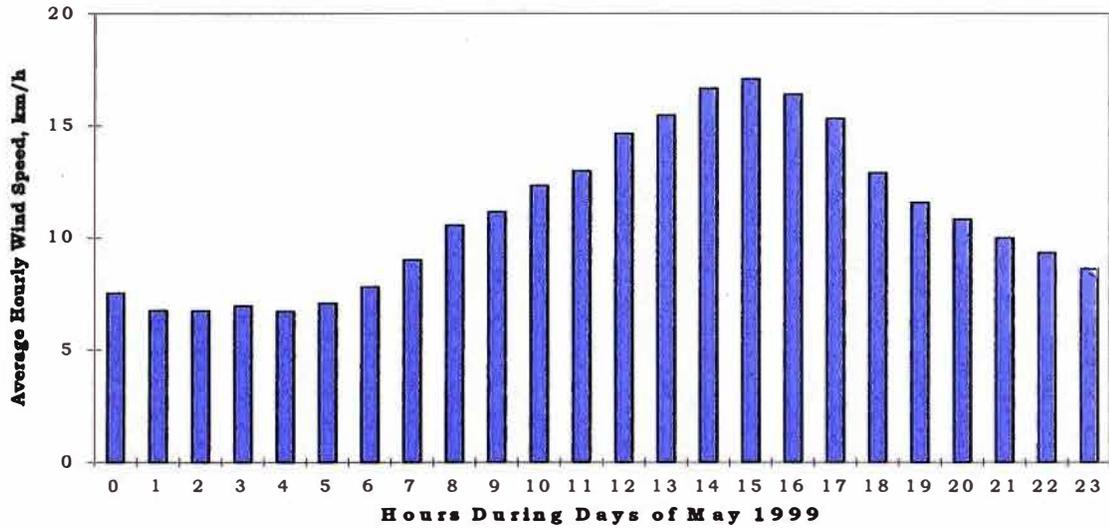


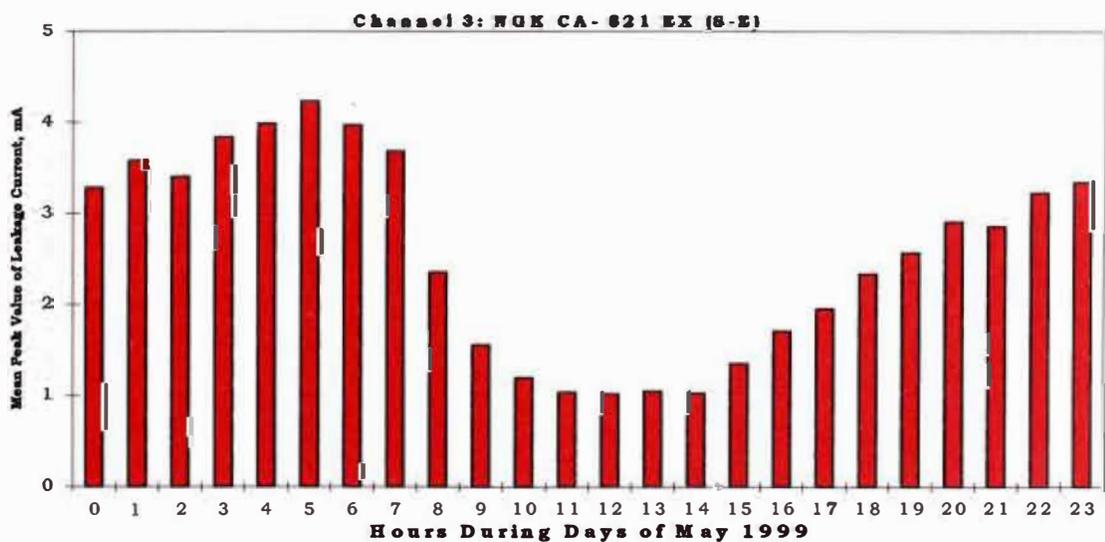
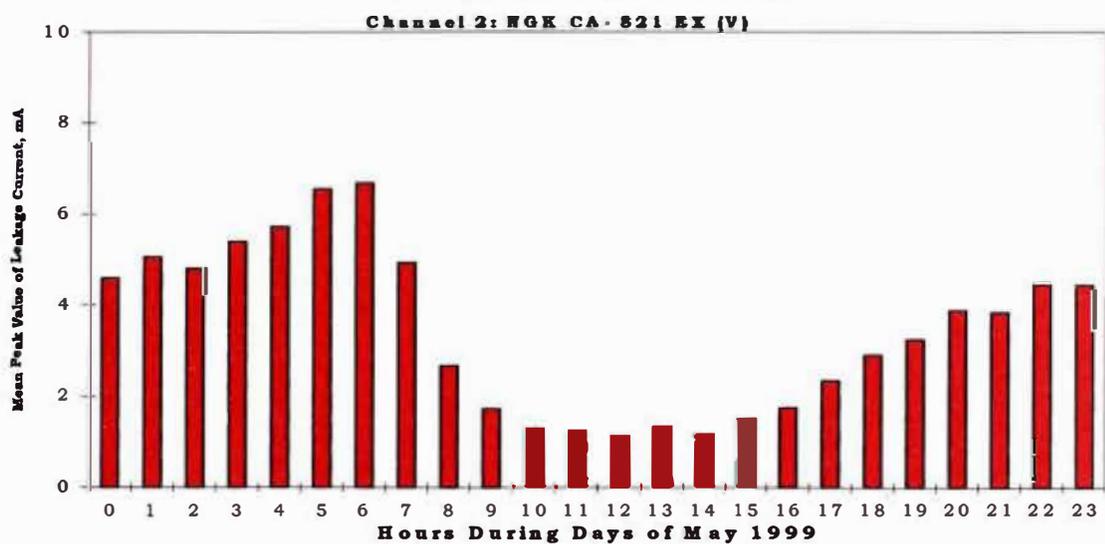
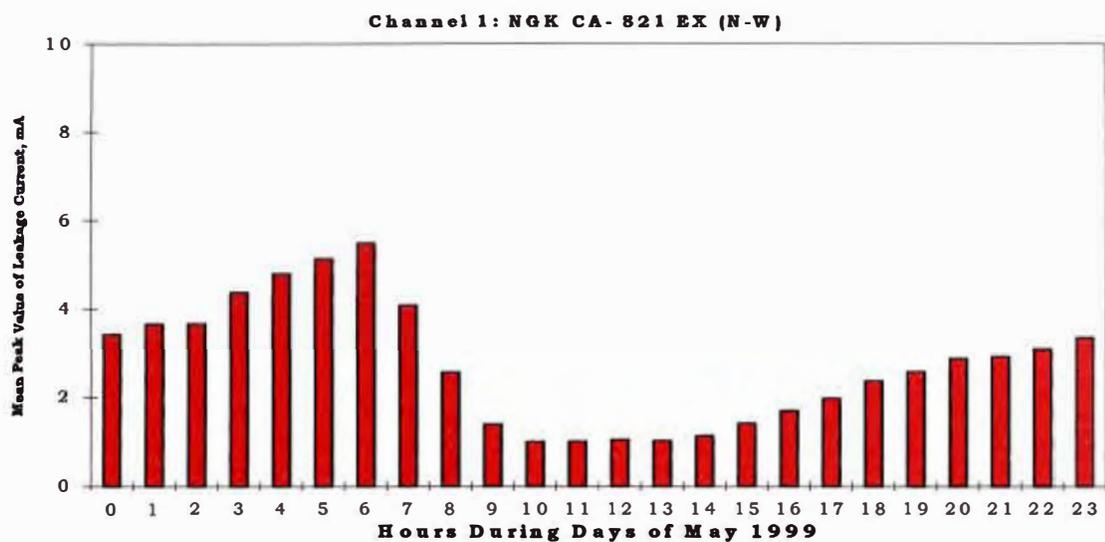
Histogram of the peak values of leakage currents for the period [May 1999 - April 2000]

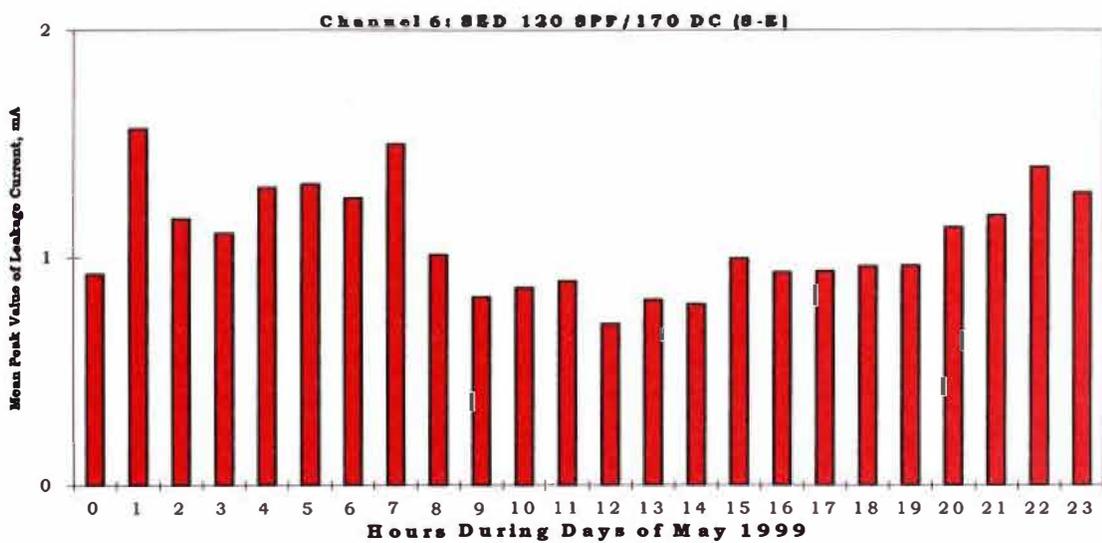
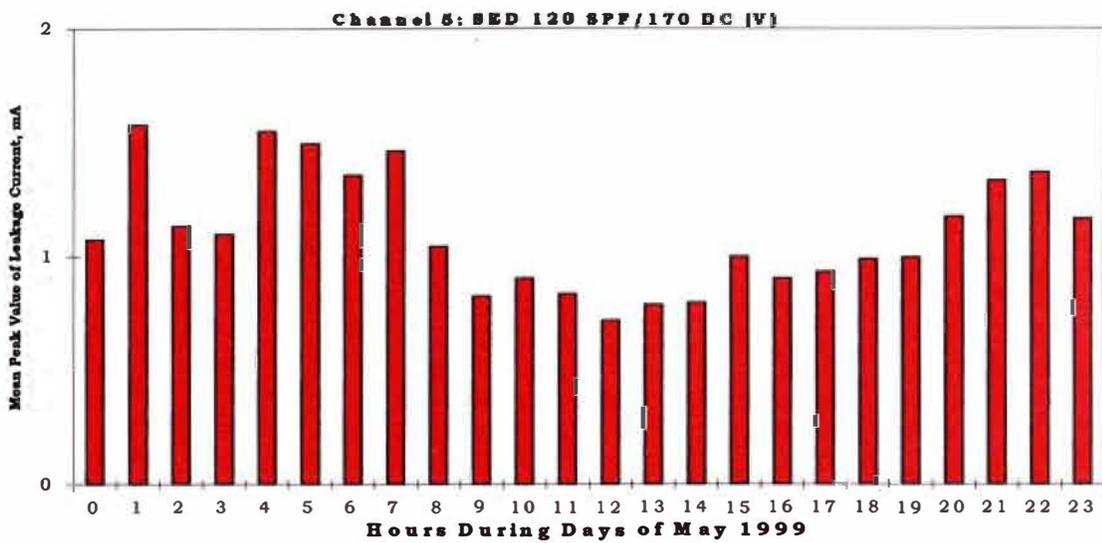
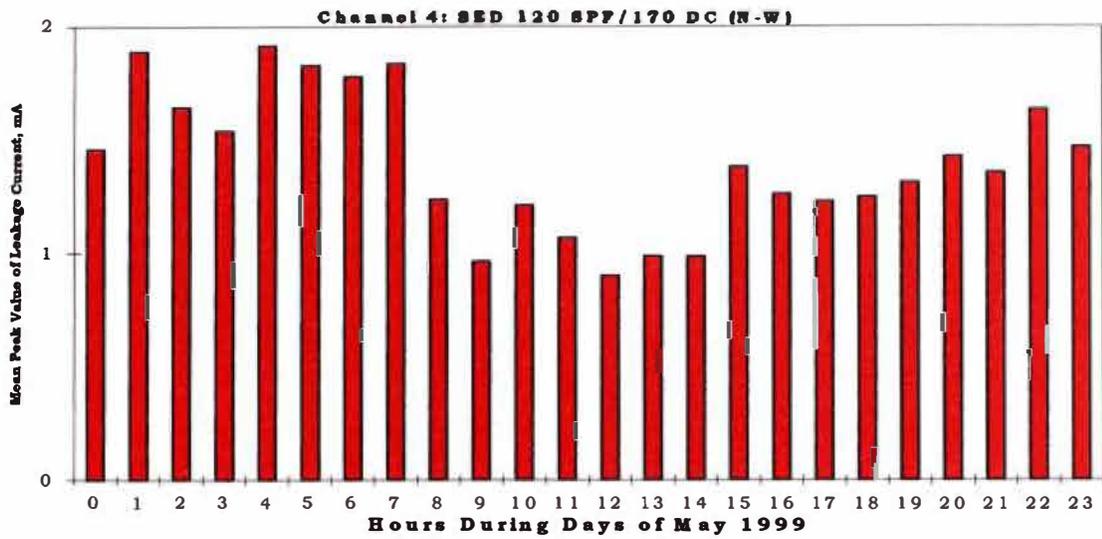


## **ANEXO F**

Valor horario promedio



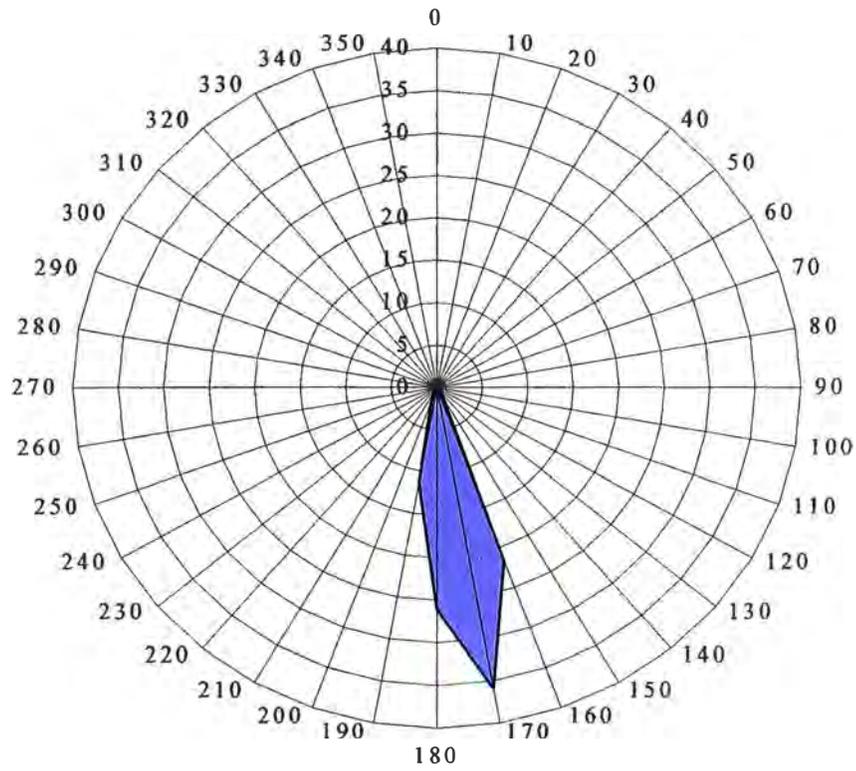




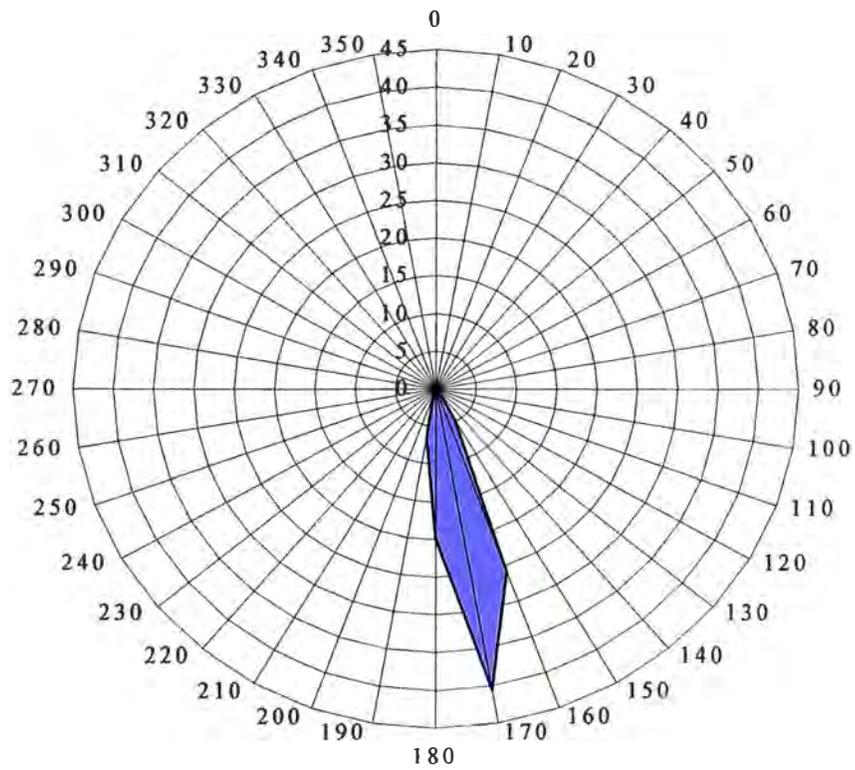
F-4

## **ANEXO G**

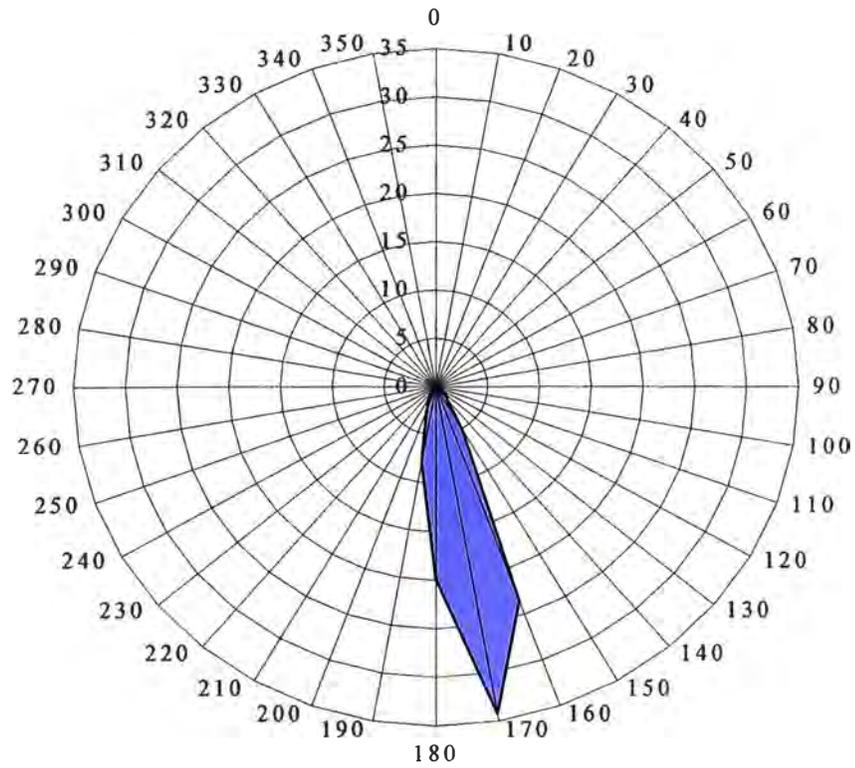
### **Análisis Meteorológicos**



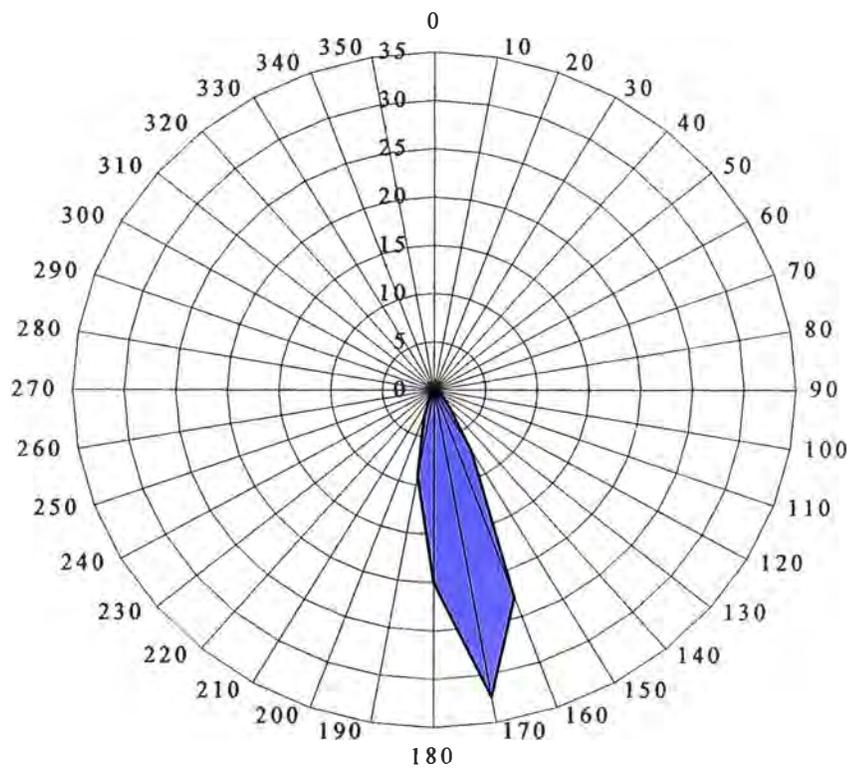
**Figure G1**  
Distribution of the Wind Direction at Site 1 during March 1999



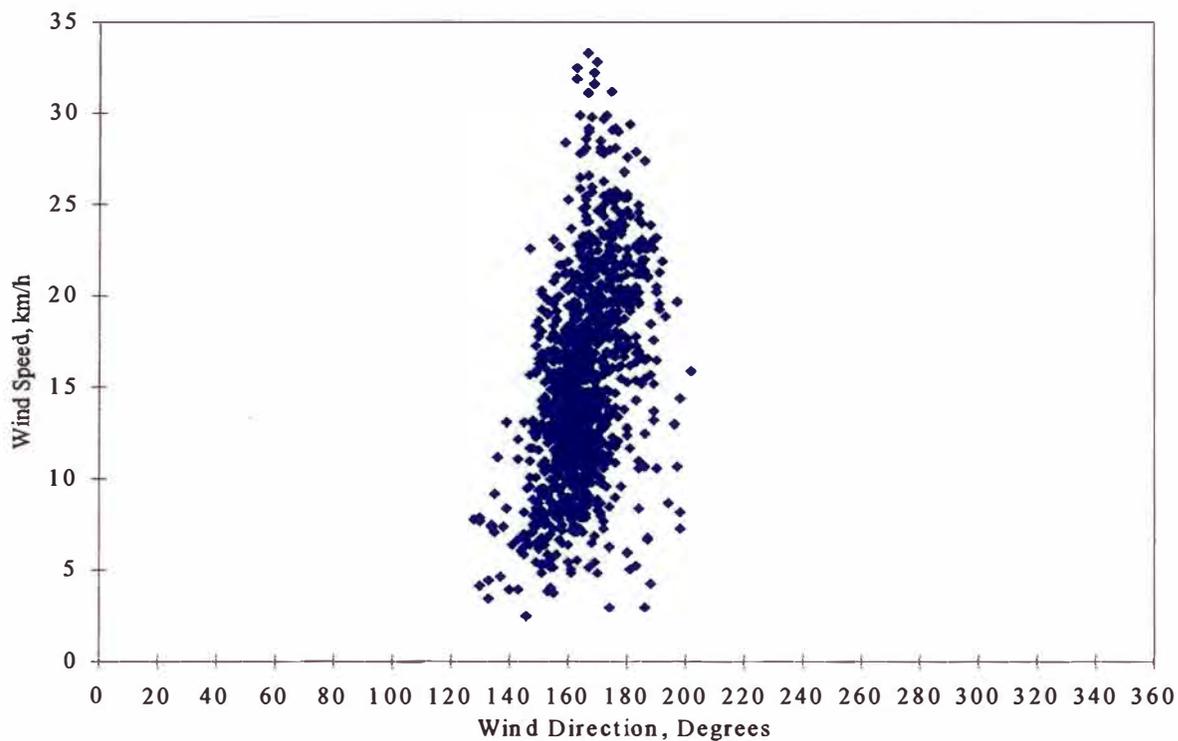
**Figure G2**  
Distribution of the Wind Direction at Site 1 during May 1999



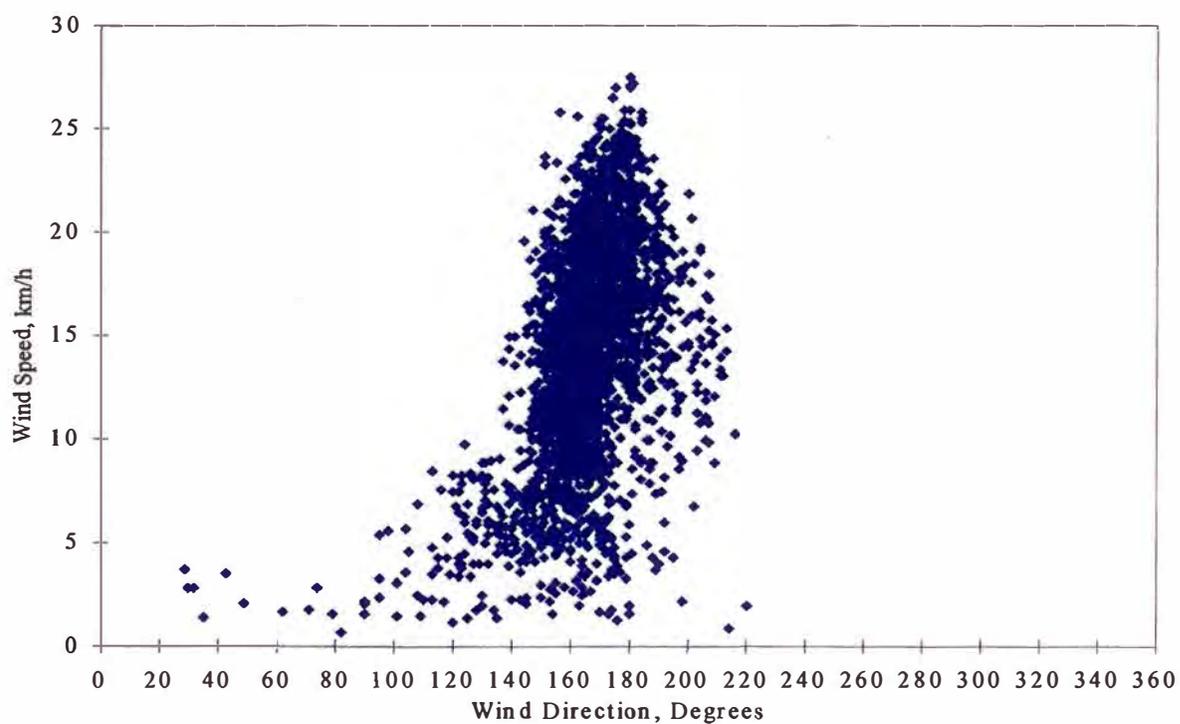
**Figure G3**  
Distribution of the Wind Direction at Site 1 during June 1999



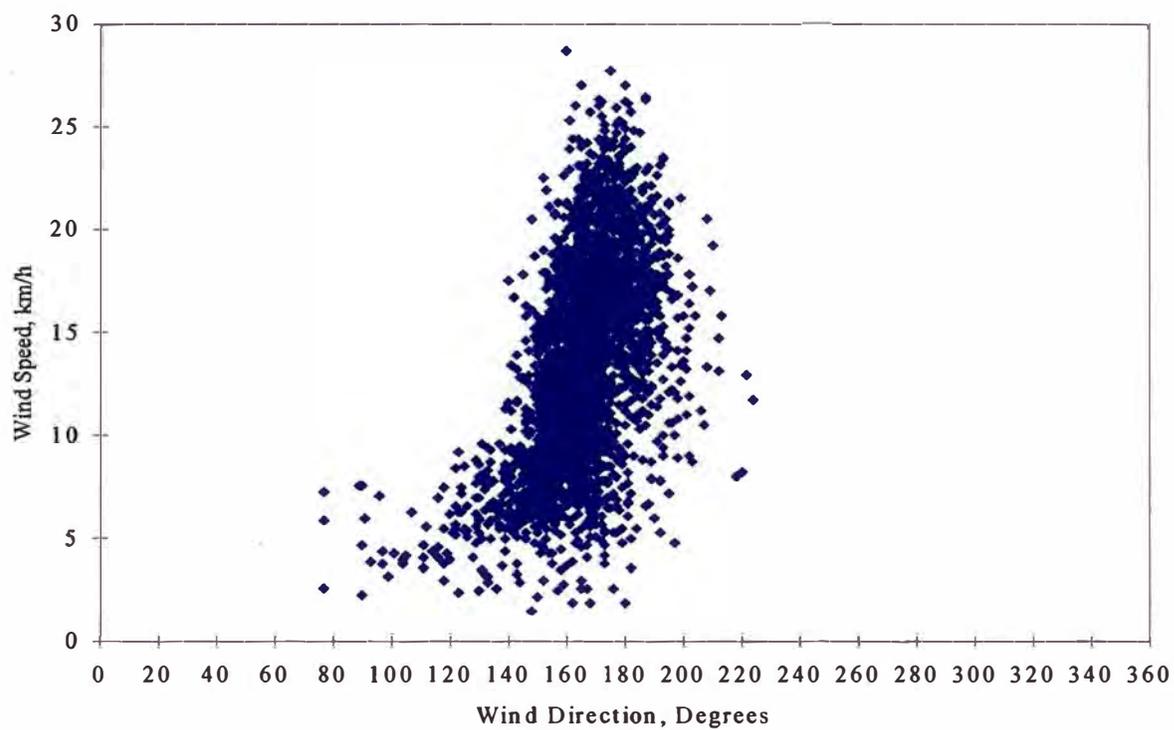
**Figure G4**  
Distribution of the Wind Direction at Site 1 during July 1999



**Figure G05**  
Correlation between the Wind Speed and Direction at Site 1 during May 1999

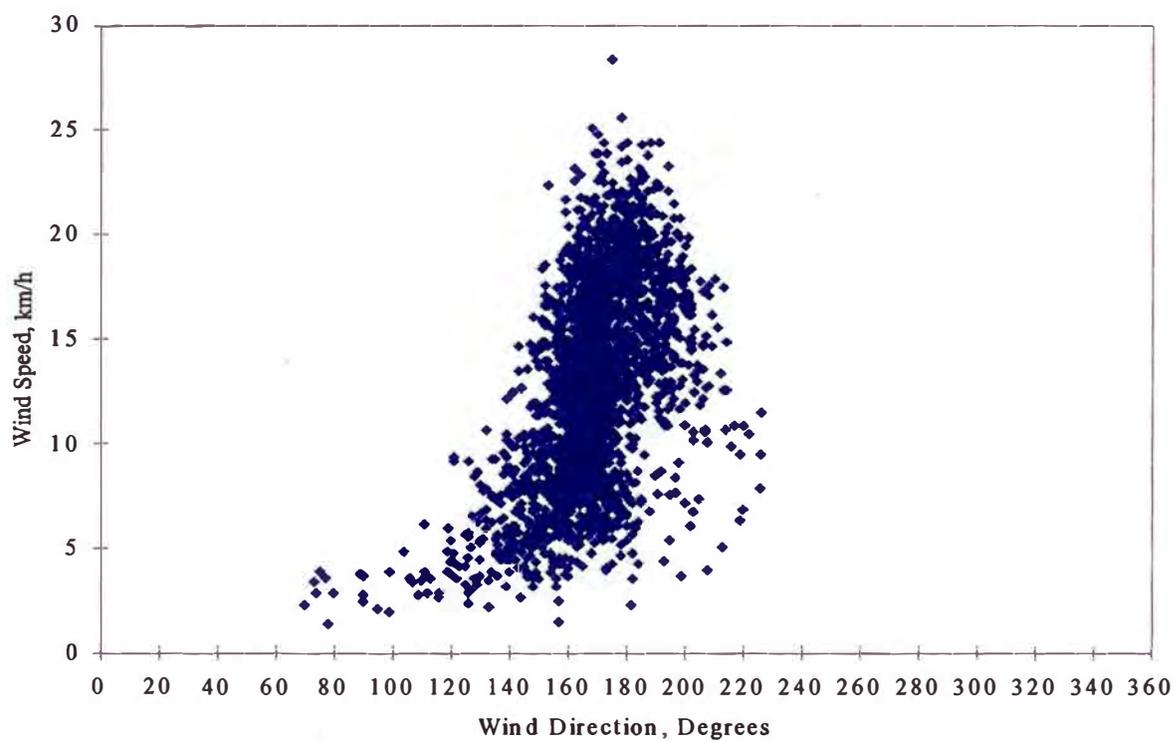


**Figure G06**  
Correlation between the Wind Speed and Direction at Site 1 during June 1999



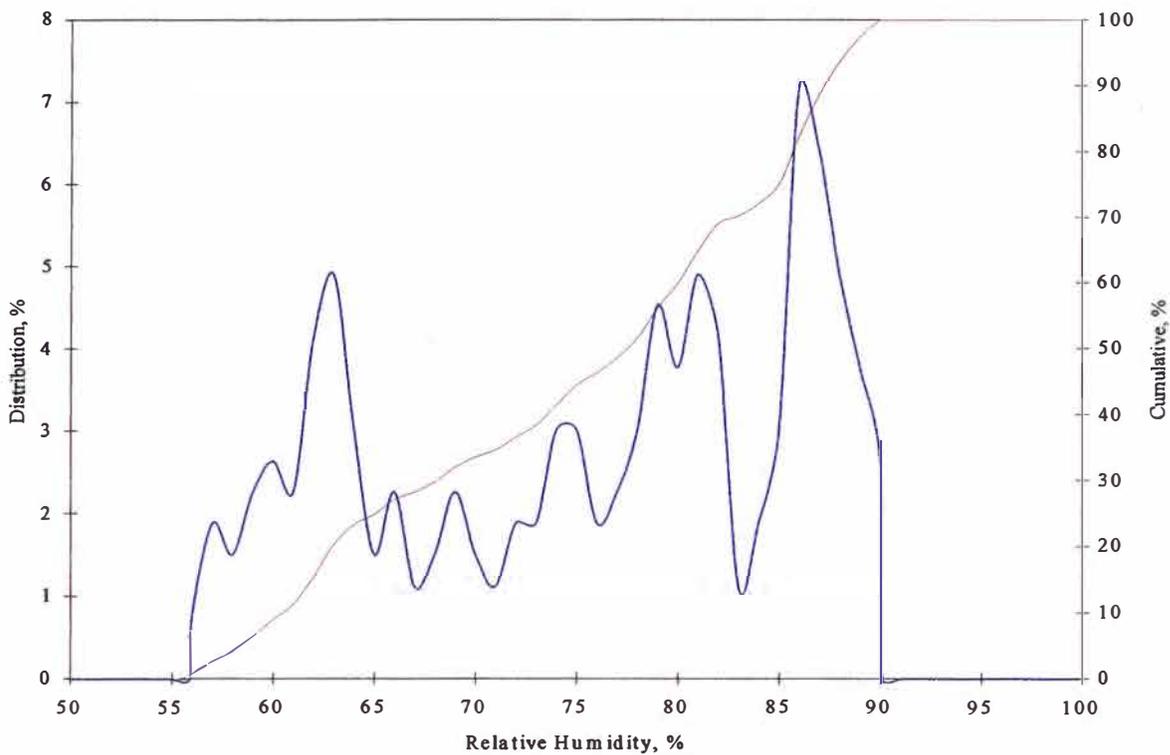
**Figure G07**

Correlation between the Wind Speed and Direction at Site 1 during July 1999

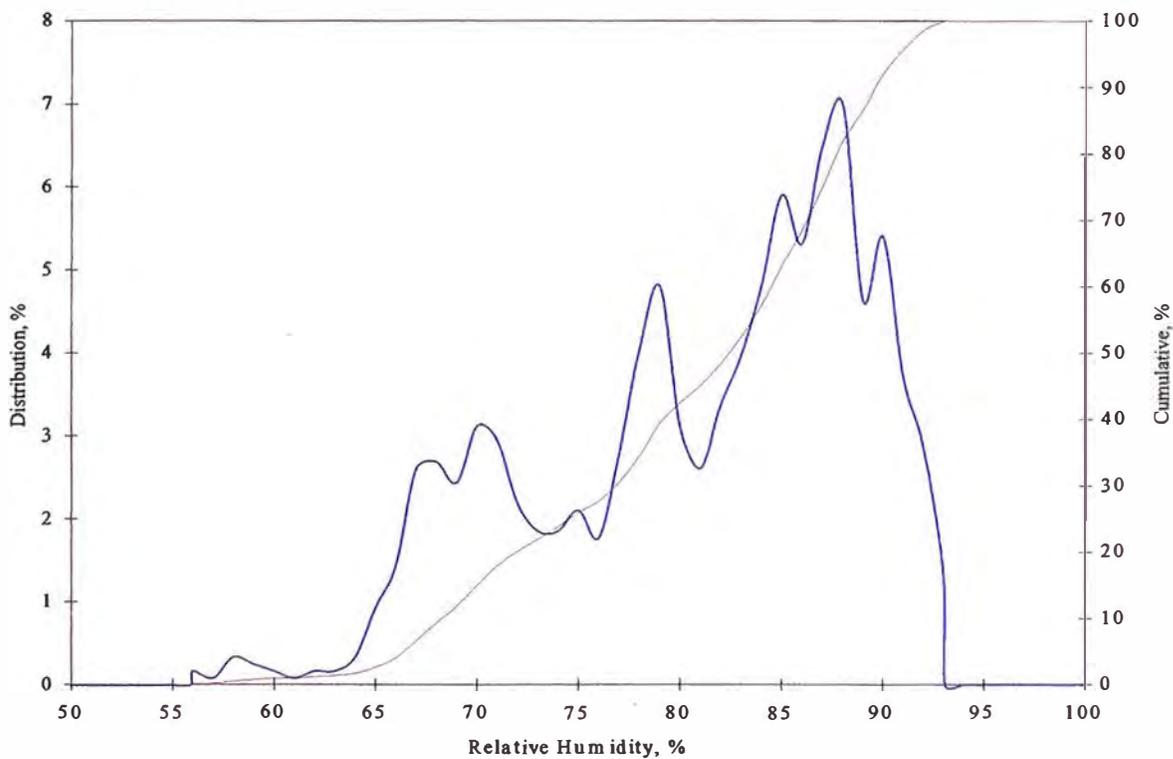


**Figure G08**

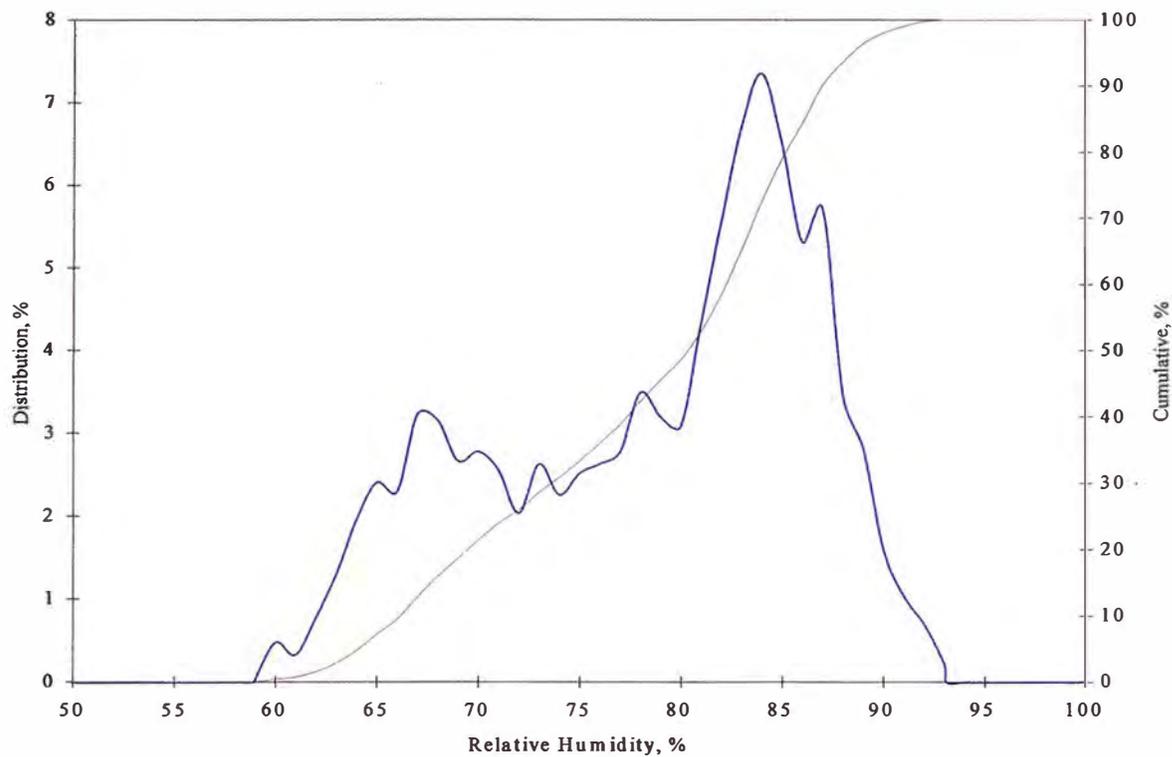
Correlation between the Wind Speed and Direction at Site 1 during August 1999



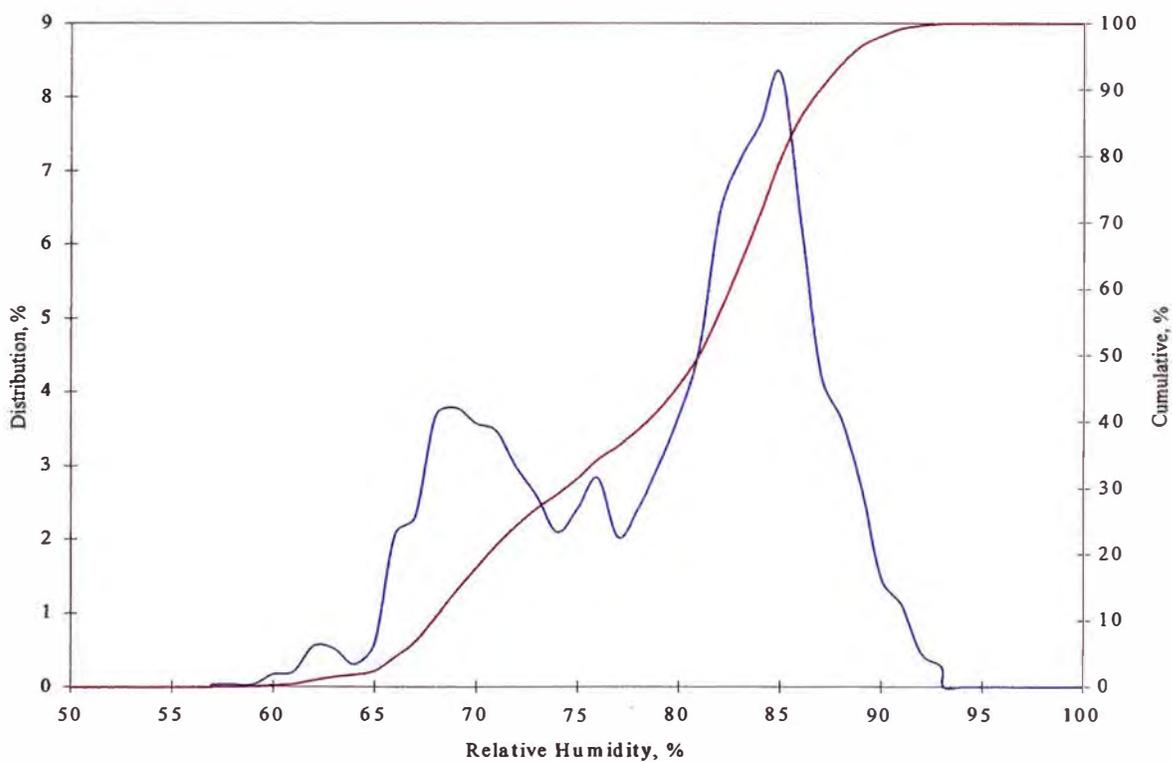
**Figure G09**  
 Distribution of the Relative Humidity at Site 1 during March 1999



**Figure G10**  
 Distribution of the Relative Humidity at Site 1 during May 1999



**Figure G11**  
Distribution of the Relative Humidity at Site 1 during June 1999



**Figure G12**  
Distribution of the Relative Humidity at Site 1 during July 1999

## **ANEXO H**

**Pruebas de Laboratorio IREQ**

**Test Object  
Test****Single string, 5 IEEE insulators and a dummy****Client** Lignes Aériennes**Contract** 53006120Clean Fog, Nominal Fog Generation: 0.08 kg/m<sup>3</sup>/h**Date** 10/05/2000**Before Test #P1:** ESDD (Top) = 0.065 mg/cm<sup>2</sup>  
ESDD (Bottom) = 0.054 mg/cm<sup>2</sup>

9 ft. above ground

**Small fog chamber (atmospheric conditions)**

time: 10:25 T= 20.5 °C, R.H. = 44.0 %, Atm.P.= 102.9 k Pa

R.H. meter, # 37A282

| Time  | Voltage <sup>1</sup><br>AC | Dummy<br>reading | Result           |
|-------|----------------------------|------------------|------------------|
| h : m | kV rms)                    | mV (rms)         | F.O. = flashover |

- the Rapid Flashover Voltage Technique is used on the main sting, ( shunt 1.0 ohm )

205 Vrms voltage is supplied on dummy only long enough to read the meter  
its current is measured with 1000 ohms shunt

|       |              |      |   |
|-------|--------------|------|---|
| 10:24 |              |      | - the floor is wet                                |
| 10:27 | 0.0          |      | - analyzer On                                     |
| 10:28 | 0.0          | 1.4  | - dry condition                                   |
| 10:30 | 90.0         | 59.7 |   |
| 10:33 | 90.0         |      | - fog introduced in the pollution chamber ( 8kW ) |
| 10:36 | 90.0         |      | water reading: 4.2493 m <sup>3</sup>              |
| 10:50 | 90.0         | 62.7 |   |
| 10:58 | <u>94.5</u>  | 66.6 | <u>W</u>  |
| 10:59 | 99.0         |      |   |
| 11:00 | <u>103.5</u> | 9.1  | <u>F.O. after 40 sec.</u>                         |
| 11:02 | 93.2         |      | F.O. when raising                                 |
| 11:03 | 83.8         |      | W   |
| 11:06 | 87.6         |      | F.O. after 40 sec.                                |
| 11:08 | 78.8         |      |   |
| 11:11 | <u>82.3</u>  | 12.2 | <u>F.O. after 2 min.</u>                          |
| 11:14 | 74.1         |      | W   |
| 11:18 | <u>77.4</u>  |      | <u>W</u>  |
| 11:21 | 80.7         | 14.4 | F.O. after 40 sec.                                |
| 11:23 | 72.6         |      | W   |
| 11:26 | <u>75.8</u>  |      | <u>W</u>  |
| 11:29 | 79.0         | 15.8 | F.O. after 5 sec.                                 |
| 11:31 | 71.1         |      | W   |
| 11:34 | 74.3         |      | W   |
| 11:37 | <u>77.5</u>  |      | <u>W</u>  |
| 11:40 | 80.6         |      | W   |
| 11:43 | <u>83.8</u>  | 18.2 | <u>F.O. after 45 sec.</u>                         |
| 11:44 | 75.4         |      | W   |
| 11:47 | 78.8         |      | W   |

emarks:

Tested by: Roger Dubé  
Marc Lafrenière

rou/P1.xls

Publication or reproduction of this report other than in entirety is forbidden.

**Test Object**  
**Test**Single string, 5 IEEE insulators and a dummy  
Clean fog ( 0.08kg / m<sup>3</sup> / h ) nominal**Client** Lignes Aériennes  
**Contract** 53006120  
**Date** 10/05/2000

| Time  | Voltage        | Dummy               | Result                            |                         |                            |
|-------|----------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| h : m | AC<br>kV (rms) | reading<br>mV (rms) | W = withstand<br>F.O. = flashover |                         |                            |
| 11:50 | 81.0           | 19.3                | F.O. when raising                 |                         |                            |
| 11:52 | <u>72.9</u>    |                     | <u>W</u>                          |                         |                            |
| 11:55 | 76.1           |                     | W                                 |                         |                            |
| 11:58 | 79.4           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:01 | <u>82.0</u>    | 20.4                | <u>F.O. when raising</u>          |                         |                            |
| 12:03 | 73.8           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:06 | 77.1           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:09 | 80.4           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:12 | 82.0           | 20.8                | F.O. when raising                 |                         |                            |
| 12:13 | <u>73.8</u>    |                     | <u>W</u>                          |                         |                            |
| 12:16 | 77.1           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:19 | 80.4           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:22 | 83.6           | 20.9                | F.O. after 1.5 min.               |                         |                            |
| 12:24 | <u>75.3</u>    |                     | <u>W</u>                          | water reading:          | 4.2658 m <sup>3</sup>      |
| 12:27 | 78.6           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:30 | 82.0           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:33 | 85.3           | 22.4                | F.O. after 30 sec.                |                         |                            |
| 12:35 | 76.8           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:38 | 80.2           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:41 | 83.6           | 22.2                | F.O. after 5 sec.                 |                         |                            |
| 12:42 | 75.2           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:45 | 78.6           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:48 | <u>81.9</u>    |                     | <u>W</u>                          |                         |                            |
| 12:51 | 85.3           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:54 | 88.6           |                     | W                                 |                         |                            |
| 12:57 | 92.0           | 23                  | F.O. after 5 sec.                 |                         |                            |
| 12:58 | 82.8           |                     | W                                 |                         |                            |
| 13:01 | 86.4           |                     | W                                 |                         |                            |
| 13:04 | 89.5           | 23                  | F.O. when raising                 |                         |                            |
| 13:05 | 80.6           |                     | W                                 |                         |                            |
| 13:08 | 84.1           |                     | W                                 |                         | 02:42 hr                   |
| 13:11 | 87.7           |                     | W                                 | water reading: at 13:18 | 4.2745 m <sup>3</sup>      |
| 13:14 | 91.3           |                     | W                                 |                         | 2.700 hr                   |
| 13:17 | 94.9           | 23                  | F.O. when raising                 |                         | 0.083 kg/m <sup>3</sup> /h |
| 13:18 | 0.0            |                     | - fog stopped                     |                         |                            |

arks:

Tested by: Roger Dubé  
Marc Lafrenière

ou/P1.xls

Publication or reproduction of this report other than in entirety is forbidden.

**A**

**TEST # P1**

High Voltage Laboratory

**Test Object**  
**Test**

Single string, 5 IEEE insulators and a dummy  
Clean Fog, Nominal Fog Generation: 0.08 kg/m<sup>3</sup>/h

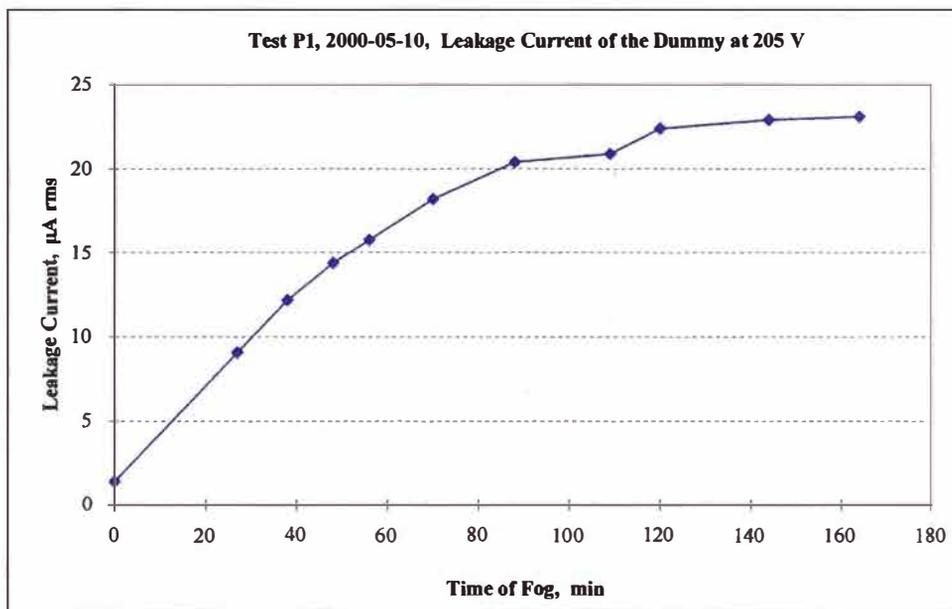
**Client** Lignes Aériennes  
**Contract** 53006120  
**Date** 10/05/2000

|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

Shunt = 1000 ohms

205 Vrms voltage is supplied on dummy only long enough to read the meter

| Time  | Fog min | Dummy Current $\mu\text{A}$ , rms |
|-------|---------|-----------------------------------|
| 10:33 | 0       | 1                                 |
| 11:00 | 27      | 9                                 |
| 11:11 | 38      | 12                                |
| 11:21 | 48      | 14                                |
| 11:29 | 56      | 16                                |
| 11:43 | 70      | 18                                |
| 12:01 | 88      | 20                                |
| 12:22 | 109     | 21                                |
| 12:33 | 120     | 22                                |
| 12:57 | 144     | 23                                |
| 13:17 | 164     | 23                                |



Remarks:

Tested by: Roger Dubé  
Marc Lafrenière

Perou/P1.xls

Publication or reproduction of this report other than in entirety is forbidden.

## **ANEXO I**

**Fotos Aisladores Contaminados**

**A**

**TEST # P1**

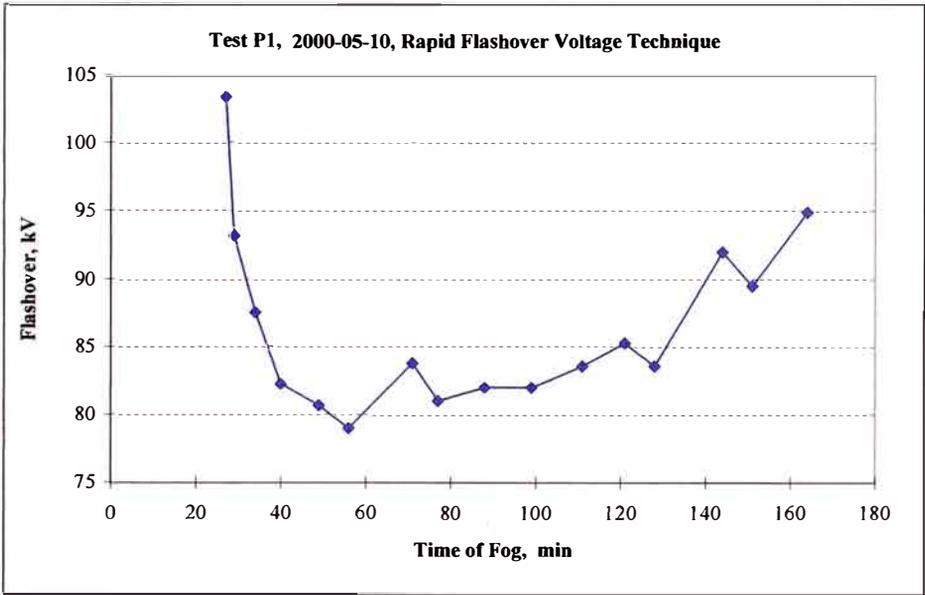
**High Voltage Laboratory**

**Test Object**  
**Test**

**Single string, 5 IEEE insulators and a dummy**  
Clean Fog, Nominal Fog Generation: 0.08 kg/m<sup>3</sup>/h

**Client** Lignes Aériennes  
**Contract** 53006120  
**Date** 10/05/2000

| Time        | Time of fog min. | Voltage AC kV (rms)       |  |  |  |  |
|-------------|------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| <b>Time</b> | <b>Fog min</b>   | <b>Flashover kV (rms)</b> |  |  |  |  |
| 10:33       | 0                |                           |  |  |  |  |
| 11:00       | 27               | 103.5                     |  |  |  |  |
| 11:02       | 29               | 93.2                      |  |  |  |  |
| 11:07       | 34               | 87.6                      |  |  |  |  |
| 11:13       | 40               | 82.3                      |  |  |  |  |
| 11:22       | 49               | 80.7                      |  |  |  |  |
| 11:29       | 56               | 79.0                      |  |  |  |  |
| 11:44       | 71               | 83.8                      |  |  |  |  |
| 11:50       | 77               | 81.0                      |  |  |  |  |
| 12:01       | 88               | 82.0                      |  |  |  |  |
| 12:12       | 99               | 82.0                      |  |  |  |  |
| 12:24       | 111              | 83.6                      |  |  |  |  |
| 12:34       | 121              | 85.3                      |  |  |  |  |
| 12:41       | 128              | 83.6                      |  |  |  |  |
| 12:57       | 144              | 92.0                      |  |  |  |  |
| 13:04       | 151              | 89.5                      |  |  |  |  |
| 13:17       | 164              | 94.9                      |  |  |  |  |



Remarks:

Tested by: Roger Dubé  
Marc Lafrenière

Perou/P1.xls

**A**

**TEST # P1**

High Voltage Laboratory

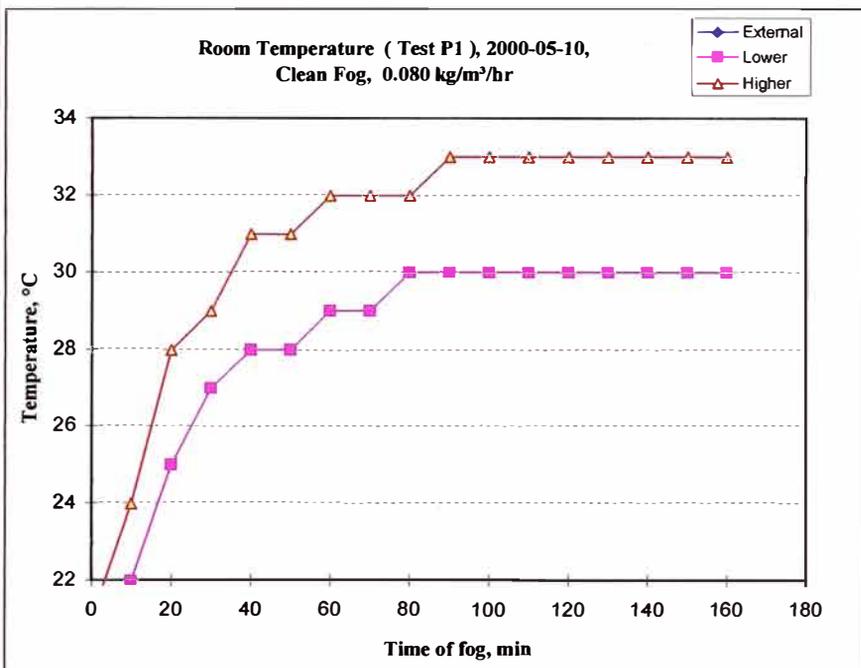
**Test Object**  
**Test**

Single string, 5 IEEE insulators and a dummy  
Clean Fog, Nominal Fog Generation: 0.08 kg/m<sup>3</sup>/h  
Before Test #P1:

**Client** Lignes Aériennes  
**Contract** 53006120  
**Date** 10/05/2000

Room temperatures

| Time (fog) min | External °C | Lower °C | Higher °C |
|----------------|-------------|----------|-----------|
| 11:11          |             |          |           |
| 0              | 21          | 20       | 21        |
| 10             | 21          | 22       | 24        |
| 20             | 21          | 25       | 28        |
| 30             | 21          | 27       | 29        |
| 40             | 21          | 28       | 31        |
| 50             | 21          | 28       | 31        |
| 60             | 21          | 29       | 32        |
| 70             | 21          | 29       | 32        |
| 80             | 21          | 30       | 32        |
| 90             | 21          | 30       | 33        |
| 100            | 21          | 30       | 33        |
| 110            | 21          | 30       | 33        |
| 120            | 21          | 30       | 33        |
| 130            | 21          | 30       | 33        |
| 140            | 21          | 30       | 33        |
| 150            | 21          | 30       | 33        |
| 160            | 21          | 30       | 33        |
| 170            | 21          | 19       | 19        |



Remarks:

Tested by: Roger Dubé  
Marc Lafrenière

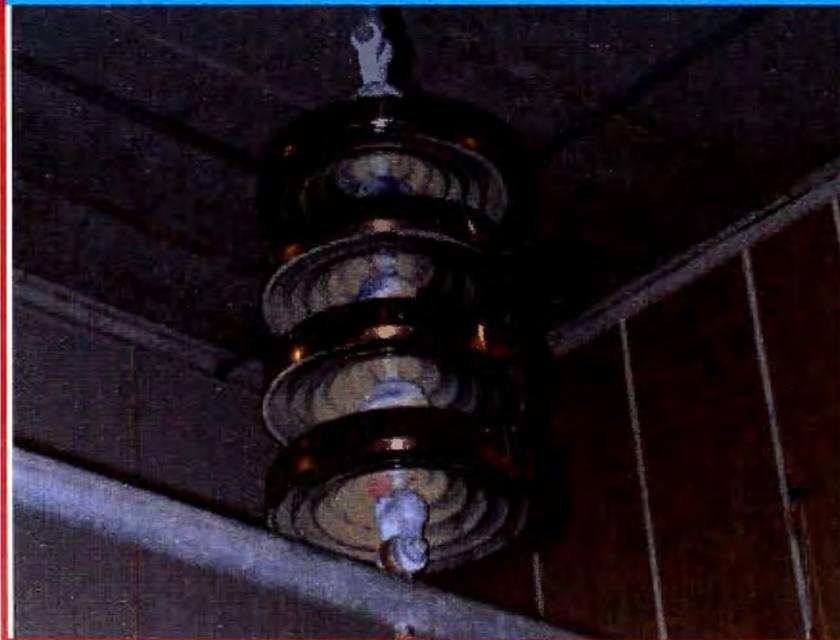
Perou/P1.xls



**Test #1**

Insulator Type : NGK CA 821 EX, Site 2, String : J128, Units : J128-1 - J128-6, Transmission Line L238

I-2



**Test #1A**

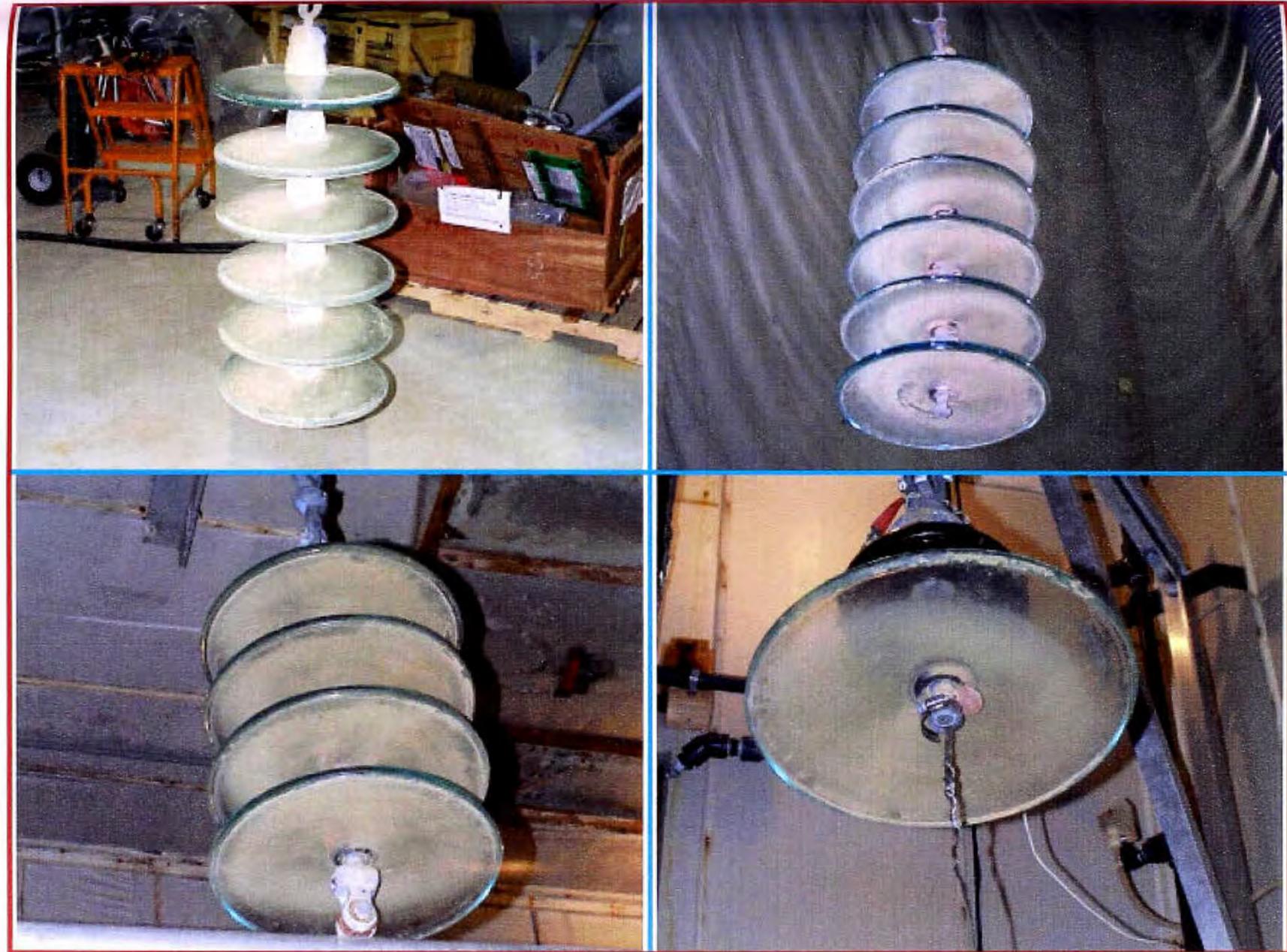
Insulator Type : NGK CA 821 EX, Site 2, String : J128, Units : J128-1 - J128-6, Transmission Line L238



**Test #2**

Insulator Type : Sediver 120 SPF/170DC, Site 2, String : K128, Units : K128-1 - K128-6, Transmission Line L238

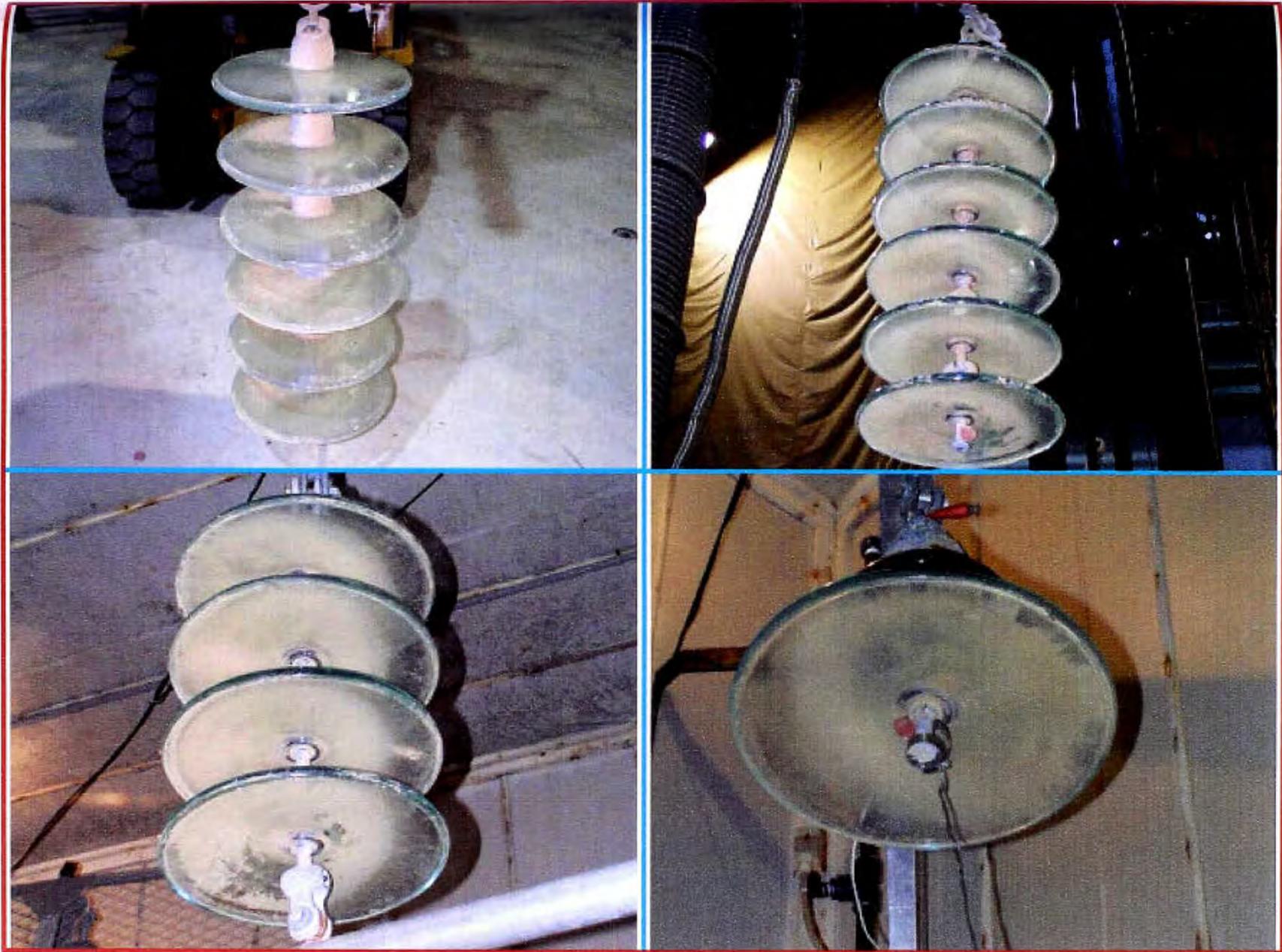
I-4



**Test #3**

Insulator Type : Sediver 12D/127DC, Site 2, String : L128, Units : L128-1 - L128-6, Transmission Line L238

I-5



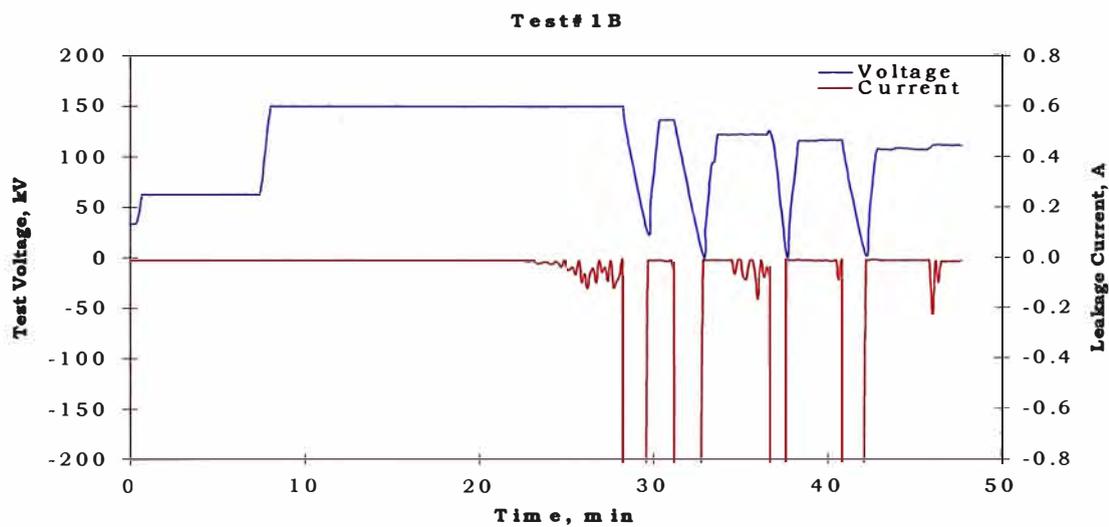
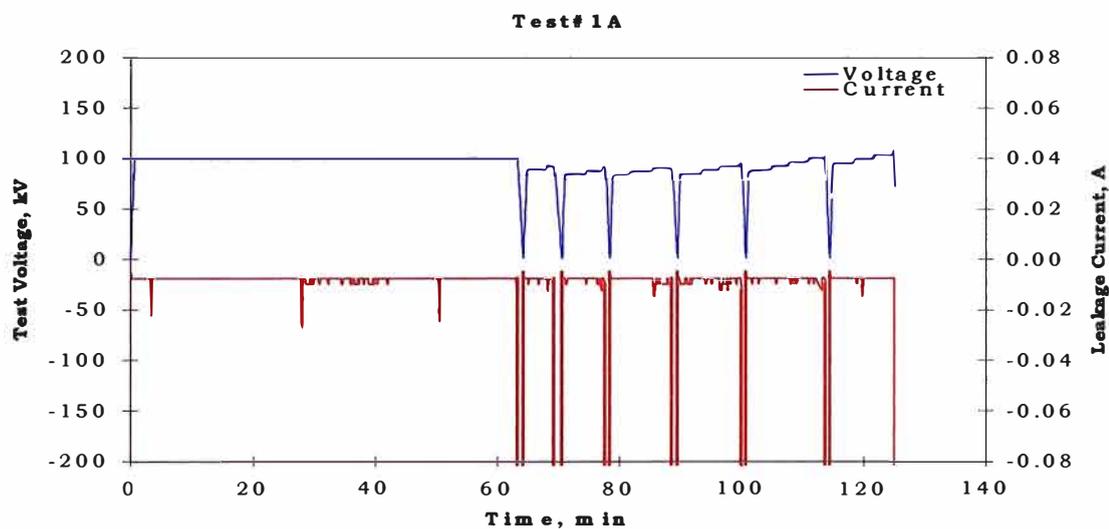
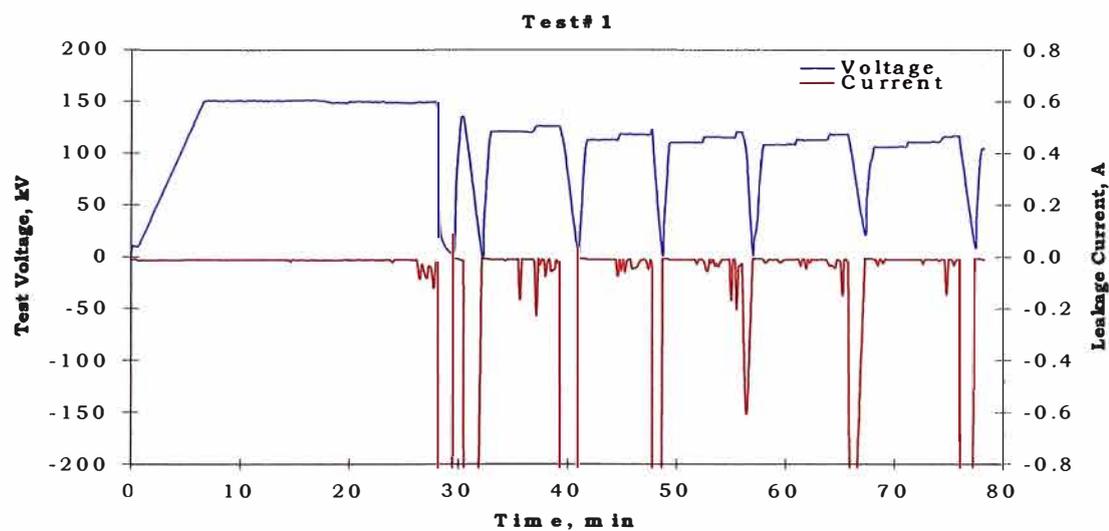
**Test #4**

Insulator Type : Sediver 12D/146DC, Site 2, String : M128, Units : M128-1 - M128-6, Transmission Line L238

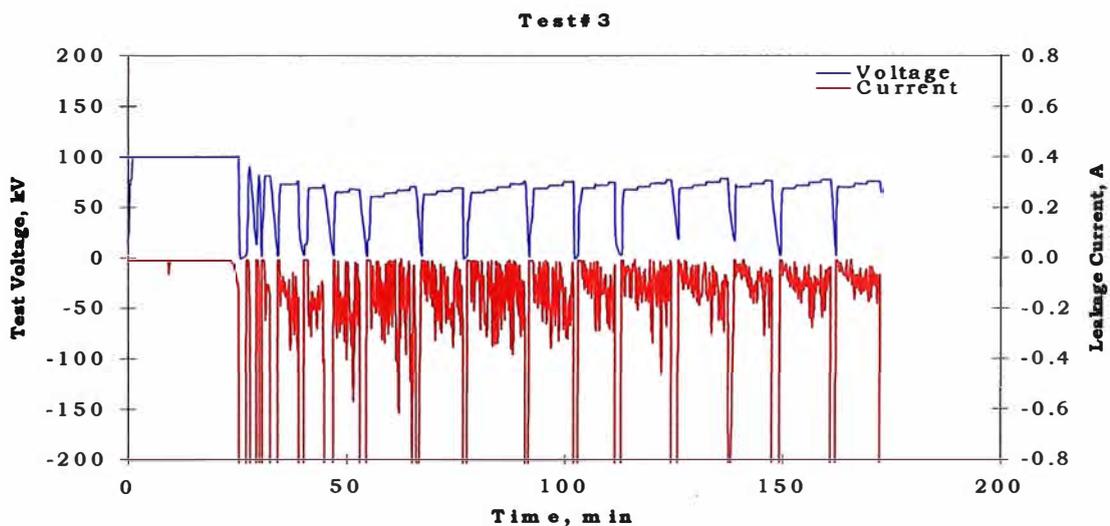
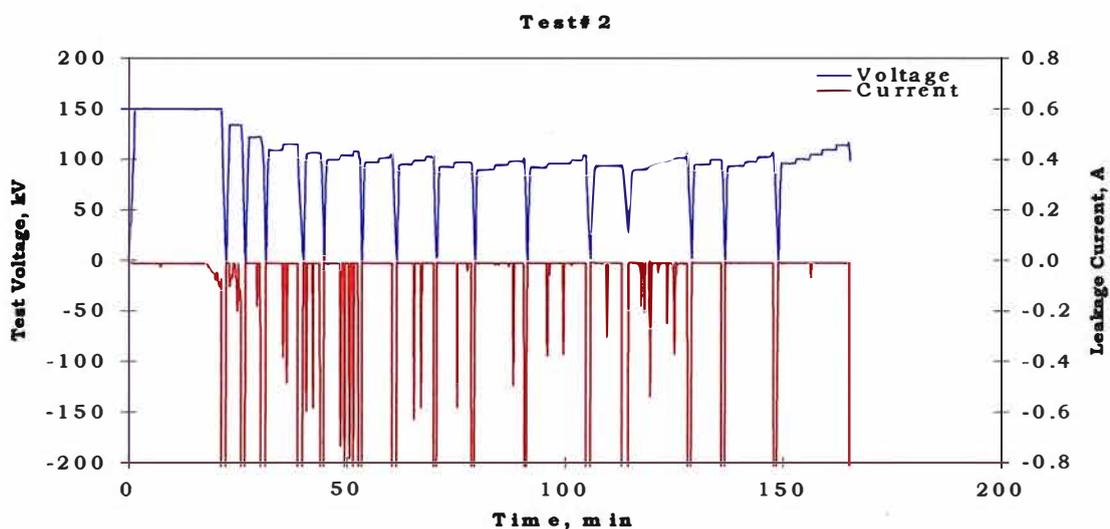
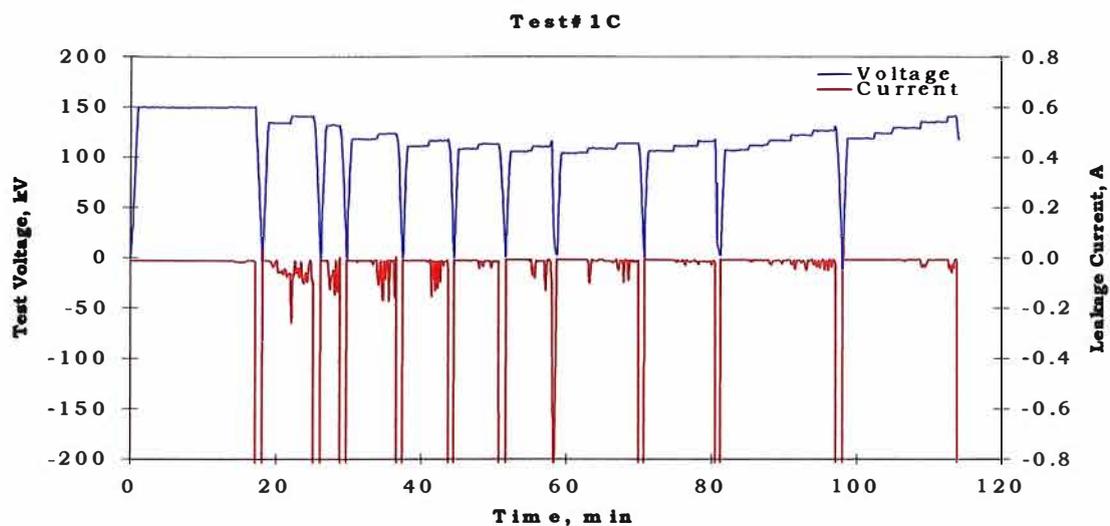
I-6

## **ANEXO J**

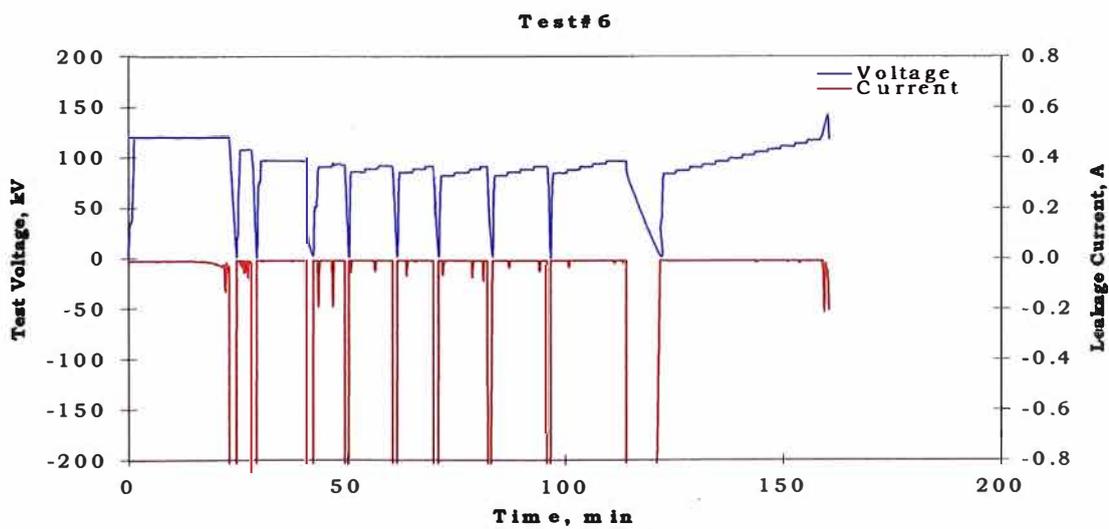
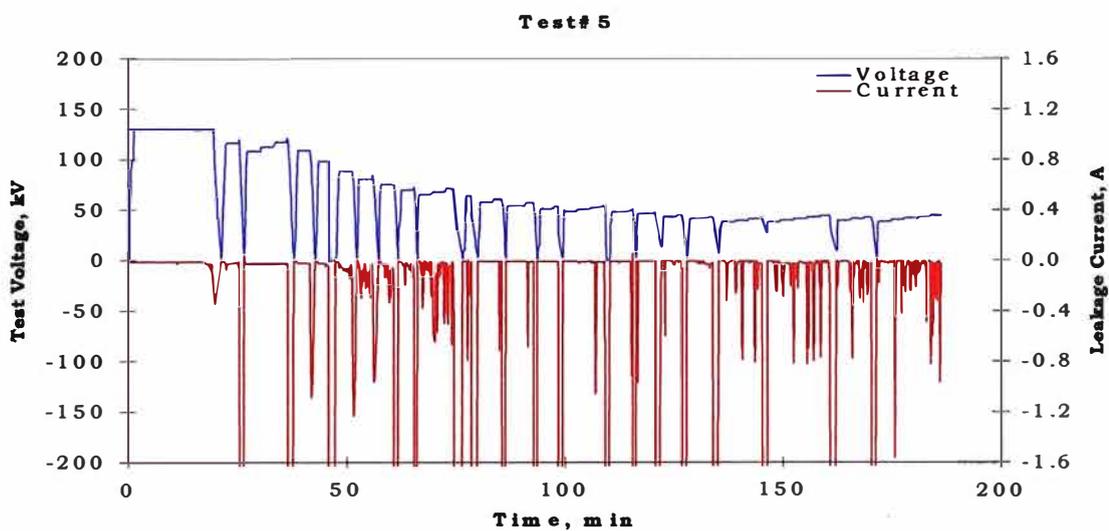
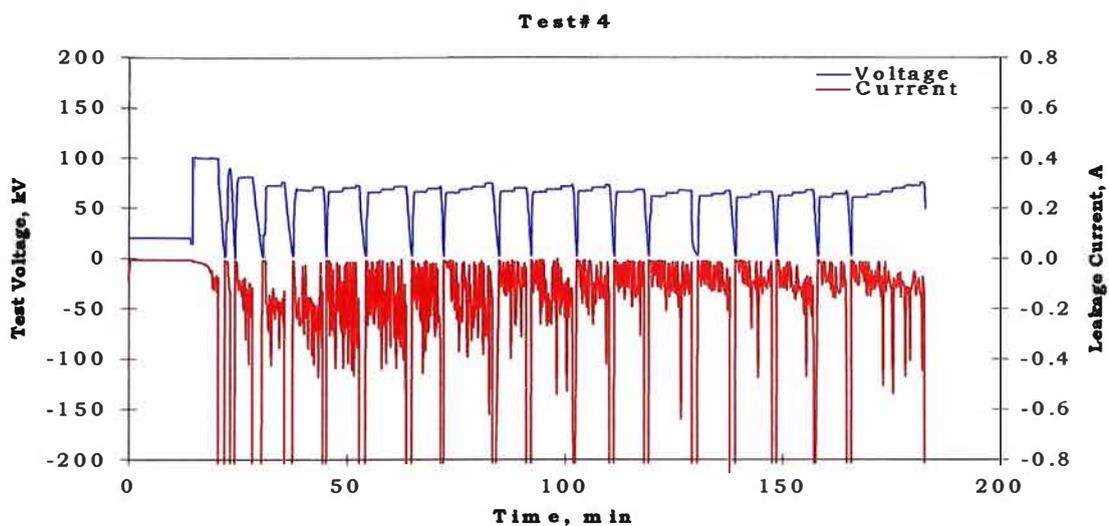
**Gráficos de Parámetros Eléctricos en Laboratorio**



Tests 1, 1A, 1B



Tests 1C, 2, 3



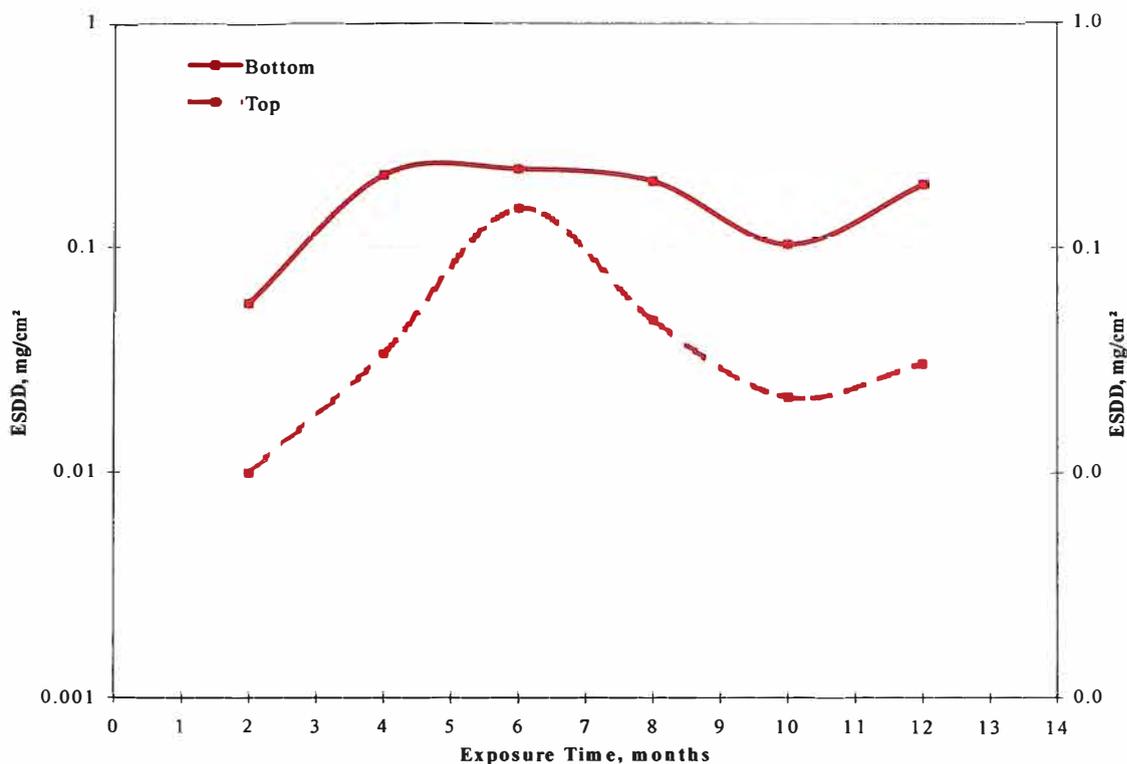
Tests 4, 5, 6

J-4

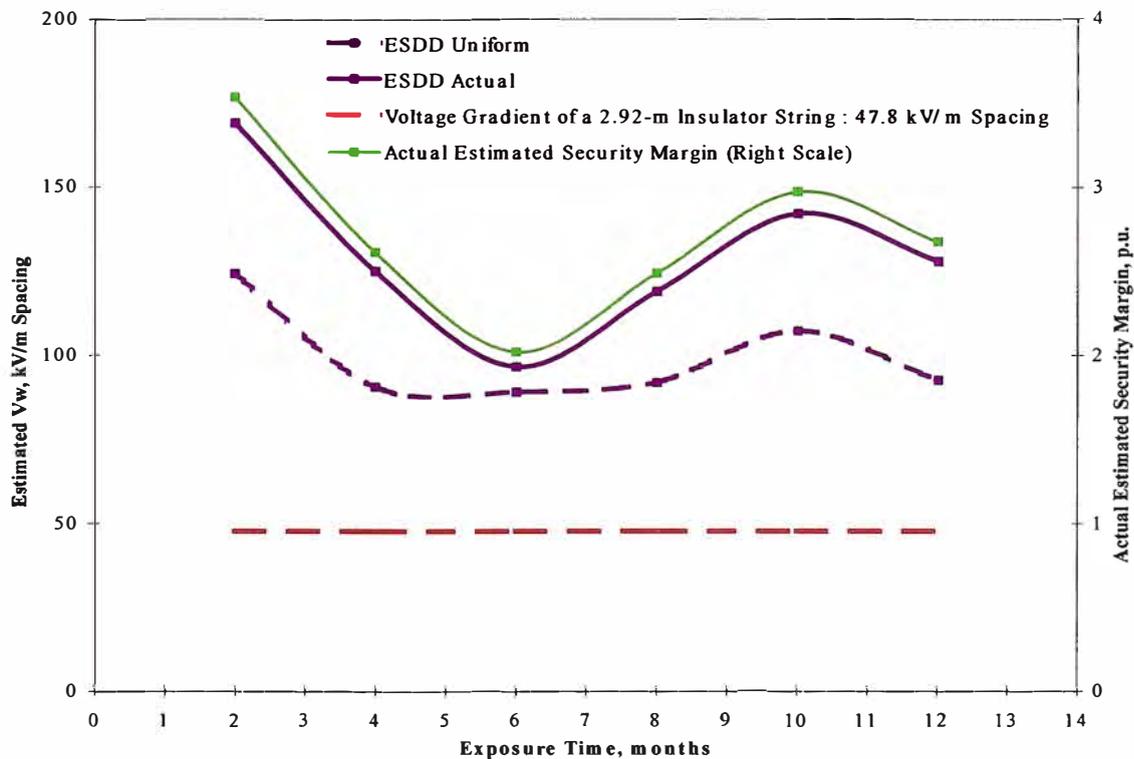
## **ANEXO K**

**Resultados de Análisis de campo y Laboratorio**

**Insulator Type N : NGK CA 821 EX North West Oriented**

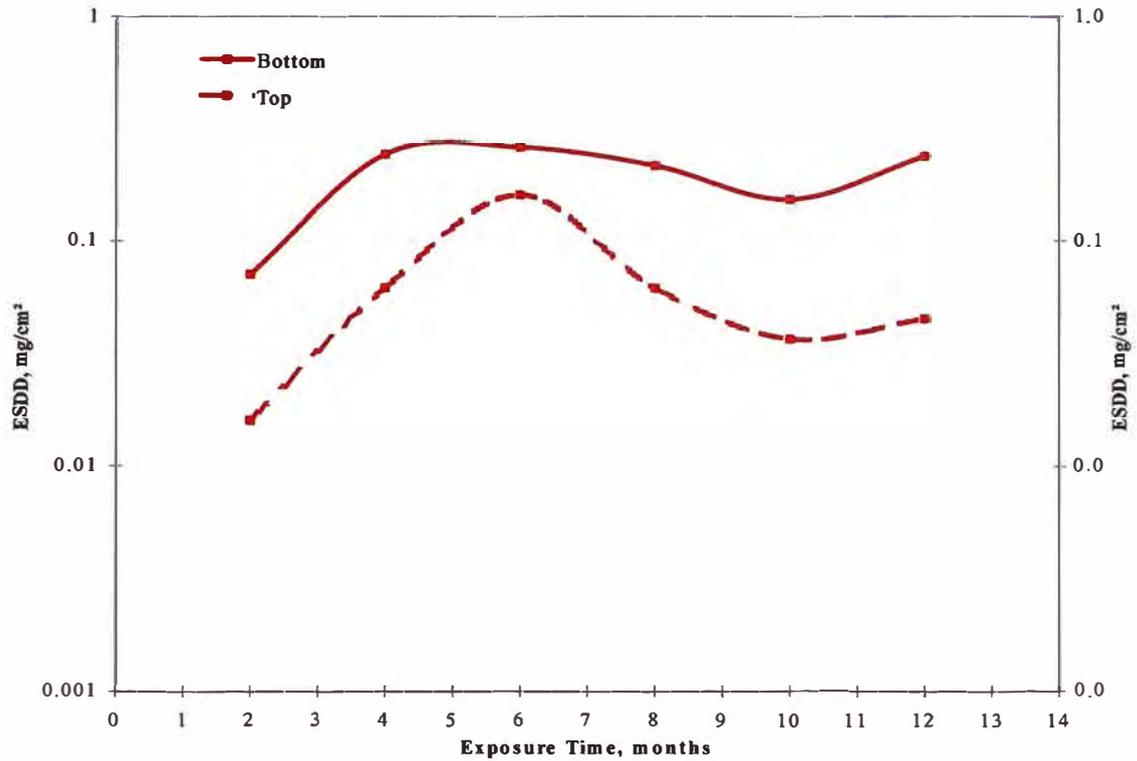


a) Variation of ESDD levels with the Time of Exposure

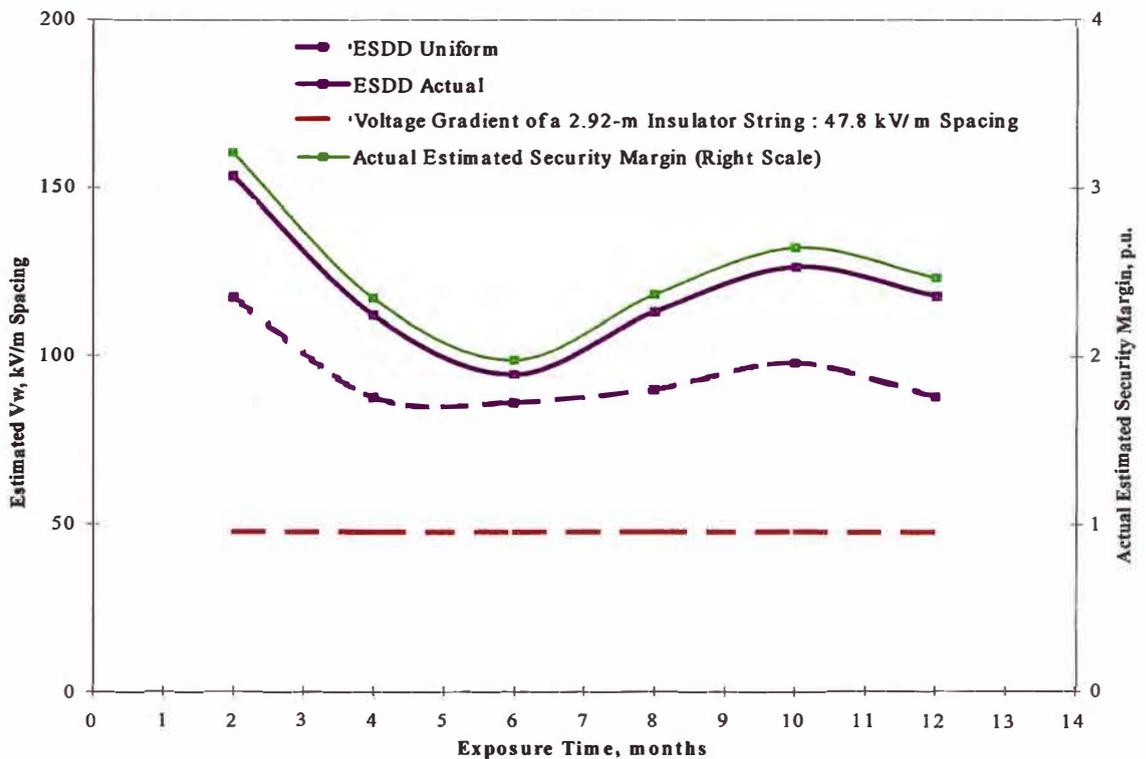


b) Variation of the Estimated Withstand Voltage Vw with the Exposure Time

**Insulator Type N : K-2 EX Vertically Oriented**

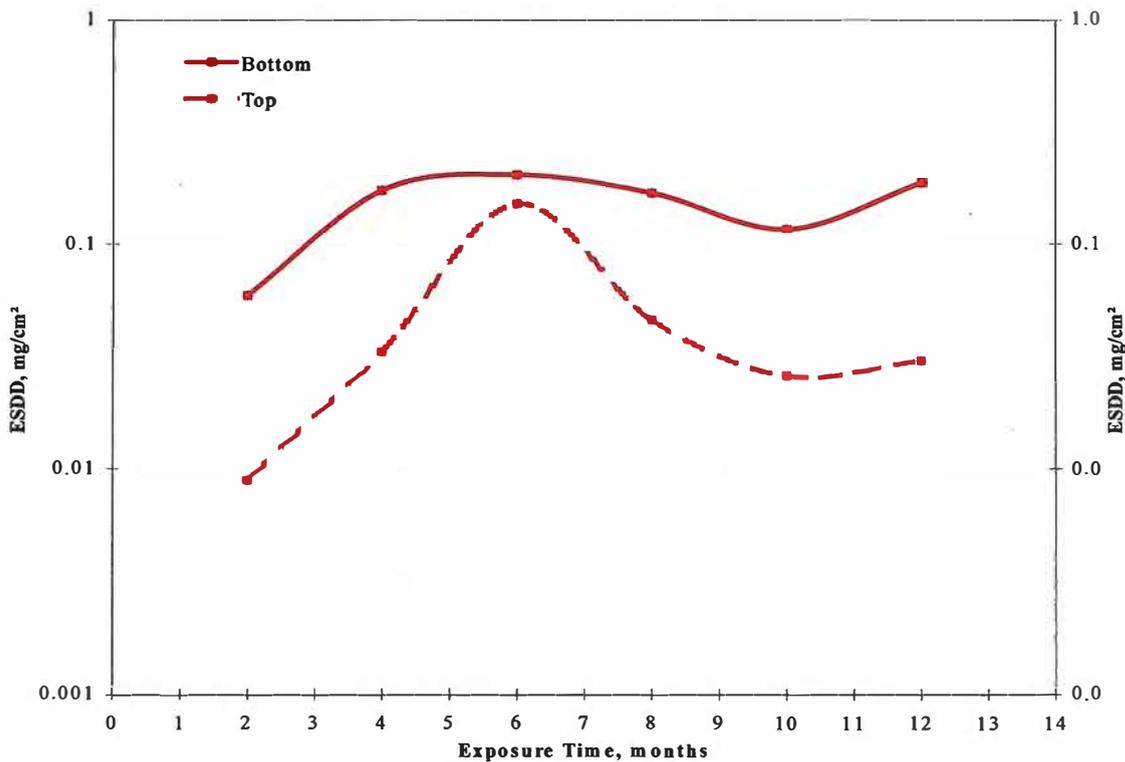


a) Variation of ESDD levels with the Time of Exposure

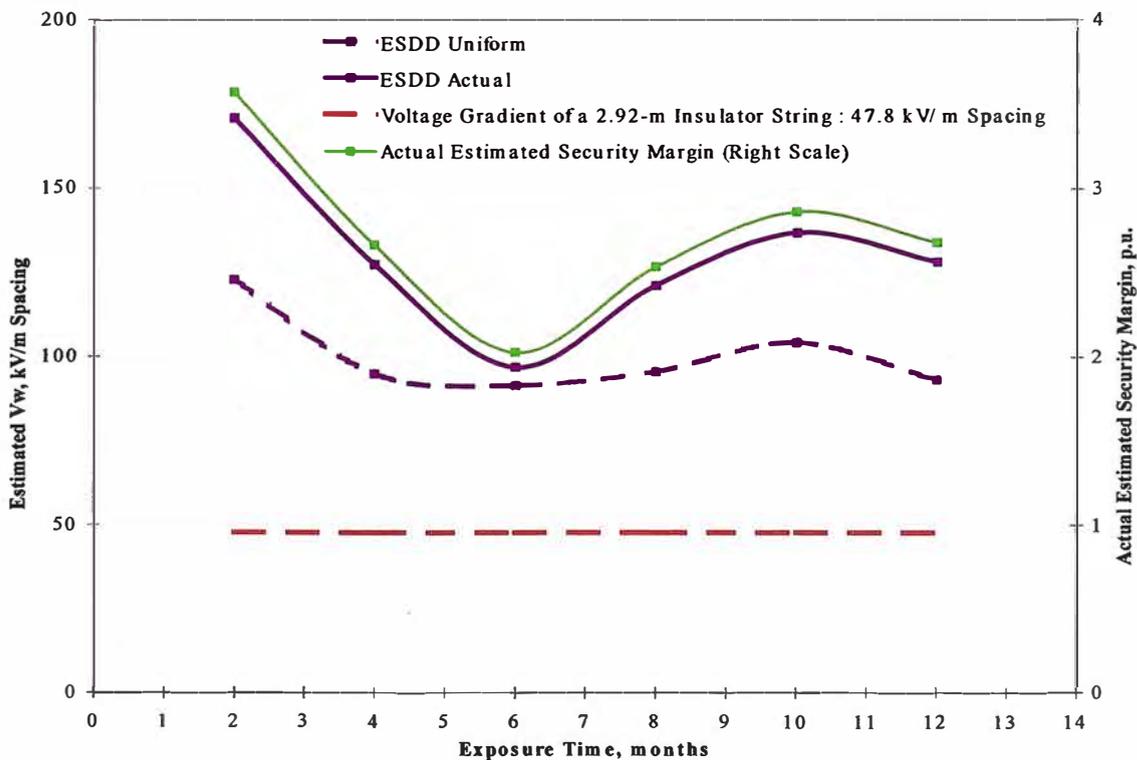


b) Variation of the Estimated Withstand Voltage  $V_w$  with the Exposure Time

**Insulator Type N : NGI      K-3      South East Oriented**



a) Variation of ESDD levels with the Time of Exposure



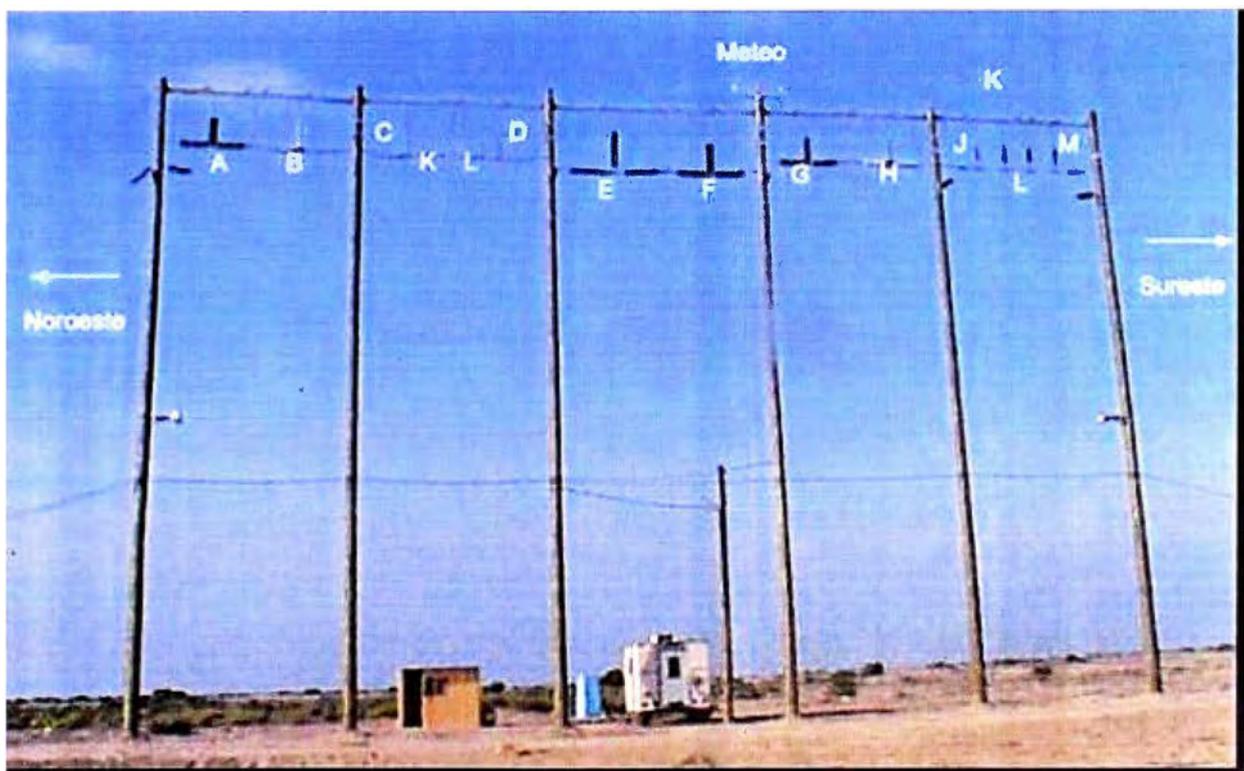
b) Variation of the Estimated Withstand Voltage Exposure Time

## **ANEXO L**

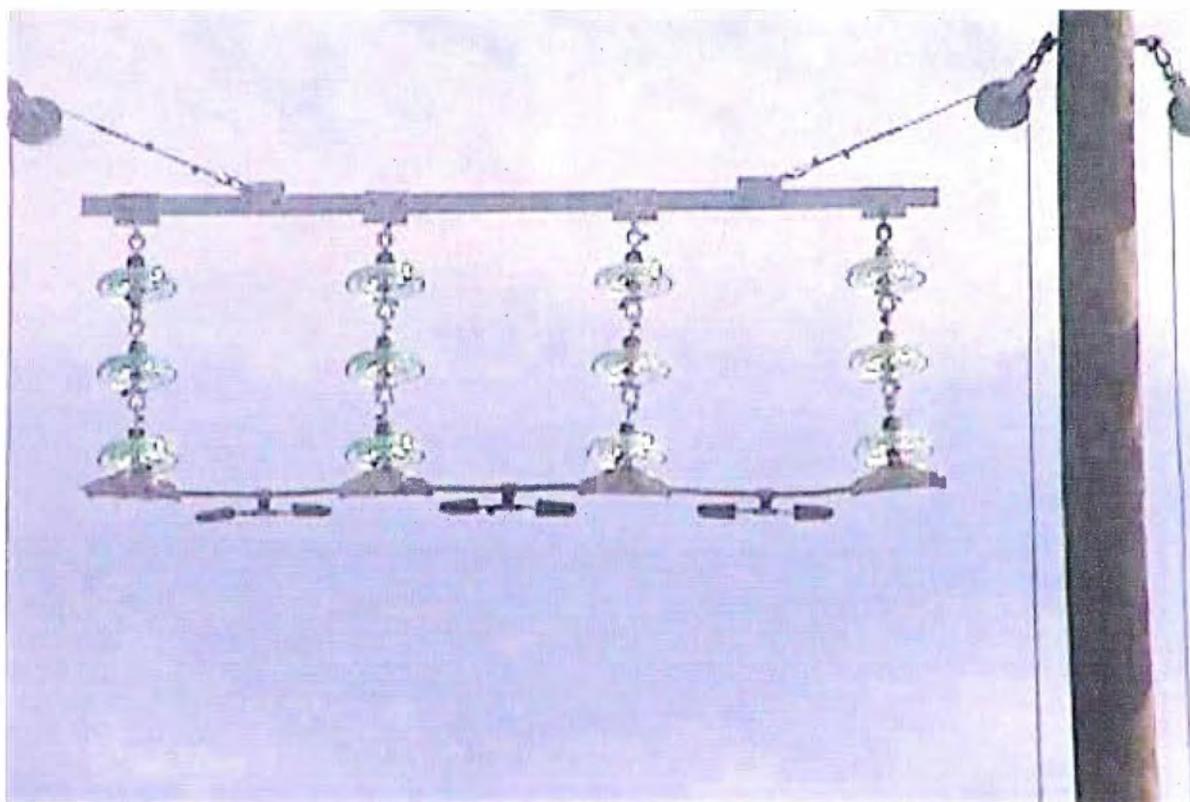
Fotos de Pruebas de campo



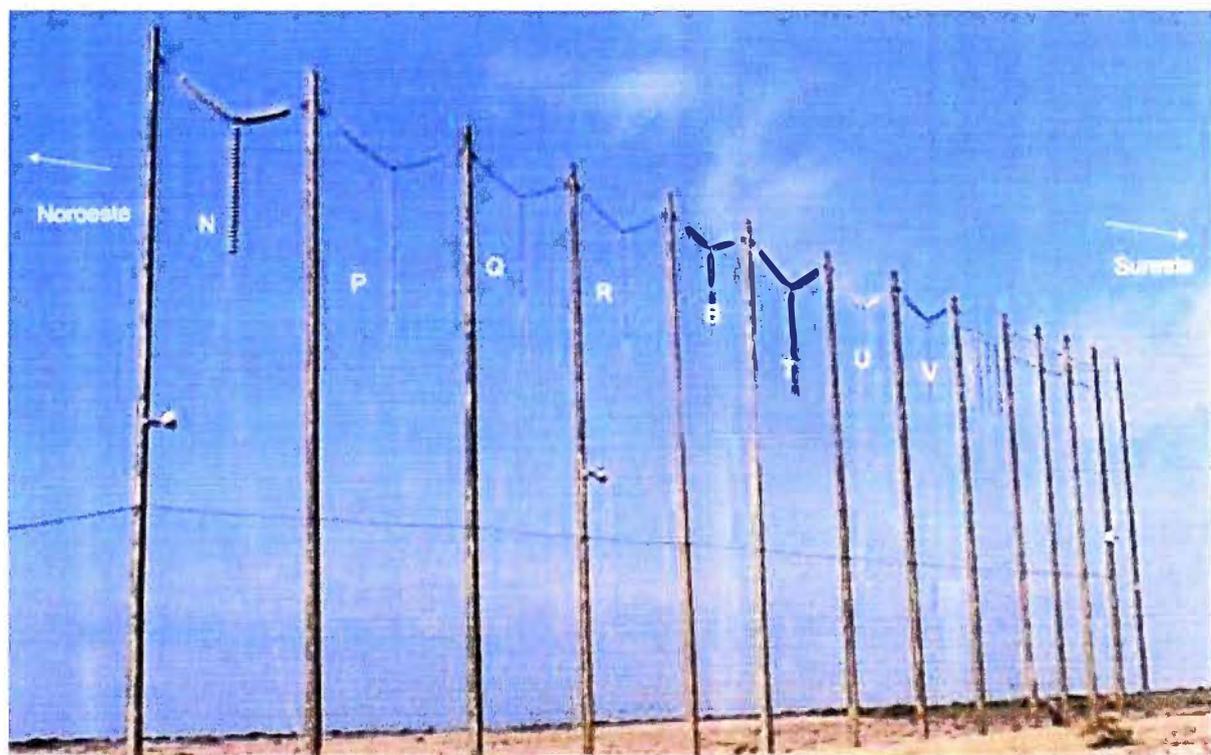
**Foto N° 1:** Sección de Alimentación por un transformador monofasico 200 KVA, 127 /0.24/0.12 kV, vía un fusible. También se muestra el transformador de 14.4KV/220V .



**Foto N° 2:** Estación Energizada en 14,4 kV en el Sitio 1 mediante cinco sectores(bays)cerca de Chiclayo..



**Foto N° 3:** Vista de muestras de ferreterías instalado con cuatro cadenas de aisladores de vidrio.



**Foto N° 4:** Vista de Aisladores y Ferretería para realizar medidas ESDD sobre los aisladores en la zona desenergizada



**Foto N° 5:** Vista del Remolque en la cual se encuentran los equipos de medición de corriente de fuga, parametros ambientales, kits de pruebas de ESDD, cloride Candle.



**Foto N° 6:** Vista de la caseta de vigilancia.



**Foto N°7:** Vista del Panel de perfiles pintados con diferentes tipos de intura y sistema .

**FOTOS DE AISLADORES ANTES DEL LAVADO**



Foto. 8: Insulator # A125-4 – in the wind  
Aislador cadena A125-4 vista al viento



Foto 8A : Insulator # B125-4, lee side  
Aislador cadena A125-4 opuesto al viento

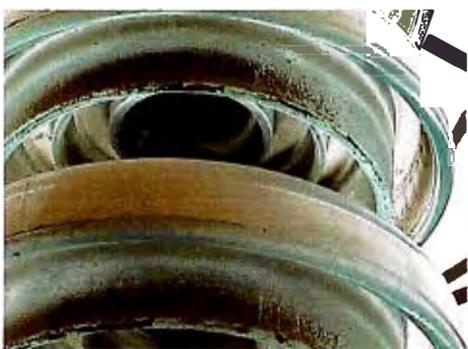


Foto : Insulator # B125-4 – in the wind  
Aislador cadena B125-4 vista al viento



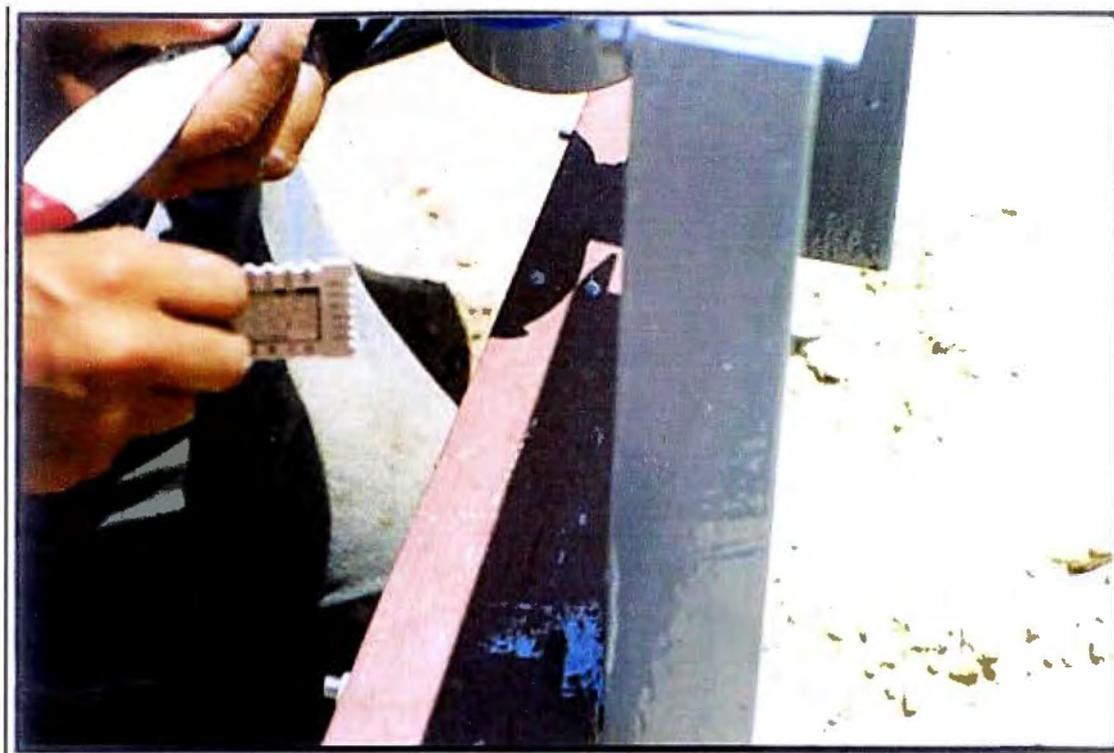
Foto 9A: Insulator # B125-4 – lee side  
Aislador cadena B125-4 opuesto al viento



Foto 10 : Insulator # C125-4 – in the wind



Foto 10A: Insulator # C125-4 – lee side



**Foto N°11:** Vista del Panel de perfiles pintados con diferentes tipos de pintura y sistema .



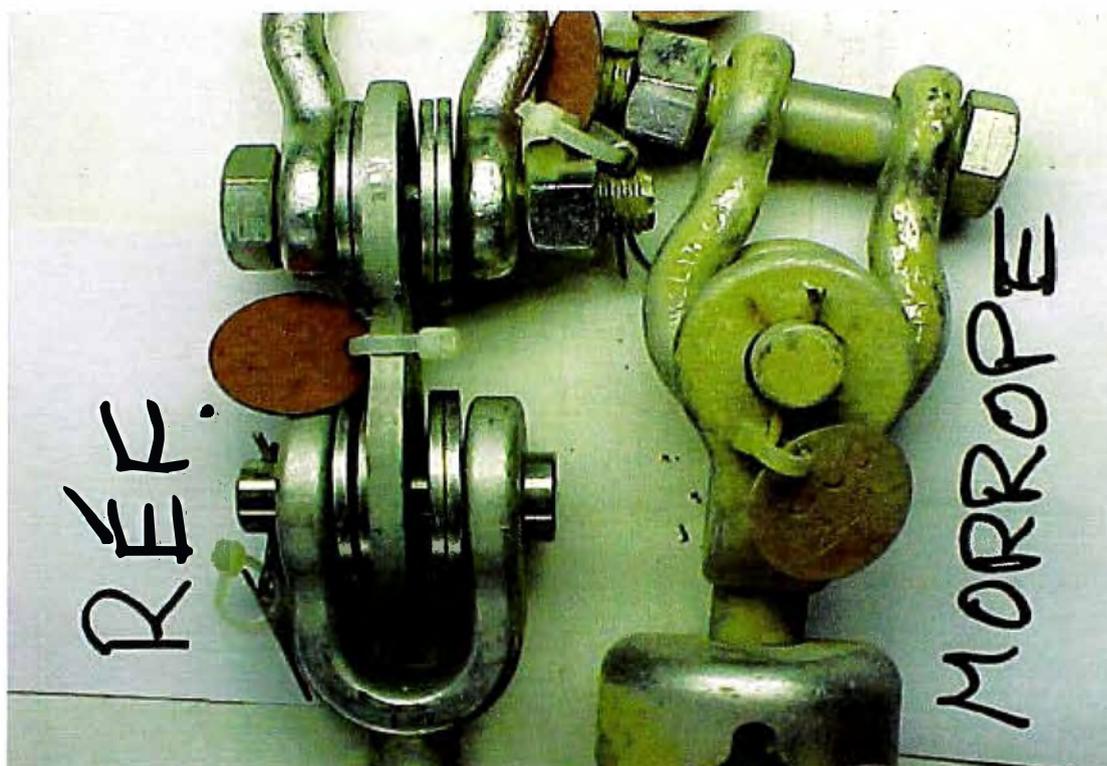
**Foto N° 12:** Sistema N° 3 Culminación del Pintado con el Sistema N° 3



**Foto N° 12:** Sistema N° 5 Aplicación de la 1ra capa zinc E-303 EPOXICO



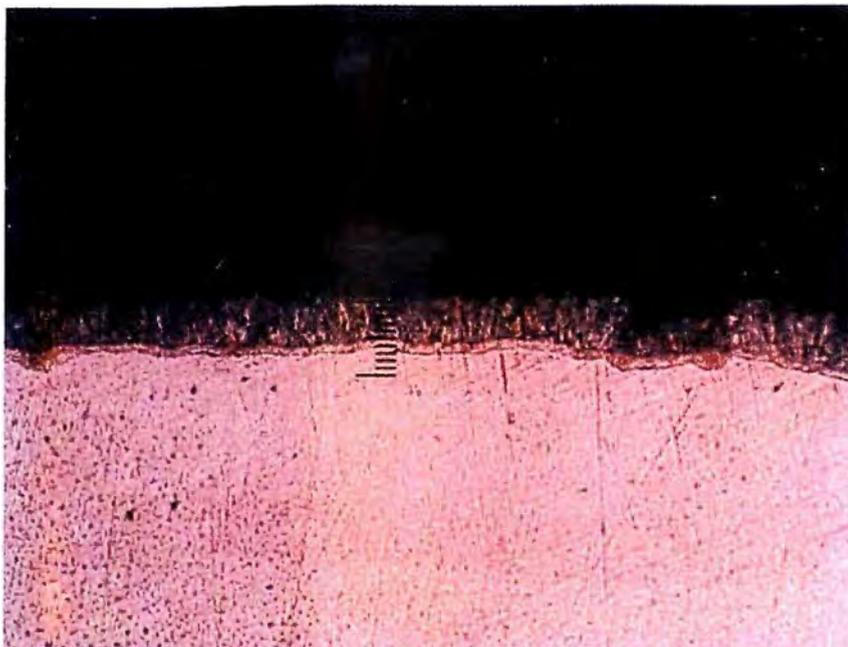
**Foto N° 13:** Sistema N° 5 Control de Espesor en Humedo



**Foto N° 14:** Comparación de muestras en acero inoxidable instalados versus el la muestra patron luego de seis meses de exposición.



**Foto N° 15:** Muestras de ferretería de línea usado para las pruebas de corrosión  
 Chimbote – L-215, T-25, 26 & 27  
 Morrope – Estación de pruebas Test station L-238, T-128  
 Muestra de alto nivel de contaminación en la estación de pruebas



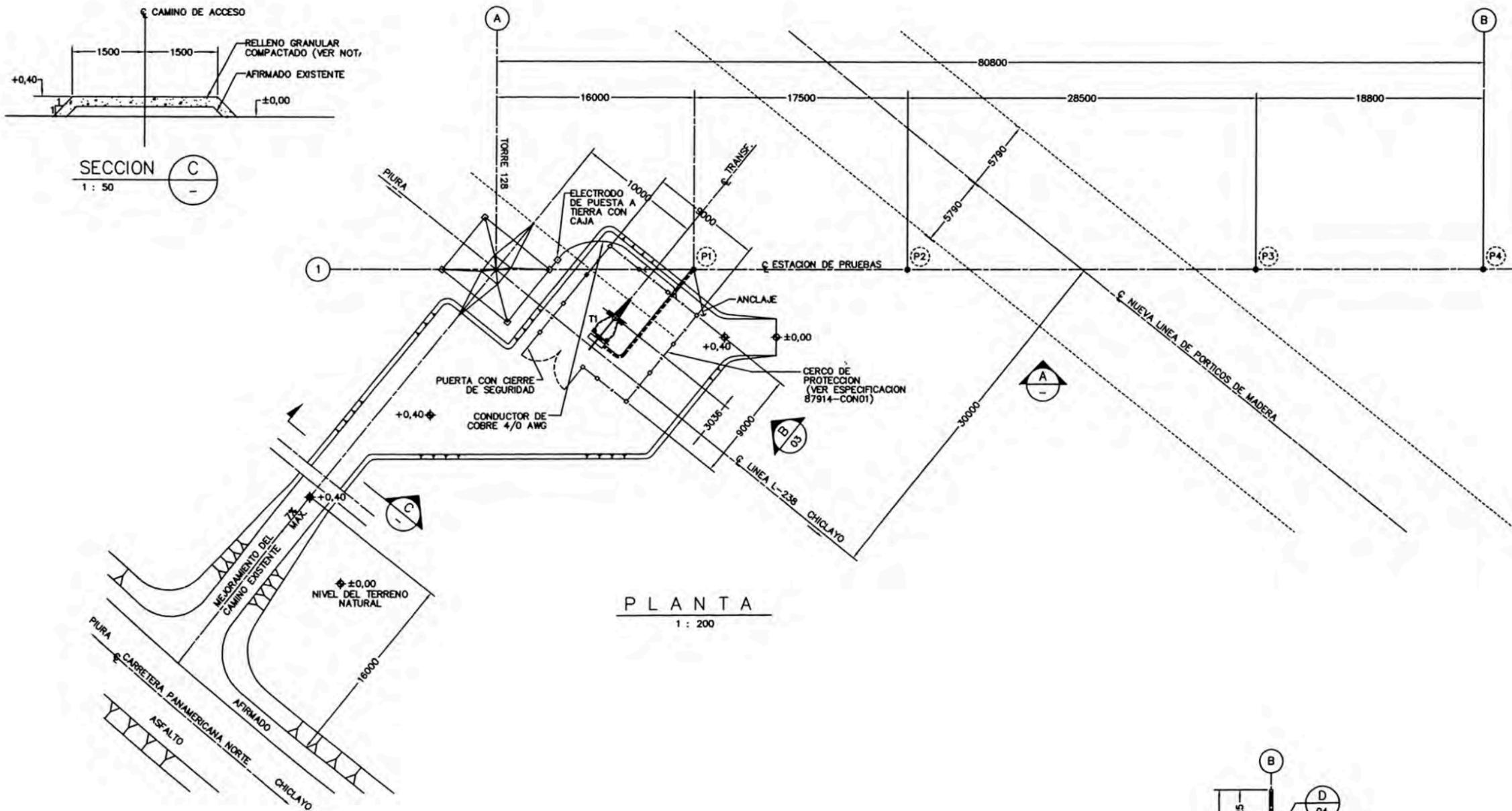
**Foto N° 15:** Metalografía de un Grillete de acero galvanizado estandar 600 g/m<sup>2</sup>  
# 320-2-1 50X Scale : 0.2 mm  
Metalografía mostrando la copa de zinc con una medida de espesor de 5.0 mils.



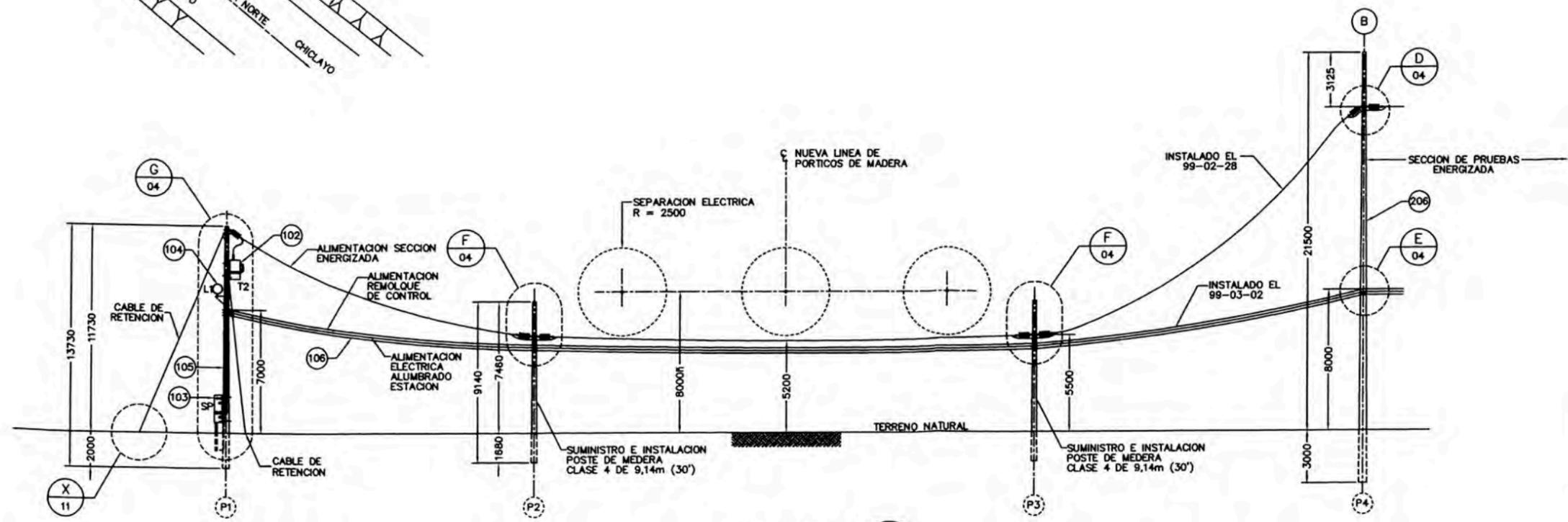
**Foto N° 16:** Metalografía de un grillete de acero galvanizado 1000 g/m<sup>2</sup>  
# 340-0-2 50X Scale : 0.2 mm  
Metalografía mostrando la copa de zinc con una medida de espesor de 8.0 mils

## **PLANOS**

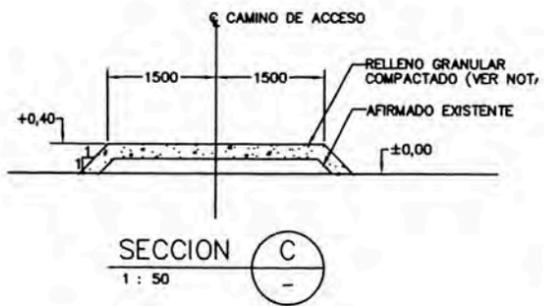




PLANTA  
1 : 200

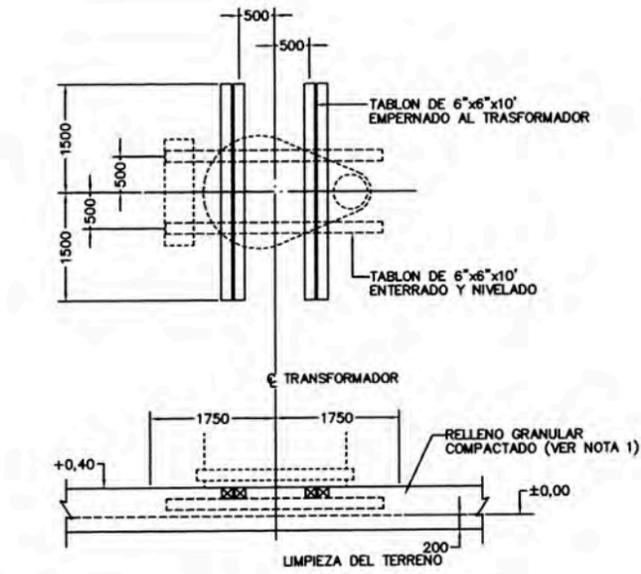
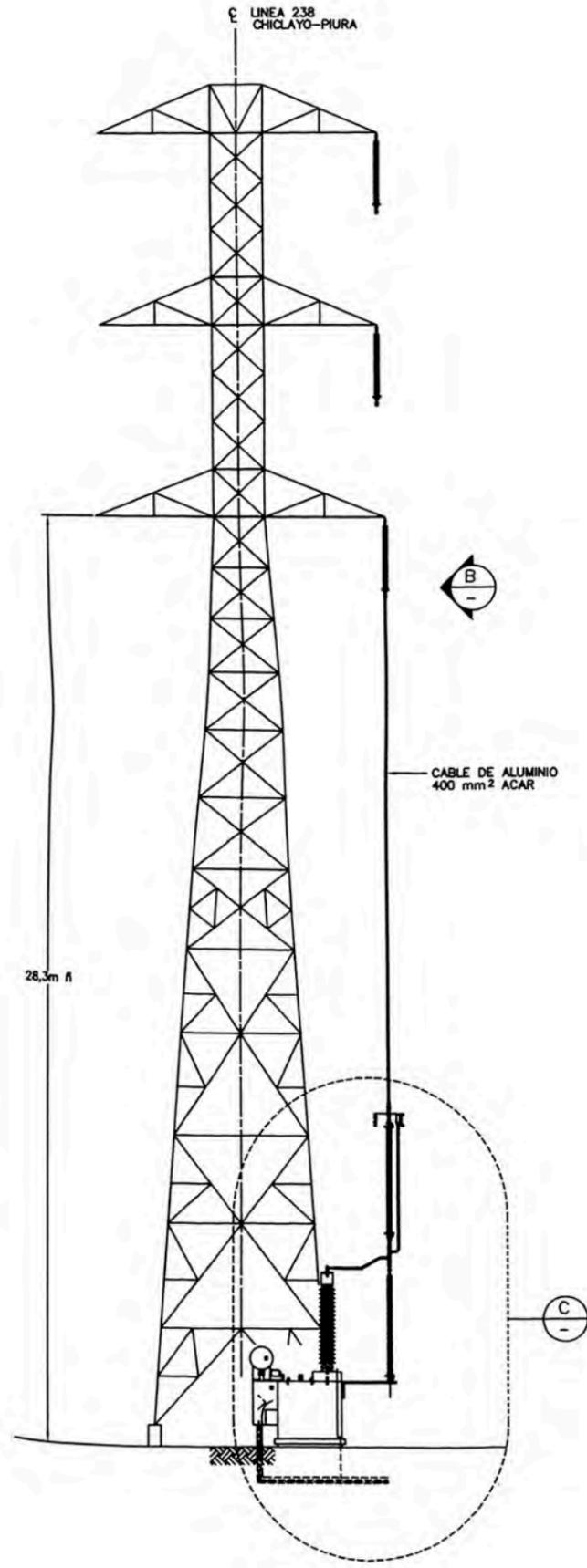


ALZADO A  
1 : 150

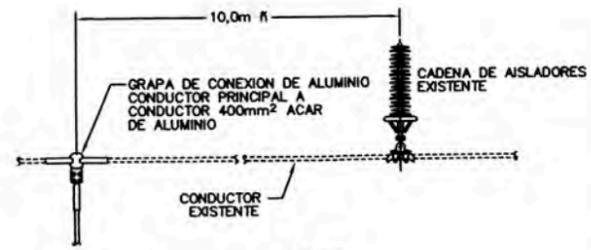


SECCION C  
1 : 50

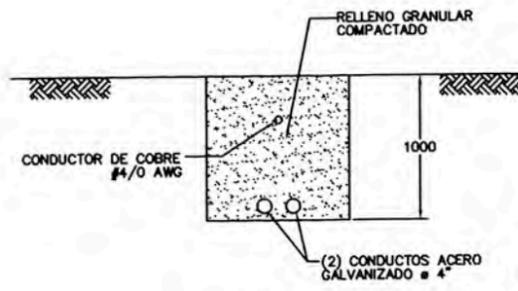
|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |   |                                 |
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.  | PROPIETARIO:<br>APOYADO:  | EXPEDIENTE N°:<br>PLAN-ESPR-002 |
| FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: A-3  | TÍTULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV<br><b>ALIMENTACION DE LA ESTACION PLANTA Y ALZADO</b> |                                 |



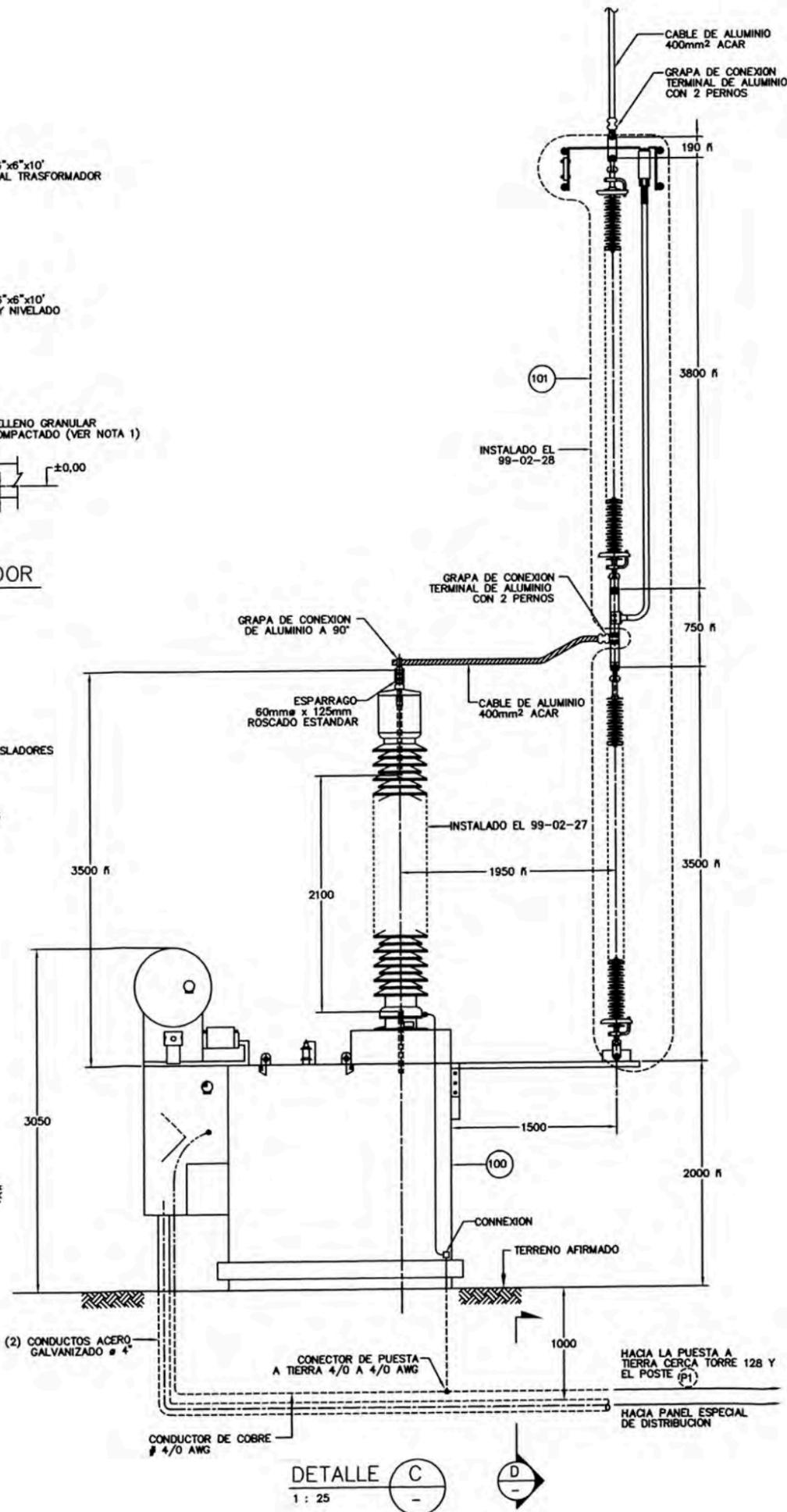
CIMENTACION DEL TRANSFORMADOR  
1 : 50



DETALLE B  
1 : 25

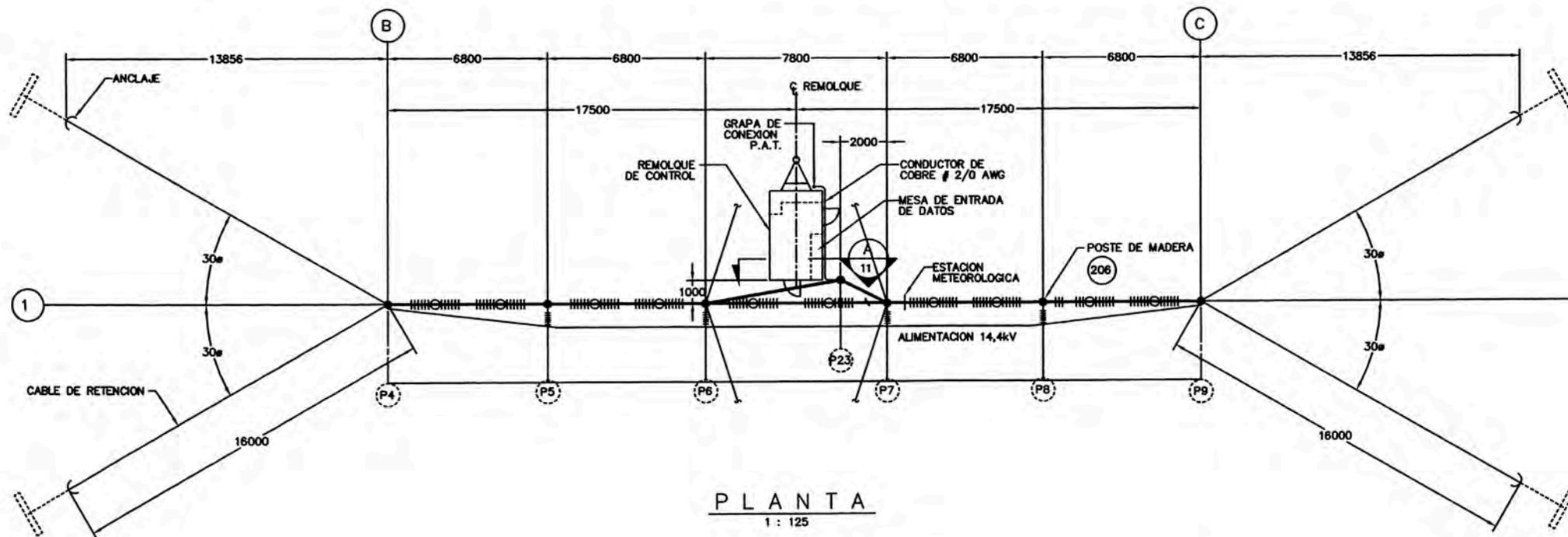


SECCION D  
1 : 25



ALZADO B  
1 : 100

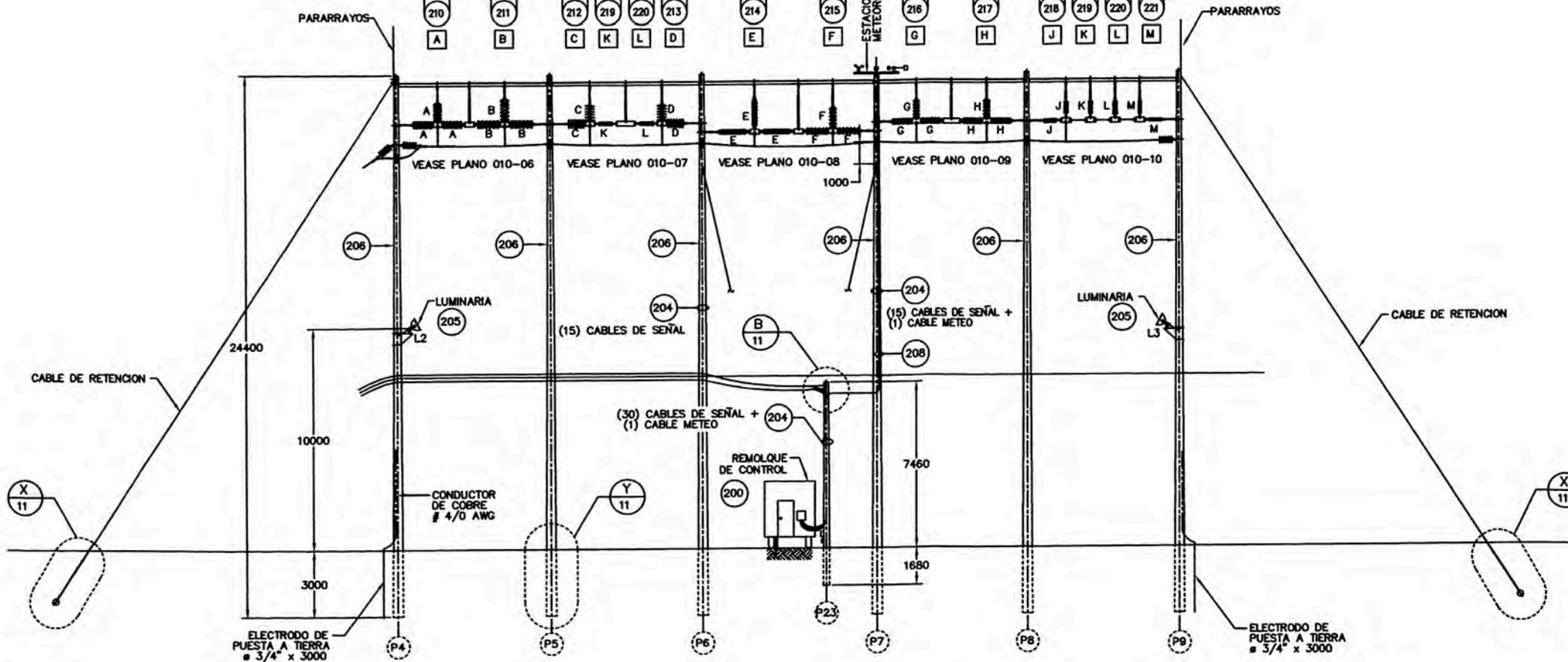
|   |           |  |               |
|---|-----------|--|---------------|
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIEROS</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |           | PROPIETARIO  | EXPERIENTE OP |
|   |           | REVISADO   | PROYECTO      |
| DESEÑADO  | ELABORADO | PLAN-ESPR-00   |               |
| FECHA   | TITULO    | ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTER EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV |               |
| ESCALA  | FORMATO   | ALIMENTACION DE LA ESTACION<br>DETALLE DEL TRANSFORMADOR   |               |



PLANTA  
1 : 125

AISLADORES TIPO

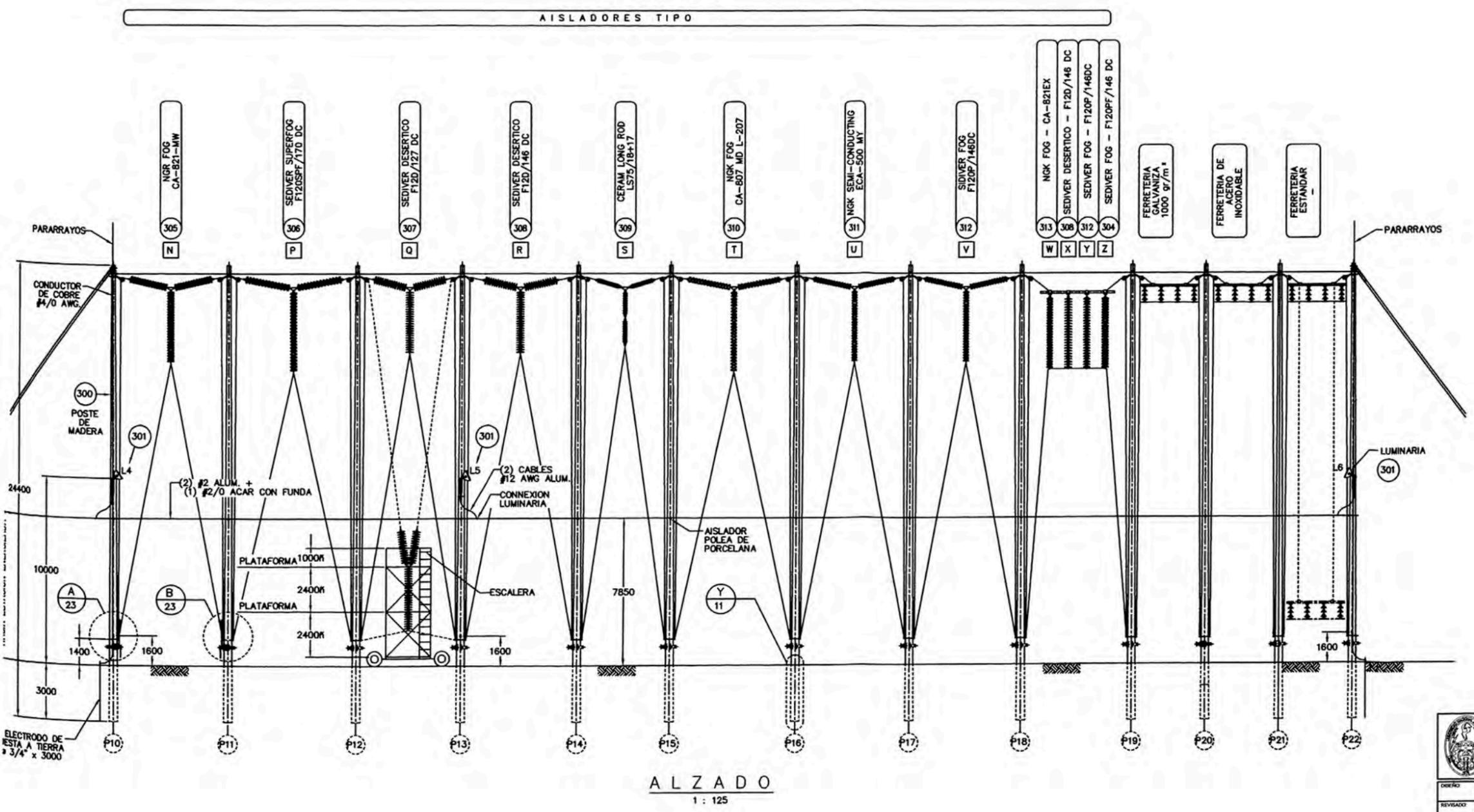
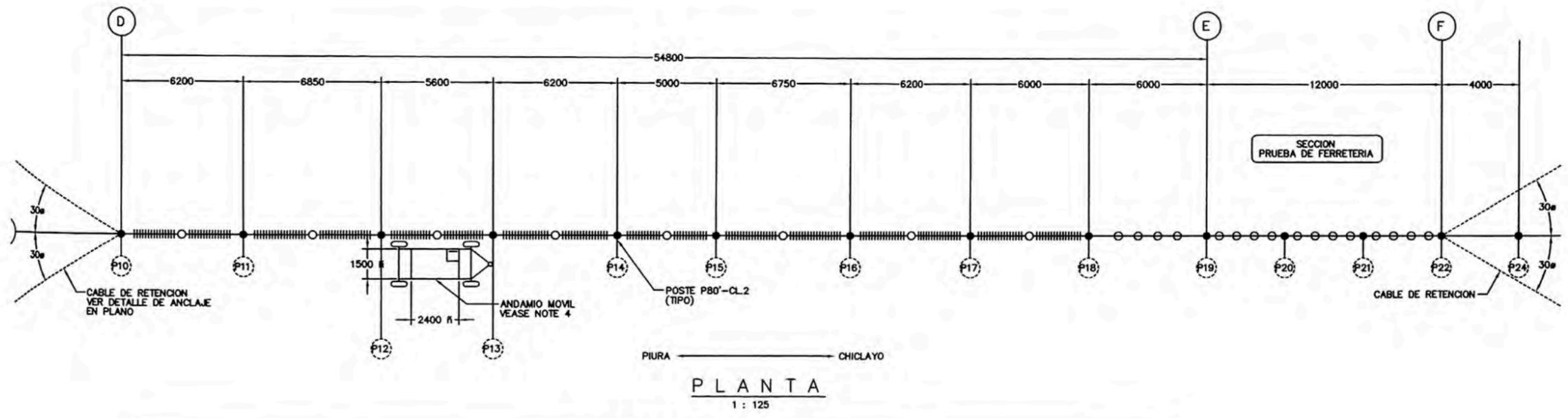
|                       |                                 |                     |                            |                                |                              |                           |                                |                                       |                                     |                                  |                            |                                |                               |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 210                   | 211                             | 212                 | 219                        | 220                            | 213                          | 214                       | 215                            | 216                                   | 217                                 | 218                              | 219                        | 220                            | 221                           |
| A                     | B                               | C                   | K                          | L                              | D                            | E                         | F                              | G                                     | H                                   | J                                | K                          | L                              | M                             |
| SUPERFOG NGK-CA-B21EX | SUPER FOG SEDIVER F120SPF/170DC | SEDIVER F120P/146DC | COMPOSITE NGK 251-SH160-SJ | COMPOSITE RELIABLE S178035VA02 | DESERTICO SEDIVER F12D/146DC | LONG ROD CERAM LS75/18+17 | FOG NGK-CA-807 MD ETECEN L-207 | FOG NGK-CA-825 MW ETECEN L-213, L-215 | SEMICONDUCTING GLAZE NGK ECA-500 MY | COMPOSITE CERAMTEC 22/10/170/840 | COMPOSITE NGK 251-SH160-SJ | COMPOSITE RELIABLE S178035VA02 | COMPOSITE SEDIVER FSB120XL21S |



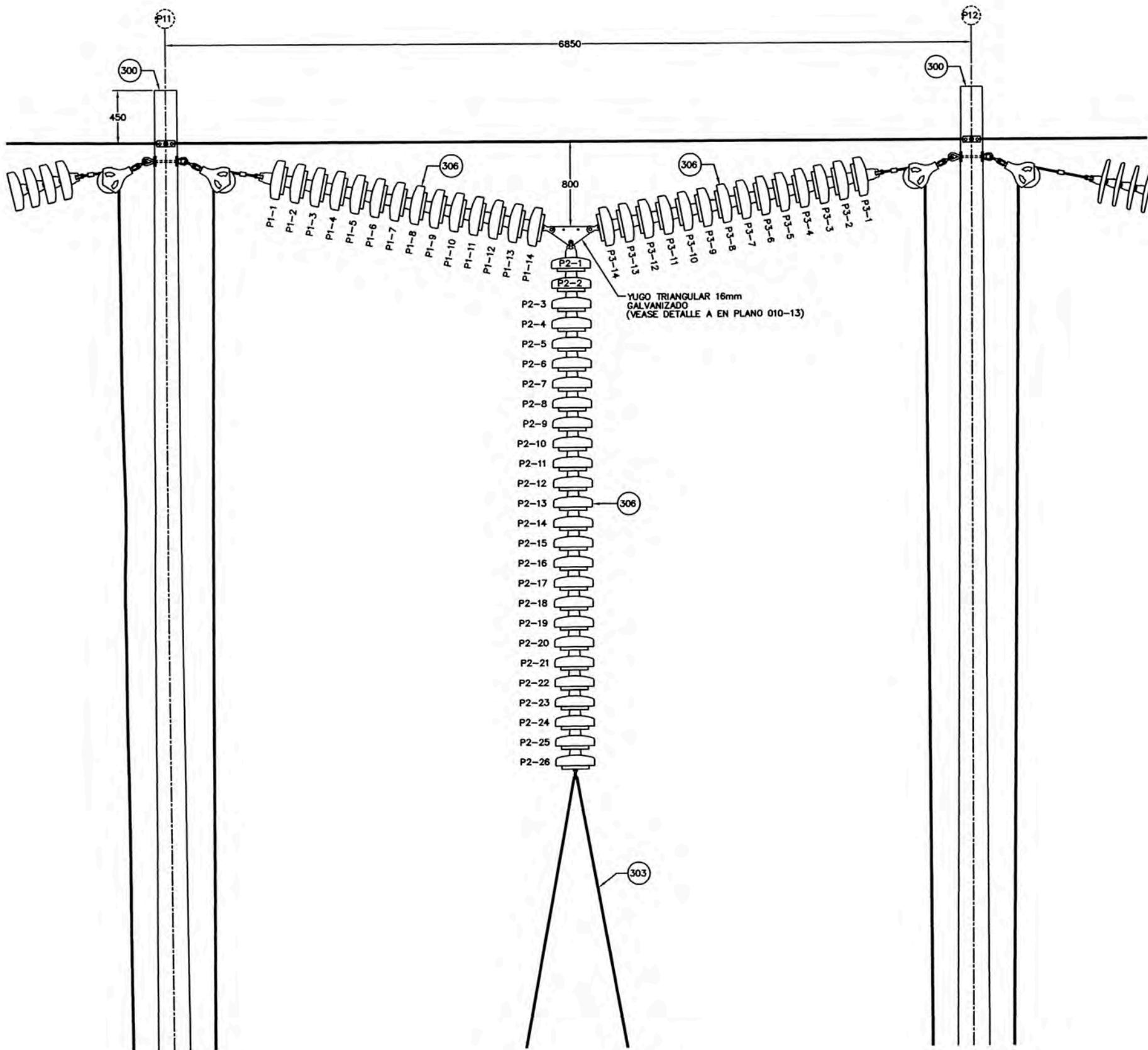
ALZADO  
1 : 125

PIURA ————— CHICLAYO

|  |                          |  |   |
|--|--------------------------|--|---|
|  |                          | UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA             |   |
|  |                          | FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |   |
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.<br>FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: | PROPIETARIO:<br>APOYADO: | EXPEDIENTE N°:<br>PLAN-ESPR-004                | TITULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV<br><b>SECCION DE PRUEBA ENERGIZADA</b><br>PLANTA Y ALZADO |



|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |   |                                 |
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DISEÑADO: C.O.M.<br>FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO:  | PROPIETARIO:<br>APELLIDO:<br>TÍTULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV<br><b>SECCION DE PRUEBA DESENERGIZAD</b><br><b>PLANTA GENERAL Y ALZADO</b> | EXPEDIENTE N°:<br>PLAN-ESPR-005 |

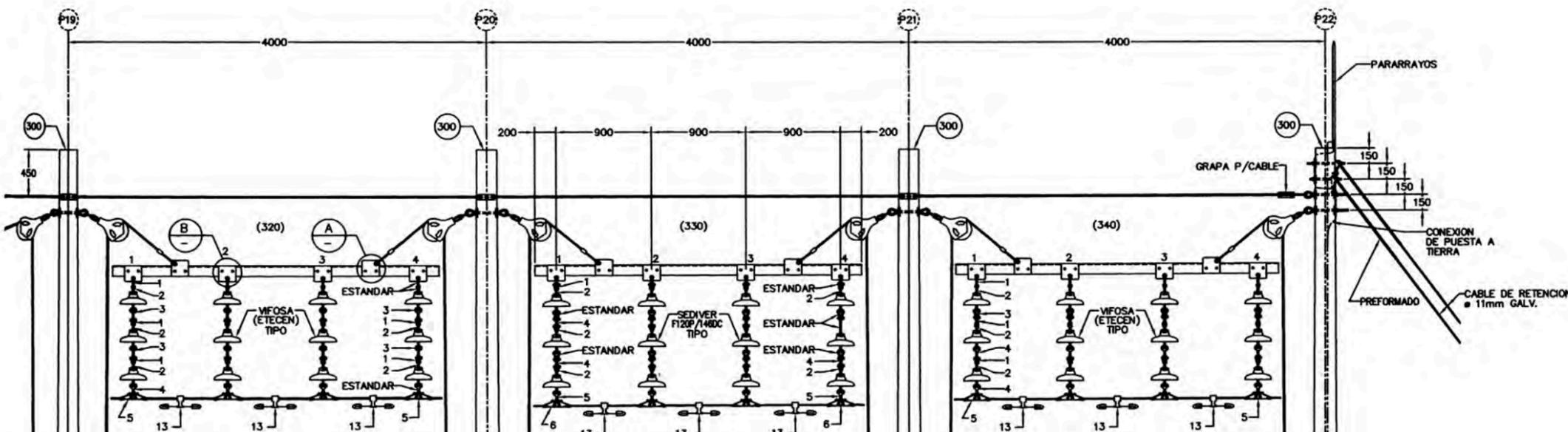


PIURA INSTALADO EL 99-03-05 CHICLAYO

ALZADO DEL PORTICO PARA AISLADORES TIPO P

1 : 20

|   |   |   |           |
|---|---|---|-----------|
|  |   | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |           |
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.                                | PROPIETARIO:  | EXPEDIENTE N°:  | APENDICE: |
| FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: A-3                                    | TITULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV |   |           |
| <b>SECCION D EPRUEBAS DESENERGIZADA</b><br><b>PORTICO PARA PRUEBAS DE AISLADORES</b>  |   |   |           |



FERRETERIA GALVANIZA  
1000 g/m<sup>2</sup>  
FECHA INSTALACION 99-03-10

**LISTA DE MATERIALES**

| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.1 DESCRIPCION          |
|----------|----------|----------------------------------|
| 320-1-1  | 3        | GRILLETE 16mm                    |
| 320-1-2  | 3        | OJO-BOLA                         |
| 320-1-3  | 2        | CASQUILLO-OJO                    |
| 320-1-4  | 1        | CASQUILLO-HORQUILLA              |
| 320-1-5  | 1        | GRAPA ALUMINIO                   |
| 320-1-13 | 3        | ARMORTIGUADOR ESTANDAR CON GRASA |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.2 DESCRIPCION          |
| 320-2-1  | 3        | GRILLETE 16mm                    |
| 320-2-2  | 3        | OJO-BOLA                         |
| 320-2-3  | 2        | CASQUILLO-OJO                    |
| 320-2-4  | 1        | CASQUILLO-HORQUILLA              |
| 320-2-5  | 1        | GRAPA ALUMINIO                   |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.3 DESCRIPCION          |
| 320-3-1  | 3        | GRILLETE 16mm                    |
| 320-3-2  | 3        | OJO-BOLA                         |
| 320-3-3  | 2        | CASQUILLO-OJO                    |
| 320-3-4  | 1        | CASQUILLO-HORQUILLA              |
| 320-3-5  | 1        | GRAPA ALUMINIO                   |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.4 DESCRIPCION          |
| 320-4-1  | 2        | GRILLETE 16mm                    |
| 320-4-2  | 2        | OJO-BOLA                         |
| 320-4-3  | 2        | CASQUILLO-OJO                    |
| 320-4-4  | -        | -                                |
| 320-4-5  | 1        | GRAPA ALUMINIO                   |

FERRETERIA DE ACERO INOXIDABLE  
FECHA INSTALACION 99-03-09

**LISTA DE MATERIALES**

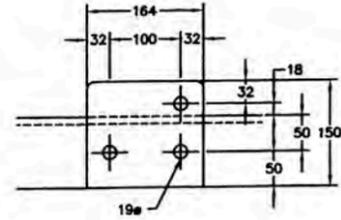
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.1 DESCRIPCION        |
|----------|----------|--------------------------------|
| 330-1-1  | 1        | GRILLETE 13mm                  |
| 330-1-2  | 3        | HORQUILLA-BOLA                 |
| 330-1-3  | -        | CASQUILLO-HORQUILLA ESTANDAR   |
| 330-1-4  | 2        | PLACA CON 16 ARRONDELAS        |
| 330-1-5  | 1        | CASQUILLO-OJO                  |
| 330-1-6  | 1        | GRAPA ALUMINIO                 |
| 330-1-13 | 3        | ARMORTIGUADOR ACERO INOXIDABLE |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.2 DESCRIPCION        |
| 330-2-1  | 1        | GRILLETE 13mm                  |
| 330-2-2  | 3        | HORQUILLA-BOLA                 |
| 330-2-3  | -        | CASQUILLO-HORQUILLA ESTANDAR   |
| 330-2-4  | 2        | PLACA CON 16 ARRONDELAS        |
| 330-2-5  | 1        | CASQUILLO-OJO                  |
| 330-2-6  | 1        | GRAPA ALUMINIO                 |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.3 DESCRIPCION        |
| 330-3-1  | 1        | GRILLETE 13mm                  |
| 330-3-2  | 3        | HORQUILLA-BOLA                 |
| 330-3-3  | -        | CASQUILLO-HORQUILLA ESTANDAR   |
| 330-3-4  | 2        | PLACA CON 16 ARRONDELAS        |
| 330-3-5  | 1        | CASQUILLO-OJO                  |
| 330-3-6  | 1        | GRAPA ALUMINIO                 |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.3 DESCRIPCION        |
| 330-4-1  | -        | GRILLETE ESTANDAR              |
| 330-4-2  | 2        | HORQUILLA-BOLA                 |
| 330-4-3  | -        | CASQUILLO-HORQUILLA ESTANDAR   |
| 330-4-4  | 1        | PLACA CON 16 ARRONDELAS        |
| 330-4-5  | 1        | CASQUILLO-OJO                  |
| 330-4-6  | 1        | GRAPA ALUMINIO                 |

FERRETERIA ESTANDAR  
FECHA INSTALACION 99-03-09

**LISTA DE MATERIALES**

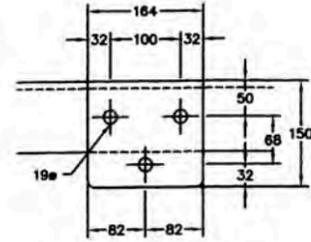
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.1 DESCRIPCION |
|----------|----------|-------------------------|
| 340-1-1  | 3        | GRILLETE                |
| 340-1-2  | 3        | OJO-BOLA                |
| 340-1-3  | 1        | CASQUILLO-HORQUILLA     |
| 340-1-4  | 2        | CASQUILLO-OJO           |
| 340-1-5  | 1        | GRAPA ALUMINIO          |
| 340-1-13 | 3        | ARMORTIGUADOR ESTANDAR  |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.2 DESCRIPCION |
| 340-2-1  | 3        | GRILLETE                |
| 340-2-2  | 3        | OJO-BOLA                |
| 340-2-3  | 1        | CASQUILLO-HORQUILLA     |
| 340-2-4  | 2        | CASQUILLO-OJO           |
| 340-2-5  | 1        | GRAPA ALUMINIO          |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.3 DESCRIPCION |
| 340-3-1  | 3        | GRILLETE                |
| 340-3-2  | 3        | OJO-BOLA                |
| 340-3-3  | 1        | CASQUILLO-HORQUILLA     |
| 340-3-4  | 2        | CASQUILLO-OJO           |
| 340-3-5  | 1        | GRAPA ALUMINIO          |
| ART. No. | CANTIDAD | CADENA No.4 DESCRIPCION |
| 340-4-1  | 3        | GRILLETE                |
| 340-4-2  | 3        | OJO-BOLA                |
| 340-4-3  | 1        | CASQUILLO-HORQUILLA     |
| 340-4-4  | 2        | CASQUILLO-OJO           |
| 340-4-5  | 1        | GRAPA ALUMINIO          |

ALZADO  
1 : 25



(VEASE NOTE A)

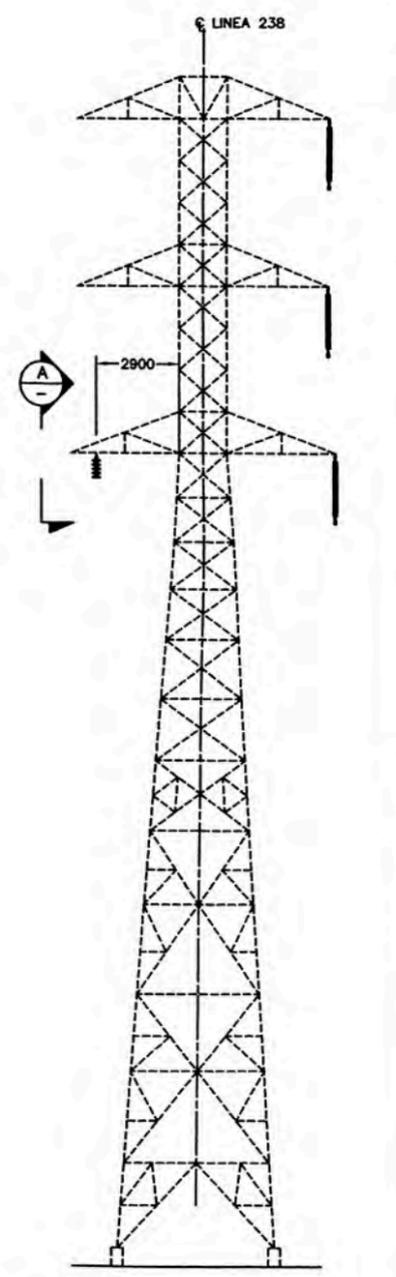
DETALLE A  
1 : 5



(VEASE NOTE A)

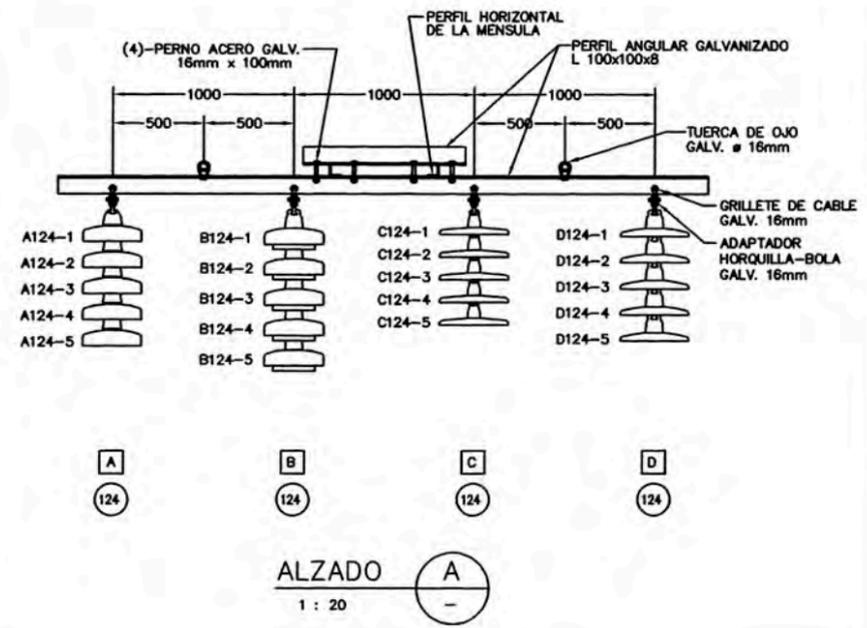
DETALLE B  
1 : 5

|          |              |  |               |
|----------|--------------|--|---------------|
|          |              | UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA   |               |
|          |              | FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA   |               |
| DISEÑO   | E.B.G.       | PROPIETARIO  | EXPEDIENTE N° |
| REVISADO | M.F.T.       | AFILIADO   |               |
| DEBUCADO | C.O.M.       | PLAN-ESPR-007  |               |
| FECHA    | NOVIEMBRE 08 | TITULO ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV |               |
| ESCALA   | S/E          | SECCION DE PRUEBA DESENERGIZADA  |               |
| FORMATO  | A-3          | PORTICO DE PRUEBAS DE MATERIALES   |               |



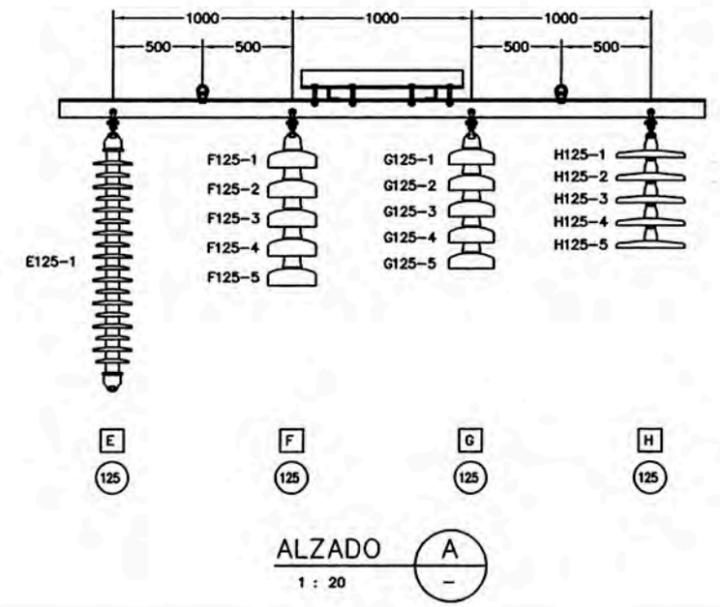
LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 124

| ARTICULO                    | CANTIDAD | DESCRIPCION                                    | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
|-----------------------------|----------|--|-----------|-------------|
| A124                        | 5        | AISLADORES TIPO SUPERFOG NGK CA-821MW          | DESSAU    | -           |
| B124                        | 5        | AISLADORES TIPO SUPERFOG SEDIVER F120SPF/1700C | DESSAU    | -           |
| C124                        | 5        | AISLADORES TIPO DESERTICO SEDIVER F120/127DC   | DESSAU    | -           |
| D124                        | 5        | AISLADORES TIPO DESERTICO SEDIVER F120/146DC   | DESSAU    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-02-27 |          |  |           |             |



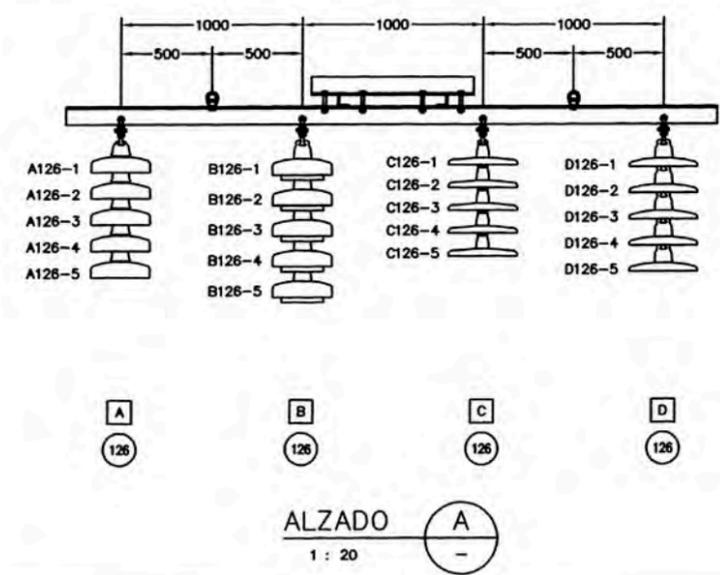
LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 125

| ARTICULO                    | CANTIDAD | DESCRIPCION                                     | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
|-----------------------------|----------|---|-----------|-------------|
| E125                        | 1        | AISLADORES TIPO LONG ROD CERAM LS75/18+17       | DESSAU    | -           |
| F125                        | 5        | AISLADORES TIPO FOG NGK CA-807MD (L-207)        | ETECEN    | -           |
| G125                        | 5        | AISLADORES TIPO FOG NGK CA-825MW (L-213, L-215) | ETECEN    | -           |
| H125                        | 5        | AISLADORES TIPO FOG VCASA E120PPZ/146 (L-238)   | ETECEN    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-03-01 |          |   |           |             |



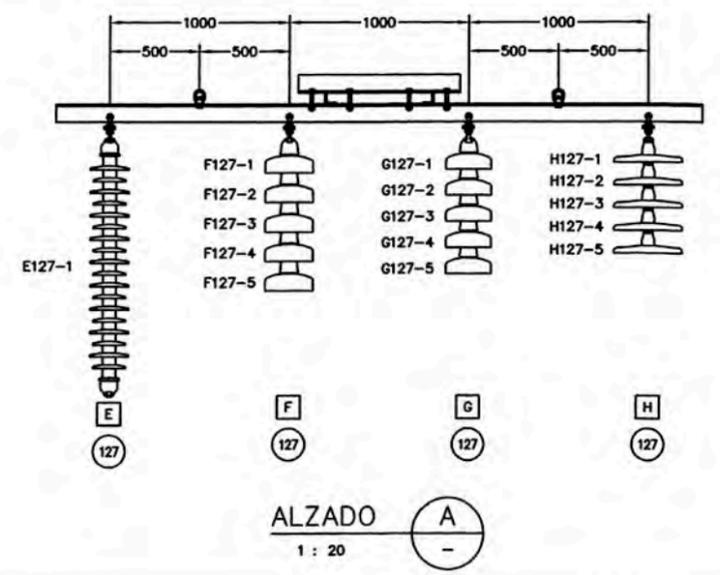
LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 126

| ARTICULO                    | CANTIDAD | DESCRIPCION                                    | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
|-----------------------------|----------|--|-----------|-------------|
| A126                        | 5        | AISLADORES TIPO SUPERFOG NGK CA-821EX          | DESSAU    | -           |
| B126                        | 5        | AISLADORES TIPO SUPERFOG SEDIVER F120SPF/1700C | DESSAU    | -           |
| C126                        | 5        | AISLADORES TIPO DESERTICO SEDIVER F120/127DC   | DESSAU    | -           |
| D126                        | 5        | AISLADORES TIPO DESERTICO SEDIVER F120/146DC   | DESSAU    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-03-06 |          |  |           |             |



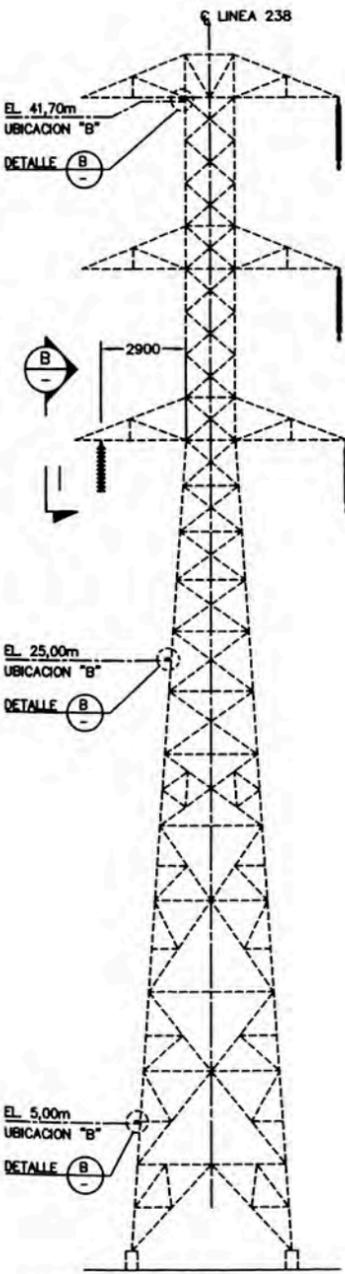
LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 127

| ARTICULO                    | CANTIDAD | DESCRIPCION                                     | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
|-----------------------------|----------|---|-----------|-------------|
| E127                        | 1        | AISLADORES TIPO LONG ROD CERAM LS75/18+17       | DESSAU    | -           |
| F127                        | 5        | AISLADORES TIPO FOG NGK CA-807MD (L-207)        | ETECEN    | -           |
| G127                        | 5        | AISLADORES TIPO FOG NGK CA-825MW (L-213, L-215) | ETECEN    | -           |
| H127                        | 5        | AISLADORES TIPO FOG VCASA E120 PPZ/146 (L-238)  | ETECEN    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-03-01 |          |   |           |             |

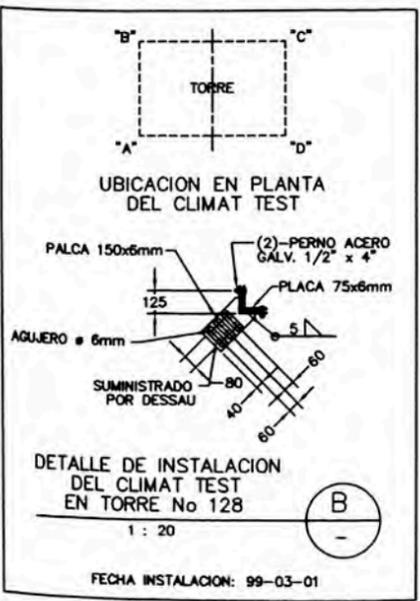


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

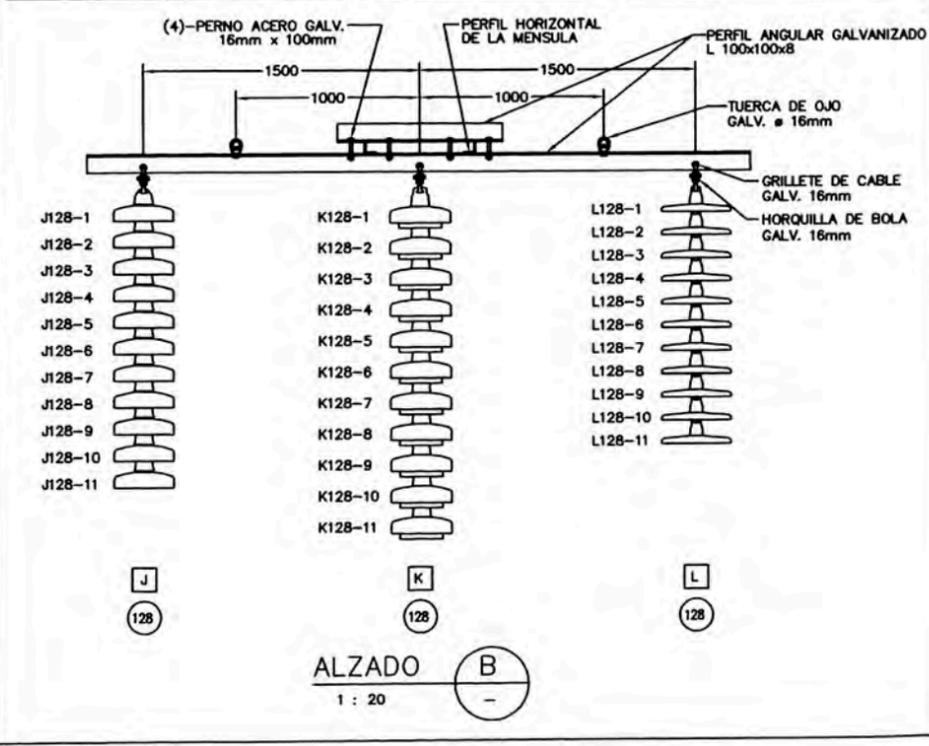
|  |  |
|--|--|
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.<br>FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: A-3   | PROPIETARIO:<br>EXPEDIENTE N°:<br>APENDE:<br>PLAN-ESPR-008 |
| TITULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV<br><b>L-238 PRUEBAS DE LAVADO DE CADENAS EN SUSPENSION</b> |  |



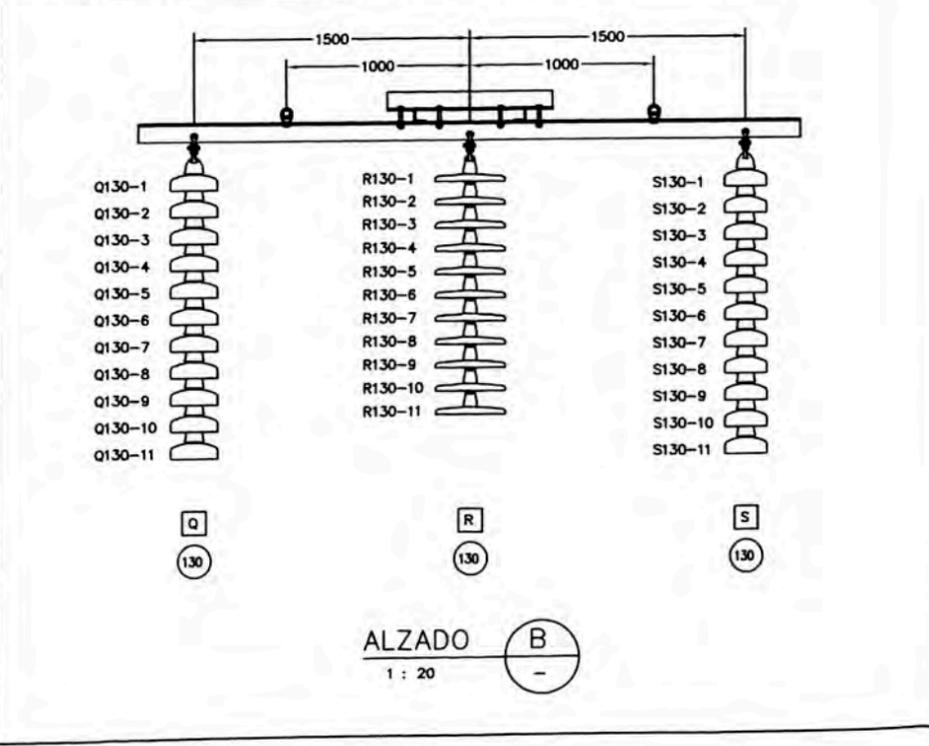
ALZADO TRANSVERSAL TIPO  
1 : 125  
(TORRES No. 128 A 130)



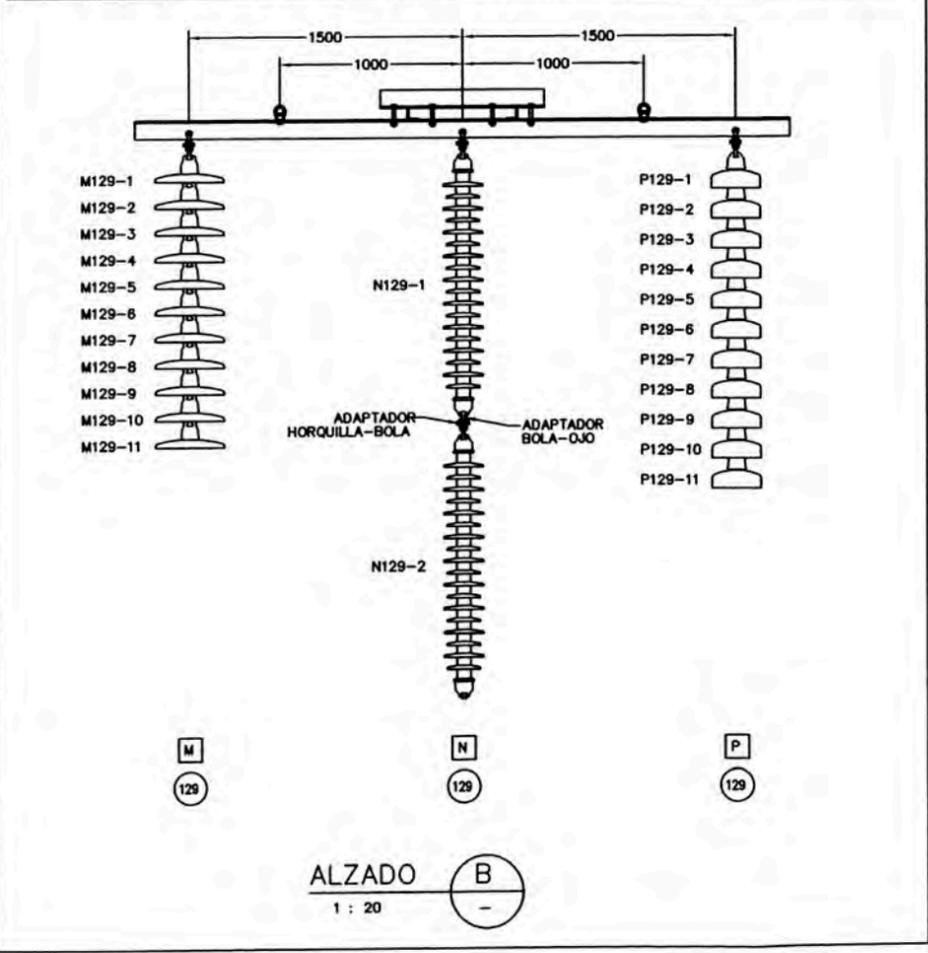
| LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 128 |          |   |           |             |
|---|----------|---|-----------|-------------|
| ARTICULO                                  | CANTIDAD | DESCRIPCION                                     | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| J128                                      | 11       | AISLADORES TIPO FOG NGK CA-821EX                | DESSAU    | -           |
| K128                                      | 11       | AISLADORES TIPO SUPERFOG SEDIVER F120SPF/170 DC | DESSAU    | -           |
| L128                                      | 11       | AISLADORES TIPO DESERTICO SEDIVER F120/127 DC   | DESSAU    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-03-06               |          |   |           |             |



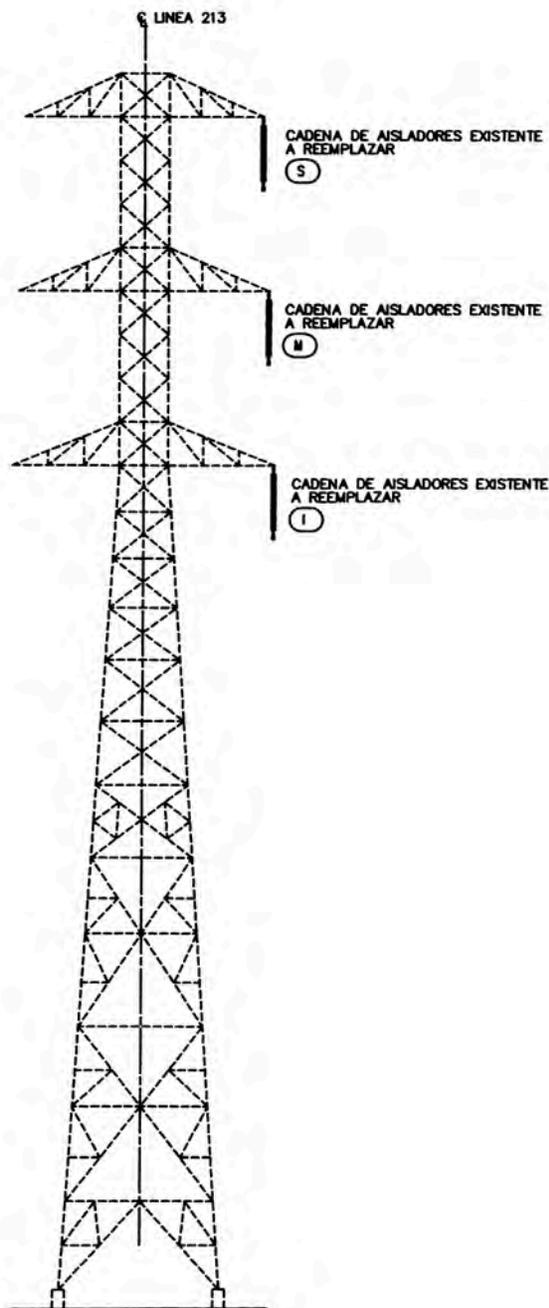
| LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 130 |          |   |           |             |
|---|----------|---|-----------|-------------|
| ARTICULO                                  | CANTIDAD | DESCRIPCION                                     | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| Q130                                      | 11       | AISLADORES TIPO FOG NGK CA-825MW (L-213, L-215) | ETECEN    | -           |
| R130                                      | 11       | AISLADORES TIPO FOG MCASA E120 PPZ/146 (L-238)  | ETECEN    | -           |
| S130                                      | 11       | AISLADORES TIPO SEMI-CONDUCTING NGK ECA-500MY   | DESSAU    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-03-01               |          |   |           |             |



| LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 129 |          |   |           |             |
|---|----------|---|-----------|-------------|
| ARTICULO                                  | CANTIDAD | DESCRIPCION                                   | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| M129                                      | 11       | AISLADORES TIPO DESERTICO SEDIVER F120/146 DC | DESSAU    | -           |
| N129                                      | 2        | AISLADORES TIPO LONG ROD CERAM LS75/18+17     | DESSAU    | -           |
| P129                                      | 11       | AISLADORES TIPO FOG NGK CA-807MD (L-207)      | ETECEN    | -           |
|   | 1        | ADAPTADOR BOLA-OJO                            |           |             |
|   | 1        | ADAPTADOR HORQUILLA-BOLA                      |           |             |
| FECHA INSTALACION: 99-02-27               |          |   |           |             |



|   |  |  |
|---|--|--|
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |  |  |
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.<br>FECHA: NOVIEMBRE 08<br>TAZA: S/E<br>FORMATO: A-3  | PROPIETARIO:<br>EXPEDIENTE N°:<br>PLAN-ESPR-09 | TÍTULO:<br>ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV<br>L 238<br>CONTAMINACION DE AISLADORES |



**LEYENDA**

- A = NGK
- B = SEDIVER
- C = CERAMTEC
- D = RELIABLE
- (S) = MENSULA SUPERIOR
- (M) = MENSULA MEDIANA
- (I) = MENSULA INFERIOR

| LISTA DE MATERIALES PARA LA LINEA L-213 |          |          |  |           |             |
|---|----------|----------|--|-----------|-------------|
| TORRE                                   | ARTICULO | CANTIDAD | DESCRIPCION                                  | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| T-824                                   | AB24S    | 1        | COMPOSITE AISLADORES NGK-251SH750SJW         | DESSAU    | -           |
|   | B824M    | 1        | COMPOSITE AISLADORES SEDIVER-FSB120XL103S+1A | DESSAU    | -           |
|   | C824I    | 1        | COMPOSITE AISLADORES CERAMTEC-22/50(170)3065 | DESSAU    | -           |
| T-825                                   | AB25M    | 1        | COMPOSITE AISLADORES NGK-251SH750SJW         | DESSAU    | -           |
|   | B825I    | 1        | COMPOSITE AISLADORES SEDIVER-FSB120XL103S+1A | DESSAU    | -           |
|   | D825S    | 1        | COMPOSITE AISLADORES RELIABLE-S178121VA06    | DESSAU    | -           |
| T-826                                   | AB26I    | 1        | COMPOSITE AISLADORES NGK-251SH750SJW         | DESSAU    | -           |
|   | C826S    | 1        | COMPOSITE AISLADORES CERAMTEC-22/50(170)3065 | DESSAU    | -           |
|   | D826M    | 1        | COMPOSITE AISLADORES RELIABLE-S178121VA06    | DESSAU    | -           |
| T-828                                   | B828S    | 1        | COMPOSITE AISLADORES SEDIVER-FSB120XL103S+1A | DESSAU    | -           |
|   | C828M    | 1        | COMPOSITE AISLADORES CERAMTEC-22/50(170)3065 | DESSAU    | -           |
|   | D828I    | 1        | COMPOSITE AISLADORES RELIABLE-S178121VA06    | DESSAU    | -           |
| T-829                                   | AB29S    | 1        | COMPOSITE AISLADORES NGK-251SH750SJW         | DESSAU    | -           |
|   | B829M    | 1        | COMPOSITE AISLADORES SEDIVER-FSB120XL103S+1A | DESSAU    | -           |
|   | C829I    | 1        | COMPOSITE AISLADORES CERAMTEC-22/50(170)3065 | DESSAU    | -           |
| T-830                                   | AB30M    | 1        | COMPOSITE AISLADORES NGK-251SH750SJW         | DESSAU    | -           |
|   | B830I    | 1        | COMPOSITE AISLADORES SEDIVER-FSB120XL103S+1A | DESSAU    | -           |
|   | D830S    | 1        | COMPOSITE AISLADORES RELIABLE-S178121VA06    | DESSAU    | -           |
| T-831                                   | C831M    | 1        | COMPOSITE AISLADORES CERAMTEC-22/50(170)3065 | DESSAU    | -           |
|   | D831I    | 1        | COMPOSITE AISLADORES RELIABLE-S178121VA06    | DESSAU    | -           |
|   |          |          | FECHA INSTALACION: 99-02-21                  |           |             |

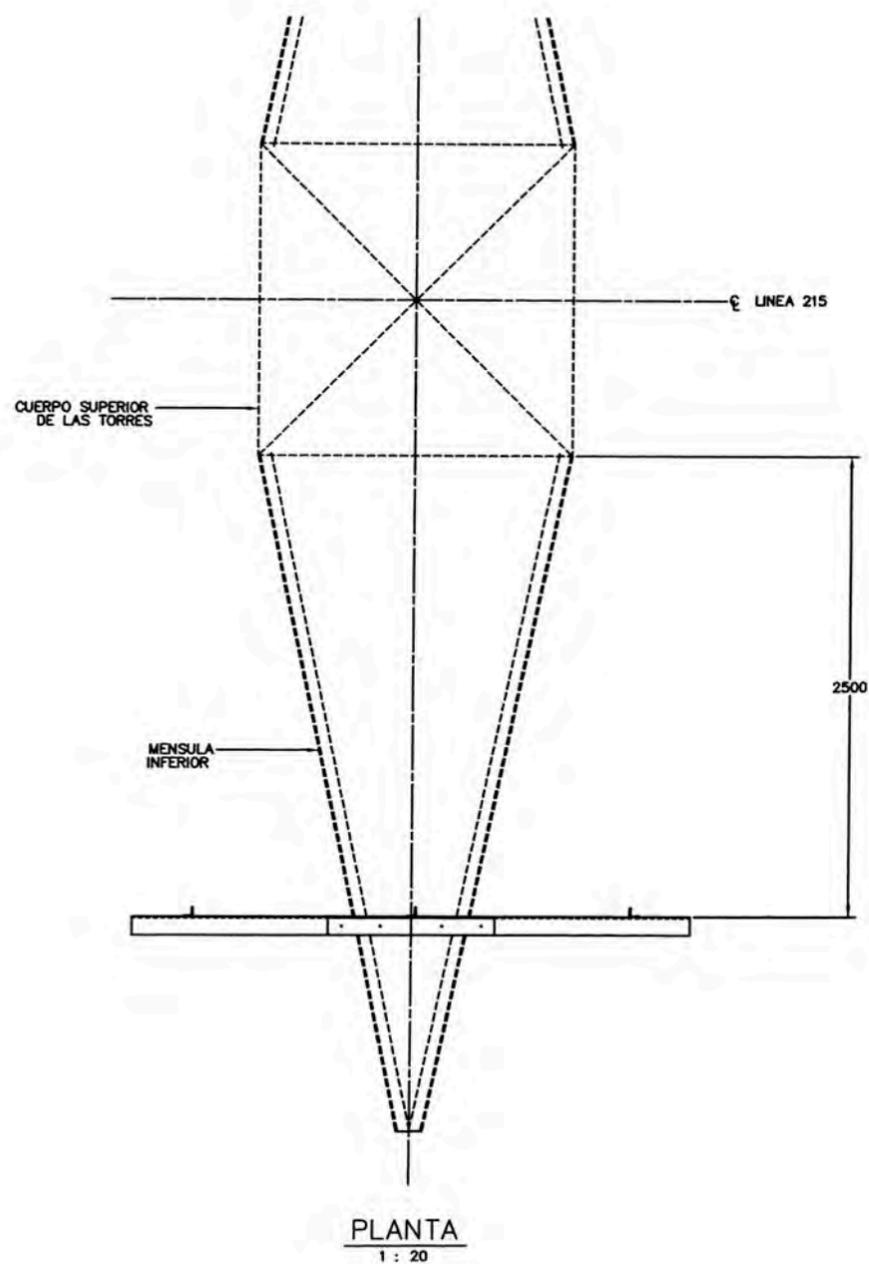
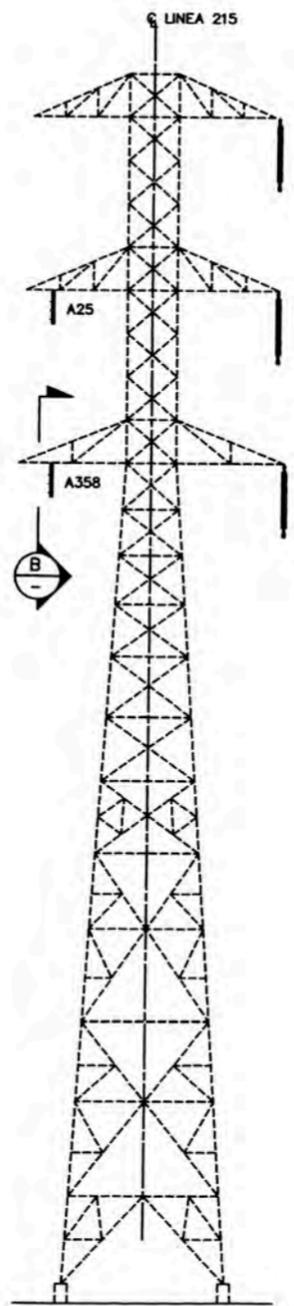
**ALZADO TRANSVERSAL TIPO**

1 : 125

(TORRES No. 824 A 826, 828, 829 A 831)

| LINEA | TORRE | MENSULAS |         |          |
|-------|-------|----------|---------|----------|
|       |       | SUPERIOR | MEDIANA | INFERIOR |
| L-213 | T-824 | A        | B       | C        |
|       | T-825 | D        | A       | B        |
|       | T-826 | C        | D       | A        |
|       | T-828 | B        | C       | D        |
|       | T-829 | A        | B       | C        |
|       | T-830 | D        | A       | B        |
|       | T-831 | C        | D       |          |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |  |
|  |  | DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.                                      | PROPIETARIO:<br>EXPEDIENTE N°:<br>APOYO: |
| FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: A-3 | TITULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV<br><b>L-213 REEMPLAZO DE CADENAS EN SUSPENSION EXISTENTE</b> |   |  |
|  |  | PLAN-ESPR-010   |  |

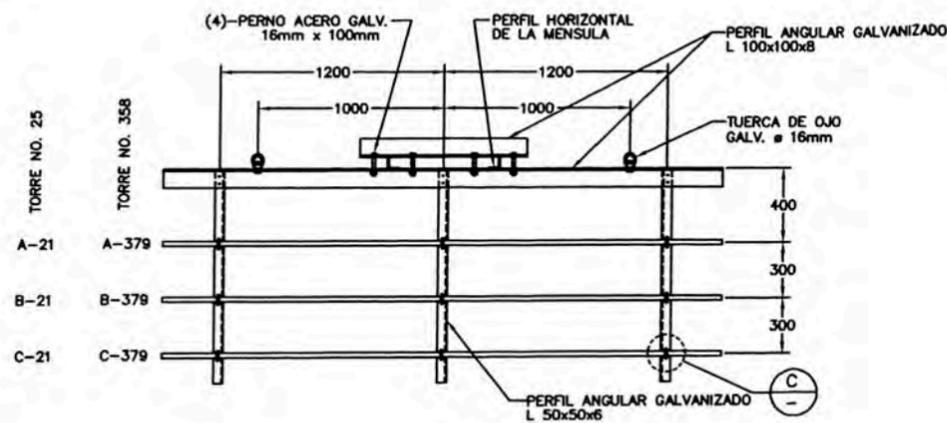
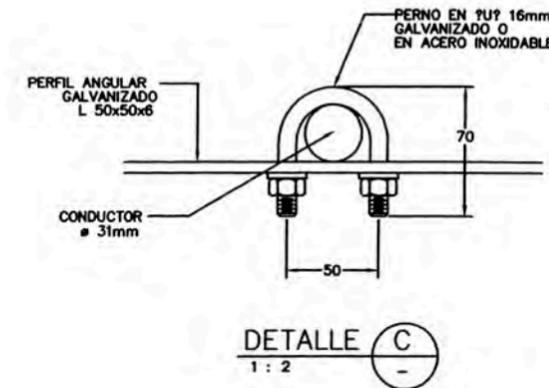


| LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 25 |          |   |           |             |
|--|----------|---|-----------|-------------|
| ARTICULO                                 | CANTIDAD | DESCRIPCION                               | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| A-21                                     | 3m       | CABLE 31mm ROUND STRAND AAAC ASTER 570    | DESSAU    | -           |
| B-21                                     | 3m       | CABLE 31mm TRAPEZOIDAL STRAND AAAC/TW 683 | DESSAU    | -           |
| C-21                                     | 3m       | CABLE 31mm Z-STRAND AAAC AERO Z 683       | DESSAU    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-02-26              |          |   |           |             |

| LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 358 |          |   |           |             |
|---|----------|---|-----------|-------------|
| ARTICULO                                  | CANTIDAD | DESCRIPCION                               | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| A-379                                     | 3m       | CABLE 31mm ROUND STRAND AAAC ASTER 570    | DESSAU    | -           |
| B-379                                     | 3m       | CABLE 31mm TRAPEZOIDAL STRAND AAAC/TW 683 | DESSAU    | -           |
| C-379                                     | 3m       | CABLE 31mm Z-STRAND AAAC AERO Z 683       | DESSAU    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-02-25               |          |   |           |             |

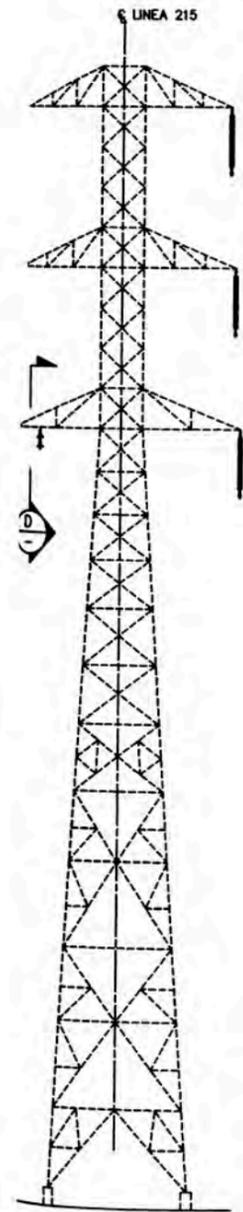


SECCIONES DE CONDUCTORES  
1 : 20

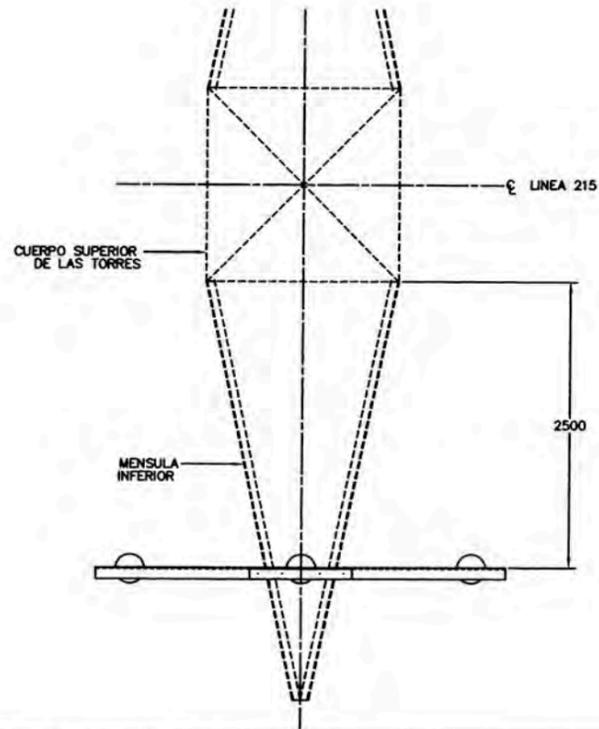


ALZADO B  
1 : 20

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |   |                                 |
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.  | PROPIETARIO:<br>AGENCIA:  | EXPEDIENTE N°:<br>PLAN-ESPR-011 |
| FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: A-3  | TITULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220KV<br><b>LINEA 215 : PRUEBAS DE CONTAMINACION DE CONDUCTORES - ZONAS CRITICAS</b> |                                 |

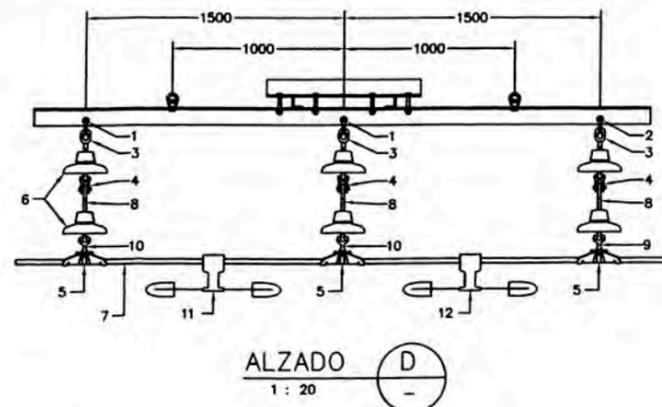


ALZADO TRANSVERSAL TIPO  
1 : 125  
(TORRES No. 25 Y 360;  
26 Y 362; No. 27 Y 363)



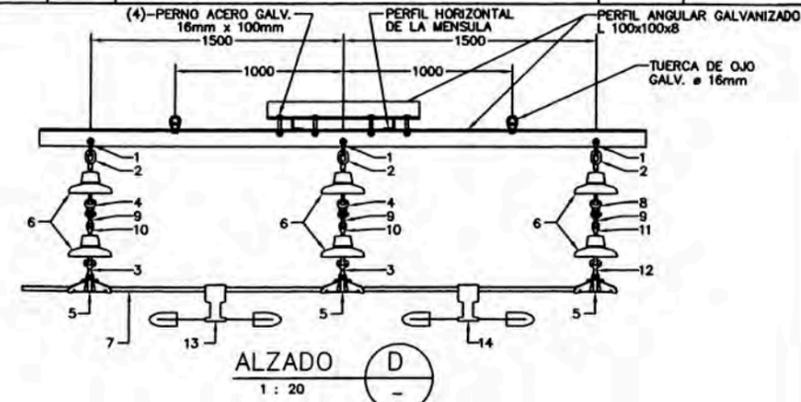
PLANIA  
1 : 30

| ARTICULO   | CANTIDAD | DESCRIPCION   | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
|--|----------|---|-----------|-------------|
| 24-1/385-1   | 2        | GRILLETE 16mm GALVANIZADO ESTANDAR MADE 241030          | ETECEN    |             |
| 24-2/385-2   | 1        | GRILLETE 16mm GALVANIZADO ESTANDAR BBC 13302-C90 97     | ETECEN    |             |
| 24-3/385-3   | 3        | ADAPTADOR ANILLO-BOLA GALV. ESTANDAR FATEN              | ETECEN    |             |
| 24-4/385-4   | 3        | ADAPTADOR CASQUILLO-HORQUILLA 16mm GALV. ESTANDAR-SALVI | ETECEN    |             |
| 24-5/385-5   | 3        | GRAMPA DE SUSPENSION 16mm GSAE-5 1125-51                | ETECEN    |             |
| 24-6/385-6   | 6        | AISLADOR EN SUSPENSION 16mm TIPO BALL-SOCKET            | ETECEN    |             |
| 24-7/385-7   | 4m       | CONDUCTOR DE AL TIPO ACAR 400mm2                        | ETECEN    |             |
| 24-8/383-8   | 3        | ADAPTADOR ANILLO-BOLA GALV. ESTANDAR MADE 242043        | ETECEN    |             |
| 24-9/385-9   | 1        | ADAPTOR CASQUILLO-OJO 16mm GALV. ESTANDAR MADE 243062   | ETECEN    |             |
| 24-10/385-10   | 2        | ADAPTOR CASQUILLO-OJO 16mm GALV. STANDAR FATEN          | ETECEN    |             |
| 24-11/385-11   | 1        | AMORTIGUADOR ACERO INOXIDABLE                           | ETECEN    |             |
| 24-12/385-12   | 1        | AMORTIGUADOR ESTANDAR                                   | DESSAU    |             |
| TORRE No. 25 FECHA INSTALACION: 99-02-26/TORRE 363 FECHA INSTALACION: 99-02-25 |          |   |           | ETECEN      |



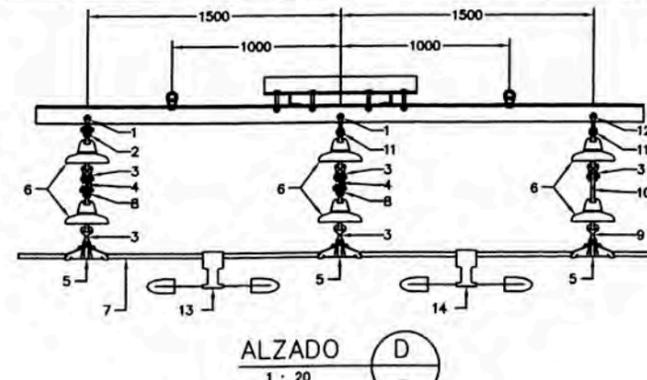
ALZADO  
1 : 20

| LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 26/360 1000g/m2                          |          |   |           |             |
|--|----------|---|-----------|-------------|
| ARTICULO   | CANTIDAD | DESCRIPCION   | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| 22-1/381-1   | 3        | GRILLETE 16mm 1000g/m2                                  | DESSAU    |             |
| 22-2/381-2   | 3        | ADAPTADOR OJO-BOLA 16mm GALV. 1000g/m2                  | DESSAU    |             |
| 22-3/381-3   | 2        | ADAPTADOR CASQUILLO-OJO 16mm GALV. 1000g/m2             | DESSAU    |             |
| 22-4/381-4   | 2        | ADAPTADOR CASQUILLO-HORQUILLA 16mm GALV. 1000g/m2       | DESSAU    |             |
| 22-5/381-5   | 3        | GRAMPA DE SUSPENSION 16mm GSAE-5 M2S-51                 | ETECEN    |             |
| 22-6/381-6   | 6        | AISLADOR EN SUSPENSION 16mm TIPO BALL-SOCKET            | ETECEN    |             |
| 22-7/381-7   | 4m       | CONDUCTOR DE AL TIPO ACAR 400mm2                        | ETECEN    |             |
| 22-8/381-8   | 1        | ADAPTADOR HORQUILLA-CASQUILLO GALV. ESTANDAR SALVI 2464 | ETECEN    |             |
| 22-9/381-9   | 3        | GRILLETES 16mm GALV. ESTANDAR MADE 241030               | ETECEN    |             |
| 22-10/381-10   | 2        | ADAPTADOR ANILLO-BOLA GALV. ESTANDAR FATEN              | ETECEN    |             |
| 22-11/381-11   | 1        | ADAPTADOR ANILLO-BOLA GALV. ESTANDAR MADE 242043        | ETECEN    |             |
| 22-12/381-12   | 1        | ADAPTOR CASQUILLO-OJO GALV. ESTANDAR MADE 243062        | ETECEN    |             |
| 22-13/381-13   | 1        | AMORTIGUADOR ACERO INOXIDABLE                           | DESSAU    |             |
| 22-14/381-14   | 1        | AMORTIGUADOR ESTANDAR                                   | ETECEN    |             |
| TORRE No. 26 FECHA INSTALACION: 99-02-26/TORRE 360 FECHA INSTALACION: 99-02-25 |          |   |           |             |



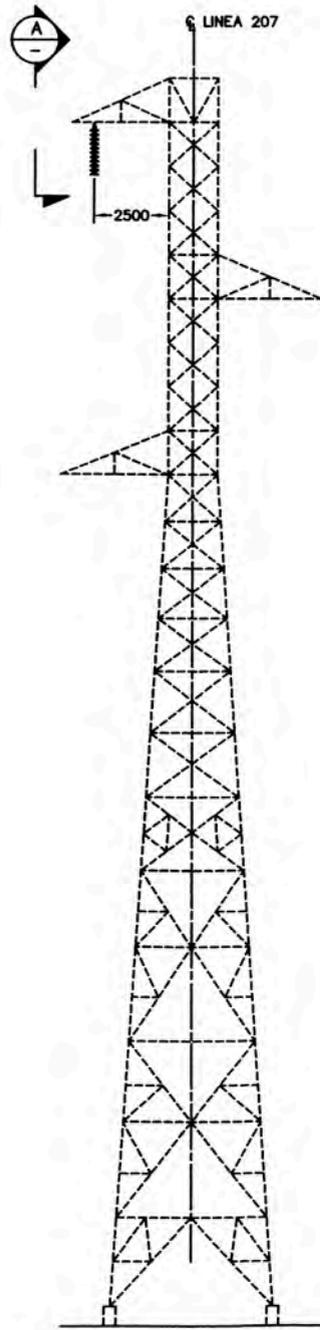
ALZADO  
1 : 20

| LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 27/362 ACERO INOXIDABLE                  |          |  |           |             |
|--|----------|--|-----------|-------------|
| ARTICULO   | CANTIDAD | DESCRIPCION  | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| 23-1/383-1   | 2        | GRILLETE 13mm ACERO INOXIDABLE                                 | DESSAU    |             |
| 23-2/383-2   | 1        | ADAPTADOR HORQUILLA-BOLA 16mm ACERO INOXIDABLE                 | DESSAU    |             |
| 23-3/383-3   | 5        | ADAPTADOR HORQUILLA-CASQUILLO 16mm GALV. ESTANDAR-SALVI        | ETECEN    |             |
| 23-4/383-4   | 2        | PLACA DE CONEXION CON AGUERO DOBLE MAS 8 ARANDELAS ACERO INOX. | DESSAU    |             |
| 23-5/383-5   | 3        | GRAMPA DE SUSPENSION 16mm GSAE-5 1125-51                       | ETECEN    |             |
| 23-6/383-6   | 6        | AISLADOR EN SUSPENSION 16mm TIPO BALL-SOCKET                   | ETECEN    |             |
| 23-7/383-7   | 4m       | CONDUCTOR DE AL TIPO ACAR 400mm2                               | ETECEN    |             |
| 23-8/383-8   | 2        | ADAPTADOR HORQUILLA-BOLA GALV. ESTANDAR MADE 247014            | ETECEN    |             |
| 23-9/383-9   | 1        | ADAPTADOR CASQUILLO - OJO 16mm GALV. ESTANDAR MADE 243062      | ETECEN    |             |
| 23-10/383-10   | 1        | ADAPTADOR ANILLO-BOLA GALV. ESTANDAR MADE 242043               | ETECEN    |             |
| 23-11/383-11   | 2        | ADAPTADOR ANILLO-BOLA GALV. ESTANDAR FATEN                     | ETECEN    |             |
| 23-12/383-12   | 1        | GRILLETES 16mm GALV. ESTANDAR MADE 241030                      | ETECEN    |             |
| 23-13/383-13   | 1        | AMORTIGUADOR ACERO INOXIDABLE                                  | DESSAU    |             |
| 23-14/383-14   | 1        | AMORTIGUADOR ESTANDAR  | ETECEN    |             |
| TORRE No. 27 FECHA INSTALACION: 99-02-26/TORRE 362 FECHA INSTALACION: 99-02-25 |          |  |           |             |



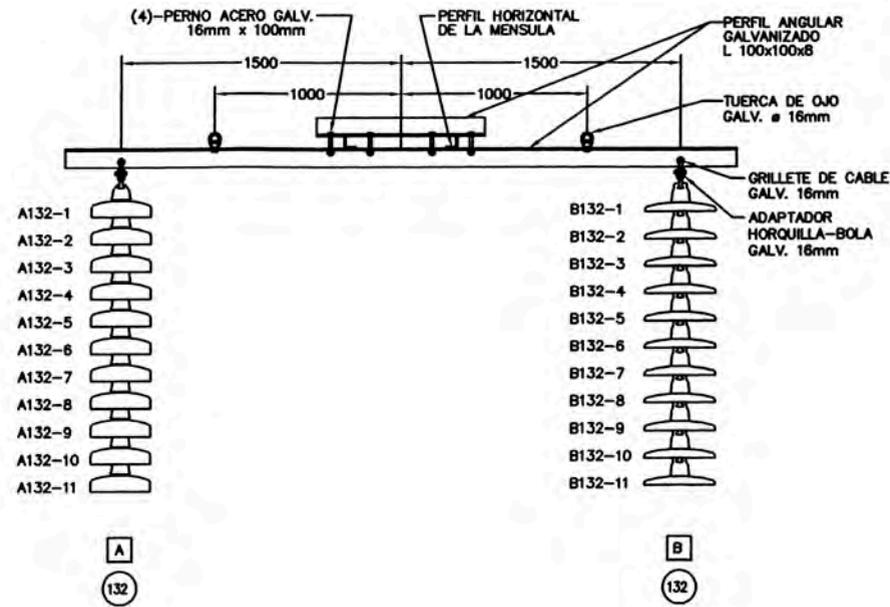
ALZADO  
1 : 20

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  |   | UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA             |  |
|  |   | FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |  |
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M. | PROPIETARIO:<br>EXPEDIENTE N°:<br>APROBADO:   | PLAN-ESPR-012                                  |  |
| FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: A-3     | TÍTULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV |  |  |
| L-215<br>FERRETERIA                                    |   |  |  |



ALZADO TRANSVERSAL TIPO  
1 : 125  
(TORRE No. 132)

| LISTA DE MATERIALES PARA LA TORRE No. 132 |          |   |           |             |
|---|----------|---|-----------|-------------|
| ARTICULO                                  | CANTIDAD | DESCRIPCION                                   | PROVEEDOR | REFERENCIAS |
| A132                                      | 11       | AISLADORES TIPO FOG NGK CA-821MW              | DESSAU    | -           |
| B132                                      | 11       | AISLADORES TIPO DESERTICO SEDIVER F12D/146 DC | DESSAU    | -           |
| FECHA INSTALACION: 99-02-19               |          |   |           |             |

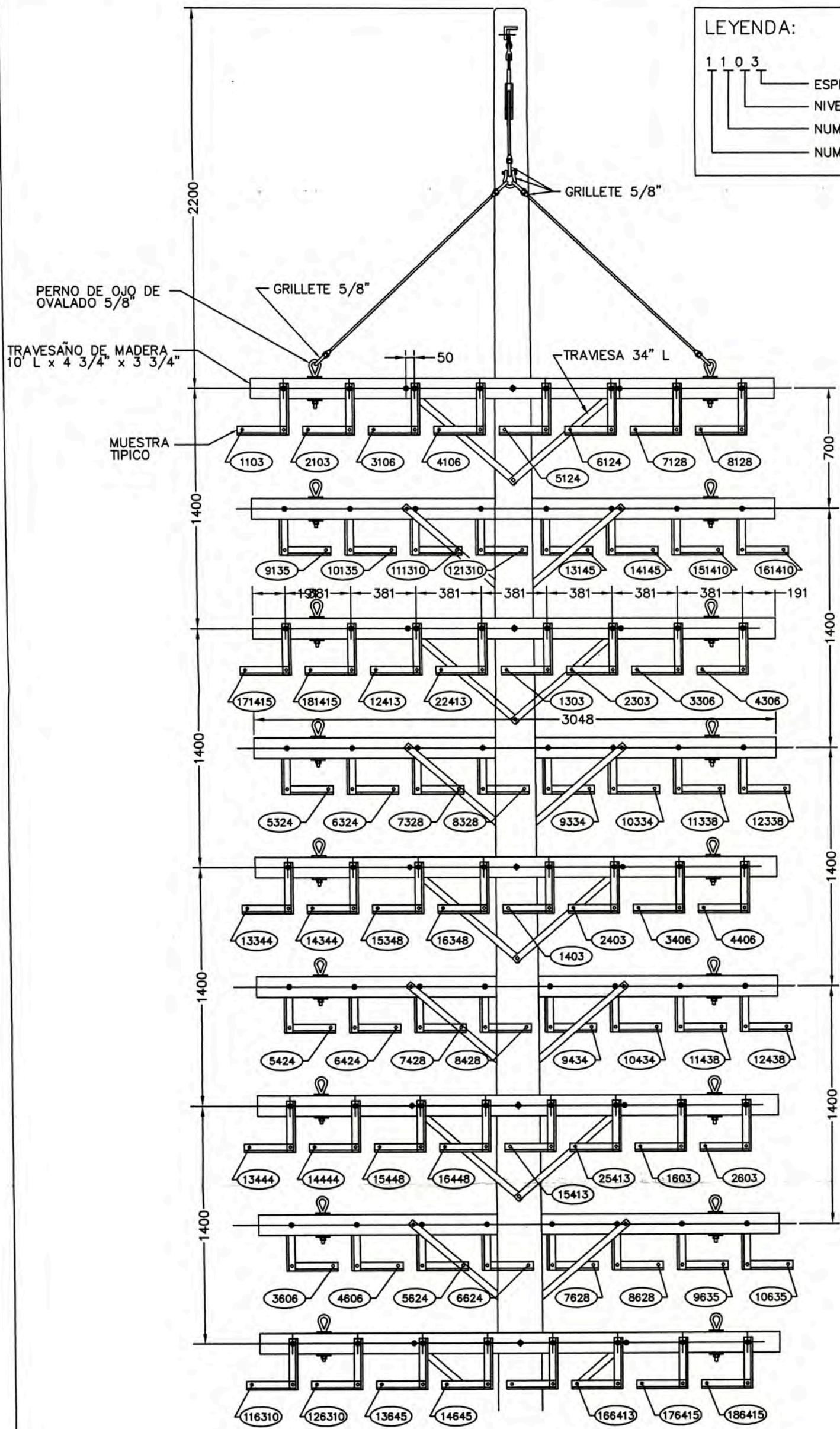


ALZADO  
1 : 20

|   |  |               |
|---|--|---------------|
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA |  | EXPEDIENTE N° |
|   |  | APENDICE      |
| DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.  | PROPIETARIO  | PLAN-ESPR-013 |
| FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: A-3  | TITULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV<br><b>LINEA L207</b><br><b>CONTAMINACION DE AISLADORES</b> |               |

**LEYENDA:**

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1 | ESPESOR DE PINTURA |
| 1 | NIVEL DE CORROSION |
| 0 | NUMERO DE SISTEMA  |
| 3 | NUMERO DE MUESTRA  |



|   |  |  |                               |
|---|--|--|-------------------------------|
|  |  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  |                               |
|   |  | DISEÑO: E.B.G.<br>REVISADO: M.F.T.<br>DIBUJADO: C.O.M.   | PROPIETARIO:<br>EPIDEMIOLOGIA |
| FECHA: NOVIEMBRE 08<br>ESCALA: S/E<br>FORMATO: A-3                                    |  | TITULO: ESTUDIO Y METODOLOGIA DE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA MATERIALES ALTERNATIVOS EN ZONAS DE ALTA CONTAMINACION DE LT 220 KV<br><b>MUESTRAS DE PINTURA ALZADO</b> |                               |

**PLANOS:**

| <b>NUMERO DE PLANO</b> | <b>TITULO</b>   |
|------------------------|---|
| PLAN-ESPR-001          | Estación de Pruebas Planta general de las instalaciones                       |
| PLAN-ESPR-002          | Alimentación de la Estación Planta y Alzado                                   |
| PLAN-ESPR-003          | Alimentación de la Estación Detalle del Transformador                         |
| PLAN-ESPR-004          | Sección de Pruebas Energizada Planta y Alzado                                 |
| PLAN-ESPR-005          | Sección de Pruebas Desenergizada Planta General y Alzado                      |
| PLAN-ESPR-006          | Sección de Pruebas Desenergizada Pórtico para prueba de aisladores del Tipo P |
| PLAN-ESPR-007          | Sección de Pruebas Desenergizada Pórticos de prueba de materiales             |
| PLAN-ESPR-008          | Línea 238, Pruebas de lavado de cadenas en suspensión                         |
| PLAN-ESPR-009          | Línea 238, Contaminación de aisladores  |
| PLAN-ESPR-010          | Línea 213, Reemplazo de cadenas en suspensión existentes                      |
| PLAN-ESPR-011          | Línea 215, Pruebas de contaminación de conductores zonas críticas             |
| PLAN-ESPR-012          | Línea 215, Ferretería   |
| PLAN-ESPR-013          | Línea 207, Contaminación de aisladores  |
| PLAN-ESPR-014          | Muestras de Pintura   |

## BIBLIOGRAFIA

1. A Critical Comparison of Artificial Pollution Test Methods for HV Insulators, Working Group 04, Study Committee no. 33 of CIGRÉ, published in *Electra*, No. 64, May 1979, pp. 112-136.
2. *Metals Handbook Ninth Edition*, Vol. 10, -Materials Characterization, pp. 89-101.
3. IEC Publication 507 "Artificial Pollution Tests on High-Voltage Insulators to be used on A.C. Systems," 1991-04.
4. Beauséjour, Y. "Insulator Contamination Study in Peru", Report IREQ-99124-C, Progress Report 1, June 1999.
5. Beauséjour, Y. "Insulator Contamination Study in Peru", Report IREQ-99-186-C, Progress Report 2, Oct. 1999.
6. Beauséjour, Y. "Insulator Contamination Study in Peru", Report IREQ-99-274-C, Progress Report 3, Dec. 1999.
7. Information on the Meteorological Data Collected from Chiclayo at the Internet Address: <http://french.wunderground.com/global/stations/84452.html>
8. Internet Site: <http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html>
9. Lambeth, P.J. "Variable-voltage Application for Insulator Pollution Tests," *IEEE Trans. PWRD*, Vol. PWRD-3 No. 4, p. 2103, 1988
10. Lambeth, P. J., Schneider, H. M. "Final Report on the Clean Fog Test for HVAC Insulators," *IEEE Trans. on Power Delivery*, PWRD-2, pp. 1317-1326, Oct. 1987.

11. Zaffanella, L.E., Schneider, H.M., Dunlap, J.H., "Performance of Contaminated Insulators for HVDC Lines", CIGRÉ 33-05, 1986.
12. NGK Technical Note TN-96002R2: "NGK Semiconducting Glazed Suspension Insulators (Durasstor  $\Omega$ )", April 3, 1996.
13. Estudio Para la Reduccion de Perdidas y Efectos Salinos en el Sistema de Transmission Costero de ETECEN S.A, en 220 kV: , Contrato No 040-96-DE/PE-0018, Promera fase : Factibilidad, Dessau inc., Octubre1996.
14. Yanque Montufar, J., "Estudio de la Contaminación de Aisladores, Aplicado al Mantenimiento de Líneas en Servicio, Segunda Parte : La Acumulación, el Dimensionamiento y el Mantenimiento", Documento preparado para su presentación en la Comisión I « Energía », Conimera IV, Lima, Perú, 1977.

## **CORROSION**

1. LANDRUM, R. James. Fundamentals of designing for corrosion control – A corrosion aid for the designer, 1<sup>st</sup> ed, NACE, 1989, 352p.
2. PORTER, Frank C.. Corrosion resistance of zinc and zinc alloys, 1<sup>st</sup> ed, Marcel Dekker ed., 1994, 523p.
3. BUDINSKI, Kenneth G. and Micheal K. Budinski. Engineering materials: Properties and selection, 6<sup>th</sup> ed., Prentice-Hall, 1999, 718p.
4. Corrosion, ASM Handbook, vol.13, 10<sup>th</sup> ed, ASM International, 1987, 1415p.
5. Properties and selection: Irons, steels, and high-performance alloys, ASM Handbook, vol.1, 10<sup>th</sup> ed, ASM International, 1990, 1063p.
6. ASTM A380-96, Standard practice for cleaning, descaling, and passivation of stainless steel parts, equipment and systems, vol. 01.03, ASTM, 1998.
7. FRITZ, J.D. and al. “The influence of iron contamination on the corrosion resistance of several stainless steels”, NACE Expo Corrosion 2000, conference paper 00457, NACE, 2000, 11p.
8. Galvanizing for corrosion protection – A specifier’s guide, American galvanizers association (AGA) publication, 2000, 29p.

9. Hot dip galvanizing for corrosion protection of steel products, American galvanizers association (AGA) publication, 1996, 14p.
10. Inspection of products hot dip galvanized after fabrication, American galvanizers association (AGA) publication, 1999, 16p.
11. Wet storage stain, American galvanizers association (AGA) publication, 1997, 5p.
12. ASTM E376-96, Recommended practice of measuring coating thickness by magnetic-field or eddy-current (electromagnetic) test methods, vol. 03.03, ASTM, 1998.
13. ASTM A90-95a, Standard test method for weight of coating on zinc-coated (galvanized) iron or steel articles, vol. 01.06, ASTM, 1998.
14. ASTM B487-85, Standard test method for measurement of metal and oxide coating thickness by microscopical examination of a cross section, vol. 02.05, ASTM, 1997.