

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV
PARA ALIMENTAR LA SUBESTACIÓN PLANTA
ÓXIDOS I EN LA REGIÓN DE PASCO**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

BLADIMIR GARY JAURAPOMA HILARIO

PROMOCIÓN 2 009-I

LIMA-PERÚ

2 013

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre conmigo, por haberme guiado e iluminado el camino y dado fuerzas para lograr mis sueños.

A mi madre, Celestina Hilario Sedano, a mi padre, Alfredo Jaurapoma Lizana, quien con muchos sacrificios ha luchado contra adversidades por sacarme hacia delante y hacerme una persona de bien.

A mis hermanos Grimson y Luz Noemí, por su incondicional apoyo y haber creído siempre en mí.

A mí querida hija: Nicole Mayumi, "Quiero que siempre lleve presente la importancia de aprender y buscar el camino del conocimiento y el deber", ¡Que Dios le bendiga!

AGRADECIMIENTOS

EL autor expresa su agradecimiento:

A mi asesor Dr. Gilberto Becerra Arevalo, Catedrático del Departamento de Ing. Mecánica, Universidad Nacional de Ingeniería.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, por darme la oportunidad de continuar el proceso de enriquecimiento intelectual.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron en el desarrollo de este trabajo de grado.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

| | | |
|-----|--|---|
| 1.1 | GENERALIDADES | 4 |
| 1.2 | OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 1.3 | NORMAS | 5 |
| 1.4 | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA LÍNEA | 6 |

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

| | | |
|---------|--|----|
| 2.1 | CONDICIONES GENERALES | 7 |
| 2.1.1 | Alcances | 7 |
| 2.1.2 | Ubicación | 7 |
| 2.1.3 | Condiciones Ambientales | 9 |
| 2.2 | SELECCIÓN DE LA RUTA | 11 |
| 2.2.1 | Faja de Servidumbre | 12 |
| 2.2.2 | Planteamiento de las alternativas | 12 |
| 2.2.3 | Coordenadas del trazo de ruta | 13 |
| 2.3 | SELECCIÓN DEL CONDUCTO | 16 |
| 2.3.1 | Material | 16 |
| 2.3.2 | Capacidad de Transmisión | 16 |
| 2.3.3 | Elementos de entrada | 17 |
| 2.3.4 | Selección económica | 17 |
| 2.4 | PARÁMETROS ELÉCTRICOS | 18 |
| 2.5 | AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR | 18 |
| 2.6 | DISEÑO MECÁNICO DEL CONDUCTOR | 19 |
| 2.6.1 | Cálculo de la catenaria | 20 |
| 2.6.2 | Procedimientos de cálculo | 20 |
| 2.6.3 | Cálculo de C, Conociendo el tiro en el extremo | 22 |
| 2.6.4 | Ecuación de cambio de estado | 23 |
| 2.6.5 | Fuerzas sobre el soporte por efecto de los conductores | 25 |
| 2.7 | SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS | 26 |
| 2.7.1 | Prestación de las Estructuras | 27 |
| 2.7.2 | Diseño de la parte superior de las estructuras | 27 |
| 2.7.3 | Diseño mecánico de las estructuras | 28 |
| 2.7.4 | Factores de Seguridad para las Fundaciones | 28 |
| 2.7.5 | Árbol de Cargas (Diagramas Isométricos) | 29 |
| 2.8 | CARACTERÍSTICAS DE CABLE DE GUARDA | 29 |
| 2.8.1 | Cable de Guarda de Fibra Óptica (OPGW) | 31 |
| 2.8.2 | Cable de Guarda tipo Acero Galvanizado tipo EHS | 32 |
| 2.9 | PUESTA A TIERRA | 32 |
| 2.9.1 | Configuraciones del Sistema de Puesta a Tierra | 32 |
| 2.9.1.1 | Configuración A | 32 |
| 2.9.1.2 | Configuración B | 33 |

| | |
|---|----|
| 2.9.2 Características del material del Sistema de Puesta a Tierra | 33 |
|---|----|

CAPÍTULO III: CÁLCULOS JUSTIFICADOS

| | |
|---|----|
| 3.1 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR | 35 |
| 3.1.1 Selección Económica | 35 |
| 3.1.2 Datos de entrada | 35 |
| 3.1.3 Costo de inversión inicial | 36 |
| 3.1.4 Costo de perdidas Corona | 37 |
| 3.1.5 Costo de perdidas Joule | 40 |
| 3.1.6 Resultados | 41 |
| 3.1.7 Ampacidad | 41 |
| 3.2 PARÁMETROS DE LA LÍNEA DE TRANSMISION | 44 |
| 3.3 AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR | 44 |
| 3.3.1 Por sobretensión a frecuencia industrial húmedo | 44 |
| 3.3.2 Por Sobretensión de maniobra | 47 |
| 3.3.3 Por Sobretensión de Impulso Atmosférico | 51 |
| 3.3.4 Diseño del Aislamiento por Distancia de Fuga | 51 |
| 3.3.5 Selección de Aisladores | 52 |
| 3.4 CÁLCULOS MECÁNICOS | 53 |
| 3.4.1 Cálculo de presión de viento | 53 |
| 3.4.2 Análisis de efecto CREEP | 55 |
| 3.4.2.1 Cálculo del alargamiento del conductor (CREEP) | 55 |
| 3.4.2.2 Temperatura Máxima en el conductor | 56 |
| 3.4.3 Coordinación entre conductor de fase y cable de guarda | 57 |
| 3.4.4 Hipótesis del Cable de Guarda OPGW (108 mm ²) – EHS(70mm ²) | 58 |
| 3.4.5 Hipótesis de Estado del Conductor tipo AAAC de 304mm ² | 67 |
| 3.5 CÁLCULO MECÁNICOS DE LAS ESTRUCTURAS | 74 |
| 3.5.1 Estructura Angular | 74 |
| 3.5.2 Estructura Terminal | 77 |
| 3.5.3 Cálculo del árbol de cargas de las Estructuras | 78 |
| 3.5.4 Cálculo de Distancias Entre Fases a Mitad del vano | 80 |
| 3.5.5 Distancia de Seguridad | 81 |
| 3.5.6 Distancias de Seguridad al Suelo | 83 |
| 3.5.7 Prestación de las Estructuras | 83 |
| 3.6 PUESTA A TIERRA | 84 |
| 3.6.1 Condiciones Generales | 84 |
| 3.6.2 Material de Puesta a Tierra | 84 |
| 3.6.3 Tipos de Configuración de Sistemas de Puesta a Tierra | 85 |
| 3.6.3.1 Configuración A | 85 |
| 3.6.3.2 Configuración B | 87 |
| 3.7 APANTALLAMIENTO | 89 |
| 3.7.1 Salida por Fallas por Apantallamiento (NFS) | 89 |

| | |
|--|----|
| 3.7.2 Salida por descargas de Flameo Inverso (NF) | 93 |
| 3.7.3 Salida de Línea por Caída de Rayos en la Torre | 94 |
| 3.7.4 Salida de Línea | 96 |

CAPÍTULO IV: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTROS

| | |
|--|-----|
| 4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONDUCTOR | 97 |
| 4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ESTRUCTURAS | 99 |
| 4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE AISLADORES | 102 |
| 4.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CABLE OPGW | 105 |
| 4.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CABLE EHS | 108 |
| 4.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES DE PUESTA A TIERRA | 110 |

CAPÍTULO V: METRADOS, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA

| | |
|---|-----|
| 5.1 METRADO Y PRESUPUESTO DE SUMINISTRO Y TRANSPORTE | 112 |
| 5.2 METRADO Y PRESUPUESTO DE MONTAJE ELECTROMECAÁNICO | 113 |
| 5.3 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA | 114 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

PRÓLOGO

El diseño de la Línea de Transmisión en 138kV, tiene un recorrido estimado de 1.5 km cuyo punto de conexión proyectada inicia en la Subestación existente Paragsha II 220/138 kV y termina su recorrido en la nueva Subestación Planta Óxidos I (Línea proyectada en simple terna con estructuras auto soportadas). El informe de suficiencia se ha estructurado en cinco capítulos que a continuación se detallan:

En el Capítulo I, se puntualiza un resumen del proyecto, describiendo la identificación del problema, el objetivo general, normas y características de la línea.

En el capítulo II, se detalla las condiciones generales del proyecto y los criterios de diseño de la selección del trazo del ruta, la selección del conductor, parámetros eléctricos, aislamiento del conductor, diseño mecánico, selección de estructuras, características de cable de guarda y puesta a tierra.

En el capítulo III, se describe los cálculos de la selección del conductor, parámetros de la Línea de Transmisión, aislamiento del conductor, cálculos mecánicos del conductor e estructuras, la puesta a tierra y el apantallamiento.

En el capítulo IV, se detalla las especificaciones técnicas de las estructuras de soporte, del conductor AAAC, aisladores, cable de guardas y materiales de puesta a Tierra.

En el capítulo V, se detalla el metrado de los suministros eléctrico y de montaje electromecánico de la línea de transmisión en 138 kV concluyendo en tablas de cantidades y precios para como también se incluye el cronograma de ejecución de obra.

Finalmente se señalan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo del informe de suficiencia.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La propiedad minera de la Empresa Administradora Cerro S.A.C, perteneciente al grupo VOLCAN, se encuentra ubicada en la Región de Pasco, departamento de Pasco, provincia de Cerro de Pasco, distrito de Huayllay a 4500 m.s.n.m (Ver plano P01-S004-1800-06-37-0054) dedicado a la extracción y procesamiento de plomo y zinc. Dentro de su programa de inversiones y crecimiento tiene proyectado la construcción de una planta de Óxidos para el procesamiento del mineral almacenado en los “stock pile”. Siendo necesario el abastecimiento de energía para la operación de la Planta de Óxidos, la proyección es construir dentro del complejo minero la nueva Subestación Planta Óxidos I en 138/12,6 kV, logrando su conexión al SEIN mediante una **Línea de Transmisión en 138 kV** con un recorrido estimado de 1.5 km cuyo punto de conexión proyectada inicia en la Subestación existente Paragsha II 220/138 kV y termina su recorrido en la nueva Subestación Planta Óxidos I siendo el Trazo de Ruta (ver plano P01-S004-1800-06-37-0055), se caracteriza por su recorrido en la sierra, cruzando una zona pequeña de ganadería; así mismo, se plantearán alternativas para la selección del trazo de ruta como también para la selección del conductor en términos económicos.

La Subestación existente Paragsha II 220/138 kV actualmente es operado por la empresa Red de Energía del Perú (REP) y cuenta con alimentación eléctrica proveniente del SEIN, lo cual garantiza el suministro de energía a la nueva Subestación Planta Óxidos I mediante una Línea de

Transmisión en 138 kV entrara en operación la Planta de Óxidos I en el 2 013 con una demanda de 11 MVA, para el 2 014 con una demanda de 15 MVA y con una proyección de 20 años con una demanda de 80MVA.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la Línea de transmisión en 138 kV para alimentar la Subestación Planta Óxidos I en la Región Pasco para atender una demanda de 11 MVA proyectada a partir de agosto del 2 013.

1.3 NORMAS

Los códigos y Normas que se emplearon en el desarrollo del presente informe de suficiencia son:

- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos , aprobada por Decreto Supremo No 020-97-EM
- Código Nacional de Electricidad Suministro 2 011

Para los casos no contemplados en los documentos anteriores se podrá aplicar recomendaciones según las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en:

- RUS 1724-E200 Rural Utilities Service
- NESC National Electrical Safety Code
- DIN Deutsche Industrie Normen
- VDE Verbau Deutsche Electrotechniker.
- ANSI American National Standars Institute.
- AISI American Iron and Steel Institute
- ASTM American Society for Testing and Materials

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 CONDICIONES GENERALES

2.1.1 Alcances

Los criterios de diseño de la línea aérea se rigen por las disposiciones del Código Nacional de Electricidad Suministro 2011, Código NESC, Norma DIN VDE 210 y otras normas internacionales específicas.

Así mismo se utiliza los criterios empleados por mi persona tomando como base la experiencia en trabajos similares, las mismas que establecen los requerimientos mínimos a que se sujetará el desarrollo de la Ingeniería del Proyecto.

Se tiene el Estudio de Pre-operatividad aprobado por el COES con carta COES/D/DP-057-2012. El estudio contempla que el ingreso de la planta de Óxidos de la Minera Volcan será en el año 2 013, con su carga prevista (11 MVA el año 2013 y 15 MVA el año 2014) es posible debido a que en operación normal y en contingencias se evidenció que el ingreso del proyecto no ocasionaría un impacto negativo que ponga en riesgo la operación del sistema circundante al proyecto.

2.1.2 Ubicación

El proyecto se encuentra en la región de Pasco (ver Fig. 2.1), Departamento de Pasco, provincia de Cerro de Pasco, distrito de Huayllay a 4500 m.s.n.m, en la Minera VOLCAN, inicia en la Subestación Paragsha II propiedad de REP, culmina su recorrido en la Subestación Planta Óxidos I ubicado al lado de la nueva planta de Óxidos.

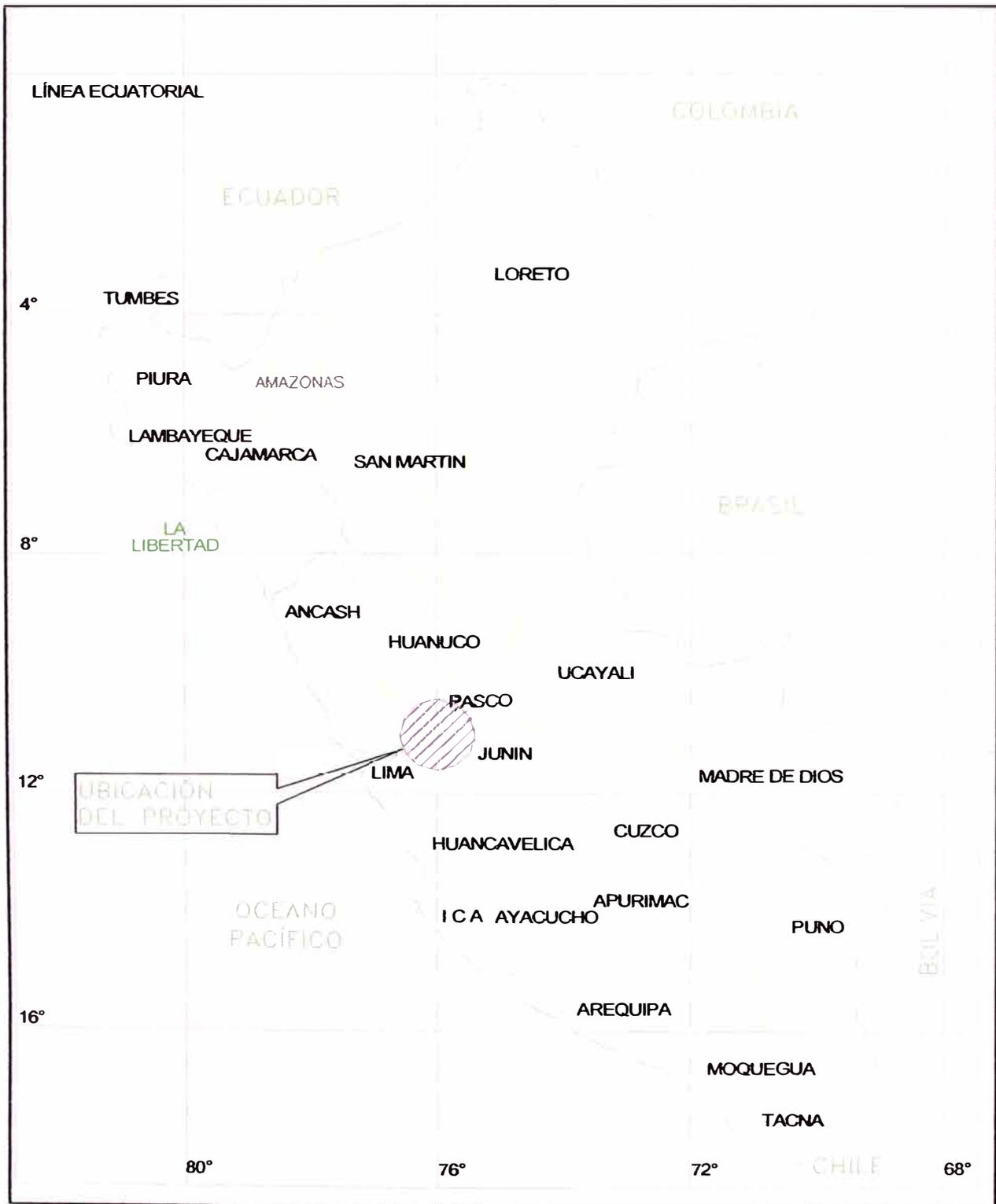


Fig. 2.1 Ubicación Regional del proyecto

2.1.3 Condiciones Ambientales

Los datos de las condiciones ambientales son tomados del registro histórico del Senamhi, son los siguientes:

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| Temperatura máxima | : | 30 °C |
| Temperatura mínima | : | -15 °C |
| Temperatura media | : | 10 °C |
| Velocidad de viento de diseño | : | 113 km/h (según CNE Suministro 2011, ver Tabla 2.1) |
| Humedad relativa promedio | : | 60 - 80 % |
| Precipitaciones | : | 1000 mm/año |
| Máxima intensidad de la lluvia | : | 10 mm/h |
| Densidad del hielo | : | 0,913g/cm ³ según CNE Suministro 2011 |
| Elevación sobre el nivel del mar | : | 4500 msnm |
| Nivel Isoceráunico | : | 60 tormentas eléctricas-año (ver fig.2.2) Mapa de Niveles Isoceráunicos, Ing. Justo Yanque) |

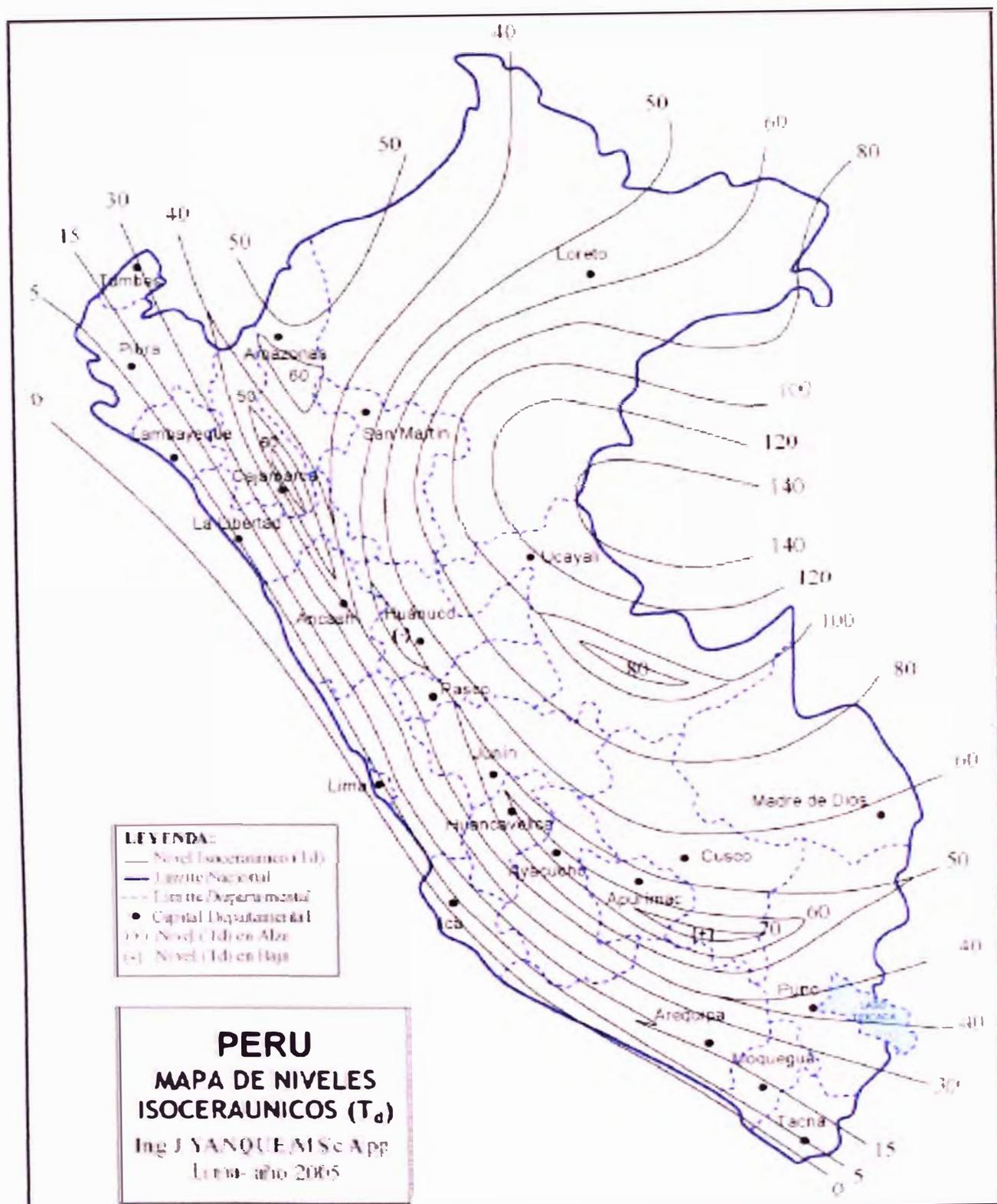


Fig. 2.2 Mapa de Niveles Isoceraunicos, Ing. Justo Yanque

Tabla. 2.1 Viento, hielo y temperatura para las áreas de carga

| Zona de carga | Área 0 elevación menor de 3 000 m.s.n.m. | Área 1 elevación 3 000-4 000 m.s.n.m. | Área 2 elevación 4 001-4 500 m.s.n.m. | Área 3 elevación a partir de 4 500 m.s.n.m. |
|---|--|---|---|---|
| Caso de sólo viento | | | | |
| Velocidad horizontal del viento | 26 m/s (94 km/h) | 29 m/s (104 km/h) | 31,5 m/s (113 km/h) | 33,5 m/s (120 km/h) |
| Temperatura °C | 10 °C | 5 °C | 0 °C | -5 °C |
| Caso de sólo hielo | | | | |
| Grosor radial del hielo mm | No hay | 6 mm | 25 mm | 50 mm |
| Temperatura | 0 °C | 0 °C | -5 °C | -10 °C |
| Caso combinado de hielo y viento | | | | |
| Grosor radial del hielo | No hay | 3 mm | 12 mm | 25 mm |
| Velocidad horizontal del viento | 14 m/s (50 km/h) | 14,5 m/s (52 km/h) | 15,5 m/s (56 km/h) | 17 m/s (61 km/h) |
| Temperatura | 5 °C | 0 °C | -5 °C | -10 °C |

Fuente de información: CNE 2011 Tabla 250.B

2.2 SELECCIÓN DE LA RUTA

Los criterios técnicos de selección de ruta para la Línea de transmisión en 138 kV que inicia su recorrido en la S.E Paragsha II existente hasta S.E Planta Oxidos I en proyección serán los siguientes:

- Seleccionar un trazo de ruta de menor longitud.
- Minimizar el número de ángulos y su magnitud, tomando en cuenta la zona del campamento minero.
- Evitar en lo posible cruzar con líneas eléctricas y de telecomunicaciones existentes, así como carreteras y caminos.

2.2.1 Faja de Servidumbre

La faja de servidumbre se verificará mediante la Norma DGE 025-P-1/1988 aprobada por R.D. 111-88-DGE/ONT, actualmente vigente, en donde se considera un ancho de faja de servidumbre de 20 m para líneas de transmisión en 138 kV, (ver tabla 2.2).

Tabla. 2.2 Anchos mínimos de fajas de servidumbre

| Tensión nominal de la línea (kV) | Ancho (m) |
|-------------------------------------|--------------|
| 10 – 15 | 6 |
| 20 – 36 | 11 |
| 50 – 70 | 16 |
| 115 – 145 | 20 |
| 220 | 25 |
| 500 | 64 |

Fuente de información: CNE 2011 Tabla 219.B.4.

2.2.2 Planteamiento de las alternativas

Se tiene dos alternativas planteadas se efectuara una comparación de longitud de la Línea de Transmisión, ángulos de los vértices, cruces de la línea, caminos de acceso, etc.

A continuación en el cuadro N° 2.1 se presenta la comparación técnica de las alternativas planteadas, en donde se tomara en cuenta fundamentalmente la longitud de línea y así mismo se ha contabilizado los vértices de cada alternativa

| Descripción | Alternativa 01 | Alternativa 02 |
|--|--|--|
| Longitud de la Línea | 1.41km | 1.34km |
| Caminos de acceso para la instalación de estructuras | Tiene acceso | Tiene acceso |
| Número de Estructuras de la Línea | 8 | 7 |
| Observaciones | La pendiente de la vértice V-6 al V-7 es pronunciado, aproximadamente un desnivel de 30m | Desde el vértice V-6 al V-7 se tiene un desnivel con menor grado de inclinación. |

Cuadro N° 2.1 Alternativas del Trazo de ruta.

En conclusión se elige la alternativa 2 desde un punto de vista técnico y económico.

2.2.3 Coordenadas del trazo de ruta

Las coordenadas UTM-PSAD 56 son tomadas en los vértices de la Línea de Transmisión en 138 kV como se muestra en el cuadro N° 2.2.

| COORDENADAS UTM PSAD-56 | | | | | | |
|-------------------------|------------|-----------|------------------|----------------|------------------|------------|
| HITO | NORTE | ESTE | COTA m.s.n.m. | PARCIAL (m) | ACUMULADA (m) | ANGULO |
| P0 | 8820205.71 | 360589.36 | 4371.37 | | 0 | 0° |
| V-01 | 8820178.37 | 360614.93 | 4369.63 | 43.43 | 43.43 | 86°34'08" |
| V-02 | 8820065.85 | 360508.19 | 4376.52 | 155.09 | 198.52 | -19°15'20" |
| V-03 | 8819903.36 | 360435.04 | 4388.72 | 178.20 | 376.72 | -5°19'58" |
| V-04 | 8819641.31 | 360345.32 | 4380.10 | 276.98 | 653.70 | -35°00'00" |
| V-05 | 8819526.23 | 360378.91 | 4374.86 | 119.87 | 773.57 | 34°28'33" |
| V-06 | 8819205.75 | 360273.50 | 4362.00 | 337.64 | 1111.21 | 6°7'18" |
| V-07 | 8819089.84 | 360221.17 | 4349.57 | 126.95 | 1238.16 | -18°1'4" |
| P1 | 8819049.27 | 360216.69 | 4355.51 | 41.04 | 1279.20 | 0° |

Cuadro N° 2.2 Coordenadas de los Vértices.

El trazo de ruta seleccionado se muestra en el plano P01-S004-1800-06-37-0055, a continuación imágenes de las posiciones de las estructuras:

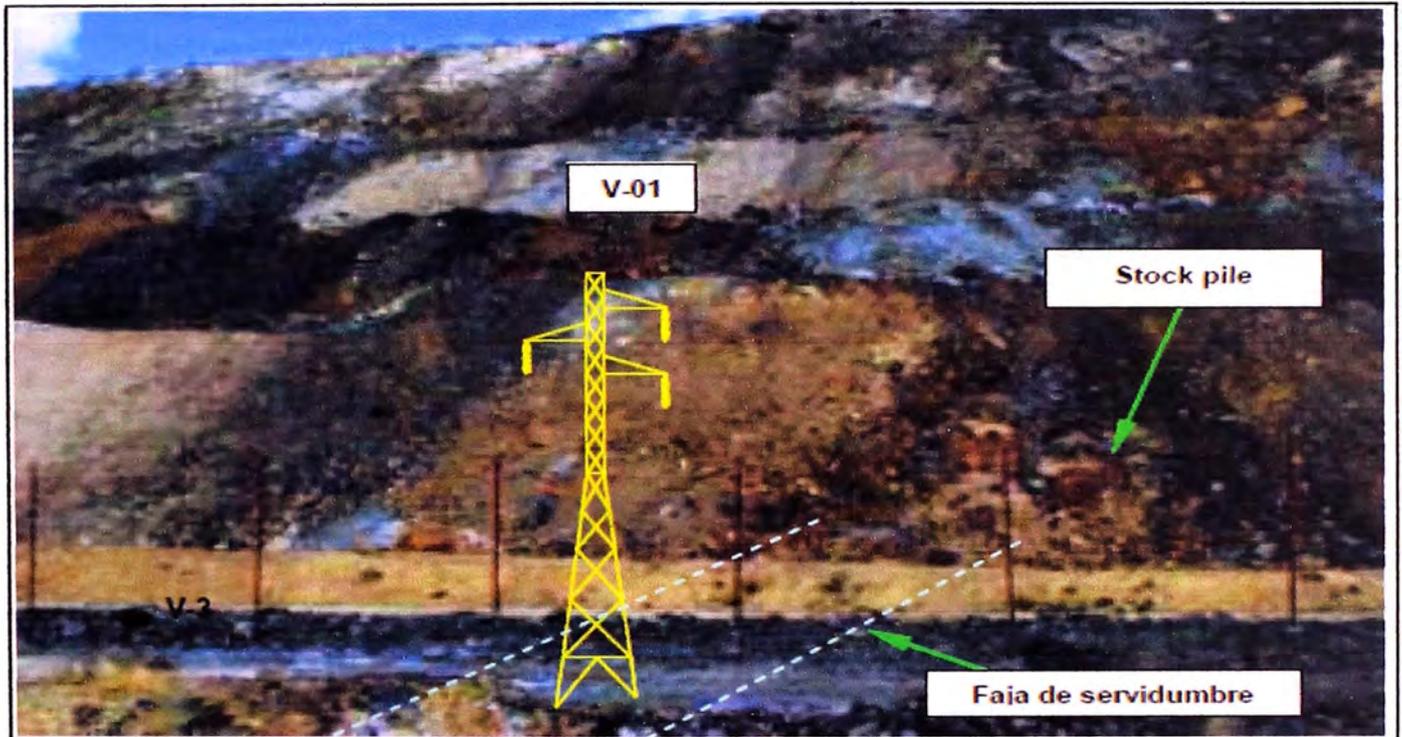


Fig. 2.3 Vértice V-1 Estructura alejado del Stock pile

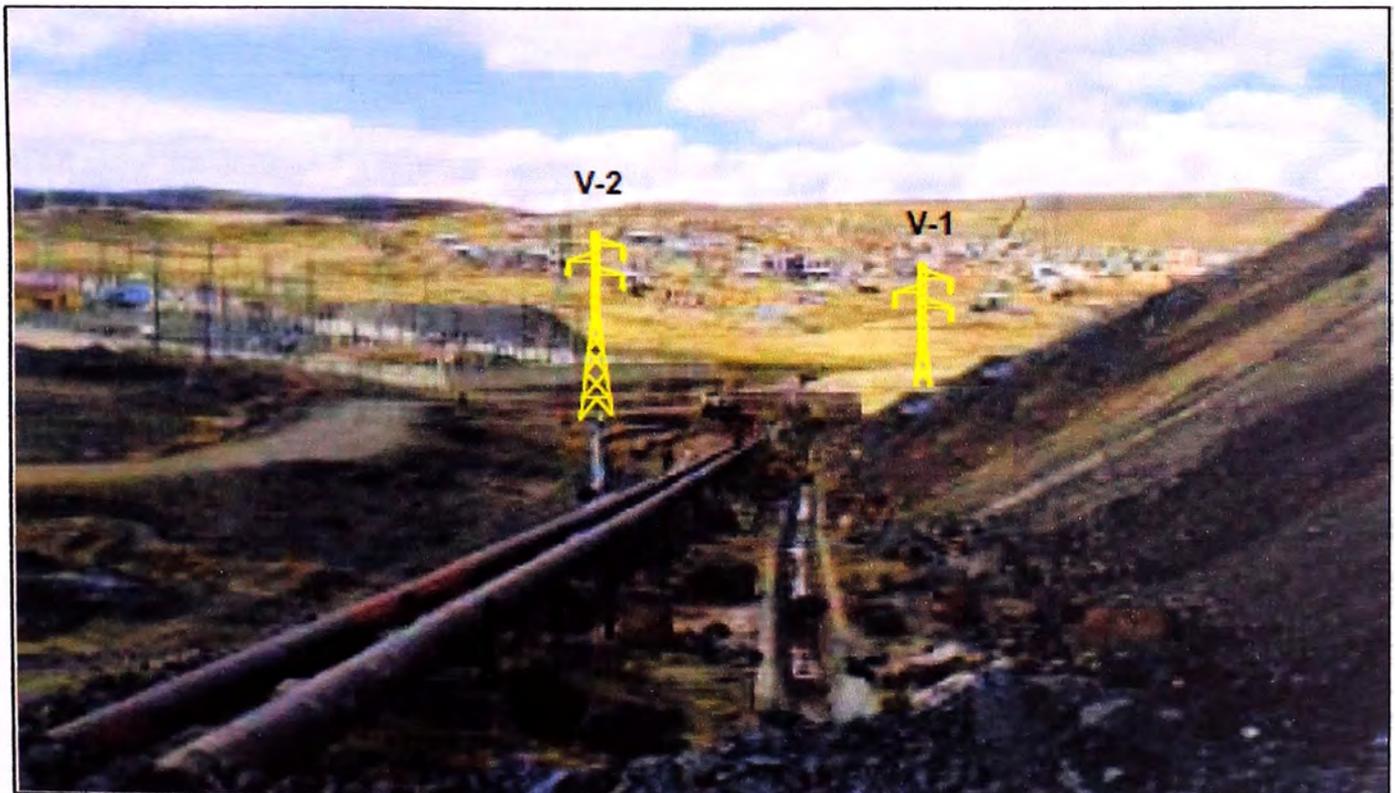


Fig. 2.4 Vértice V-2

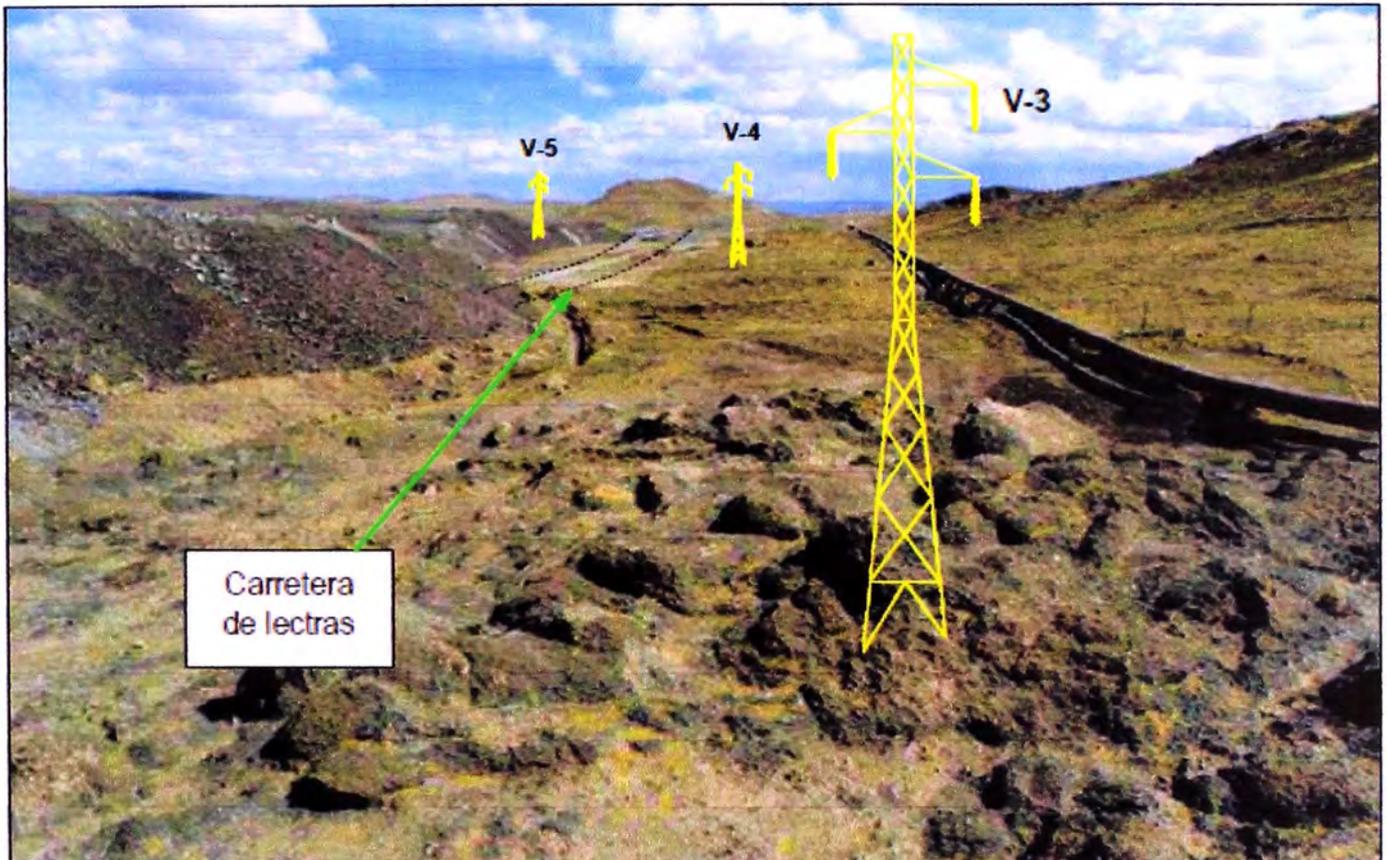


Fig. 2.5 Vértices V-3, V-4, V-5, estructuras especiales para elevar el conductor por el paso del Lectra Haul.

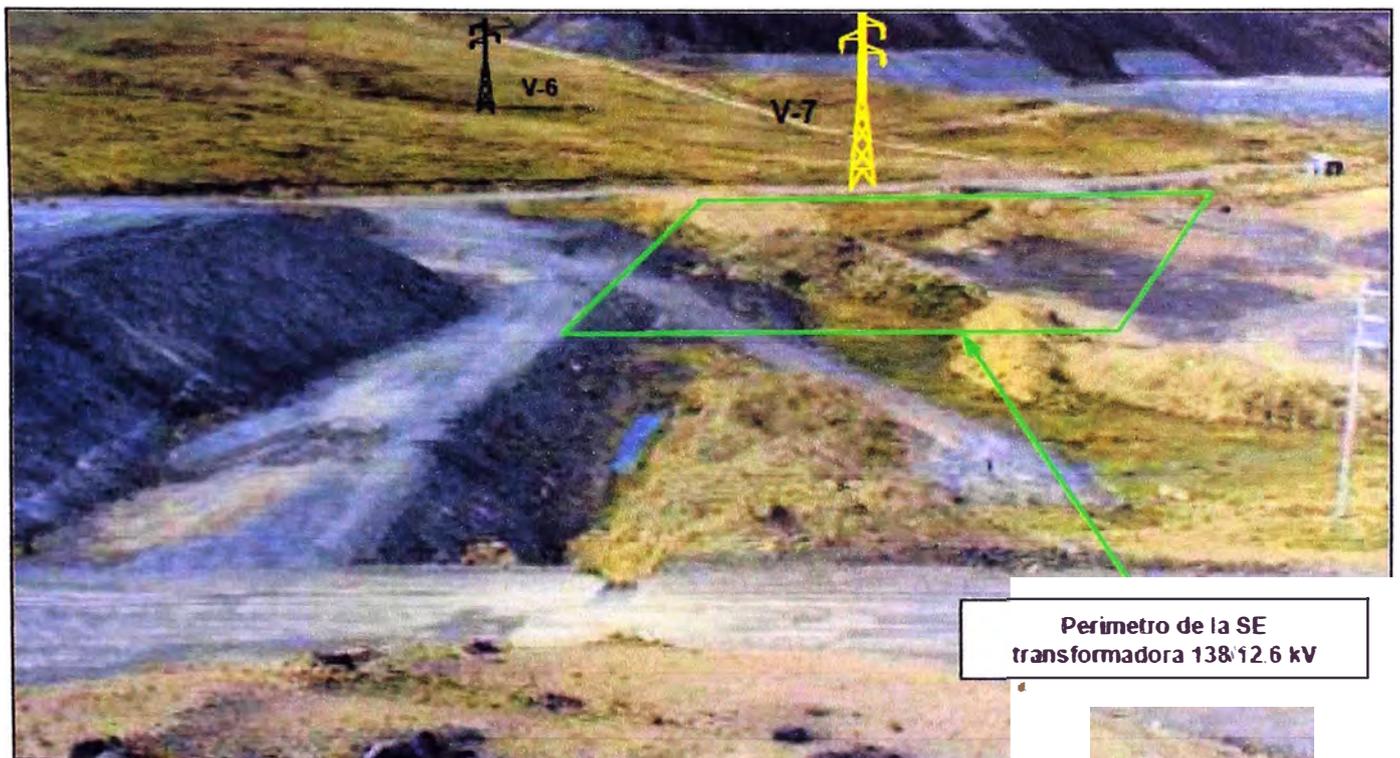


Fig. 2.6 Vértice V-6 y V-7, Ubicación de la S.E Planta Oxidos I y la llegada de la Línea de Transmisión en 138kV

2.3 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

Al seleccionar un conductor debemos tener en cuenta las propiedades eléctricas y mecánicas como la resistencia eléctrica, la conductividad, la tenacidad, resistencia mecánica y además debe soportar los efectos de corrosión, para poder brindar un servicio satisfactorio por un periodo muy largo sin requerir gran mantenimiento. El criterio para esta aplicación, es conocer el tipo de conductor de alta tensión que utiliza la Compañía minera Volcan en sus instalaciones eléctricas existentes teniendo en cuenta la presencia de hielo como también el tipo de conductor existe en la S.E Paragsha II, para luego hacer una evaluación económica.

2.3.1 Material

El tipo de material del conductor a usarse en este proyecto será de Aluminio reforzado con Aleación de aluminio tipo AAAC, manteniendo de esta forma el mismo tipo de conductor existente en el Sistema de Transmisión de Volcan y actualmente existente en la S.E Paragsha II.

Tiene una conductividad del 52.5% según la IACS (International Annealed Cooper Standard), menor peso y gran resistencia al esfuerzo mecánico lo cual permite grandes vanos en línea de Transmisión.

2.3.2 Capacidad de Transmisión

La capacidad de transmisión (ampacidad) de la línea en condiciones normales de operación continua es 80 MVA, la capacidad de transmisión en condiciones de contingencias la línea debe transmitir una potencia adicional del 20% de su potencia nominal que sería 96 MVA y la potencia de diseño permitirá que en futuro se incrementara la demanda considerando las

condiciones de emergencia en 30 minutos, la línea de transmisión soporta una sobrecarga del 30% siendo 120 MVA. Se determinará con el programa PLS-CAD la corriente empleando la siguiente norma: Standard IEEE 738 - 2006.

2.3.3 Elementos de entrada

- Potencia de diseño : 120 MVA
- Nivel de Tensión : 138kV
- Factor de potencia : 0.90
- Factor de carga : 0.85
- Precio de potencia media : S/. 17.03 /kW-mes
- Precio de energía media en hora punta: S/. 9.72 /kW.h
- Precio de energía media fuera de punta: S/. 9.39 /kW.h

Estos precios solo se utilizan para efectuar la comparación de costos en la selección del conductor de la línea en 138 kV

| | |
|---------------------------|-------------------------|
| Costo de energía promedio | 35.64 USD / MWh |
| Costo de Potencia | 81448,00 USD / MW - año |

2.3.4 Selección económica

Para seleccionar el conductor, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Costo de Inversión Inicial
- Costos de pérdidas Corona
- Costos de pérdidas Joule

$$FO = \sum (INVERSIÓN, PÉRDIDAS)$$

Dónde:

FO: Función de optimización

2.4 PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Para determinar los parámetros eléctricos de la Línea de transmisión en 138 kV; S.E. Paragsha II – Nueva S.E. Planta Óxidos I con un recorrido estimado de 1.5km se utilizó el software Digsilent Power Factory 14.0.520, con el cual se obtendrá las matrices de impedancia

Los parámetros eléctricos son la resistencia, la reactancia, la capacitancia y la conductancia, estos parámetros son determinados para calcular la capacidad de transporte de potencia de la Línea de transmisión.

2.5 AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR

El criterio de diseño a aplicar para el aislamiento es la selección de la rigidez dieléctrica de los materiales de las tensiones que pueden aparecer en la red a la cual están destinados, teniendo en cuenta factores ambientales y el esfuerzo de sobre voltajes los cuales son:

- Por sobretensión a frecuencia industriales húmedos
- Por sobretensión de maniobra
- Por sobretensión de impulso Atmosférico

Las cadenas de aislamiento se dimensionan en base a los tres tipos de sobretensiones mencionados y la mínima separación por distancia de fuga.

2.6 DISEÑO MECÁNICO DEL CONDUCTOR

Al seleccionar un conductor debemos tener en cuenta las propiedades mecánicas como la tenacidad, resistencia mecánica y además debe soportar los efectos de corrosión, para poder brindar un servicio satisfactorio por un periodo muy largo sin requerir gran mantenimiento.

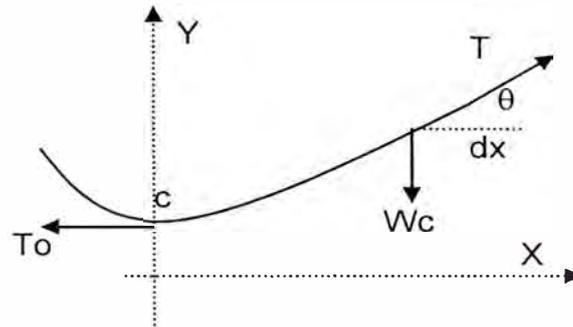
La tensión mecánica que aparece en los conductores varía permanentemente como consecuencia de los cambios de temperatura, la presencia de vientos, la presencia de hielo o a la combinación de dos o más factores, en segundo caso se realizan las hipótesis de carga de peso propio.

Ahora bien, como estas condiciones pueden considerarse extrema, su aplicación sobre las estructuras pueden resultar muy elevadas, es por esto que se debe considerar unos coeficientes de seguridad más bajos.

El cálculo para las tensiones y flecha que debe soportar el conductor, se hacen a partir de hipótesis de carga, usando determinadas condiciones extremas o límites de referencia, en ellas, la carga total que resulte aplicada al conductor, causada por la suma de todas las condiciones de una hipótesis de cálculo pueda admitir, deber un porcentaje determinado de la carga de ruptura del conductor. A partir de estas condiciones límite, se determinan las condiciones intermedias o cargas que resulten en otras circunstancias por los cuales pueda pasar el conductor, esto permite determinar, además del valor de las tensiones, los valores de las flechas que debe soportar el conductor en condiciones secundarias, para que cuando las condiciones varíen y lleguen a sus valores máximos, produzcan en el conductor variaciones de carga que resulten solo una fracción de su carga de ruptura que se le ha asignado como tope a éstas.

Los cálculos mecánicos del conductor y cable de guarda han sido desarrollados mediante un programa computacional denominado PROG.

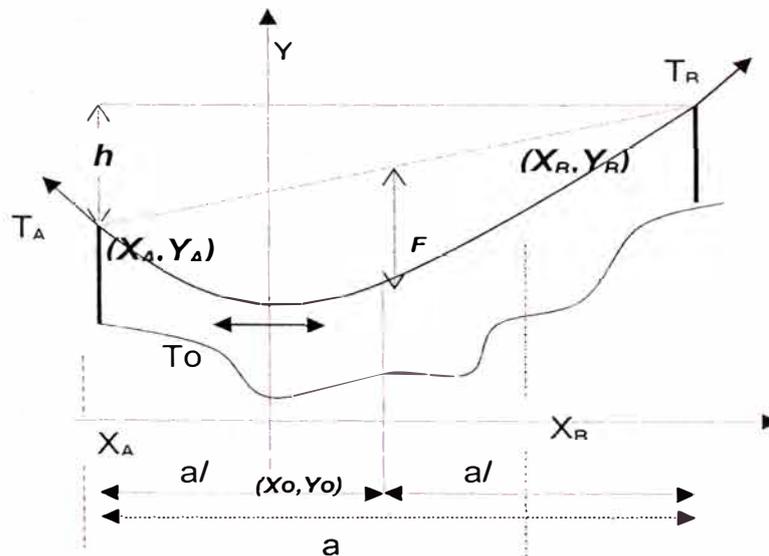
2.6.1 Cálculo de la catenaria



- 1) $Y = C * \text{Cosh}(X/C)$ (Ecuación de la Catenaria)
- 2) $C = \frac{T_0}{Wc}$ (Cálculo del parámetro C, conociendo T_0)
- 3) $T = T_0 * \text{Cosh}(X/C)$ (Tiro del conductor en cualquier punto de la catenaria)

2.6.2 Procedimientos de cálculo

Tomando el diagrama siguiente como un ejemplo genérico.



4) $T_0 = C.Wc$ (Tiro Horizontal conociendo el parámetro C)

5) $K = \frac{h}{a} \Rightarrow h = a.k$

6) $X_m = C.ArcSenh\left(\frac{\frac{h}{2C}}{Senh\left(\frac{a}{2C}\right)}\right)$

7) $X_A = X_m - a/2; X_B = X_m + a/2$

8) $L_A = C.Senh\left(\frac{X_A}{C}\right)$ (Longitud del lado izquierdo de la catenaria)

$L_B = C.Senh\left(\frac{X_B}{C}\right)$ (Longitud del lado derecho de la catenaria)

9) $T_A = W_C \sqrt{C^2 + L_A^2}$ (Tiros en los extremos de la catenaria)

$T_B = W_C \sqrt{C^2 + L_B^2}$

10) $F = C.Cosh\left(\frac{X_m}{C}\right)\left[Cosh\left(\frac{a}{2C}\right) - 1\right]$ (Cálculo de la Flecha)

11) $Y_A = C.Cosh\left(\frac{X_A}{C}\right)$

$Y_B = C.Cosh\left(\frac{X_B}{C}\right)$

12) (Saeta)

$S = Y_A + \frac{h(X_A)}{a} - C; \text{ si } Y_A < Y_B$

$S = Y_B + \frac{h(X_B)}{a} - C; \text{ si } Y_A > Y_B$

$S = F, \text{ si } Y_A = Y_B$

$$13) \theta_B = \text{ArcTan}\left(\text{Senh}\left(\frac{X_B}{C}\right)\right)$$

Donde:

| | | |
|------------|---|--|
| To | : | Tiro horizontal. |
| C | : | Parámetro de catenaria. |
| Wc | : | Peso unitario del conductor. |
| S | : | Saeta |
| h | : | Desnivel |
| a | : | Vano Horizontal |
| Xm | : | Valor X del punto medio de la catenaria. |
| θ_B | : | Angulo de la catenaria en el lado derecho, respecto al eje X |

2.6.3 Cálculo de C, Conociendo el tiro en el extremo.

Teniendo como datos conocidos:

$$K_A = \frac{T_A}{W_C} + \frac{h}{2}, \quad K_B = \frac{T_B}{W_C} - \frac{h}{2}$$

Se tiene la ecuación:

$$C \cdot \text{Cosh}\left(\frac{a}{2C}\right) \cdot \sqrt{1 + \frac{h^2}{4C^2 \text{Senh}^2(a/2C)}} - K = 0$$

Donde:

$$K = K_A; \quad \text{Si } Y_A > Y_B$$

$$K = K_B; \quad \text{Si } Y_A < Y_B$$

2.6.4 Ecuación de cambio de estado

Consideraciones previas

$$W_r = \sqrt{(W_c + W_h)^2 + W_v^2}$$

$$W_v = P_v \left(\frac{\theta_c + 2e}{1000} \right)$$

$$W_h = K_h (e^2 + e\theta_c)$$

Donde:

W_r : Peso unitario resultante del conductor (kg/m).

W_h : Peso unitario adicional debido a la carga de hielo (kg/m).

W_v : Peso unitaria debido al viento sobre el conductor (kg/m)

P_v : Presión del viento (kg/m²)

k_h : Constante de costra de hielo.

θ_c : Diámetro del conductor en (mm)

e : Espesor de hielo sobre el conductor en (mm)

Partiendo de:

$$L_2 - L_1 = \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) L_1 + \frac{T_{02} - T_{01}}{AE} L_1$$

y haciendo

$$\sigma_{01} = \frac{T_{01}}{A} ; \sigma_{02} = \frac{T_{02}}{A}$$

Se tiene la ecuación:

$$\frac{E \sqrt{4 \frac{\sigma_{02}^2 A}{w_{r2}^2} \operatorname{Senh}^2 \left(\frac{aw_{r2}}{2\sigma_{02}A} \right) + h^2}}{\sqrt{4C_1^2 \operatorname{Senh}^2 \left(\frac{a}{2C_1} \right) + h^2}} = E [1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1)] - \sigma_{01} + \sigma_{02}$$

Considerando los datos iniciales y haciendo

$$N = \frac{E}{\sqrt{4C_1^2 \operatorname{Senh}^2\left(\frac{a}{2C_1}\right) + h^2}}$$

$$M = E[1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)] - \sigma_{01}$$

$$P = \frac{2A}{W_{r2}}$$

Se tiene la ecuación

$$N \sqrt{P \cdot \sigma_{02}^2 \operatorname{Senh}^2\left(\frac{a}{P \cdot \sigma_{02}}\right) + h^2} - M + \sigma_{02} = 0$$

La cual se resuelve mediante métodos numéricos y se obtiene el valor de σ_{02}

$$C_2 = \frac{\sigma_{02} A}{W_{r2}}$$

Cálculo del vano gravante

$$T_{Ry} = T_a \cos(\alpha_a) + T_b \cos(\alpha_b)$$

$$V_p = \frac{T_{Ry}}{W_r}$$

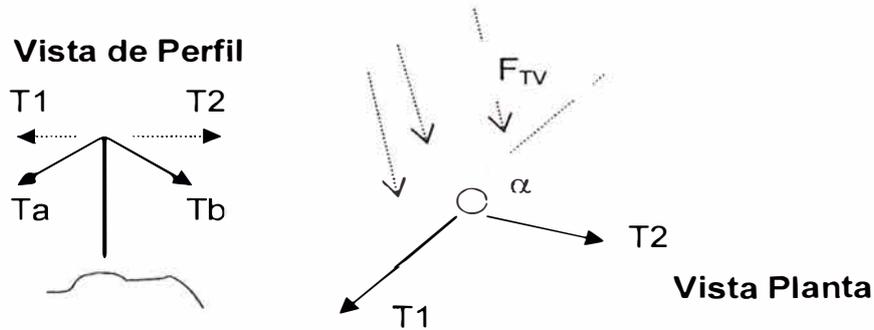
T_{Ry} : Tensión resultante en el eje Y

α_a : Ángulo de la catenaria "a" con el eje Y

α_b : Ángulo de la catenaria "b" con el eje Y

V_p : Vano Gravante (Vano Peso)

2.6.5 Fuerzas sobre el soporte por efecto de los conductores



$$14) T_1 = T_a \text{Sen}(\alpha_a)$$

$$15) T_2 = T_b \text{Sen}(\alpha_b)$$

$$16) F_{TC} = T_1 \text{Sen}(\alpha/2) + T_2 \text{Sen}(\alpha/2)$$

$$17) F_{TV} = P_v \cdot d \cdot \Phi_c \text{Cos}(\alpha/2)$$

$$18) T_{R1} = \frac{T_1 (\sum hi) \text{Sen} \alpha/2}{heq}$$

$$19) T_{R2} = \frac{T_2 (\sum hi) \text{Sen} \alpha/2}{heq}$$

$$20) F_{RVC} = \frac{P_v \cdot d \cdot \Phi_c (\sum hi) \text{Cos} \alpha/2}{heq}$$

$$21) \vec{T}_R = \vec{T}_{R1} + \vec{T}_{R2} + \vec{F}_{RVC} + \vec{F}_{RVP}$$

$$22) \sigma_H = \frac{315827 \times T_R h}{C^3}$$

$$23) P_{Cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2}$$

$$24) \quad I = \pi D^2 / 64$$

$$25) \quad Y_d = \frac{T_R h^3}{3EI}$$

Donde:

d : Vano viento

Φ_C : Diámetro del conductor

P_V : Presión del viento sobre el conductor

heq : Altura del punto de aplicación de fuerzas transversales.

hi : Altura de aplicación de las fuerzas debido a cada conductor.

F_{RVC} : Fuerza equivalente transversal debido al viento sobre los conductores.

\vec{T}_R : Tensión resultante en punto de aplicación de fuerzas (en plano XY)

h : Distancia del punto de aplicación de la fuerza a la línea de tierra

C : Circunferencia del poste en la línea de empotramiento.

σ_H : Esfuerzo máximo en la línea de empotramiento.

P_{Cr} : Carga crítica de pandeo en el poste de madera.

E : Módulo de elasticidad del material.

I : Momento de inercia, a una altura del poste según normas.

D : Diámetro sección circular.

Y_d : Deflexión.

T_R : Tensión resultante en el punto de aplicación de fuerzas.

2.7 SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS

Para la selección de estructuras se toma en cuenta las condiciones climatológicas por donde se ubicará la línea de transmisión 138 kV a diseñar.

La línea de 138 kV se ubica en zona tipo sierra y a una altitud promedio entre 4200 msnm y 4600 msnm, el terreno presenta un perfil longitudinal a un mismo nivel; por lo que se ha predeterminado la utilización

de torres metálicas, similar a otras líneas existentes en VOLCAN y en la zona del estudio.

Normalmente en la zona sierra, las estructuras metálicas en celosía presentan un buen comportamiento ante los esfuerzos mecánicos producto del tensado de los conductores y además presentan una mayor ventaja durante su instalación, en especial en las zonas poco accesibles.

2.7.1 Prestación de las Estructuras

Las prestaciones previstas para las estructuras metálicas de acero galvanizado en celosía de simple terna, son las siguientes:

- Para desvíos topográficos con ángulos desde 0° - 35° , se tiene previsto utilizar la estructura angular A35.
- Estructura terminal, tipo T90 para simple terna vertical y ángulo de desvío topográfico hasta 90° .

2.7.2 Diseño de la parte superior de las estructuras

Se definirán las dimensiones de la parte superior de las estructuras; así mismo, se determinará la altura media óptima (± 0) de las torres y se determinarán las prestaciones de los tipos de estructuras a utilizar en el diseño de las líneas de transmisión de 138 kV.

Para el cálculo de las dimensiones de la parte superior de las torres, se utiliza el Código Nacional Eléctrico Suministro 2011 y la norma alemana VDE 0210/12.85; considerando además, que en el diseño de la distancia vertical entre fases se tomará en cuenta la presencia de manguito de hielo con un espesor de 25 mm.

2.7.3 Diseño mecánico de las estructuras

Para las Líneas de Transmisión en 138 kV, de acuerdo al Código Nacional de Electricidad Suministro 2011, se utiliza el Grado de Construcción B.

En el diseño de las estructuras metálicas de celosía (torres) se utilizarán los siguientes factores de sobrecarga establecidos en el CNE Suministro 2011:

- Cargas verticales : 1,50
- Cargas transversales
 - Debido al viento : 2,50
 - Debido al tensado del conductor : 1,65
- Cargas longitudinales
 - En los cruces
 - En general : 1,10
 - En los amarres (anclajes) : 1,65
 - En cualquier lugar
 - En general : 1,00
 - En los amarres (anclajes) : 1,65

El factor de resistencia para las estructuras metálicas en celosía es igual a 1,0.

2.7.4 Factores de Seguridad para las Fundaciones

En el caso de las fundaciones, estas serán calculadas con las cargas mayores, según el ítem 2.7.3.

2.7.5 Árbol de Cargas (Diagramas Isométricos)

Los diagramas isométricos de cargas se calcularán para las condiciones iniciales de carga del conductor.

2.8 CARACTERÍSTICAS DE CABLE DE GUARDA

Inicialmente se realizó una pre selección de los cables de guarda normalmente utilizados en la LT en 138kV de tal forma que cumplen la soportabilidad de la corriente de corto circuito a tierra dichos conductores son el Cable de Fibra Óptica OPGW 108 mm² y el Acero galvanizado EHS 70,00 mm². Los cálculos de soportabilidad por corriente de Corto Circuito del cable de guarda se usara la norma IEEE std 80-2000 GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUND, la cual puede ser evaluada con las variables que se describen a continuación:

$$I = A_{mm^2} \sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c * \alpha_r * \rho_r} \right) \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}$$

Donde:

| | |
|--------|---|
| A = | Sección de conductor en mm ² |
| Ko = | 1/α ₀ o (1/α _r) - Tr |
| α = | Coefficiente de resistividad en temperatura Tr |
| Tm = | Máxima temperatura en ° C |
| Ta = | Temperatura Ambiente, in ° C |
| TCAP = | Factor de capacidad térmica que depende del material del conductor. |
| tc = | Duración en s |
| ρ = | Resistividad de temperatura del conductor Tr, in mW-cm |

Del informe de Pre-Operatividad se tiene que la corriente máxima de corto circuito monofásico no supera los 6.98 kA pero para futuras generaciones en la zona se duplicara a 13.96 kA dicho dato es fundamental para la selección de los cables de guarda.

Para Cable de Acero galvanizado EHS 70,00 mm², donde:

Material Zinc-coated steel rod

| | |
|----------------|---------------------------------|
| A | 70 mm ² (24 fibras) |
| K ₀ | 293 ° C |
| α | 0.0032 1/°C |
| T _m | 419 ° C |
| T _a | 16.6 ° C |
| TCAP | 3.93 J/(cm ³ .°C) |
| t _c | 0.5 s |
| ρ | 20.1 Ω-cm |

| | |
|------------|----------------|
| I = | 7.06 kA |
|------------|----------------|

Para Cable de guarda de OPGW de 108 mm², donde:

Material Aluminum clad steel wire

| | |
|----------|----------------------------------|
| A | 106 mm ² (24 fibras) |
| Ko | 258 ° C |
| α | 0.0036 1/°C |
| Tm | 657 ° C |
| Ta | 16.6 ° C |
| TCAP | 3.58 J/(cm ³ .°C) |
| tc | 0.5 s |
| ρ | 8.48 $\square\Omega$ -cm |

| |
|---------------------|
| I = 17.81 kA |
|---------------------|

2.8.1 Cable de Guarda de Fibra Óptica (OPGW)

El cable de guarda de fibra óptica OPGW, presenta las siguientes características eléctricas y mecánicas:

| | | |
|---|---|----------|
| Tipo | : | OPGW |
| Sección del conductor (mm ²) | : | 108 |
| Diámetro exterior (mm) | : | 14 |
| Peso total (kg/m) | : | 0.600 |
| Carga de rotura nominal (Kg) | : | 9600 |
| Módulo de elasticidad final (kg/mm ²) | : | 12000 |
| Coefficiente de dilatación lineal | : | 0,000016 |

2.8.2 Cable de Guarda tipo Acero Galvanizado tipo EHS

El cable de acero galvanizado, presenta las siguientes características eléctricas y mecánicas:

| | | |
|---|---|-----------|
| Tipo | : | EHS |
| Sección del conductor (mm ²) | : | 70 |
| Diámetro exterior (mm) | : | 11.11 |
| Peso total (kg/m) | : | 0.595 |
| Carga de rotura nominal (Kg) | : | 9460 |
| Módulo de elasticidad final (kg/mm ²) | : | 18993.8 |
| Coefficiente de dilatación lineal | : | 0,0000115 |

2.9 PUESTA A TIERRA

Los valores de puesta a tierra se limitarán a 10 ohm en general para las zonas transitadas y 25 ohm para las no transitadas.

Se utilizarán puestas a tierra de tipo capacitivo, utilizando un producto comercial de tipo cemento conductor, con la finalidad de controlar las sobretensiones de origen atmosférico, en el momento de producirse un “back flashover”.

2.9.1 Configuraciones del Sistema de Puesta a Tierra

2.9.1.1 Configuración A

Esta configuración estará compuesta por 4 contrapesos horizontales longitudinales con las siguientes dimensiones totales igual a 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 metros; y estarán enterrados a una profundidad de 0,60 m.

Esta configuración se instalará en estructuras ubicadas en zonas no transitadas para lograr una resistencia de puesta a tierra de 25 ohmios, para resistividades de terreno mayores es recomendable utilizar otros métodos,

tales como: cementos conductivos, Hidrosolta, Favigel, etc., que a la larga resultan más económicos.

2.9.1.2 Configuración B

Esta configuración se aplicará en estructuras que se ubican en zonas transitadas para lograr una resistencia de puesta a tierra menor o igual a 10 ohmios.

La configuración B se forma añadiendo a la configuración A un contrapeso con disposición en anillo, que funcionará adicionalmente como limitador de las tensiones de toque en las estructuras.

Esta configuración estará compuesta por 4 contrapesos horizontales longitudinales con las siguientes dimensiones totales igual a 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 metros y estarán enterrados a una profundidad de 0,60 m; más un contrapeso en anillo con un diámetro de 10,00 m y también enterrado a 0,60 m de profundidad.

2.9.2 Características del material del Sistema de Puesta a Tierra

Recomiendo la utilización del material tipo copperweld tanto para las varillas como para el conductor de contrapeso, por su buena resistencia a los suelos corrosivos y también con la finalidad de evitar sustracciones, que normalmente se presentan cuando se trata del material cobre.

La sección mínima del cable de puesta a tierra se determinará por su estabilidad térmica a la porción de la máxima corriente de cortocircuito que pasaría por ella teniendo en cuenta el tipo de empalme que se utilizará y que puede reducir la capacidad de calentamiento, no siendo menor a la sección de 35 mm² por consideraciones de tipo mecánico.

En estructuras que presenten resistividades de terreno superior a los indicados se recomienda utilizar métodos alternativos, los que deberán ser preparados con materiales conductivos, tales como Cementos Conductivos, Hidrosolta, Favigel, u otro material conductivo existente en el mercado que se pueda utilizar.

CAPÍTULO III

CÁLCULOS JUSTIFICADOS

3.1 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

3.1.1 Selección Económica

Para un análisis económico es necesario seleccionar 5 tipos de conductores AAAC (400MCM, 450MCM, 500MCM, 550MCM, 600MCM), seleccionados en función a la potencia a transmitir de 120MVA y el tipo de conductor a seleccionar debe cumplir el menor costo de la sumatoria de costo de inversión, costo por perdidas Joule y costo por pérdida de corona.

3.1.2 Datos de entrada

Los datos de entrada se tomaron de la tabla de valores de AAAC, ver en el anexo 1 y anexo 2.

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CONDUCTOR ACTIVO | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Aluminio reforzado con Aleación de Aluminio (AAAC) | | | | |
| | | AAAC 400 | AAAC 450 | AAAC 500 | AAAC 550 | AAAC 600 |
| Sección Real | mm ² | 203 | 228 | 253 | 279 | 304 |
| N° de Hilos x Diámetro | N x mm | 19 x 3,686 | 19 x 3,909 | 19 x 3,120 | 37 x 3,093 | 37 x 3,233 |
| Diámetro Total | mm | 18,43 | 19,55 | 20,60 | 21,67 | 22,63 |
| Peso Unitario | kg / m | 556,200 | 625,700 | 695,000 | 0,764 | 0,834 |
| Carga de Rotura | kg | 6094 | 6855 | 7614 | 8557 | 9332 |
| Módulo de Elasticidad Final | kg / mm ² | 6187 | 6187 | 6187 | 6187 | 6187 |
| Coefficiente de Dilatación Lineal | ° C ⁻¹ | 23 x 10 ⁻⁶ | 23 x 10 ⁻⁶ | 23 x 10 ⁻⁶ | 23 x 10 ⁻⁶ | 23 x 10 ⁻⁶ |
| Resistencia a 20° C(dc) | ohm / km | 0,1653 | 0,14690 | 0,13230 | 0,1202 | 0,11030 |

| LT -138 kV / SE Paragsha II - SE Planta Oxidos I | | | |
|--|-------|-----------|--|
| Longitud de la Línea | 1,5 | km | |
| Factor de potencia | 0,90 | | |
| Potencia de transmisión (01 tema) | 108,0 | MW | |
| Factor de carga | 0,85 | | |
| Factor de pérdidas | 0,76 | | |
| Tensión de línea | 138 | kV | |
| Costo de potencia (promedio) | 86308 | \$/MW-Año | Regulación tarifaria/Precios de electricidad/Precios en barra de subestación |
| Costo de energía (promedio) | 45,12 | \$/MWh | Regulación tarifaria/Precios de electricidad/Precios en barra de subestación |
| Tasa de descuento | 12% | | |
| Años | 20 | | |
| Factor de actualización | 7,47 | | |

3.1.3 Costo de inversión inicial

Se evalúa el costo por kilómetro en base a la siguiente formula:

$$kd = kF \left(1 + 0.007U + \frac{nA}{300} \sqrt[4]{n} \right)$$

Kd = Costo por kilómetro (\$/km)

KF = Constante

U = Tensión de operación (kV)

n = Numero de ternas

A = Sección (mm²)

Se ha calculado el kF en base a un último presupuesto de una línea de transmisión en 138 kV, simple circuito, conductor de 405 mm² AAAC, estructuras de acero, cuyo costo es del orden de 140 000 \$ / km como se muestra en el cuadro 3.1.

| Sección | Unidad | AAAC 800 base | AAAC 400 | AAAC 450 | AAAC 500 | AAAC 550 | AAAC 600 |
|---------|----------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Kd | \$/km | 140.000 | 132.893 | 136.510 | 140.014 | 147.177 | 149.119 |
| kF | | 42.220 | 42.220 | 42.220 | 42.220 | 42.220 | 42.220 |
| U | kV | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 |
| N | N° terna | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A | Sección | 405 | 355 | 380 | 405 | 456 | 470 |

Cuadro N° 3.1 Resultados del Costo de Inversión.

3.1.4 Costo de perdidas Corona

Se evalúa el costo por kilómetro en base a la siguiente a la siguiente función, ver cuadro 3.3.

$$CPC = \frac{P * L * 4}{1000} (8760 * CE + CP) * Fa$$

CE= Costo de energía promedio (\$/MWh)

CP = Costo de Potencia promedio (\$/MW-Año)

Fa = Factor de actualización

CPC= Costo por perdidas de corona

L = Longitud (km)

P = Pérdidas Corona (kW/km-Trifásico)

Cálculo de las Perdida por Corona, Formula de Peterson considerando un buen Tiempo, ver cuadro 3.2.

$$P = 2,094(f)(V/\text{sqrt}(3))^2F/((\text{LOG}(2S/D))^2d^{(2/3)}(100000))(3)$$

Formula de Gradiente Critica:

$$E_c = 21,213dm(1+0,54187/\sqrt{Dd}) \text{ (Peek)}$$

Formula de Gradiente Critica:

$$E = V/(\ln(s/r)\sqrt{3})$$

P = Pérdidas Corona (kW/km-Trifásico)

N = Número de conductores en el bundle

f = Frecuencia de la red (Hz)

r = Radio del subconductor (cm)

r' = Radio ficticio

F = Factor funcional, que depende de (E/E_c) - Recabado de Tablas

E_c = Gradiente critica

E = Gradiente superficial

m = Factor de rugosidad

D = Diámetro (cm)

s = Distancia media geométrica (cm)

d = Densidad relativa del aire

V = Tensión de línea (kV)

L = Longitud (km)

Cálculo de la Densidad Relativa del Aire

$$d=3.921h/(273+T_a)$$

Donde:

h = presión barométrica

Ta = temperatura Ambiente en °C

y = altitud en metros sobre el nivel del mar

$\log h = \log 76 - y/18336$

y= 4500

Ta= 10

h=43

d=0.6 (corregido)

| Conductor | V | D | r | r' | s | N | f | m | d | E | Ec | E/Ec | F | P |
|-----------|-----|-------|-------|-------|--------|---|----|------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|
| AAAC 400 | 138 | 1,843 | 0,922 | 0,922 | 704,44 | 1 | 60 | 0,73 | 0,59577 | 13,023 | 14,005 | 0,930 | 0,0260 | 0,106 |
| AAAC 450 | 138 | 1,955 | 0,978 | 0,978 | 704,44 | 1 | 60 | 0,73 | 0,59577 | 12,387 | 13,867 | 0,893 | 0,0240 | 0,099 |
| AAAC 500 | 138 | 2,060 | 1,030 | 1,030 | 704,44 | 1 | 60 | 0,73 | 0,59577 | 11,850 | 13,747 | 0,862 | 0,0220 | 0,093 |
| AAAC 550 | 138 | 2,167 | 1,084 | 1,084 | 704,44 | 1 | 60 | 0,73 | 0,59577 | 11,353 | 13,634 | 0,833 | 0,0200 | 0,085 |
| AAAC 600 | 138 | 2,263 | 1,132 | 1,132 | 704,44 | 1 | 60 | 0,73 | 0,59577 | 10,944 | 13,539 | 0,808 | 0,0180 | 0,078 |

Cuadro Nº 3.2 Resultados de las pérdidas por Corona.

| ITEM | UNIDAD | CONDUCTOR ACTIVO | | | | |
|---|---------|--|----------|----------|----------|----------|
| | | Aluminio reforzado con Aleación de Aluminio (AAAC) | | | | |
| | | AAAC 400 | AAAC 450 | AAAC 500 | AAAC 550 | AAAC 600 |
| PERDIDAS CORONA | | | | | | |
| Pérdidas de Potencia (Buen Tiempo) | MW | 0.00016 | 0.00015 | 0.00014 | 0.00013 | 0.00012 |
| Pérdidas de Potencia Promedio(*) | MW | 0.00063 | 0.00059 | 0.00055 | 0.00051 | 0.00047 |
| Pérdidas de energía anual | MWh/año | 5.53838 | 5.20443 | 4.84751 | 4.47600 | 4.08286 |
| Costo de pérdidas de energía | US \$ | 197.40 | 185.49 | 172.77 | 159.53 | 145.52 |
| Costo de pérdidas de Potencia | US \$ | 51.49 | 48.39 | 45.07 | 41.62 | 37.96 |
| Costo de pérdidas totales | US \$ | 248.89 | 233.88 | 217.84 | 201.15 | 183.48 |
| Costo total de pérdidas Corona Actualizadas | US \$ | 1,859.08 | 1,746.98 | 1,627.17 | 1,502.47 | 1,370.50 |

Cuadro Nº 3.3 Resultados del costo total de pérdidas por corona.

3.1.5 Costo de perdidas Joule

Se evalúa el costo de pérdidas de Joule, ver cuadro 3.4, con la siguiente formula:

$$CJ = Fp * Res(75^{\circ}c) * L \left(\frac{Pt}{V * Fp} \right)^2 * (8760 * CE + CP) * Fa$$

Res (75[°]c) = Resistencia a 75[°]c

Fp = Factor de potencia

CJ= Costo por perdidas Joule

| ITEM | UNIDAD | CONDUCTOR ACTIVO | | | | |
|--------------------------------------|----------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Aluminio reforzado con Aleación de Aluminio (AAAC) | | | | |
| | | AAAC 400 | AAAC 450 | AAAC 500 | AAAC 550 | AAAC 600 |
| Resistencia a 20° C(dc) | ohm / km | 0.1653 | 0.1469 | 0.1323 | 0.1202 | 0.1103 |
| Resistencia a 25° C(ac) | ohm / km | 0.1688 | 0.1502 | 0.1354 | 0.1233 | 0.1132 |
| Resistencia a 50° C(ac) | ohm / km | 0.1830 | 0.1628 | 0.1467 | 0.1336 | 0.1214 |
| Resistencia a 75° C(ac) | ohm / km | 0.1973 | 0.1756 | 0.1581 | 0.1442 | 0.1324 |
| PERDIDAS JOULE | | | | | | |
| Pérdidas de Potencia | MW | 0.31759 | 0.28266 | 0.25449 | 0.23211 | 0.21312 |
| Pérdidas de energía anual | MWh/año | 2,782.04 | 2,476.06 | 2,229.30 | 2,033.30 | 1,866.92 |
| Costo de pérdidas de energía | US \$ | 99156.72 | 88250.99 | 79456.04 | 72470.34 | 66540.04 |
| Costo de pérdidas de Potencia | US \$ | 25866.61 | 23021.68 | 20727.38 | 18905.04 | 17358.03 |
| Costo de pérdidas totales | US \$ | 125023.33 | 111272.67 | 100183.42 | 91375.39 | 83898.07 |
| Costo de pérdidas Joule Actualizadas | US \$ | 933854.72 | 831144.90 | 748314.40 | 682523.32 | 626671.90 |

Cuadro N° 3.4 Resultados del costo total de pérdidas por Joule.

3.1.6 Resultados

Los cálculos se determinaron con un criterio técnico económico como se muestra en el cuadro 3.5:

| ITEM | SECCION mm ² | INVERSION INICIAL US\$ | COSTO DE PERDIDAS JOULE (US\$) | COSTO DE PERDIDAS CORONA (US\$) | COSTO TOTAL US\$ | RELACION |
|----------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|----------|
| AAAC 400 | 203 | 167,295 | 933,855 | 1,859 | 1,103,009 | 127% |
| AAAC 450 | 228 | 172,636 | 831,145 | 1,747 | 1,005,528 | 116% |
| AAAC 500 | 253 | 177,976 | 748,314 | 1,627 | 927,918 | 107.0% |
| AAAC 550 | 279 | 183,317 | 682,523 | 1,502 | 867,343 | 100% |
| AAAC 600 | 304 | 188,637 | 626,672 | 1,371 | 816,679 | 94.2% |

Cuadro N° 3.5 Resultados del costo total

Siendo seleccionado el tipo de conductor por el menor costo y los datos técnicos se tomaron de la tabla del anexo N° 1:

Tipo : AAAC600
 Diámetro : 2.263cm,
 Sección transversal : 303.8mm²
 Número de hebras de aleación: 37.
 Corriente : 710Amp

3.1.7 Ampacidad

Los cálculos de capacidad de transmisión para un conductor AAAC 304mm² se realizaron con el programa PLS-CAD aplicando la metodología de la norma IEEE Std. 738-2006 a una temperatura de operación de 50°C y 75°C.

TRANSMISIÓN A 50 °C (Condición Normales de Operación) POTENCIA: 120 MVA

IEEE Std. 738-2006 method of calculation

Air temperature is 10.00 (deg C)

Wind speed is 0.60 (m/s)

Angle between wind and conductor is 90 (deg)

Conductor elevation above sea level is 4500 (m)

Conductor bearing is 90 (deg) (user specified bearing, may not be value producing maximum solar heating)

Sun time is 12 hours (solar altitude is 90 deg. and solar azimuth is 180 deg.)

Conductor latitude is 10.4 (deg)

Atmosphere is CLEAR

Day of year is 237 (corresponds to august 25 in year 2012) (day of the year with most solar heating)

Conductor description: AAAC 304 mm² Aleación de Aluminio T-6201

Conductor diameter is 2.263 (cm)

Conductor resistance is 0.1132 (Ohm/km) at 25.0 (deg C)

and 0.1214 (Ohm/km) at 50.0 (deg C)

Emissivity is 0.5 and solar absorptivity is 0.5

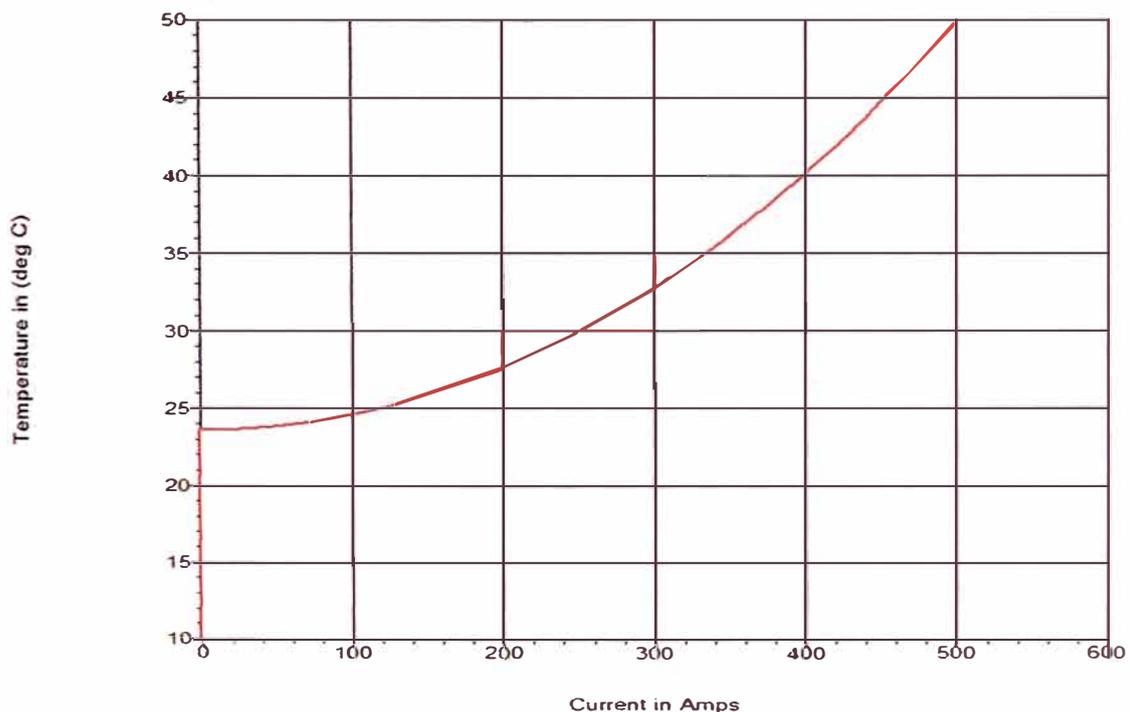
Solar heat input is 15.172 (Watt/m)

Radiation cooling is 9.016 (Watt/m)

Convective cooling is 36.659 (Watt/m)

Given a maximum conductor temperature of 50.0 (deg C),

The steady-state thermal rating is 501.3 amperes



3.2 PARÁMETROS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Se han determinado los parámetros eléctricos de la Línea de Transmisión en 138 kV que inicia su recorrido en la S.E. Paragsha II hasta la S.E. Planta Óxidos I proyectado con una longitud de 1.5 km.

El resultado de los parámetros eléctricos de secuencia positiva, cero para la línea se calculó con el software Digsilent Power Factory 14.0.52 los resultados se muestran el cuadro 3.6.

| | Unidad | Valor | | Unidad | Valor |
|----|----------|---------|----|----------|--------|
| Z1 | Ohm / km | 0.51449 | R1 | Ohm / km | 0.1118 |
| Z0 | Ohm / km | 1.48810 | X1 | Ohm / km | 0.5022 |
| B1 | uS / km | 3.31031 | R0 | Ohm / km | 0.4548 |
| C1 | uF / km | 0.00878 | X0 | Ohm / km | 1.4169 |
| C0 | uF / km | 0.00563 | | | |

Cuadro N° 3.6 Resultados de los parámetros de la Línea

3.3 AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR

Para el diseño del aislamiento del conductor y la selección del número de aisladores se tendrá en cuenta el cálculo por:

- Por sobretensión a frecuencia industriales húmedos
- Por sobretensión de maniobra
- Por sobretensión de impulso Atmosférico

3.3.1 Por sobretensión a frecuencia industrial húmedo

Se calcula el Voltaje Crítico Disruptivo y se corrige por factores ambientales, comparándolo con el Voltaje Resistente definido en las Normas IEC; en caso de obtener un valor menor se utiliza el valor definido en la norma IEC, es decir, 275 kVrms

a. **Cálculo del voltaje crítico disruptivo a frecuencia Industrial, Húmedo.**

- Se calcula el sobrevoltaje línea a tierra a frecuencia industrial (VF_1)

$$VF_1 = \frac{V_{LL}}{\sqrt{3}} \times K_{sv} \times K_f$$

Dónde:

$\frac{V_{LL}}{\sqrt{3}}$ = Valor de la tensión línea a tierra;

K_{sv} = sobrevoltaje permitido en operación normal, por lo general 5% ($K_{sv} = 1,05$);

K_f = Factor de incremento de la tensión en las fases sanas durante una falla monofásica a tierra ($K_f = 1,3$).

Remplazando: $VF_1 = 108,76 \text{ kV}$

- Cálculo del Voltaje Crítico Disruptivo (VCFO), mediante expresión de la IEC.

$$V_{CFO} = \frac{VF_1}{(1 - 3\sigma)}$$

Dónde: $\sigma = 3\%$ para voltaje de impulso debido a sobretensiones de maniobra seco ó húmedo y voltaje a frecuencia industrial húmedo.

Remplazando: $V_{CFO} = 119,52 \text{ KV}$

- Cálculo de Voltaje Crítico Disruptivo Corregido (V_{CFOC}) para frecuencia industrial, corregido por factores de corrección ambiental.

$$V_{CFOC} = V_{CFO} \times \frac{Hv}{DRA^{n^1}} \times \frac{1}{K_1} \times \frac{1}{Kr}$$

Dónde:

Hv = Factor de corrección del voltaje por humedad, que se obtiene de los Anexo 3 y 4 (Humedad Relativa = 87%)

DRA = Densidad Relativa del aire

n^1 = Exponente que es función de la distancia a masa, es igual a 1, Anexo 5.

K_1 = Factor de corrección por tasa de precipitación (considerar 5mm/min según EPRI), del Anexo 6.

Kr = Factor de corrección por resistividad del agua de lluvia, del Anexo 7, se asume igual a 1(para 17.8 KΩ/cm, según EPRI para el caso de lluvias).

Los gráficos mencionados se muestran en el Anexos, los factores de corrección son los siguientes:

| Factor de Corrección | Altitud Máxima 4500 msnm |
|----------------------|--------------------------|
| Hv | 1,06 |
| DRA | 0,60 |
| K1 | 0,71 |
| Kr | 1,00 |

Para 4500 msnm:

$$V_{CFO} = 119,52 \times \frac{1,06}{0,6} \times \frac{1}{0,710} = 297,39 \text{ kV}$$

$$\rightarrow V_{cf0} = 297,39 \text{ kV}$$

b. Distancia de Aislamiento en el aire

Según el gráfico del EPRI (Anexo 6) y para un Voltaje Resistente correspondiente se obtiene una distancia aproximada del aislamiento en el aire igual:

$$\text{Para 4500 msnm} \rightarrow 0,6 \text{ m}$$

c. Número de Aisladores

Utilizando el catálogo de fabricantes, el número de aisladores tipo Fog se seleccionan:

$$\text{Para 4500 msnm} \rightarrow 8 \text{ aisladores}$$

3.3.2 Por Sobretensión de maniobra

a. Cálculo de Sobretensión de Maniobra Máxima Convencional (VSM)

La Sobretensión de Maniobra Máximo Convencional, en valor pico es:

$$V_{SM} = \frac{V_{LL} \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times SM$$

Donde:

V_{LL} = Voltaje pico nominal del sistema, línea - línea

SM = Sobretensión de maniobra en p.u. se asume igual a 2,5

b. Cálculo del Voltaje Crítico Disruptivo (VCFO)

Según criterio de la IEC:

$$V_{ND} = V_{CFO} \times (1 - 3\sigma)$$

Dónde:

V_{ND} = Voltaje Mínimo Resistente, en kV

V_{CFO} = Voltaje Crítico Disruptivo, en kV

σ = Desviación estándar normalizada con respecto a la V_{CFO} , generalmente se asume 6%

Considerando que el aislamiento exige que: $V_{SM} \leq V_{ND}$

$$\frac{V_{LL} \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times SM = V_{CFO} \times (1 - 3\sigma)$$

Finalmente se obtiene la siguiente expresión:

$$V_{CFO} = \frac{1}{(1 - 3\sigma)} \times \left(\frac{V_{LL} \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \right) \times SM$$

c. Cálculo del Voltaje Crítico Disruptivo Corregidos por Factores Ambientales (V_{CFOC}).

$$V_{CFOC} = V_{CFO} \times K_1 \times K_2 \times \left(\frac{Hv}{DRA} \right)^n$$

Dónde:

$K_1 =$ Factor de corrección por lluvia, normalmente es 1,05

$K_2 =$ Tensión de impulso/sobretensión de maniobra, generalmente es 1,2.

$Hv, DRA, n =$ Valores similares a los definidos para sobretensión en Frecuencia Industrial.

Remplazando:

$$V_{CFOC} = \frac{V_{LL} \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times SM \times K_1 \times K_2 \times \left(\frac{Hv}{DRA} \right)^n \times \frac{1}{(1-3\sigma)}$$

$$V_{CFOC} = \frac{138 \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 2,5 \times 1,05 \times 1,2 \times \left(\frac{1,06}{0,6} \right)^1 \times \frac{1}{(1-3 \times 0,06)}$$

$$V_{CFOC} = 764,68 \text{ kV} \rightarrow (4500 \text{ msnm})$$

El Voltaje crítico Disruptivo por sobretensión de maniobra corregido por factores meteorológicos es:

$$VND_c = 764,68 \times 0,820 = 627,045 \text{ kVrms} \rightarrow (4500 \text{ msnm})$$

d. Distancia de Aislamiento en el Aire

Con el Voltaje Crítico Disruptivo corregido por factores ambientales, se obtiene la distancia de aislamiento en el aire utilizando la curva del EPRI (Anexo 9) resultando igual:

Para 4500 msnm → 1,60 m

3.3.3 Por Sobretensión de Impulso Atmosférico

a. Distancia de aislamiento en el Aire

Se calcula tomando como referencia la siguiente información:

- Nivel Básico de Aislamiento : 650 kVp
- Desviación Standard : 3.5 %
- Altitud de la zona : 4 500 msnm
- Densidad relativa del aire : 0,6

Según la norma IEC, se calcula el voltaje crítico disruptivo corregido para las condiciones promedio de las zonas altas del trazo de ruta de la línea, donde la densidad relativa del aire es 0,64

$$CFOc = \frac{650}{(1 - 1,3 \times 0,035) \times 0,6} = 1134,97 \text{ kV} \rightarrow (4500 \text{ msnm})$$

$$CFOc = 1134,97 \text{ kV} \rightarrow (4500 \text{ msnm})$$

De acuerdo con curvas típicas de fabricantes de aisladores (ver Anexo N°10), las distancias mínimas de seguridad al impulso de rayo, en el aire en el aislamiento en suspensión son:

Para 4500 msnm → 1,9 m

b. Número de Aisladores

El número de aisladores tipo Fog será igual:

Para 4500 msnm → 13 aisladores

3.3.4 Diseño del Aislamiento por Distancia de Fuga

La distancia de fuga específica de la cadena de aisladores debe atender a las prescripciones de la norma IEC-60815 para el nivel de contaminación de la región de la línea.

Considerando el nivel de contaminación IV, que requiere una distancia de fuga mínima de 31 mm/kV.

El número mínimo de aisladores será, por lo tanto, para una tensión máxima de operación:

$$N = \frac{145 \times DE}{DF}$$

Donde:

DE = distancia de fuga específica del tramo, en mm/kV (31 mm/kV)

DF = distancia de fuga de un aislador, en mm según IEC 60305

La línea de fuga mínima requerida es 4 495mm.

Abajo se presenta el número de aisladores calculados por el criterio de contaminación:

| Tipo de Aislador | Distancia de Fuga (DF) | Numero de Aisladores |
|------------------|------------------------|----------------------|
| 120 kV Tipo FOG | 440 | 11 |

Basándose en el resultado anterior se está adoptando, por el criterio de contaminación, el uso de 11 aisladores 120 kN tipo Fog. En el caso que

se utilice anillos anti-corona en las cadenas deberá ser sumado 01 (un) aislador.

3.3.5 Selección de Aisladores

a. Selección del Tipo y Número de Aisladores

El aislamiento de la línea de transmisión determinado por los criterios definidos líneas arriba será conformado por lo siguientes aisladores:

Para las cadenas de suspensión de la línea de 138 kV se utilizará aisladores tipo Fog con distancia de fuga unitaria mínima de 440 mm, con carga de falla mecánica mínima igual a 120 kN, y para las cadenas de anclaje se utilizarán aisladores de tipo Fog con una distancia de fuga unitaria de 440 mm, con carga de falla mecánica mínima igual a 160 kN.

En el siguiente cuadro se muestran los aisladores mínimos para las cadenas de suspensión seleccionados de acuerdo a los diferentes criterios utilizados.

| Altitud Máxima (msnm) | Sobretensión a Frecuencia Industrial | Sobretensión de Impulso | Distancia de Fuga | Número de Aisladores Requerido |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|
| 4 500 | 8 | 13 | 11 | 13 |

En conclusión, para la línea de transmisión de 138 kV, cuyo trazo se ubica en altitudes a 4500 msnm se utilizará el siguiente aislamiento:

- Cadena de suspensión con 13 unidades aisladoras tipo Fog de 120 kN
- Cadena de anclaje con 14 unidades aisladoras tipo Fog de 160 kN.

c. Características de las cadenas de suspensión y de anclaje:

Las características de resistencia eléctricas y mecánica de las cadenas de aisladores de suspensión y anclaje se muestran en el cuadro 3.7 y la características de Tensión crítica se muestran el cuadro 3.8.

| | 4500 msnm | |
|--|-----------|----------|
| | S | A |
| Número de aisladores | 13 | 14 |
| Voltaje Resistente a Frecuencia Industrial | | |
| Seco | 730 Kv | 775 kV |
| Húmedo | 455 kV | 480 kV |
| Voltaje Resistente a impulso de rayos | | |
| Positivo | 1 260 kV | 1 345 kV |
| Negativo | 1 220 kV | 1 310 kV |

Cuadro N° 3.7 Características de resistencia eléctrica y mecánica

| Descripción | ALTITUD (msnm) |
|---|----------------|
| Características eléctricas: | 4500 |
| <u>Cadena Suspensión:</u> | |
| Tensión crítica disrruptiva (al Impulso) | 1134 kVp |
| Tensión crítica disrruptiva (a frecuencia Industrial) | 297 kVp |
| Línea de fuga | 5720 mm |
| <u>Cadena de anclaje:</u> | |
| Tensión crítica disrruptiva (al Impulso) | 1134 kVp |
| Tensión crítica disrruptiva (a frecuencia Industrial) | 297 kVp |
| Línea de fuga | 6160 mm |

Cuadro N° 3.8 Características de Tensión crítica.

3.4 CÁLCULOS MECÁNICOS

3.4.1 Cálculo de presión de viento

La máxima presión de viento que actuarán sobre los diversos elementos de las líneas de transmisión en 138kV se calcula mediante la

fórmula presentada en la regla 250.C del Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011.

El cálculo de la presión de viento que actuará sobre el conductor, cables de guarda, cadena de aisladores y estructuras de acero en celosía se muestra a continuación:

$$PV = K \times V^2 \times Sf \times A$$

Donde:

- PV = Carga en Newton
- K = 0,455 Constante de presión, para elevaciones mayores a 3 000 msnm
- V = Velocidad del viento en m/s
- Sf = Factor de forma
1,0 para conductores, cables de guarda y aisladores
3,2 para estructuras de celosía (torres).
- A = Área proyectada en m²

Las cargas de viento horizontales o presiones debidas al viento deben aplicarse a las áreas proyectadas de conductores, cables de guarda, estructuras soporte y aisladores.

Para las líneas de transmisión en 138kV con altitudes promedio de 4 500 msnm y ubicadas en la zona B y área de carga A2, se utiliza la velocidad de viento de 31,5 m/s (113 km/hr) y considerando un A= 1m², obteniéndose los resultados de presión de viento en los elementos de la línea de transmisión en 138kV como muestra el cuadro N° 3.9.

| Elementos de Línea de Transmisión 138kV | Presión de Viento > 4 000 msnm | |
|---|--------------------------------|---------|
| | kg/m ² | Pa |
| Torres de acero | 3,2 x 46,04 = 147,33 | 1444,72 |
| Conductor de fase | 46,04 | 451,47 |
| Cables de guarda | 46,04 | 451,47 |
| Cadena de Aisladores | 46,04 | 451,47 |

Cuadro N° 3.9 Presión de viento.

3.4.2 Análisis de efecto CREEP

3.4.2.1 Cálculo del alargamiento del conductor (CREEP)

Para el cálculo se ha utilizado la metodología descrita en “Permanent Elongation of Conductors – Predictor Equation and Evaluations Methods”, formula empleado y los cálculos se ven en el cuadro N° 3.10:

$$\text{CREEP}(E) = K \times (\text{TEMP})^f (\text{ESF})^a (\text{TIEMPO})^u$$

Temp = Temperatura de templado = 10 °C

Esf = Esfuerzo de cada día (ESFeds) = 5.525kg/mm²

Valores de los constantes:

| CONDUCTOR | K | F | a | U |
|----------------------|--------|-----|-----|------|
| Aleación de Aluminio | 0.1500 | 1.4 | 1.3 | 0.16 |

Tiempo de pretensionado (horas) = 48

Esfuerzo de pretensionado = 70%(ESF.EDS)

CREEP inicial Eo = 40.62

Temperatura equivalente Teq = E-Eo/(cof.Dilat)

Coefficiente de dilatación: 23x10⁻⁶ °C⁻¹

| AÑOS | HORAS | ALARGAM. | Teq (°C) |
|------|--------|----------|----------|
| 0.0 | 0 | 0.00 | 0.0 |
| 8.0 | 70080 | 166.59 | 7.2 |
| 8.5 | 74460 | 168.61 | 7.3 |
| 9.0 | 78840 | 170.53 | 7.4 |
| 9.5 | 83220 | 172.37 | 7.5 |
| 10.0 | 87600 | 174.12 | 7.6 |
| 10.5 | 91980 | 175.81 | 7.6 |
| 11.0 | 96360 | 177.42 | 7.7 |
| 11.5 | 100740 | 178.98 | 7.8 |
| 12.0 | 105120 | 180.48 | 7.8 |
| 12.5 | 109500 | 181.93 | 7.9 |
| 13.0 | 113880 | 183.33 | 8.0 |
| 13.5 | 118260 | 184.69 | 8.0 |
| 14.0 | 122640 | 186.00 | 8.1 |
| 14.5 | 127020 | 187.28 | 8.1 |
| 15.0 | 131400 | 188.52 | 8.2 |
| 15.5 | 135780 | 189.72 | 8.2 |
| 16.0 | 140160 | 190.90 | 8.3 |
| 16.5 | 144540 | 192.04 | 8.3 |
| 17.0 | 148920 | 193.15 | 8.4 |
| 17.5 | 153300 | 194.24 | 8.4 |
| 18.0 | 157680 | 195.30 | 8.5 |
| 18.5 | 162060 | 196.34 | 8.5 |
| 19.0 | 166440 | 197.35 | 8.6 |
| 19.5 | 170820 | 198.34 | 8.6 |
| 20.0 | 175200 | 199.31 | 8.7 |
| 20.5 | 179580 | 200.26 | 8.7 |
| 21.0 | 183960 | 201.19 | 8.7 |
| 21.5 | 188340 | 202.10 | 8.8 |
| 22.0 | 192720 | 203.00 | 8.8 |
| 22.5 | 197100 | 203.88 | 8.9 |

Cuadro Nº 3.10 Cálculo del efecto CREEP

El alargamiento del conductor durante la vida útil se considera un incremento de temperatura de 8.7 °C con horizonte de 20 años.

3.4.2.2 Temperatura Máxima en el conductor

La temperatura máxima en el conductor es aplicada para la hipótesis de flecha máxima (distribución de estructuras) y es calculada teniendo en cuenta:

$$T_{\max} : 50^{\circ}\text{C} + \Delta T \text{ CREEP.}$$

En la distribución de estructuras también se verificó para $50^{\circ}\text{C} + \Delta T$ CREEP, por ende se considerará un valor igual a 58.7°C .

3.4.3 Coordinación entre conductor de fase y cable de guarda

Los esfuerzos de cada día (EDS) del conductor y cable de guarda se han coordinado de tal manera que la flecha del cable de guarda no supere el 85% de la flecha del conductor activo.

$$f_{cg} \leq 0.85 \times f_c$$

En el proyecto de la línea de transmisión en 138 kV se ha considerado un cable de guarda OPGW (cable de fibra óptica). Teniendo en cuenta que el EDS del conductor es del 18% de su tiro de ruptura, se calcula el EDS del cable de guarda es 14.8%.

| <u>DATOS DEL CONDUCTOR AAAC</u> | | <u>DATOS DEL CABLE OPGW</u> | |
|---|--------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Sección : | 303.8 mm ² | Sección : | 108 mm ² |
| T.rotura : | 91.5 kN | T.rotura : | 94.1 kN |
| Esfuerzo EDS : | 5.42 daN/mm ² | W f.o. : | 5.88 N/m |
| Tiro EDS : | 16.46 kN | | |
| W cond. : | 8.17 N/m | | |
| Se debe cumplir que $K = 0,8$ a $0,9$ | | | |
| Se debe cumplir que : | | $K = 0.85$ | |
| | | $K = F_{cg}/F_{cond}$ | |
| $T. EDS(f.o.) = T_c \times (W f.o. / (W cond. \times K))$ | | | |
| T. EDS(f.o.) = | 13.94 kN | = 14.8% | T. Rotura |
| Esf.EDS(f.o.) = | 129.07 MPa | | |

3.4.4 Hipótesis del Cable de Guarda OPGW (108 mm²) – EHS(70mm²)

Para el cálculo mecánico de los 02 cables de guarda se ha considerado las siguientes hipótesis:

Hipótesis I (Condiciones Normales – EDS)

| | |
|----------------------|--------------------|
| Temperatura | : 10 °C |
| Velocidad del viento | : nulo |
| Esfuerzo EDS Inicial | : 14.8 % TR (OPGW) |
| Esfuerzo EDS Inicial | : 14.9 % TR (EHS) |

Hipótesis II (Condiciones de Viento)

| | |
|------------------------|---|
| Temperatura | : 0 °C |
| Velocidad del viento | : 113 km/h (Pv = 46 kg/m ²) |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Hipótesis III (Condición de Hielo)

| | |
|---------------------------|----------|
| Temperatura | : - 5 °C |
| Velocidad del viento | : nulo |
| Espesor de manguito hielo | : 25 mm |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Hipótesis IV (Condición de Viento Medio y Hielo)

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Temperatura | : - 5 °C |
| Velocidad del viento | : 11,2 kg/m ² |
| Espesor de manguito hielo | : 12 mm |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Hipótesis V (Condición de Fecha Máxima)

| | | |
|------------------------|---|---|
| Temperatura | : | 30 °C (Temperatura máxima del ambiente) |
| Velocidad del viento | : | nulo |
| % de Tiro de Seguridad | : | 60% TR |

Esta hipótesis se utilizará en la ubicación de estructuras, verificando la distancia de seguridad del conductor respecto al suelo y los cálculos mecánicos del cable de guarda OPGW se muestran en los Cuadros N° 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 y la Fig. 3.1 muestra el tiro horizontal vs Vano equivalente. Los cálculos mecánicos del cable de guarda EHS se muestran en los Cuadros N° 3.16, 3.17, 3.18, 3.19 y la Fig. 3.2 muestra el tiro horizontal vs Vano equivalente.

| CÁLCULO MECÁNICO DEL CABLE DE GUARDA | | | | | | |
|---|--------------------|---------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| LÍNEA DE TRANSMISIÓN 138 kV: Cable OPGW 108 mm ² | | | | | | |
| HIPÓTESIS 1 (EDS): T= 10 °C, P _v = 0 Pa. , e= 55,61 MPa (14.8%TR). | | | | | | |
| Vano (m) | Esf. Hor. (MPa) | Flecha (m) | Esf. Tang. (MPa) | Parámetro (m) | Tiro Hor. (kN) | Tiro Tang. (kN) |
| 25 | 128.96 | 0.03 | 129.16 | 2,367 | 13.93 | 13.95 |
| 50 | 128.96 | 0.13 | 129.16 | 2,367 | 13.93 | 13.95 |
| 75 | 128.96 | 0.30 | 129.26 | 2,367 | 13.93 | 13.96 |
| 100 | 128.96 | 0.53 | 129.26 | 2,367 | 13.93 | 13.96 |
| 125 | 128.96 | 0.83 | 129.35 | 2,367 | 13.93 | 13.97 |
| 150 | 128.96 | 1.19 | 129.35 | 2,367 | 13.93 | 13.97 |
| 175 | 128.96 | 1.62 | 129.45 | 2,367 | 13.93 | 13.98 |
| 200 | 128.96 | 2.12 | 129.55 | 2,367 | 13.93 | 13.99 |
| 225 | 128.96 | 2.68 | 129.55 | 2,367 | 13.93 | 13.99 |
| 250 | 128.96 | 3.31 | 129.65 | 2,367 | 13.93 | 14.00 |
| 275 | 128.96 | 4.00 | 129.75 | 2,367 | 13.93 | 14.01 |
| 300 | 128.96 | 4.76 | 129.75 | 2,367 | 13.93 | 14.01 |
| 325 | 128.96 | 5.59 | 129.84 | 2,367 | 13.93 | 14.02 |
| 350 | 128.96 | 6.48 | 129.94 | 2,367 | 13.93 | 14.03 |

Cuadro N° 3.11

| CÁLCULO MECÁNICO DEL CABLE DE GUARDA | | | | | | |
|---|------------------|---------------|--|------------------|------------------|-------------------|
| LÍNEA DE TRANSMISIÓN 138 kV: Cable OPGW 108 mm² | | | | | | |
| HIPÓTESIS 2 (Condicion de Viento): | | | T= 0°C, Pv= 451.26 Pa , hielo= 0 mm | | | |
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 148.09 | 0.04 | 148.38 | 1,853 | 15.99 | 16.03 |
| 50 | 149.07 | 0.17 | 149.36 | 1,865 | 16.10 | 16.13 |
| 75 | 150.64 | 0.37 | 150.93 | 1,884 | 16.27 | 16.30 |
| 100 | 152.60 | 0.66 | 153.09 | 1,909 | 16.48 | 16.53 |
| 125 | 154.66 | 1.01 | 155.15 | 1,935 | 16.70 | 16.76 |
| 150 | 156.81 | 1.44 | 157.40 | 1,962 | 16.94 | 17.00 |
| 175 | 158.97 | 1.93 | 159.66 | 1,989 | 17.17 | 17.24 |
| 200 | 161.03 | 2.48 | 161.82 | 2,015 | 17.39 | 17.48 |
| 225 | 163.09 | 3.11 | 163.97 | 2,040 | 17.61 | 17.71 |
| 250 | 164.95 | 3.79 | 166.03 | 2,064 | 17.82 | 17.93 |
| 275 | 166.72 | 4.54 | 167.90 | 2,086 | 18.01 | 18.13 |
| 300 | 168.39 | 5.35 | 169.66 | 2,107 | 18.19 | 18.32 |
| 325 | 169.96 | 6.22 | 171.23 | 2,126 | 18.36 | 18.49 |
| 350 | 171.33 | 7.16 | 172.80 | 2,143 | 18.50 | 18.66 |

Cuadro N° 3.12

| CÁLCULO MECÁNICO DEL CABLE DE GUARDA | | | | | | |
|---|------------------|---------------|---|------------------|------------------|-------------------|
| LÍNEA DE TRANSMISIÓN 138 kV: Cable OPGW 108 mm² | | | | | | |
| HIPÓTESIS 3 (Solo Hielo): | | | T= -5 °C, Pv= 0 Pa. , hielo= 25 mm | | | |
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 167.21 | 0.15 | 167.70 | 537 | 18.06 | 18.11 |
| 50 | 188.39 | 0.52 | 189.18 | 605 | 20.35 | 20.43 |
| 75 | 211.83 | 1.03 | 213.01 | 681 | 22.88 | 23.00 |
| 100 | 234.58 | 1.66 | 236.25 | 754 | 25.34 | 25.52 |
| 125 | 256.35 | 2.38 | 258.32 | 824 | 27.69 | 27.90 |
| 150 | 276.85 | 3.17 | 279.30 | 889 | 29.90 | 30.16 |
| 175 | 296.07 | 4.03 | 299.11 | 951 | 31.98 | 32.30 |
| 200 | 314.41 | 4.96 | 317.84 | 1,010 | 33.96 | 34.33 |
| 225 | 331.48 | 5.95 | 335.50 | 1,065 | 35.80 | 36.23 |
| 250 | 347.76 | 7.01 | 352.27 | 1,117 | 37.56 | 38.04 |
| 275 | 363.15 | 8.12 | 368.25 | 1,167 | 39.22 | 39.77 |
| 300 | 377.77 | 9.29 | 383.45 | 1,214 | 40.80 | 41.41 |
| 325 | 391.59 | 10.52 | 397.87 | 1,258 | 42.29 | 42.97 |
| 350 | 404.73 | 11.81 | 411.70 | 1,301 | 43.71 | 44.46 |

Cuadro N° 3.13

| CÁLCULO MECÁNICO DEL CABLE DE GUARDA | | | | | | |
|---|-----------|--------|------------|-----------|-----------|------------|
| LÍNEA DE TRANSMISIÓN 138 kV: Cable OPGW 108 mm² | | | | | | |
| HIPÓTESIS 4 (Viento Medio y Hielo): T= -5 °C, Pv= 109.872 Pa. , hielo= 12.5 mm | | | | | | |
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 159.27 | 0.07 | 159.56 | 1,082 | 17.20 | 17.23 |
| 50 | 164.76 | 0.28 | 165.15 | 1,120 | 17.79 | 17.84 |
| 75 | 172.31 | 0.60 | 172.90 | 1,171 | 18.61 | 18.67 |
| 100 | 180.94 | 1.02 | 181.72 | 1,230 | 19.54 | 19.63 |
| 125 | 189.67 | 1.52 | 190.55 | 1,289 | 20.48 | 20.58 |
| 150 | 198.20 | 2.09 | 199.38 | 1,347 | 21.41 | 21.53 |
| 175 | 206.54 | 2.73 | 207.81 | 1,404 | 22.31 | 22.44 |
| 200 | 214.48 | 3.44 | 215.95 | 1,457 | 23.16 | 23.32 |
| 225 | 221.93 | 4.20 | 223.70 | 1,508 | 23.97 | 24.16 |
| 250 | 228.99 | 5.03 | 230.95 | 1,556 | 24.73 | 24.94 |
| 275 | 235.56 | 5.92 | 237.72 | 1,601 | 25.44 | 25.67 |
| 300 | 241.84 | 6.86 | 244.29 | 1,644 | 26.12 | 26.38 |
| 325 | 247.63 | 7.86 | 250.27 | 1,683 | 26.74 | 27.03 |
| 350 | 253.02 | 8.92 | 255.96 | 1,720 | 27.33 | 27.64 |

Cuadro N° 3.14

| CÁLCULO MECÁNICO DEL CABLE DE GUARDA | | | | | | |
|--|-----------|--------|------------|-----------|-----------|------------|
| LÍNEA DE TRANSMISIÓN 138 kV: Cable OPGW 108 mm² | | | | | | |
| HIPÓTESIS 5 (Fecha Maxima): T= 30 °C, Pv= 0 Pa. , hielo= 0 mm | | | | | | |
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 91.89 | 0.05 | 91.99 | 1,686 | 9.92 | 9.93 |
| 50 | 93.36 | 0.18 | 93.56 | 1,713 | 10.08 | 10.10 |
| 75 | 95.42 | 0.40 | 95.62 | 1,751 | 10.31 | 10.33 |
| 100 | 97.78 | 0.70 | 98.07 | 1,795 | 10.56 | 10.59 |
| 125 | 100.33 | 1.06 | 100.72 | 1,842 | 10.84 | 10.88 |
| 150 | 102.68 | 1.49 | 103.17 | 1,885 | 11.09 | 11.14 |
| 175 | 105.03 | 1.99 | 105.43 | 1,927 | 11.34 | 11.39 |
| 200 | 107.09 | 2.55 | 107.68 | 1,966 | 11.57 | 11.63 |
| 225 | 109.05 | 3.17 | 109.64 | 2,001 | 11.78 | 11.84 |
| 250 | 110.72 | 3.85 | 111.51 | 2,033 | 11.96 | 12.04 |
| 275 | 112.39 | 4.59 | 113.07 | 2,062 | 12.14 | 12.21 |
| 300 | 113.76 | 5.40 | 114.64 | 2,088 | 12.29 | 12.38 |
| 325 | 115.13 | 6.26 | 116.11 | 2,114 | 12.43 | 12.54 |
| 350 | 116.21 | 7.19 | 117.19 | 2,133 | 12.55 | 12.66 |

Cuadro N° 3.15

LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV
 CÁLCULO MECÁNICO DE CABLE DE GUARDA OPGW 108 mm²

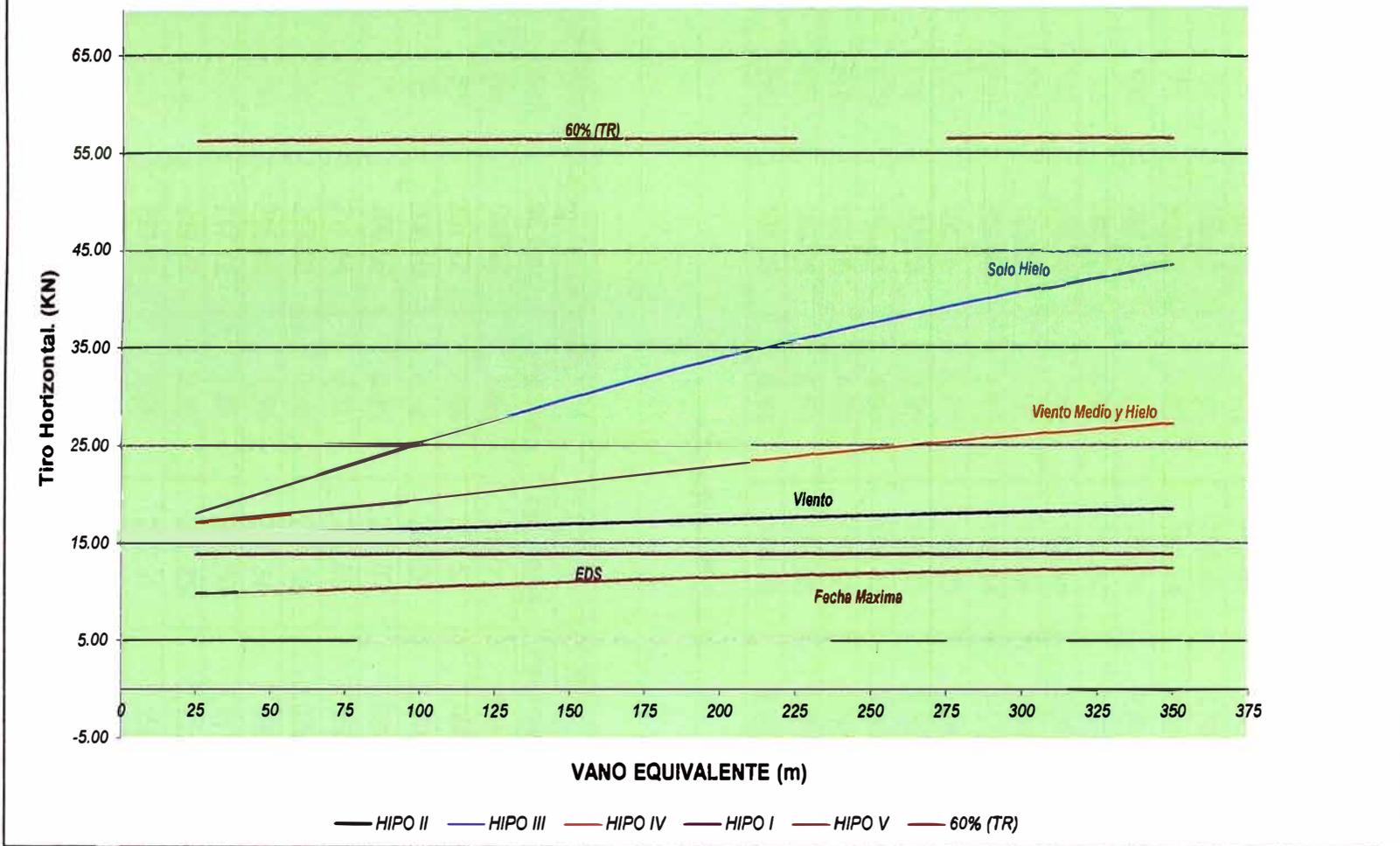


Fig. 3.1 Tiro Horizontal vs Vano equivalente

CÁLCULO MECÁNICO DEL CABLE DE GUARDA

LÍNEA DE TRANSMISIÓN 138 kV: Cable EHS 70 mm²

HIPÓTESIS 1 (EDS): T= 10 °C, P_v= 0 Pa. , e= 55,61 MPa (14.9%TR).

| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
|------|-----------|--------|------------|-----------|-----------|------------|
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 185.35 | 0.03 | 185.65 | 2,369 | 13.82 | 13.85 |
| 50 | 185.35 | 0.13 | 185.65 | 2,369 | 13.82 | 13.85 |
| 75 | 185.35 | 0.30 | 185.74 | 2,369 | 13.82 | 13.85 |
| 100 | 185.35 | 0.53 | 185.84 | 2,369 | 13.82 | 13.86 |
| 125 | 185.35 | 0.83 | 185.84 | 2,369 | 13.82 | 13.86 |
| 150 | 185.35 | 1.19 | 185.94 | 2,369 | 13.82 | 13.87 |
| 175 | 185.35 | 1.62 | 186.04 | 2,369 | 13.82 | 13.87 |
| 200 | 185.35 | 2.11 | 186.14 | 2,369 | 13.82 | 13.88 |
| 225 | 185.35 | 2.68 | 186.23 | 2,369 | 13.82 | 13.89 |
| 250 | 185.35 | 3.30 | 186.33 | 2,369 | 13.82 | 13.90 |
| 275 | 185.35 | 4.00 | 186.43 | 2,369 | 13.82 | 13.90 |
| 300 | 185.35 | 4.76 | 186.53 | 2,369 | 13.82 | 13.91 |
| 325 | 185.35 | 5.58 | 186.63 | 2,369 | 13.82 | 13.92 |
| 350 | 185.35 | 6.48 | 186.73 | 2,369 | 13.82 | 13.93 |

Cuadro N° 3.16

HIPÓTESIS 2 (Condicion de Viento): T=0°C, P_v= 451.26 Pa , hielo= 0 mm

| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
|------|-----------|--------|------------|-----------|-----------|------------|
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 207.22 | 0.04 | 207.52 | 2,009 | 15.45 | 15.48 |
| 50 | 208.10 | 0.16 | 208.50 | 2,018 | 15.52 | 15.55 |
| 75 | 209.58 | 0.35 | 210.07 | 2,032 | 15.63 | 15.67 |
| 100 | 211.44 | 0.61 | 212.03 | 2,050 | 15.77 | 15.81 |
| 125 | 213.50 | 0.94 | 214.18 | 2,070 | 15.92 | 15.97 |
| 150 | 215.56 | 1.35 | 216.34 | 2,090 | 16.08 | 16.13 |
| 175 | 217.72 | 1.82 | 218.60 | 2,111 | 16.24 | 16.30 |
| 200 | 219.77 | 2.35 | 220.85 | 2,131 | 16.39 | 16.47 |
| 225 | 221.74 | 2.95 | 222.91 | 2,150 | 16.54 | 16.62 |
| 250 | 223.50 | 3.61 | 224.87 | 2,167 | 16.67 | 16.77 |
| 275 | 225.17 | 4.34 | 226.64 | 2,184 | 16.79 | 16.90 |
| 300 | 226.74 | 5.13 | 228.31 | 2,199 | 16.91 | 17.03 |
| 325 | 228.31 | 5.97 | 230.07 | 2,214 | 17.03 | 17.16 |
| 350 | 229.48 | 6.89 | 231.45 | 2,225 | 17.11 | 17.26 |

Cuadro N° 3.17

| HIPÓTESIS 3 (Solo Hielo): T= -5 °C, Pv= 0 Pa. , hielo= 25 mm | | | | | | |
|---|------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 232.62 | 0.14 | 233.21 | 550 | 17.35 | 17.39 |
| 50 | 263.71 | 0.50 | 264.79 | 624 | 19.67 | 19.75 |
| 75 | 297.64 | 1.00 | 299.21 | 704 | 22.20 | 22.32 |
| 100 | 330.40 | 1.60 | 332.56 | 782 | 24.64 | 24.80 |
| 125 | 361.39 | 2.29 | 364.13 | 855 | 26.95 | 27.16 |
| 150 | 390.51 | 3.05 | 393.85 | 924 | 29.12 | 29.37 |
| 175 | 417.97 | 3.88 | 422.00 | 989 | 31.17 | 31.47 |
| 200 | 443.57 | 4.77 | 448.28 | 1,050 | 33.08 | 33.43 |
| 225 | 467.70 | 5.73 | 473.09 | 1,107 | 34.88 | 35.28 |
| 250 | 490.55 | 6.74 | 496.63 | 1,161 | 36.58 | 37.04 |
| 275 | 512.02 | 7.82 | 518.89 | 1,212 | 38.19 | 38.70 |
| 300 | 532.42 | 8.95 | 540.07 | 1,260 | 39.71 | 40.28 |
| 325 | 551.74 | 10.14 | 560.08 | 1,306 | 41.15 | 41.77 |
| 350 | 569.98 | 11.38 | 579.20 | 1,349 | 42.51 | 43.20 |

Cuadro N° 3.18

| HIPÓTESIS 4 (Viento Medio y Hielo): T= -5 °C, Pv= 109.872 Pa. , hielo= 12.5 mm | | | | | | |
|---|------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 220.46 | 0.07 | 220.85 | 1,113 | 16.44 | 16.47 |
| 50 | 228.50 | 0.27 | 229.09 | 1,154 | 17.04 | 17.09 |
| 75 | 239.49 | 0.58 | 240.27 | 1,209 | 17.86 | 17.92 |
| 100 | 251.75 | 0.98 | 252.73 | 1,271 | 18.78 | 18.85 |
| 125 | 264.00 | 1.47 | 265.28 | 1,333 | 19.69 | 19.78 |
| 150 | 276.07 | 2.02 | 277.64 | 1,394 | 20.59 | 20.71 |
| 175 | 287.64 | 2.64 | 289.40 | 1,452 | 21.45 | 21.58 |
| 200 | 298.62 | 3.32 | 300.58 | 1,508 | 22.27 | 22.42 |
| 225 | 308.82 | 4.06 | 311.18 | 1,559 | 23.03 | 23.21 |
| 250 | 318.43 | 4.87 | 321.08 | 1,608 | 23.75 | 23.95 |
| 275 | 327.55 | 5.73 | 330.50 | 1,654 | 24.43 | 24.65 |
| 300 | 335.89 | 6.65 | 339.03 | 1,696 | 25.05 | 25.28 |
| 325 | 343.64 | 7.63 | 347.17 | 1,735 | 25.63 | 25.89 |
| 350 | 350.89 | 8.66 | 354.72 | 1,771 | 26.17 | 26.45 |

Cuadro N° 3.19

| HIPÓTESIS 5 (Fecha Maxima): T= 30 °C, Pv= 0 Pa. , hielo= 0 mm | | | | | | |
|--|------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 143.18 | 0.04 | 143.38 | 1,829 | 10.68 | 10.69 |
| 50 | 144.75 | 0.17 | 145.05 | 1,850 | 10.80 | 10.82 |
| 75 | 147.30 | 0.37 | 147.60 | 1,882 | 10.99 | 11.01 |
| 100 | 149.95 | 0.65 | 150.34 | 1,917 | 11.18 | 11.21 |
| 125 | 152.79 | 1.00 | 153.28 | 1,953 | 11.40 | 11.43 |
| 150 | 155.64 | 1.42 | 156.23 | 1,989 | 11.61 | 11.65 |
| 175 | 158.28 | 1.90 | 158.97 | 2,023 | 11.80 | 11.86 |
| 200 | 160.74 | 2.44 | 161.52 | 2,055 | 11.99 | 12.05 |
| 225 | 162.99 | 3.04 | 163.87 | 2,084 | 12.16 | 12.22 |
| 250 | 165.05 | 3.71 | 166.03 | 2,110 | 12.31 | 12.38 |
| 275 | 166.92 | 4.44 | 167.99 | 2,133 | 12.45 | 12.53 |
| 300 | 168.68 | 5.23 | 169.96 | 2,156 | 12.58 | 12.68 |
| 325 | 170.05 | 6.08 | 171.43 | 2,174 | 12.68 | 12.78 |
| 350 | 171.33 | 7.00 | 172.80 | 2,190 | 12.78 | 12.89 |

Cuadro N° 3.20

LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV
 CÁLCULO MECÁNICO DE CABLE DE GUARDA EHS 70 mm²

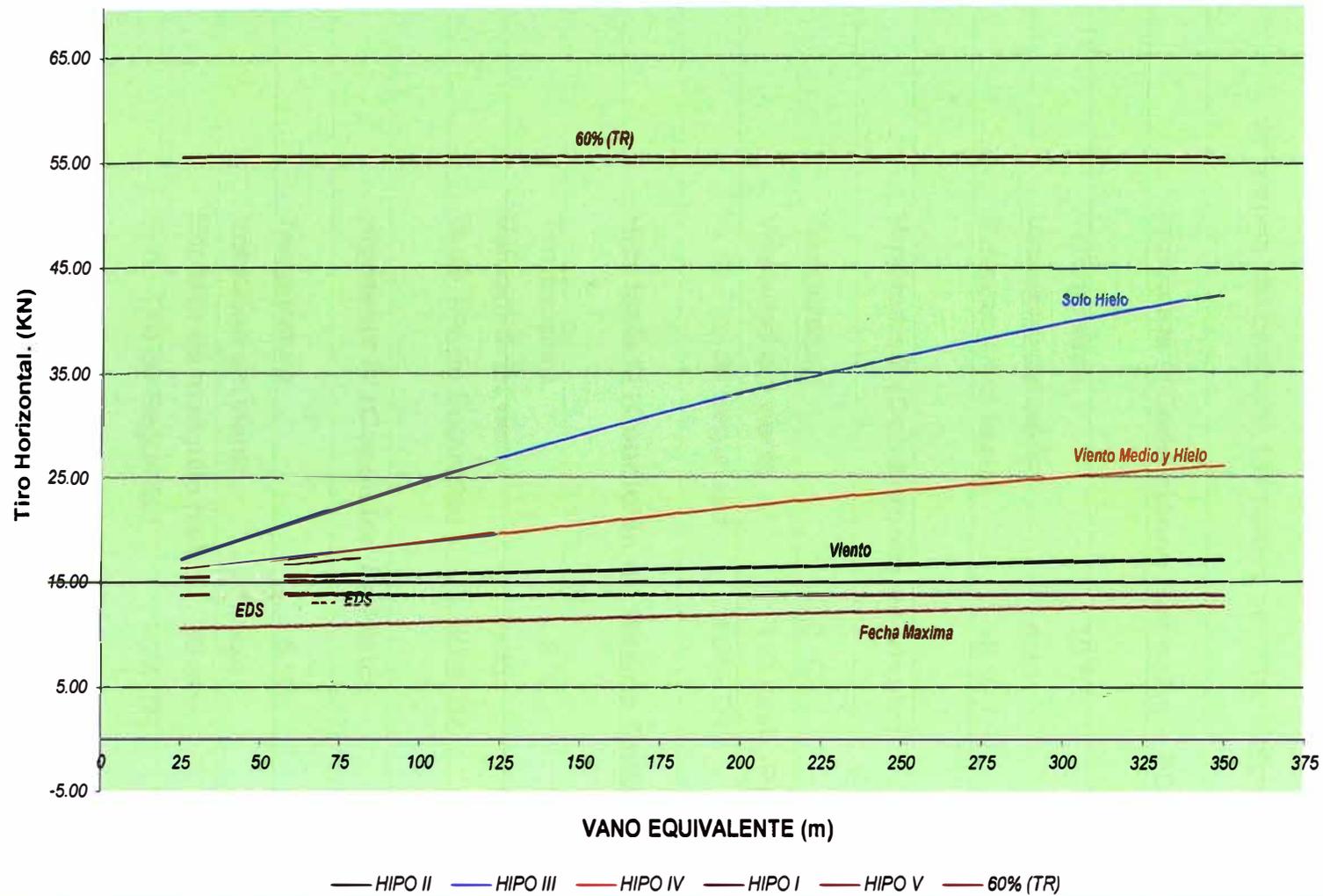


Fig. 3.2 Tiro Horizontal vs Vano equivalente

3.4.5 Hipótesis de Estado del Conductor tipo AAAC de 304mm²

Para el diseño mecánico se ha tomado las características climáticas de la zona del proyecto, las cuales permiten definir las siguientes hipótesis:

Hipótesis I (Condiciones Normales – EDS)

| | |
|----------------------|-----------|
| Temperatura | : 10 °C |
| Velocidad del viento | : nulo |
| Esfuerzo EDS Inicial | : 18 % TR |

Hipótesis II (Condiciones de Viento)

| | |
|------------------------|---|
| Temperatura | : 0 °C |
| Velocidad del viento | : 113 km/h (Pv = 46 kg/m ²) |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Hipótesis III (Condición de Mínima Temperatura)

| | |
|------------------------|----------|
| Temperatura | : - 5 °C |
| Velocidad del viento | : nulo |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Hipótesis IV (Condición de Hielo)

| | |
|---------------------------|----------|
| Temperatura | : - 5 °C |
| Velocidad del viento | : nulo |
| Espesor de manguito hielo | : 25 mm |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Hipótesis V (Condición de Viento Medio y Hielo)

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Temperatura | : - 5 °C |
| Velocidad del viento | : 11,2 kg/m ² |
| Espesor de manguito hielo | : 12 mm |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Las hipótesis 3, 4 y 5 verifican la resistencia de las estructuras en caso de rotura del conductor.

Hipótesis VI (Condición de Fecha Máxima)

| | |
|------------------------|---------------------------------|
| Temperatura | : 50°C + T °C (Δ Creep) |
| Velocidad del viento | : nulo |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Esta hipótesis se utilizará en la ubicación de estructuras, verificando la distancia de seguridad del conductor respecto al suelo.

Hipótesis VII (Condición de Oscilación de Cadena)

| | |
|------------------------|--------------------------|
| Temperatura | : 10 °C |
| Velocidad del viento | : 29,6 kg/m ² |
| % de Tiro de Seguridad | : 60% TR |

Los cálculos se muestran en los cuadros N° 3.21, 3.22, 3.23, 3.24, 3.25, 3.26, 3.27 y Fig. 3.3 muestra el tiro horizontal vs Vano equivalente.

| HIPÓTESIS 1 (EDS): T= 10 °C, Pv= 0 Pa. , e= 55,61 MPa (18%TR). | | | | | | |
|---|------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 54.13 | 0.04 | 54.23 | 2,012 | 16.45 | 16.48 |
| 50 | 54.13 | 0.16 | 54.23 | 2,012 | 16.45 | 16.48 |
| 75 | 54.13 | 0.35 | 54.23 | 2,012 | 16.45 | 16.48 |
| 100 | 54.13 | 0.62 | 54.33 | 2,012 | 16.45 | 16.51 |
| 125 | 54.13 | 0.97 | 54.33 | 2,012 | 16.45 | 16.51 |
| 150 | 54.13 | 1.40 | 54.33 | 2,012 | 16.45 | 16.51 |
| 175 | 54.13 | 1.91 | 54.33 | 2,012 | 16.45 | 16.51 |
| 200 | 54.13 | 2.49 | 54.43 | 2,012 | 16.45 | 16.54 |
| 225 | 54.13 | 3.15 | 54.43 | 2,012 | 16.45 | 16.54 |
| 250 | 54.13 | 3.89 | 54.43 | 2,012 | 16.45 | 16.54 |
| 275 | 54.13 | 4.71 | 54.53 | 2,012 | 16.45 | 16.57 |
| 300 | 54.13 | 5.60 | 54.53 | 2,012 | 16.45 | 16.57 |
| 325 | 54.13 | 6.57 | 54.62 | 2,012 | 16.45 | 16.60 |
| 350 | 54.13 | 7.63 | 54.62 | 2,012 | 16.45 | 16.60 |

Cuadro N° 3.21

| HIPÓTESIS 2 (Condición de Viento): T= 0°C, Pv= 451.26 Pa , hielo= 0 mm | | | | | | |
|---|------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 67.18 | 0.05 | 67.37 | 1,561 | 20.41 | 20.47 |
| 50 | 67.86 | 0.20 | 68.06 | 1,577 | 20.62 | 20.68 |
| 75 | 68.85 | 0.44 | 69.04 | 1,599 | 20.92 | 20.97 |
| 100 | 70.02 | 0.77 | 70.32 | 1,628 | 21.27 | 21.36 |
| 125 | 71.30 | 1.18 | 71.59 | 1,656 | 21.66 | 21.75 |
| 150 | 72.47 | 1.67 | 72.87 | 1,684 | 22.02 | 22.14 |
| 175 | 73.65 | 2.24 | 74.04 | 1,712 | 22.38 | 22.49 |
| 200 | 74.83 | 2.88 | 75.22 | 1,738 | 22.73 | 22.85 |
| 225 | 75.81 | 3.60 | 76.30 | 1,761 | 23.03 | 23.18 |
| 250 | 76.79 | 4.39 | 77.28 | 1,783 | 23.33 | 23.48 |
| 275 | 77.57 | 5.25 | 78.26 | 1,803 | 23.57 | 23.78 |
| 300 | 78.36 | 6.19 | 79.04 | 1,821 | 23.81 | 24.01 |
| 325 | 79.04 | 7.20 | 79.83 | 1,837 | 24.01 | 24.25 |
| 350 | 79.73 | 8.29 | 80.52 | 1,852 | 24.22 | 24.46 |

Cuadro N° 3.22

| HIPÓTESIS 3 (Mínima temperatura): T= -5°C, Pv= 0 Pa , hielo= 0 | | | | | | |
|---|------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 4.81 | 0.44 | 4.81 | 178 | 1.46 | 1.46 |
| 50 | 9.12 | 0.93 | 9.12 | 338 | 2.77 | 2.77 |
| 75 | 12.95 | 1.47 | 13.04 | 480 | 3.93 | 3.96 |
| 100 | 16.38 | 2.06 | 16.57 | 609 | 4.98 | 5.04 |
| 125 | 19.52 | 2.70 | 19.71 | 726 | 5.93 | 5.99 |
| 150 | 22.36 | 3.39 | 22.56 | 831 | 6.79 | 6.85 |
| 175 | 24.91 | 4.14 | 25.20 | 926 | 7.57 | 7.66 |
| 200 | 27.26 | 4.95 | 27.56 | 1,012 | 8.28 | 8.37 |
| 225 | 29.42 | 5.81 | 29.72 | 1,092 | 8.94 | 9.03 |
| 250 | 31.28 | 6.74 | 31.68 | 1,162 | 9.50 | 9.62 |
| 275 | 32.95 | 7.73 | 33.44 | 1,226 | 10.01 | 10.16 |
| 300 | 34.62 | 8.78 | 35.01 | 1,285 | 10.52 | 10.64 |
| 325 | 35.99 | 9.89 | 36.58 | 1,338 | 10.93 | 11.11 |
| 350 | 37.27 | 11.07 | 37.86 | 1,386 | 11.32 | 11.50 |

Cuadro N° 3.23

| HIPÓTESIS 4 (Solo Hielo): T= -5 °C, Pv= 0 Pa. , hielo= 25 mm | | | | | | |
|---|------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 77.67 | 0.14 | 77.87 | 561 | 23.60 | 23.66 |
| 50 | 86.79 | 0.50 | 87.18 | 627 | 26.37 | 26.49 |
| 75 | 96.89 | 1.01 | 97.38 | 700 | 29.44 | 29.59 |
| 100 | 106.70 | 1.62 | 107.48 | 771 | 32.42 | 32.65 |
| 125 | 116.11 | 2.33 | 117.00 | 839 | 35.28 | 35.54 |
| 150 | 124.84 | 3.12 | 125.92 | 902 | 37.93 | 38.26 |
| 175 | 132.98 | 3.99 | 134.26 | 961 | 40.40 | 40.79 |
| 200 | 140.53 | 4.93 | 142.10 | 1,016 | 42.69 | 43.17 |
| 225 | 147.69 | 5.94 | 149.46 | 1,067 | 44.87 | 45.41 |
| 250 | 154.36 | 7.02 | 156.42 | 1,115 | 46.90 | 47.52 |
| 275 | 160.54 | 8.17 | 162.89 | 1,160 | 48.77 | 49.49 |
| 300 | 166.42 | 9.38 | 168.97 | 1,203 | 50.56 | 51.33 |
| 325 | 171.92 | 10.66 | 174.76 | 1,242 | 52.23 | 53.09 |
| 350 | 177.11 | 12.00 | 180.15 | 1,280 | 53.81 | 54.73 |

Cuadro N° 3.24

| HIPÓTESIS 5 (Viento Medio y Hielo): T= -5 °C, Pv= 109.872 Pa., hielo= 12.5 mm | | | | | | |
|--|-----------|--------|------------|-----------|-----------|------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 74.34 | 0.07 | 74.44 | 1,059 | 22.58 | 22.61 |
| 50 | 76.79 | 0.29 | 76.98 | 1,095 | 23.33 | 23.39 |
| 75 | 80.22 | 0.62 | 80.52 | 1,143 | 24.37 | 24.46 |
| 100 | 83.95 | 1.05 | 84.24 | 1,196 | 25.50 | 25.59 |
| 125 | 87.67 | 1.57 | 88.16 | 1,250 | 26.64 | 26.78 |
| 150 | 91.30 | 2.16 | 91.89 | 1,302 | 27.74 | 27.92 |
| 175 | 94.83 | 2.84 | 95.42 | 1,351 | 28.81 | 28.99 |
| 200 | 98.07 | 3.58 | 98.76 | 1,397 | 29.79 | 30.00 |
| 225 | 101.11 | 4.40 | 101.89 | 1,441 | 30.72 | 30.96 |
| 250 | 103.86 | 5.29 | 104.84 | 1,480 | 31.55 | 31.85 |
| 275 | 106.41 | 6.24 | 107.48 | 1,517 | 32.33 | 32.65 |
| 300 | 108.76 | 7.27 | 109.94 | 1,550 | 33.04 | 33.40 |
| 325 | 110.92 | 8.37 | 112.29 | 1,581 | 33.70 | 34.11 |
| 350 | 112.98 | 9.53 | 114.35 | 1,610 | 34.32 | 34.74 |

Cuadro N° 3.25

| HIPÓTESIS 6 (Fecha Máxima): T= 83.7 °C, Pv= 0 Pa., hielo= 0 mm | | | | | | |
|---|-----------|--------|------------|-----------|-----------|------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 4.81 | 0.44 | 4.90 | 179 | 1.46 | 1.49 |
| 50 | 9.12 | 0.92 | 9.22 | 339 | 2.77 | 2.80 |
| 75 | 12.95 | 1.46 | 13.04 | 482 | 3.93 | 3.96 |
| 100 | 16.48 | 2.05 | 16.57 | 612 | 5.01 | 5.04 |
| 125 | 19.61 | 2.69 | 19.81 | 728 | 5.96 | 6.02 |
| 150 | 22.46 | 3.38 | 22.65 | 833 | 6.82 | 6.88 |
| 175 | 25.01 | 4.13 | 25.20 | 928 | 7.60 | 7.66 |
| 200 | 27.36 | 4.94 | 27.66 | 1,015 | 8.31 | 8.40 |
| 225 | 29.42 | 5.79 | 29.81 | 1,095 | 8.94 | 9.06 |
| 250 | 31.28 | 6.72 | 31.68 | 1,164 | 9.50 | 9.62 |
| 275 | 33.05 | 7.71 | 33.54 | 1,229 | 10.04 | 10.19 |
| 300 | 34.62 | 8.76 | 35.11 | 1,287 | 10.52 | 10.67 |
| 325 | 36.09 | 9.88 | 36.58 | 1,340 | 10.96 | 11.11 |
| 350 | 37.36 | 11.06 | 37.95 | 1,388 | 11.35 | 11.53 |

Cuadro N° 3.26

| HIPÓTESIS 7 (Oscilacion de Cadena): T=10 °C, Pv= 290,376 Pa., hielo= 0 mm | | | | | | |
|--|------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Vano | Esf. Hor. | Flecha | Esf. Tang. | Parámetro | Tiro Hor. | Tiro Tang. |
| (m) | (MPa) | (m) | (MPa) | (m) | (kN) | (kN) |
| 25 | 54.33 | 0.05 | 54.43 | 1,575 | 16.51 | 16.54 |
| 50 | 55.02 | 0.20 | 55.12 | 1,593 | 16.71 | 16.74 |
| 75 | 55.90 | 0.43 | 56.10 | 1,620 | 16.98 | 17.04 |
| 100 | 56.98 | 0.76 | 57.17 | 1,650 | 17.31 | 17.37 |
| 125 | 58.06 | 1.16 | 58.25 | 1,681 | 17.64 | 17.70 |
| 150 | 59.04 | 1.65 | 59.33 | 1,711 | 17.94 | 18.03 |
| 175 | 60.02 | 2.20 | 60.41 | 1,740 | 18.23 | 18.35 |
| 200 | 61.00 | 2.84 | 61.29 | 1,766 | 18.53 | 18.62 |
| 225 | 61.78 | 3.54 | 62.18 | 1,790 | 18.77 | 18.89 |
| 250 | 62.57 | 4.32 | 62.96 | 1,811 | 19.01 | 19.13 |
| 275 | 63.16 | 5.17 | 63.65 | 1,830 | 19.19 | 19.34 |
| 300 | 63.84 | 6.10 | 64.33 | 1,848 | 19.40 | 19.54 |
| 325 | 64.33 | 7.10 | 64.92 | 1,862 | 19.54 | 19.72 |
| 350 | 64.73 | 8.18 | 65.41 | 1,875 | 19.66 | 19.87 |

Cuadro N° 3.27

LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV
CÁLCULO MECÁNICO CONDUCTOR AAAC 304 mm²

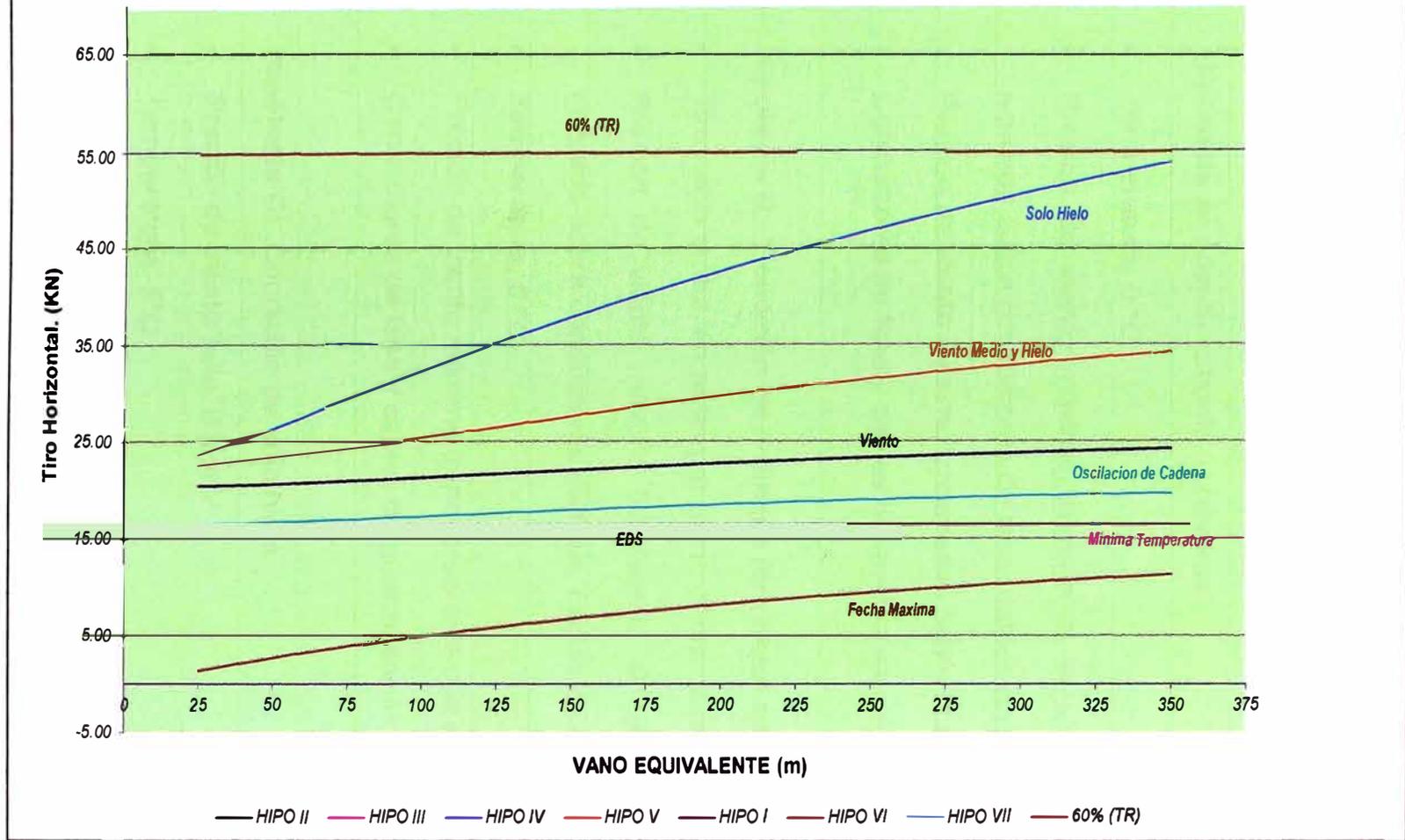


Fig. 3.3 Tiro Horizontal vs Vano equivalent

3.5 CÁLCULO MECÁNICOS DE LAS ESTRUCTURAS

3.5.1 Estructura Angular

Hipótesis A: Viento máximo transversal

- Temperatura, 0 °C
- Presión de viento máximo transversal al eje de la línea, 46 kg/m², aplicado sobre conductores de fase, cables de guarda y aisladores.
- Presión de viento máximo transversal sobre la estructura, 147,2 kg/m².
- Conductores de fase y cables de guarda sanos.

Hipótesis B: Condición de arranque (tiro hacia arriba)

- Tiro hacia arriba, en arranque (vano gravante negativo)
- Presión de viento máximo transversal al eje de la línea, 46 kg/m², aplicado sobre conductores de fase, cables de guarda y aisladores.
- Temperatura, 0 °C
- Presión de viento máximo transversal sobre la estructura, 147,2 kg/m².
- Conductores de fase y cables de guarda sanos.

Hipótesis C: Condición de sólo hielo

- Presión de viento nulo, 0 kg/m²
- Temperatura -5°C
- Espesor de manguito de hielo 25 mm
- Tensión longitudinal debido a diferencia de vanos
- Conductores de fase y cables de guarda sanos

Hipótesis D: Condición de viento medio y hielo.

- Presión de viento nulo, 11,2 kg/m²
- Temperatura -5°C
- Espesor de manguito de hielo 12 mm
- Tensión longitudinal debido a diferencia de vanos
- Conductores de fase y cables de guarda sanos

Hipótesis E, F y G: Rotura de fase superior, inferior derecha e inferior izquierda alternadamente (uno por vez) en torre simple terna vertical.

- Temperatura media, 10 °C
- Presión de viento medio, 0 kg/m²
- No se considera reducción de tiro longitudinal.
- Otros conductores de fase y cables de guarda sanos.

Hipótesis H: Rotura de un cable de guarda de fibra óptica OPGW

- Rotura de un cable de guarda de fibra óptica; en donde no se considera reducción de tiro longitudinal remanente en el cable de fibra óptica.
- Conductores de fase y cable de guarda de acero galvanizado sanos
- Temperatura media 10°C
- Presión de viento medio, 0 kg/m²

Hipótesis I: Rotura de un cable de guarda de acero galvanizado EHS

- Rotura de un cable de guarda de acero galvanizado; en donde no se considera reducción de tiro longitudinal remanente en el cable de acero galvanizado.

- Conductores de fase y cable de guarda de fibra óptica sanos
- Temperatura media 10°C
- Presión de viento medio, 0 kg/m²

Hipótesis J: Tendido de conductor

- El tendido se efectuará en condición EDS inicial determinado mediante el PLSCADD.
- Temperatura media, 10 °C
- Presión de viento medio, 0 kg/m²
- La carga vertical será igual al 75% del vano gravante, más el componente vertical por tendido de conductor (30° respecto a la horizontal) y más 250 kg por peso de operarios y herramientas.

Hipótesis K: Tendido de cable de guarda de fibra óptica OPGW

- El tendido se efectuará en condición EDS del cable de guarda de fibra óptica OPGW
- Temperatura media, 10 °C
- Presión de viento medio, 0 kg/m²
- La carga vertical será igual al 75% del vano gravante, más componente vertical por tendido de cable de fibra óptica (30° respecto a la horizontal) y más 250 kg por peso de operarios y herramientas.

Hipótesis L: Tendido de cable de guarda de acero galvanizado EHS

- El tendido se efectuará en condición EDS del cable de guarda de acero galvanizado EHS
- Temperatura media, 10 °C.

- Presión de viento medio, 0 kg/m².

La carga vertical será igual al 75% del vano gravante, más componente vertical por tendido de cable de guarda (30° respecto a la horizontal) y más 250 kg por peso de operarios y herramientas.

3.5.2 Estructura Terminal.

Hipótesis A: Viento máximo transversal

- Presión de viento máximo transversal al eje de la línea, 46 kg/m² sobre conductores, cables de guarda y aisladores.
- Temperatura 0°C
- Presión de viento máximo transversal sobre la estructura, 147,2 kg/m².
- Conductores y cables de guarda sanos.

Hipótesis B: Condición de arranque (tiro hacia arriba)

- Presión de viento máximo transversal de 46 kg/m² sobre conductores, cables de guarda y aisladores.
- Presión de viento máximo transversal sobre la estructura, 147,2 kg/m².
- En condición de arranque, se considera vano gravante negativo
- Temperatura 0°C
- Conductores y cables de guarda sanos

Hipótesis C: Condición de sólo hielo

- Presión de viento nulo, 0 kg/m²
- Temperatura -5°C
- Espesor de manguito de hielo 25 mm
- Tensión longitudinal debido a diferencia de vanos

- Conductores de fase y cables de guarda sanos

Hipótesis D: Condición de viento medio y hielo

- Presión de viento nulo, 11,2 kg/m²
- Temperatura -5°C
- Espesor de manguito de hielo 12 mm
- Tensión longitudinal debido a diferencia de vanos
- Conductores de fase y cables de guarda sanos

Hipótesis E, F y G: Rotura de fase superior, fase intermedia y fase inferior alternadamente (uno por vez) en torre simple terna vertical.

- Se considerará el 100% de tiro longitudinal remanente de la rotura del conductor de fase.
- Demás conductores y cables de guarda sanos
- Temperatura media 10°C
- Presión de viento nulo, 0 kg/m²

3.5.3 Cálculo del árbol de cargas de las Estructuras.

En el Anexo 12 se presentan los cálculos para obtener el árbol de cargas de las estructuras de la línea de 138kV, es decir, se obtendrán las cargas transversales, verticales y longitudinales para cada hipótesis de carga y cada tipo de estructura.

Las cargas transversales debido al viento máximo sobre el conductor, aisladores y estructura misma, más la carga producida por el esfuerzo del conductor debido al ángulo de desvío topográfico de diseño de la estructura, son cargas importantes del árbol de cargas a calcular.

A nivel de ejemplo se muestran las fórmulas para el cálculo de la carga transversal, vertical y longitudinal sobre las estructuras, para la hipótesis de máximo viento transversal al eje de la línea para una estructura de alineamiento.

Cálculo de la carga transversal T:

$$T = PV \times D \times VM + PV \times Aa + 2 \times T_{\max} \times \text{Sen} \alpha / 2$$

Donde:

PV = Presión de viento, en kg/m²

D = Diámetro del conductor, en m

VM = Vano medio de diseño de la estructura, en m

Aa = Área de exposición al viento de la cadena de aisladores, en m²

Tmax = Tiro del conductor en la condición de máximo viento, en kg

α = Ángulo de desvío topográfico de diseño de la estructura, en grados sexagesimales

Cálculo de la carga vertical V:

$$V = VG \times Wc + Wca$$

Donde:

VG = Vano gravante de diseño de la estructura, en m

Wc = Peso unitario del conductor, en kg/m

Wca = Peso de cadena de aisladores

La carga longitudinal L, por compensación de ambos lados se considera igual a cero. Configuración de la Cabeza de las Estructuras.

3.5.4 Cálculo de Distancias Entre Fases a Mitad del vano.

Para calcular las distancias entre fases se utiliza la norma VDE 0210/12.85, debido a que el Código Nacional de Electricidad – Suministro, no tiene previsto ninguna regla para determinar esta distancia de seguridad para el nivel de 138 kV, (según se observa en la tabla 235-1, “Distancia de seguridad horizontal entre los alambres, conductores o cables en los soportes” y en la tabla 235-6, “Distancia de seguridad en cualquier dirección desde los conductores de línea hacia los soportes y hacia los conductores verticales o laterales, alambre de suspensión o retenida unidos al mismo soporte”).

La fórmula de la norma VDE 0210/12.85 que se utiliza para el cálculo de la distancia entre fases es la siguiente:

$$D = K \times \sqrt{F + L} + SAM \times Fa$$

Donde:

F = Flecha de conductor a 40 °C, m, (del cambio de estado del conductor);

L = 2,20 m; longitud de cadena de suspensión;

K = Es variable de acuerdo a ubicación de conductores; según la tabla 17 de la norma VDE 0210/12.85;

SAM = 1,55; según la tabla 16 de la norma VDE 0210/12.85;

$F_a = 1,35$; factor de altitud máxima de 4 500 msnm, según regla 232.C.1.b. del CNE Suministro 2011.

Aplicando la fórmula mencionada, se calculan las distancias mínimas de separación de fases (D) de la estructura angular y terminal A35, T90.

El factor K se obtiene mediante la aplicación la tabla 17 y las figuras de aclaración de para esa tabla de la Norma DIN VDE 0210/12.85, que se presenta en el Anexo 13.

- a. Para conductores ubicados en el espacio entre 30° a 80° , ángulo de declinación φ entre $40,1$ y $55,0$ grados y conductores AAAC 304 mm^2 , se utiliza $K = 0,65$

Para las estructuras de tipo angular A35 se utiliza el factor $K = 0,65$, para el cálculo del espaciamiento vertical:

Vano máximo de 400 m; $F = 8.05 \text{ m}$; $D = 6,75 \text{ m} \approx 6,80 \text{ m}$

- b. Para conductores ubicados en el espacio entre 80° a 90° , ángulo de declinación φ entre $40,1$ y $55,0$ grados y conductor AAAC 304 mm^2 , se utiliza $K = 0,62$

Para las estructuras de suspensión T90 se utiliza el factor $K = 0,62$, para el cálculo del espaciamiento horizontal y diagonal:

Vano máximo de 400 m; $F = 8.05 \text{ m}$; $D = 6.75 \text{ m} \approx 6.80 \text{ m}$

3.5.5 Distancia de Seguridad.

Las distancias mínimas que se indican a continuación se refieren a las condiciones establecidos en el CNE Suministro 2011.

- a. Distancia de seguridad horizontal (DSH) entre conductores de diferentes circuitos.

Según la regla 235.B.1.b (2) del CNE Suministro 2011; para conductores mayores a 35 mm² la distancia de seguridad horizontal en mm se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} DSH &= 7,6\text{mm} \times kV + 8 \times \sqrt{(2,12 \times S)} \\ DSH_{4500} &= DSH \times Fa \end{aligned}$$

Donde kV es la máxima tensión de operación de la línea y "S" es la flecha final en mm sin carga, sin viento a una temperatura de 25 °C.

Para el vano máximo de 400 m, se obtiene la siguiente distancia de seguridad:

- $S(400\text{ m}) = 2\,309.71\text{ mm}$ $DSH_{4500} = 3\,118.11\text{ mm} \approx 3,30\text{ m}$

b. Distancia de seguridad (DS) en cualquier dirección desde los conductores hacia los soportes y hacia conductores verticales o laterales de otros circuitos, o retenidas unidos al mismo soporte. Se determinan según la regla 235.E.1 y la Tabla 235-6 y afectados por el factor de altitud se obtienen las siguientes distancias de seguridad:

- Distancia de seguridad a conductor vertical o lateral de otros circuitos:

$$DS = 580\text{ mm} + 10\text{ mm} \times (145 - 50) = 1530\text{ mm} \times 1.36 = 2080\text{ mm} \approx 2.10\text{ m}$$

- Distancia de seguridad a retenida de anclaje unido a la misma estructura:

$$DS = 410\text{ mm} + 6,5\text{ mm} \times (145 - 50) = 1\,027.5\text{ mm} \times 1,36 = 1\,397.4\text{ mm} \approx 1,50\text{ m}$$

- Distancia de seguridad a superficie de los brazos de soporte:

$$DS = 280\text{ mm} + 6,0\text{ mm} \times (145 - 50) = 850\text{ mm} \times 1,36 = 1\,156\text{ mm} \approx 1,50\text{ m}.$$

- Distancia de seguridad a superficie de estructuras:

- En estructuras utilizadas de manera conjunta:

$$DS = 330 + 5 \text{ mm} \times (145 - 50) = 850 \text{ mm} \times 1,36 = 1\,156 \text{ mm} \approx 1,20\text{m}$$

- Todos los demás:

$$DS = 280 \text{ mm} + 5 \text{ mm} \times (145 - 50) = 755 \text{ mm} \times 1,412 = 1\,066 \text{ mm} \approx 1,10\text{m}.$$

3.5.6 Distancias de Seguridad al Suelo

De conformidad a lo establecido en la tabla 232-1a del Código Nacional de Electricidad - Suministro, se describe en esta sección las distancias mínimas al suelo en la condición de flecha máxima.

Altura de los conductores sobre:

- | | |
|--|--------|
| • Zona no transitables por vehículo | 6.70 m |
| • Al cruce de carreteras, avenidas y calles | 7,20 m |
| • A lo largo de carreteras, avenidas y calles | 8,20 m |
| • En cruce de carreteras sujeta al tráfico de camiones | 8,20 m |

3.5.7 Prestación de las Estructuras.

Las prestaciones de las estructuras del proyecto se definen, en el Cuadro N° 3.27

| TIPO DE ESTRUCTURA | A35 | | T90 | |
|------------------------------------|---|-----|--|-----|
| Zona de carga CNE Suministro | <ul style="list-style-type: none"> • Presión de viento de 46,04 kg/m² y temperatura de 0 °C • Espesor de manguito de hielo de 25 mm, presión de viento nulo y temperatura de -5 °C • Espesor de manguito de hielo de 12 mm, presión de viento de 11,2 kg/m² y temperatura de -5 °C | | | |
| Función de la Estructura | Angular | | Terminal | |
| Tipo de cadena de aisladores | Trece cadenas de aisladores de anclaje | | Catorce cadenas de aisladores de anclaje + seis cadenas de orientación | |
| Vano Viento (m) | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Vano Gravante (m) | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Vano Máximo Lateral (m) | 600 | 600 | 600 | 800 |
| Angulo de Desvío (°) | 35 | > 0 | 90 | > 0 |

Cuadro N 3.27 Prestación de Estructuras Metálicas

3.6 PUESTA A TIERRA

3.6.1 Condiciones Generales.

Las características de los sistemas de puesta a tierra a ser empleados serán establecidos en función de:

- Asegurar que la persona posicionada en la estructura no sea expuesta al peligro de choque eléctrico.
- Proveer caminos a la corriente eléctrica dentro de la tierra bajo condiciones de falla sin exceder los límites de operación de equipos o afectar la continuidad del servicio del sistema.

Cumpliendo con las reglas del Código Nacional de Electricidad – Suministro y las normas de la IEEE Std- 80-2000.

La determinación del tipo de puesta a tierra de cada estructura se efectuará tomando en cuenta las mediciones de resistividad eléctrica tomadas en las ubicaciones de las estructuras a instalarse.

3.6.2 Material de Puesta a Tierra

El sistema de puesta a tierra será del tipo contrapeso y estará conformado por el siguiente material: conductor copperweld 7 N° 10 AWG y conectores de tipo torre – conductor y conductor - conductor.

Las características del conductor copperweld 7 N° 10 AWG son las siguientes:

- Sección total 36,83 mm²
- Diámetro exterior 7,77 mm
- Peso unitario 0,3031 kg/m
- Carga de rotura mínima 31,68 kN (3 230 kg)
- Conductividad 40% IACS

3.6.3 Tipos de Configuración de Sistemas de Puesta a Tierra

3.6.3.1 Configuración A

Esta configuración se instalará en estructuras ubicadas en zonas no transitadas para lograr una resistencia de puesta a tierra igual o menor a 25 ohmios, según el código lo indicado en el CNE Suministro 2011.

Esta configuración estará compuesta por 4 contrapesos horizontales longitudinales con las siguientes dimensiones totales igual a 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 metros; y estarán enterrados a una profundidad de 0,60 m.

Resistencia de puesta a tierra de conductor horizontal enterrado a una profundidad "p" Será igual a:

$$R_A = \frac{\rho}{\pi L} \left[\ln \left(\frac{2L}{\sqrt{2rp}} \right) - 1 \right]$$

Donde:

L = 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 m, longitud total del conductor

r = 0,00389 m, radio del conductor

p = 0,60 m, profundidad de enterramiento del conductor

Reemplazando, para las diferentes longitudes de contrapeso, se obtienen los valores del Cuadro N° 3.28.

| TIPO DE PUESTA TIERRA | LONGITUD DEL CONTRAPESO | RESISTENCIA DEL CONTRAPESO HORIZONTAL RA = 25 ohm | RESISTIVIDAD DEL TERRENO ρ (ohm-m) |
|-----------------------|-------------------------|--|---------------------------------------|
| A1 | 5 | 0.2538 | 99 |
| A2 | 10 | 0.1489 | 168 |
| A3 | 15 | 0.1079 | 232 |
| A4 | 20 | 0.0855 | 292 |
| A5 | 30 | 0.0613 | 408 |
| A6 | 40 | 0.0483 | 518 |
| A7 | 50 | 0.0400 | 624 |

Cuadro 3.28 Resistividad de Terreno con configuración A

3.6.3.2 Configuración B

Esta configuración se aplicará en estructuras que se ubican en zonas transitadas para lograr una resistencia de puesta a tierra menor o igual a 10 ohmios.

La configuración B se forma añadiendo a la configuración A un contrapeso con disposición en anillo, que funcionará adicionalmente como limitador de las tensiones de toque en las estructuras.

Esta configuración estará compuesta por 4 contrapesos horizontales longitudinales con las siguientes dimensiones totales igual a 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 metros y estarán enterrados a una profundidad de 0,60 m; más un contrapeso en anillo con un diámetro de 10,00 m y también enterrado a 0,60 m de profundidad.

Resistencia de puesta a tierra de un contrapeso en anillo horizontal enterrado a una profundidad "s" será igual a:

$$R_o = \frac{\rho}{2 \times \pi^2 \times D} \left[\operatorname{Ln} \frac{8 \times D}{d} + \operatorname{Ln} \frac{4 \times D}{s} \right]$$

Donde:

- D = 10,00 metros, diámetro del anillo;
- d = 0,00777 m, diámetro del conductor
- s = 0,60 m, profundidad de enterramiento del conductor

Remplazando en la fórmula se obtiene la resistencia de un contrapeso en anillo con 10,00 m de diámetro:

$$R_o = \rho (0,0681) \text{ Ohmios}$$

La resistencia en paralelo de un contrapeso en anillo horizontal con cuatro contrapesos longitudinales horizontal similares a la configuración A, que se conectarán en paralelo con la resistencia del anillo, todos horizontales y enterrados a una profundidad de 0,60 m, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$R_B = \frac{R_A \times R_o}{R_A + R_o}$$

La resistencia de puesta a tierra para la Configuración B, para las diferentes longitudes de contrapesos se presenta a continuación.

| TIPO DE PUESTA TIERRA | LONGITUD TOTAL DEL CONTRAPESO HORIZONTAL L(m) | RESISTENCIA DEL CONTRAPESO HORINZONTAL RA = 25 ohm | RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA DEL ANILLO Ro(Ohm) | RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA DEL ANILLO Rb=10 omh-m | RESISTIVIDAD DE SUELO ρ (ohm-m) |
|-----------------------|---|--|---|---|--------------------------------------|
| B1 | 5 | 0.254 | 0.0681 | 0.05 | 186 |
| B2 | 10 | 0.149 | 0.0681 | 0.05 | 214 |
| B3 | 15 | 0.108 | 0.0681 | 0.04 | 239 |
| B4 | 20 | 0.086 | 0.0681 | 0.04 | 264 |
| B5 | 30 | 0.061 | 0.0681 | 0.03 | 310 |
| B6 | 40 | 0.048 | 0.0681 | 0.03 | 354 |
| B7 | 50 | 0.040 | 0.0681 | 0.03 | 397 |

Cuadro N° 3.29 Resistividades del Terreno con Configuración B

RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA PARA CADA TIPO DE TORRE

| | Soporte Punto N° | Tipo de Estructura | Resistividades (ohm-m) | | Profund. de la 1era Capa h1 (m) | Pcontrape (ohm-m) | Lcontrap. (m) | Resist(ohm) Contrapeso |
|--------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-----|------------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------|
| | | | p1 | p2 | | | | |
| LINEA 138 KV | V1 | Torre | 2 | 100 | 0.80 | 100 | 10 | 14 894 |
| | V2 | Torre | 17 | 34 | 0.80 | 34 | 5 | 8 628 |
| | V3 | Torre | 2 | 100 | 0.80 | 100 | 10 | 14 894 |
| | V4 | Torre | 20 | 8 | 0.40 | 20 | 5 | 5 075 |
| | V5 | Torre | 0.5 | 25 | 1.00 | 25 | 5 | 6 344 |
| | V6 | Torre | 3 | 9 | 0.20 | 9 | 5 | 2 284 |
| | V7 | Torre | 0.9 | 45 | 1.50 | 45 | 5 | 11 419 |

Cuadro N° 3.30 Resumen de la Resistividades del Terreno

3.7 APANTALLAMIENTO

La protección contra descargas atmosféricas se efectúa de acuerdo con el criterio de salida de línea (NF) el cual en ningún caso puede superar a 0,5 desconexión / 100 km-año, según estándares internacionales.

Siendo la salida por flameo inverso y por falla de apantallamiento (NT) igual a:

$$NT = N_{sf} + N_f$$

Donde:

N_f : Número de salida de línea por flameo inverso.

N_{sf} : Número de salida de línea por fallas de apantallamiento.

3.7.1 Salida por Fallas por Apantallamiento (NFS).

Para el cálculo de salida de línea por fallas de apantallamiento para dos cables de guarda se consideran los siguientes factores:

- Nivel Isocerámico de la zona (NI), se asume NI = 60 días tormenta/año (del Mapa de Niveles Isocerámico preparado por el Ing. Justo Yanque en el año 2 002, ver Anexo N° 14

- Altura promedio del cable de guarda (hg).
- Geometría de la estructura.
- Altura de la fase superior del conductor (h).
- Radio corona alrededor del conductor.

La descripción del apantallamiento en una línea de transmisión se representa en la figura 3.4 y la figura 3.5:

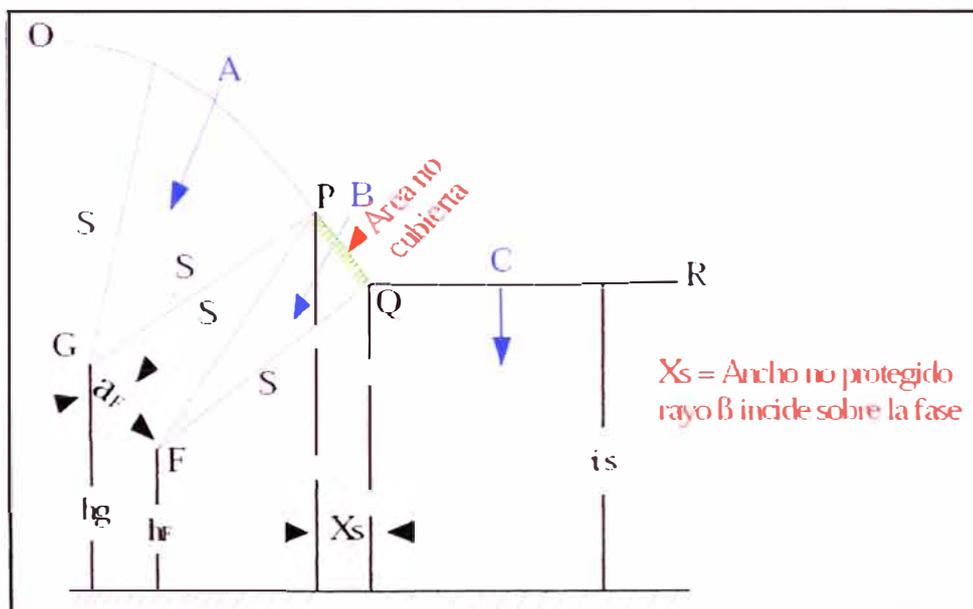


Figura 3.4

El rayo cae directamente sobre la fase, incidiendo verticalmente. En la figura 3.4 pueden observarse que el rayo A saltará solamente sobre el cable de guarda, dado que para cualquier punto sobre el arco OP la distancia al conductor de fase será siempre mayor que S.

El rayo C sólo podrá saltar a una distancia βS ya que para cualquier punto sobre QR la distancia al conductor de fase es muy grande. El rayo B, tan pronto alcanza el arco PQ, sólo podrá saltar hacia la fase. La distancia X_s corresponde a una zona no protegida en la cual los rayos que normalmente alcanzaría la tierra incidirán en cambio sobre la fase.

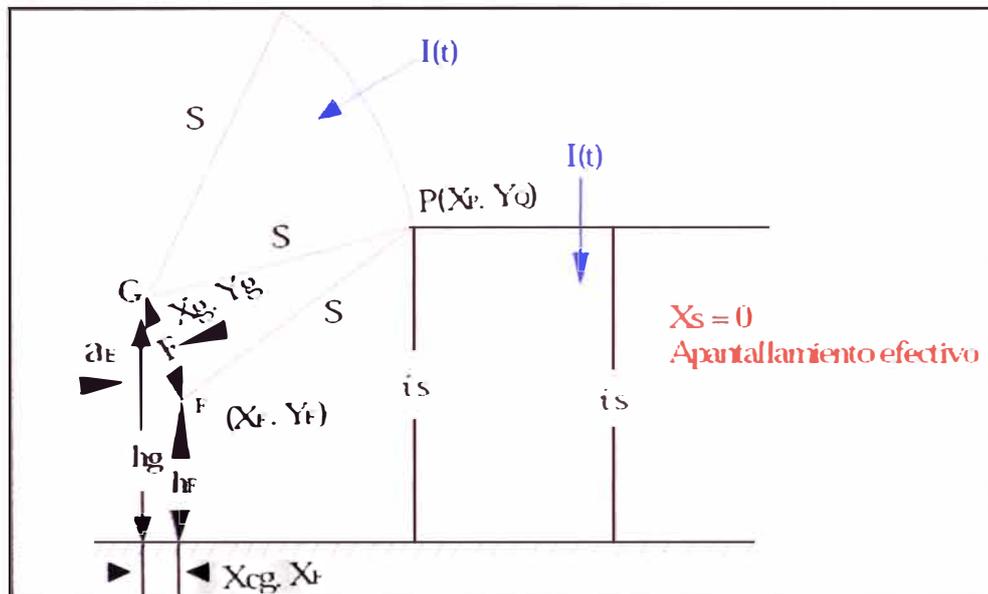


Figura 3.5

Para lograr un apantallamiento efectivo $X_s = 0$ (figura 3.5), la coordenada de la fase se toma como referencia igual a cero y se calcula la coordenada X_g (negativa por estar el cable de guarda localizado a la izquierda de la fase).

Para la evaluación del número de salidas se toma la fase más expuesta y se calcula la tensión crítica de flameo de su aislamiento (kV) para seis microsegundos. Igualmente se calcula la impedancia impulso de la fase teniendo en cuenta el efecto corona. Con esta información obtenemos la corriente mínima del rayo sobre el conducto de fase necesaria para que haya flameo en su aislamiento. Con base en la corriente mínima se obtiene la distancia de atracción mínima del rayo para la fase más expuesta, S_{min} , con la cual se calcula el ancho de zona no protegido, X_s .

Si la distancia de atracción se incrementa, el arco PQ decrece. Cuando S es muy grande PQ se hace igual a cero y las figuras 3a y 3b son equivalentes. Este valor de distancia de atracción se define como la

distancia mínima de atracción y corresponde al máximo valor de corriente el rayo I_{max} , que puede causar flameo.

En estos términos solo los rayos con valores de corriente I_{max} e I_{min} podrán causar flameos por fallas de apantallamiento del cable de guarda de acuerdo con la teoría electrogeométrica.

El número de fallas por apantallamiento x 100 Km. x año, NSF, se obtiene con base en el número de rayos que pueden causar flameos, NL y de las probabilidades máxima y mínima de que se presenten las corrientes mínima y máxima necesarias para que ocurra falla del aislamiento de la fase más expuesta.

Cálculo de número de rayo que inciden sobre la línea de transmisión:

$$NL = 0,012T (b+4 h^{1,09}) = 109$$

Cálculo de la Impedancia característica del conductor:

$$Z_0 = 60 (\ln (2hc/rc) \cdot \ln (2hc/R))^{0.5} = 192 \text{ ohms}$$

Corriente de rayo mínimo:

$$I_{min} = 2 V_c / Z_0 = 18.8 \text{ kA}$$

Corriente de rayo máximo:

$$I_{max} = 0.029 S_{max}^{1.54}$$

$$I_{max} = 25.676 \text{ kA}$$

Probabilidad de ocurrencia mínima

$$P_{MIN} \equiv \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{31} \right)^{2.6}}$$

Probabilidad de ocurrencia máxima:

$$P_{MAX} \equiv \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{31}\right)^{2.6}}$$

Cálculo de Número de fallas de apantallamiento:

$$N_{sf} = 0,006 \text{ T Xs (Pmin - Pmax)} = 0.0060$$

3.7.2 Salida por descargas de Flameo Inverso (Nf)

Para el cálculo de la tasa de salida de línea por descargas retroactivas para dos cables de guarda se consideran los siguientes factores:

- Nivel Isoceráunico de la zona (NI), se asume NI = 60 días tormenta/año (del Mapa de Niveles Isoceráunico preparado por el Ing. Justo Yanque en el año 2 002, ver Anexo N° 14.
- Altura promedio del cable de guarda (h)
- Tensión en el tope de la torre
- Tensión aplicado a la cadena de aisladores $V_{2\mu s}$
- Corriente crítica de descarga de rayo
- Coeficiente de acoplamiento (K)
- Impedancia característica de la torre
- Geometría de la torre promedio, etc.
- Número de rayos obre la torre que provocan el flameo inverso.

El número N_{sf} representa el número de rayos que inciden sobre la línea y que el, o los, conductor(es) no interceptan. Por lo tanto esta cantidad debe sustraerse del número total de rayos que inciden sobre la línea NL, para obtener el número de rayos que son interceptados por el (los) conductor(es) de guarda. Este número de rayos NL-NFA son los rayos que

inciden sobre la línea que pueden provocar salidas forzadas por descarga retroactiva (back – flashover).

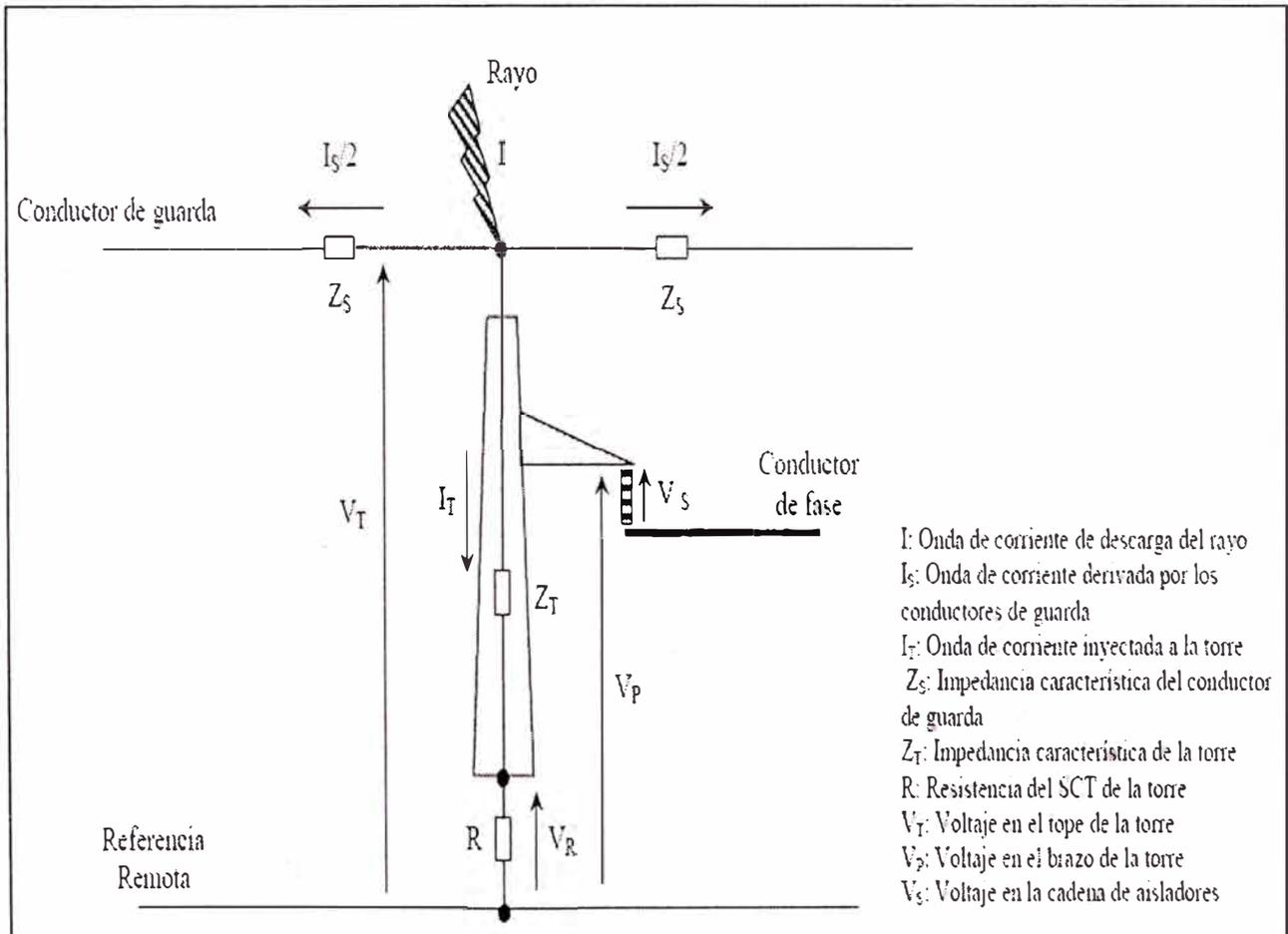


Figura 3.5 Rayo Incidiendo sobre línea de transmisión

3.7.3 Salida de Línea por Caída de Rayos en la Torre.

En función a la disposición geométrica de los conductores y cables de guarda en la torre se calculan los factores de acoplamiento K , según se muestra al final del cálculo, resultando los siguientes valores:

K_A , para el conductor de la fase superior

K_B , para el conductor de la fase central

K_C , para el conductor de la fase inferior

Remplazando los valores se obtiene la corriente crítica I_c para diferentes valores de resistencia de puesta a tierra al impulso, según el Cuadro N° 3.31.

De acuerdo a los resultados la peor situación se presenta para el conductor de las fases inferiores de ambas ternas, por tener menores valores de I_c y por lo tanto mayor probabilidad de ocurrencia. Así mismo, se calcula la probabilidad que se sobrepase la corriente crítica (P_c %) según la curva de la AIEE, como se muestra en el Cuadro N° 3.32.

| Fases | Resistencia de Puesta a Tierra | | | | |
|-------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A | 565.864 | 419.568 | 339.929 | 289.845 | 255.441 |
| B | 414.383 | 307.323 | 249.021 | 212.348 | 187.153 |
| C | 333.895 | 247.267 | 200.199 | 170.631 | 150.334 |

Cuadro N° 3.31 Valores de corriente de Choque Critica inducida por flameo inverso

| Fases | Resistencia de Puesta a Tierra | | | | |
|-------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| A | 565.86 | 419.57 | 339.93 | 289.85 | 255.44 |
| PA(%) | 0.05300 | 0.11500 | 0.19800 | 0.29900 | 0.41500 |
| B | 414.38 | 307.32 | 249.02 | 212.35 | 187.15 |
| PB(%) | 0.11800 | 0.25700 | 0.44300 | 0.66900 | 0.92700 |
| C | 333.90 | 247.27 | 200.20 | 170.63 | 150.33 |
| PC(%) | 0.20700 | 0.45100 | 0.77800 | 1.17400 | 1.62400 |

Cuadro N° 3.32 Probabilidad de ocurrencia de Rayos por Fase con corriente Crítica Promedio.

Con la finalidad de calcular el número de desconexiones totales, se asumirá que los valores de la resistencia de puesta a tierra a la frecuencia industrial presentan los siguientes porcentajes de ocurrencia.

3.7.4 Salida de Línea

La salida de la nueva línea de transmisión 138 kV S.E. Paragsha II – S.E. Óxidos I, es igual a la suma de las salidas por caída de rayo en la torre, caída de rayo en el cable de guarda y por falla de apantallamiento:

$$NT = N_{sf} + N_f$$

| Resistencia de Puesta a Tierra | NT |
|---------------------------------------|-----------|
| 10 | 0.033 |
| 15 | 0.076 |
| 20 | 0.014 |
| 25 | 0.207 |
| 30 | 0.288 |
| 40 | 0.472 |

Cuadro N° 3.31 Apantallamiento para dos Cables de Guarda.

Los resultados de este cálculo se presentan en el anexo N° 15, en el anexo N° 16 se adjunta la geometría de las estructuras. Para el apantallamiento de la línea de transmisión con dos cables de guarda se puede colocar una puesta a tierra hasta de 25 ohm.

CÁPITULO IV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTROS

4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONDUCTOR

| | | | |
|----|-------------------------------------|---|--------------------------|
| | PROJECT: | LINEA DE TRANSMISIÓN EN. 138KV PARA ALIMENTAR LA SUBESTACIÓN PLANTA ÓXIDOS I EN LA REGION DE PASCO | |
| | EQUIPMENT DATA SHEET: | CONDUCTOR AAAC 304 mm ² | |
| | | | |
| | DESCRIPTION | UNIT | SPECIFIED |
| 1 | I. GENERAL | | |
| 2 | SPECIFICATION N°: | | P01-S004-1800-06-40-0047 |
| 3 | SITE: | | Pasco, Peru |
| 4 | SERVICE: | | Continuous |
| 5 | NOMENCLATURE | | |
| 6 | VTS: | | Vendor To Specify |
| 7 | NAP: | | Not Applicable |
| 8 | NAV: | | Not Available |
| 9 | II. OPERATION | | |
| 10 | SERVICE TYPE | | HEAVY DUTY |
| 11 | DESIGN AMBIENT TEMPERATURE | | |
| 12 | Min./Máx. | °C | -15 / 30 |
| 13 | DESIGN RELATIVE HUMIDITY | | |
| 14 | Mean | % | 100 |
| 15 | INSTALLATION ALTITUDE | m.a.s.l. | 4,500 |
| 16 | OPERATION | | |
| 17 | Indoor | | NAP |
| 18 | Outdoor | | Required |
| 19 | OPERATION TIME | | |
| 20 | Hours/Year | | 8 760 |
| 21 | ENVIRONMENT | | |
| 22 | Clean | | NAP |
| 23 | Dusty (fine & abrasive) | | Required |
| 24 | Dry | | NAP |
| 25 | Wet | | Required |
| 26 | SEISMIC ZONE | | Zona 2 (RNE) |
| 27 | III. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 28 | TYPE | | AAAC |
| 29 | MATERIAL | | Aluminum Alloy Conductor |
| 28 | SUPPLIER | | Required |
| 29 | MANUFACTURER | | Required |
| 30 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 31 | ADDRESS | | Required |
| 32 | POST-CODE | | Required |

| | | | |
|----|--|--------------------|-------------------------|
| 33 | TELEFAX | | Required |
| 34 | CITY | | Required |
| 35 | COUNTRY | | Required |
| 36 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 37 | PRIMARY STANDARD | | ASTM B 398 y ASTM B 399 |
| 38 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |
| 39 | STANDARD TEST PROCEDURE | | IEC 1089 e IEC 104 |
| 40 | IV. GENERAL DATA | | |
| 41 | Denomination | mm ² | AAAC |
| 42 | Nominal section | mm ² | 303.8 |
| 43 | Real Section | mm ² | 303.8 |
| 44 | Formation (N° of wires x diameter) | N° x mm | 37x3.23 |
| 45 | Conductor number of layers | N° | 3 |
| 46 | weight of conductor | Kg/Km | 0.892 |
| 47 | Load of minimal breakage to the traction | Kg | 9332 |
| 48 | Exterior diameter | mm ² | 22.63 |
| 49 | Electrical Resistance dc to 20°C | ohm/Km | 0.032840 |
| 50 | Resistivity coefficient a 20°C | 1/ °C | 0.00347 |
| 51 | Final elasticity module | kg/mm ² | 5700 |
| 52 | Coefficient of linear thermal expansion | 1/°C | 0.000023 |
| | Packaging | | |
| 53 | Wire section | mm ² | 3.13 |
| 54 | Elongation to breakage | % | 1.7 |
| 55 | Electrical conductivity to 20°C | %AICS | 6.1 |
| 64 | Reel | | Metal |
| 65 | Minimum lengths per reel driver | m | Required |
| 66 | Length tolerance for each reel | % | - 0%, +3% |

4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ESTRUCTURAS

| | | | |
|----|--|---|--------------------------|
| | PROJECT: | LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN: 138KV PARA ALIMENTAR LA SUBESTACIÓN PLANTA ÓXIDOS I EN LA REGION DE PASCO | |
| | EQUIPMENT DATA SHEET: | TOWERS | |
| | | | |
| | DESCRIPTION | UNIT | SPECIFIED |
| 1 | I. GENERAL | | |
| 2 | SPECIFICATION N°: | | P01-S004-1800-06-40-0046 |
| 5 | SITE: | | Pasco, Perú |
| 6 | SERVICE: | | Continuous |
| 7 | NOMENCLATURE | | |
| 8 | VTS: | Vendor To Specify | |
| 9 | NAP: | Not Applicable | |
| 10 | NAV: | Not Available | |
| 11 | II. OPERATION | | |
| 12 | SERVICE TYPE | | HEAVY DUTY |
| 13 | DESIGN AMBIENT TEMPERATURE | | |
| 14 | Min./Máx. | °C | -10 / 30 |
| 15 | DESIGN RELATIVE HUMIDITY | | |
| 16 | Mean | % | 60 - 80 |
| 17 | INSTALLATION ALTITUDE | m.a.s.l. | 4,500 |
| 18 | OPERATION | | |
| 19 | Indoor | | NAP |
| 20 | Outdoor | | Required |
| 21 | OPERATION TIME | | |
| 22 | Hours/Year | | 8 760 |
| 23 | ENVIRONMENT | | |
| 24 | Clean | | NAP |
| 25 | Dusty (fine & abrasive) | | Required |
| 26 | Dry | | NAP |
| 27 | Wet | | Required |
| 28 | SEISMIC ZONE | | zona 2 (según RNE) |
| | A. NORMAL STEEL CHARACTERISTICS ASTM - A36 | | |
| 29 | III. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 30 | STEEL TYPE | | ASTM - 36 |
| 31 | SUPPLIER | | VTS |
| 32 | MANUFACTURER | | VTS |
| 33 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 34 | ADDRESS | | Required |

| | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------|------------------------|
| 35 | POST-CODE | | Required |
| 36 | TEL.FAX | | Required |
| 37 | CITY | | Required |
| 38 | COUNTRY | | Required |
| 39 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 40 | PRIMARY STANDARD | | ASTM A 153 |
| 41 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |
| 42 | STANDARD TEST PROCEDURE | | DIN 267 |
| 43 | IV. CHEMISTRY COMPONENT | | |
| 44 | Carbon | % | 0.23 |
| 45 | Manganese | % | 1.35 |
| 46 | Sulphur | % | 0.05 |
| 47 | Phosphorus | % | 0.04 |
| 48 | V. MECHANICAL CHARACTERISTICS | | |
| 49 | Traction breaking stress | kg/mm ² | 52-62 |
| 50 | Elastic limit | kg/mm ² | 36 |
| 51 | Breaking enlargement | % | 22 |
| 52 | Hardness (HB) | kg/mm ² | Required |
| 53 | Elasticity modulus | kg/mm ² | Required |
| 54 | IV. GALVANIZATION | | |
| 55 | Applicable Standards for tests | | ASTM-A-123 / ASTM-A-90 |
| 56 | Average quantity of deposited zinc | g/m ² | 600 |
| B. HIGH STEEL RESISTANCE CHARACTERISTICS ASTM... 50 DEGREE | | | |
| 57 | VI. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 58 | STEEL TYPE | | ASTM - A - 572 |
| 59 | SUPPLIER | | VTS |
| 60 | MANUFACTURER | | VTS |
| 61 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 62 | ADDRESS | | Required |
| 63 | POST-CODE | | Required |
| 64 | TEL.FAX | | Required |
| 65 | CITY | | Required |
| 66 | COUNTRY | | Required |
| 67 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 68 | PRIMARY STANDARD | | ASTM A 153 |
| 69 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |

| | | | |
|------------------------|---|--------------------|------------|
| 70 | STANDARD TEST PROCEDURE | | DIN 267 |
| 71 | VII. CHEMISTRY COMPONENT | | |
| 72 | Carbon | % | 0.23 |
| 73 | Manganese | % | 1.35 |
| 74 | Sulphur | % | 0.05 |
| 75 | Phosphorus | % | 0.04 |
| 76 | VIII. MECHANICAL CHARACTERISTICS | | |
| 77 | Traction breaking stress | kg/mm ² | 52-62 |
| 78 | Elastic limit | kg/mm ² | 36 |
| 79 | Breaking enlargement | % | 22 |
| 80 | Hardness (HB) | kg/mm ² | Required |
| 81 | Elasticity modulus | kg/mm ² | Required |
| 82 | IX. GALVANIZATION | | |
| 83 | Applicable Standards for tests | | ASTM-A-123 |
| 84 | Average quantity of deposited zinc | g/m ² | 600 |
| C. BOLT AND NUT | | | |
| 84 | X. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 85 | STEEL TYPE | | Required |
| 86 | SUPPLIER | | VTS |
| 87 | MANUFACTURER | | VTS |
| 88 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 89 | ADDRESS | | Required |
| 90 | POST-CODE | | Required |
| 91 | TELEFAX | | Required |
| 92 | CITY | | Required |
| 93 | COUNTRY | | Required |
| 94 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 95 | PRIMARY STANDARD | | ASTM A-394 |
| 96 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |
| 97 | STANDARD TEST PROCEDURE | | DIN 267 |
| 98 | XI. MECHANICAL CHARACTERISTICS | | |
| 99 | Traction breaking stress | kg/mm ² | Required |
| 100 | Elastic limit | kg/mm ² | Required |
| 101 | Breaking enlargement | % | Required |
| 102 | Hardness (HB) | kg/mm ² | Required |
| 103 | Resistance | kg/mm ² | 52-62 |
| 104 | Elasticity modulus | kg/mm ² | Required |
| 1 | XI. GALVANIZATION | | |
| 2 | Applicable Standards for tests | | ASTM-A-123 |
| 3 | Average quantity of deposited zinc | g/m ² | 600 |

4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE AISLADORES

| | | | |
|----|-------------------------------------|--|--------------------------|
| | PROJECT: | LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN. 138KV PARA ALIMENTAR LA SUBESTACIÓN PLANTA ÓXIDOS I EN LA REGION DE | |
| | DESCRIPTION | UNIT | SPECIFIED |
| 1 | I. GENERAL | | |
| 2 | SPECIFICATION Nº: | | P01-S004-1800-06-40-0048 |
| 3 | SITE: | | Pasco, Peru |
| 4 | SERVICE: | | Continuous |
| 5 | NOMENCLATURE | | |
| 6 | VTS: | Vendor To Specify | |
| 7 | NAP: | Not Applicable | |
| 8 | NAV: | Not Available | |
| 9 | II. OPERATION | | |
| 10 | SERVICE TYPE | | HEAVY DUTY |
| 11 | DESIGN AMBIENT TEMPERATURE | | |
| 12 | Min./Máx. | °C | -15 / 30 |
| 13 | DESIGN RELATIVE HUMIDITY | | |
| 14 | Mean | % | 60 - 80 |
| 15 | INSTALLATION ALTITUDE | m.a.s.l. | 4,500 |
| 16 | OPERATION | | |
| 17 | Indoor | | NAP |
| 18 | Outdoor | | Required |
| 19 | OPERATION TIME | | |
| 20 | Hours/Year | | 8 760 |
| 21 | ENVIRONMENT | | |
| 22 | Clean | | NAP |
| 23 | Dusty (fine & abrasive) | | Required |
| 24 | Dry | | NAP |
| 25 | Wet | | Required |
| 26 | SEISMIC ZONE | | zona 2 (RNE) |
| | A.- ANTIFOG INSULATOR 120KN | | |
| 27 | III. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 28 | INSULATOR TYPE | | Antifog |
| 29 | SUPPLIER | | VTS |
| 30 | MANUFACTURER | | VTS |
| 31 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 32 | ADDRESS | | Required |
| 33 | POST-CODE | | Required |

| | | | |
|----|-------------------------|--|--------------------------|
| 34 | TELEFAX | | Required |
| 35 | CITY | | Required |
| 36 | COUNTRY | | Required |
| 37 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 38 | PRIMARY STANDARD | | IEC 305, IEC 120, UB120B |
| 39 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |
| 40 | STANDARD TEST PROCEDURE | | IEC383 |

| | | | |
|----|--|----|----------|
| 41 | IV. DIMENSIONAL CHARACTERISTICS | | |
| 42 | Maximum diameter | mm | 280 |
| 43 | Height | mm | 146 |
| 44 | Normalized coupling type IEC 120 | | 16 |
| 45 | Bolt diameter | mm | 16A |
| 46 | Minimum thickness of insulating material | mm | Required |
| 47 | Leakage line length | mm | 440 |
| 48 | Total weight | kg | 5,8 |

| | | | |
|----|------------------------------------|--------------------|-----------|
| 49 | V. MATERIAL CHARACTERISTICS | | |
| 50 | Insulating material | | |
| 51 | Electrical constant | | 3 |
| 52 | Loosing angle (tsS) | | 60 X 10-3 |
| 53 | Dielectric rigidity | kv/cm | 280 |
| 54 | Cap and Pin material | | |
| 55 | Traction breaking limit | kg/mm ² | 38 |
| 56 | Elasticity limit | kg/mm ² | 24 |
| 57 | Breaking enlargement | % | 17 |
| 58 | Hardness (HB) | g/m ² | 140 a 180 |
| 59 | Galvanization thickness | g/m ² | 600 |
| 60 | Fixing material | | |
| 61 | Traction breaking limit | kg/mm ² | Required |

| | | | |
|----|---------------------------------------|----|-----|
| 62 | VI. MECHANICAL CHARACTERISTICS | | |
| 63 | Electromechanical breaking load | KN | 120 |

| | | | |
|----|--|----|-----|
| 64 | VII. ELECTRICAL CHARACTERISTICS | | |
| 65 | 60 cycles dry at industrial frequency | KV | 80 |
| 66 | 60 cycles wet at industrial frequency | KV | 50 |
| 67 | Dry impulse resistance voltages | KV | 125 |
| 68 | Minimum Puncture voltages | KV | 130 |

| B.- ANTIFOG INSULATOR 160 KN | | | |
|-------------------------------------|--|--------------------|--------------------------|
| 69 | VIII. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 70 | INSULATOR TYPE | | BALL - SOCKET |
| 70 | SUPPLIER | | VTS |
| 71 | MANUFACTURER | | VTS |
| 72 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 73 | ADDRESS | | Required |
| 74 | POST-CODE | | Required |
| 75 | TELEFAX | | Required |
| 76 | CITY | | Required |
| 77 | COUNTRY | | Required |
| 78 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 79 | PRIMARY STANDARD | | IEC 305, IEC 120, UB160B |
| 80 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |
| 81 | STANDARD TEST PROCEDURE | | IEC383 |
| 82 | IX. DIMENSIONAL CHARACTERISTICS | | |
| 83 | Maximum diameter | mm | 330 |
| 84 | Height | mm | 146 |
| 85 | Normalized coupling type IEC 120 | | 20 |
| 86 | Bolt diameter | mm | 20 |
| 87 | Minimum thickness of insulating material | mm | Required |
| 88 | Leakage line length | mm | 440 |
| 89 | Total weight | kg | 6.0 |
| 90 | X. MATERIAL CHARACTERISTICS | | |
| 91 | Insulating material | | |
| 92 | Electrical constant | | 3 |
| 93 | Loosing angle (tsS) | | 60 X 10 ⁻³ |
| 94 | Dielectric rigidity | kv/cm | 250 |
| 95 | Cap and Pin material | | |
| 96 | Traction breaking limit | kg/mm ² | 38 |
| 97 | Elasticity limit | kg/mm ² | 24 |
| 98 | Breaking enlargement | % | 17 |
| 99 | Hardness (HB) | g/m ² | 140 - 180 |
| 100 | Galvanization thickness | g/m ² | 600 |
| 101 | Fixing material | | |
| 102 | Traction breaking limit | kg/mm ² | Required |
| 103 | XI. MECHANICAL CHARACTERISTICS | | |
| 104 | Electromechanical breaking load | KN | 160 |
| 105 | XII. ELECTRICAL CHARACTERISTICS | | |
| 106 | 60 cycles dry at industrial frequency | KV | 90 |
| 107 | 60 cycles wet at industrial frequency | KV | 55 |
| 108 | dry impulse resistance voltages | KV | 140 |
| 109 | Minimum Puncture voltages | KV | 130 |

4.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CABLE OPGW

| | | | |
|----|-------------------------------------|--|------------------|
| | CLIENT: | LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 150KV PARA ALIMENTAR LA SUBESTACIÓN PLANTA ÓXIDOS I EN LA REGION DE PASCO | |
| | EQUIPMENT DATA SHEET: | OPTICAL FIBER CABLE TYPE OPGW | |
| | DESCRIPTION | UNIT | SPECIFIED |
| 1 | I. GENERAL | | |
| 5 | SITE: | | Pasco, Peru |
| 6 | SERVICE: | | Continuous |
| 7 | NOMENCLATURE | | |
| 8 | VTS: | Vendor To Specify | |
| 9 | NAP: | Not Applicable | |
| 10 | NAV: | Not Available | |
| 11 | II. OPERATION | | |
| 12 | SERVICE TYPE | | HEAVY DUTY |
| 13 | DESIGN AMBIENT TEMPERATURE | | |
| 14 | Min./Máx. | °C | -15 / 30 |
| 15 | DESIGN RELATIVE HUMIDITY | | |
| 16 | Mean | % | 60 - 80 |
| 17 | INSTALLATION ALTITUDE | m.a.s.l. | 4 500 |
| 18 | OPERATION | | |
| 19 | Indoor | | NAP |
| 20 | Outdoor | | Required |
| 21 | OPERATION TIME | | |
| 22 | Hours/Year | | 8 760 |
| 23 | ENVIRONMENT | | |
| 24 | Clean | | NAP |
| 25 | Dusty (fine & abrasive) | | Required |
| 26 | Dry | | NAP |
| 27 | Wet | | Required |
| 28 | SEISMIC ZONE | | zona 2 (RNE) |
| 29 | III. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 30 | SUPPLIER | | VTS |
| 31 | MANUFACTURER | | VTS |
| 32 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 33 | ADDRESS | | Required |
| 34 | POST-CODE | | Required |
| 35 | TELEFAX | | Required |
| 36 | CITY | | Required |

| | | | |
|----|--|-----------------|--|
| 37 | COUNTRY | | Required |
| 38 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 39 | PRIMARY STANDARD | | ASTM A 153 / IEEE 1138 / IEC 60793-60794 / ITU-T G.652-G.650 |
| 40 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |
| 41 | STANDARD TEST PROCEDURE | | EIA 455 3A |
| 42 | IV. GENERAL DATA | | |
| 43 | PRINCIPAL CHARACTERISTICS | | |
| 44 | Brand | | Indicate |
| 45 | Model | | Indicate |
| 46 | Type | | OPGW – Ground wire with incorporated optical fiber |
| 47 | Installation | | Supported in the top of the structures of the TL 220 kV |
| 48 | Fibers Quantity per cable | | 12 |
| 49 | OPTICAL CHARACTERISTICS | | |
| 50 | Optical fiber type | | Monomode |
| 51 | Attenuation to 1550 nm | dB/km | ≤ 0,22 (installed) |
| 52 | Attenuation to 1625 nm | dB/km | ≤ 0,25 (installed) |
| 53 | Standard | | ITU-T G.655 |
| 54 | Chromatic Dispersion coefficient in 3rd Window : 1 528 to 1 561 nm | ps/(nm km) | 2,0 a 6,0 |
| 55 | Chromatic Dispersion coefficient in 4th Window : 1 561 to 1 620 nm | ps/(nm km) | 4,5 a 11,0 |
| 56 | Polarization mode dispersion | ps/ √km | < 0,2 |
| 57 | Modal diameter to 1 550 nm | μm | 9,0 ± 0,5 |
| 58 | ELECTROMECHANIC CHARACTERISTICS | | |
| 59 | Metallic Threads | | One only layer composed by: nine (09) alumow eld threads and six (06) threads aluminum alloy |
| 60 | Aluminum Section / real) | mm ² | 108 |
| 61 | External Diameter | mm | 14,00 |
| 62 | Proper weight | kgf/m | 0,600 |
| 63 | Rupture minimum load (RTS) | kgf | 9 600 |
| 64 | Short Circuit Capacity (0,3 s) | kA | 16 |
| 65 | Maximum conductor temperature | °C | 180 |
| 66 | Maximum span | M | 1 350 |
| 67 | STRAIN GROUP | | |
| 68 | Brand | | Indicate |
| 69 | Model | | Indicate |
| 70 | Group elements | | According to the project drawings |

| | | | |
|----|--|----|---|
| 71 | Material | | Forged steel aluminum covered |
| 72 | Rupture load | | 95% of the rupture charge of the OPGW cable |
| 73 | Flow load | | 90% of the rupture charge of the OPGW cable |
| 74 | SUSPENSION GROUP | | |
| 75 | Brand | | Indicate |
| 76 | Model | | Indicate |
| 77 | Group elements | | According to the project drawings |
| 78 | Material | | Forged steel aluminum covered |
| 79 | Rupture load | | 95% of the rupture charge of the OPGW cable |
| 80 | Flow load | | 90% of the rupture charge of the OPGW cable |
| 81 | Rotation angles with relation to the horizontal, in both directions, in a vertical plan along the cable line | | No less than 45° |
| 82 | DAMPER FOR OPGW CABLE | | |
| 83 | Brand | | Indicate |
| 84 | Model | | Indicate |
| 85 | Type | | Stockbridge |
| 86 | Material | | Forged steel aluminum covered |
| 87 | JOINT BOX | | |
| 88 | Brand | | Indicate |
| 89 | Model | | Indicate |
| 90 | Material | | Rustles Steel |
| 91 | Joint accessories | | Required |
| 92 | - Joint boxes | | Include |
| 93 | - Organized trays | | Include |
| 94 | - Thermocontractil tubes | | Include |
| 95 | - Joint type | | By fusion |
| 96 | Mounting | | In the structures |
| 97 | Attenuation of the joints per fusion | dB | 0,05 |

4.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CABLE EHS

| | | | |
|----|-------------------------------------|--|-------------------------------|
| | PROJECT: | LINEA DE TRANSMISION EN. 138KV PARA ALIMENTAR LA SUBESTACIÓN PLANTA ÓXIDOS I EN LA REGION DE PASCO | |
| | EQUIPMENT DATA SHEET: | GROUND WIRE GALVANIZED STEEL EHS | |
| | | | |
| | DESCRIPTION | UNIT | SPECIFIED |
| 1 | I. GENERAL | | |
| 2 | SPECIFICATION N°: | | P01-S004-1800-06-40-0050 |
| 3 | REQUEST: | | |
| 4 | EQUIPMENT TAG N°: | | |
| 5 | SITE: | | Pasco, Peru |
| 6 | SERVICE: | | Continuous |
| 7 | TYPE: | | |
| 8 | QUANTITY REQUIRED: | | |
| 9 | NOMENCLATURE | | |
| 10 | VTS: | | Vendor To Specify |
| 11 | NAP: | | Not Applicable |
| 12 | NAV: | | Not Available |
| 13 | II. OPERATION | | |
| 14 | SERVICE TYPE | | HEAVY DUTY |
| 15 | DESIGN AMBIENT TEMPERATURE | | |
| 16 | Min./Máx. | °C | -15 / 30 |
| 17 | DESIGN RELATIVE HUMIDITY | | |
| 18 | Mean | % | 60 - 80 |
| 19 | INSTALLATION ALTITUDE | m.a.s.l. | 4,500 |
| 20 | OPERATION | | |
| 21 | Indoor | | NAP |
| 22 | Outdoor | | Required |
| 23 | OPERATION TIME | | |
| 24 | Hours/Year | | 8,760 |
| 25 | ENVIRONMENT | | |
| 26 | Clean | | NAP |
| 27 | Dusty (fine & abrasive) | | Required |
| 28 | Dry | | NAP |
| 29 | Wet | | Required |
| 30 | SEISMIC ZONE | | Zona 2 (RNE) |
| 31 | III. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 32 | SUPPLIER | | VTS |
| 33 | MANUFACTURER | | VTS |
| 34 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 35 | ADDRESS | | Required |
| 36 | POST-CODE | | Required |
| 37 | TELEFAX | | Required |
| 38 | CITY | | Required |
| 39 | COUNTRY | | Required |
| 40 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 41 | PRIMARY STANDARD | | ASTM 36 |
| 42 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |
| 43 | STANDARD TEST PROCEDURE | | ASTM A363/ASTM A 90/ASTM A475 |

| | | | |
|----|---|------------------|-------------------------|
| 44 | IV. GENERAL DATA | | |
| 45 | Conductor type | | Galvanization Steel |
| 46 | Standards Manufacturing | | EHS Degree |
| 47 | Nominal section | mm ² | 70 |
| 48 | V. DIMENSIONAL CHARACTERISTICS | | |
| 49 | Real section | mm ² | 74.58 |
| 50 | Diameter x N° w ires | N x mm | 7 x 3.05 |
| 51 | Outsider diameter | mm | 11.11 |
| 52 | | | |
| 53 | VI. MECHANICAL CHARACTERISTICS | | |
| 54 | Unit mass | kg/m | 0.595 |
| 55 | Breakable load to traction | Kg | 9,460 |
| 56 | Initial elasticity module | kN/mm | Required |
| 57 | Final elasticity module | kN/mm | 186.33 |
| 58 | Coefficient of lineal thermal expansion | °C ⁻¹ | 11.5 x 10 ⁻⁶ |
| 59 | VII. ELECTRICAL CHARACTERISTICS | | |
| 60 | Electrical resistance to 20 ° C | Ω/km | 2,4 |
| 61 | VIII. MANUFACTURING CHARACTERISTICS | | |
| 62 | Maximum length of the conductor on the bobbin | m | 4,750 |
| 63 | Maximum mass of ship of a bobbin | kg | 2,500 |
| 64 | IX. STEEL WIRE | | |
| 65 | Minimum breakable load to the traction | N/mm | Required |
| 66 | Elasticity limit | N/mm | Required |
| 67 | Enlargement to the breakable (sample of 250 mm) | % | Required |
| 68 | Zinc mass deposited by galvanization | kg | Required |

4.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES DE PUESTA A TIERRA

| | | | |
|----|-------------------------------------|--|--------------------------|
| | PROJECT: | LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN. 138KV PARA ALIMENTAR LA SUBESTACIÓN PLANTA ÓXIDOS I EN LA REGION DE | |
| | EQUIPMENT DATA SHEET: | GROUND MATERIALS | |
| | | | |
| | DESCRIPTION | UNIT | SPECIFIED |
| | | | |
| 1 | I. GENERAL | | |
| 2 | SPECIFICATION Nº: | | P01-S004-1800-06-40-0051 |
| 3 | REQUEST: | | |
| 4 | EQUIPMENT TAG Nº: | | |
| 5 | SITE: | | Pasco, Peru |
| 6 | SERVICE: | | Continuous |
| 7 | TYPE: | | |
| 8 | QUANTITY REQUIRED: | | |
| | | | |
| 9 | NOMENCLATURE | | |
| 10 | VTS: | Vendor To Specify | |
| 11 | NAP: | Not Applicable | |
| 12 | NAV: | Not Available | |
| | | | |
| 13 | II. OPERATION | | |
| 14 | SERVICE TYPE | | HEAVY DUTY |
| 15 | DESIGN AMBIENT TEMPERATURE | | |
| 16 | Min./Máx. | °C | -15 / 30 |
| 17 | DESIGN RELATIVE HUMIDITY | | |
| 18 | Mean | % | 60 - 80 |
| 19 | INSTALLATION ALTITUDE | m.a.s.l. | 4,500 |
| 20 | OPERATION | | |
| 21 | Indoor | | NAP |
| 22 | Outdoor | | Required |
| 23 | OPERATION TIME | | |
| 24 | Hours/Year | | 8 760 |
| 25 | ENVIRONMENT | | |
| 26 | Clean | | NAP |
| 27 | Dusty (fine & abrasive) | | Required |
| 28 | Dry | | NAP |
| 29 | Wet | | Required |
| 30 | SEISMIC ZONE | | Zona 2 (RNE) |
| | GROUND MATERIALS | | |
| | | | |
| 31 | III. MATERIAL IDENTIFICATION | | |
| 32 | SUPPLIER | | VTS |
| 33 | MANUFACTURER | | VTS |
| 34 | LOCATION OF ASSEMBLY PLANT | | Required |
| 35 | ADDRESS | | Required |

| | | | |
|----|---|------------------------|------------------------|
| 36 | POST-CODE | | Required |
| 37 | TELEFAX | | Required |
| 38 | CITY | | Required |
| 39 | COUNTRY | | Required |
| 40 | E-MAIL ADDRESS | | Required |
| 41 | PRIMARY STANDARD | | ASTM B-227 /ASTM A 153 |
| 42 | SEISMIC DESIGN STANDARD | | IEEE 693 |
| 43 | STANDARD TEST PROCEDURE | | ASTM B-227 |
| 44 | IV. GENERAL DATA | | |
| 45 | Material | | Copperclad |
| 46 | Section | AWG | 7 N° 10 |
| 47 | Components w ires | U | 7 |
| 48 | Real section | mm ² | 36,83 |
| 49 | Mass of the conductor | kg/km | 303,1 |
| 50 | Minimum breakage load | kg (kN) | 3 230 (31,68) |
| 51 | Outsider diameter | mm | 7,77 |
| 52 | Electrical Resistance at 20° C | Ohm/km | 1,608 |
| 53 | Elasticity modulus | kg/mm ² | Required |
| 54 | Coefficient of linear thermal expansion | 1/°C | Required |
| 55 | conductor length/coil | m | Required |
| 56 | Wires diameter | mm | Required |
| 57 | Minimum Elongation to breakage w ires | | Required |
| 58 | Manufacturing catalogue | | Required |
| 59 | CONNECTOR CONDUCTOR – TOWER | | |
| 60 | Manufacturer's brochure | | Required |
| 61 | Material | | Bronze |
| 62 | Regulations of manufacturing and tests | | Required |
| 63 | Conductor diameter | mm | 7,77 |
| 64 | Range of conductor bearing | mm ² | 36,83 |
| 65 | Electrical conductivity | m/mm ² -Ohm | Required |
| 66 | DOUBLE-WAY CONNECTOR | | |
| 67 | Manufacturer's brochure | | Required |
| 68 | Material | | Copper |
| 69 | Regulations of manufacturing and tests | | Required |
| 70 | Exterior diameter | mm | 7,77 |
| 71 | Range of conductor bearing | mm ² | 36,83 |
| 72 | Electrical conductivity | | Required |

CÁPITULO V

METRADOS, PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA

5.1 METRADO Y PRESUPUESTO DE SUMINISTRO Y TRANSPORTE

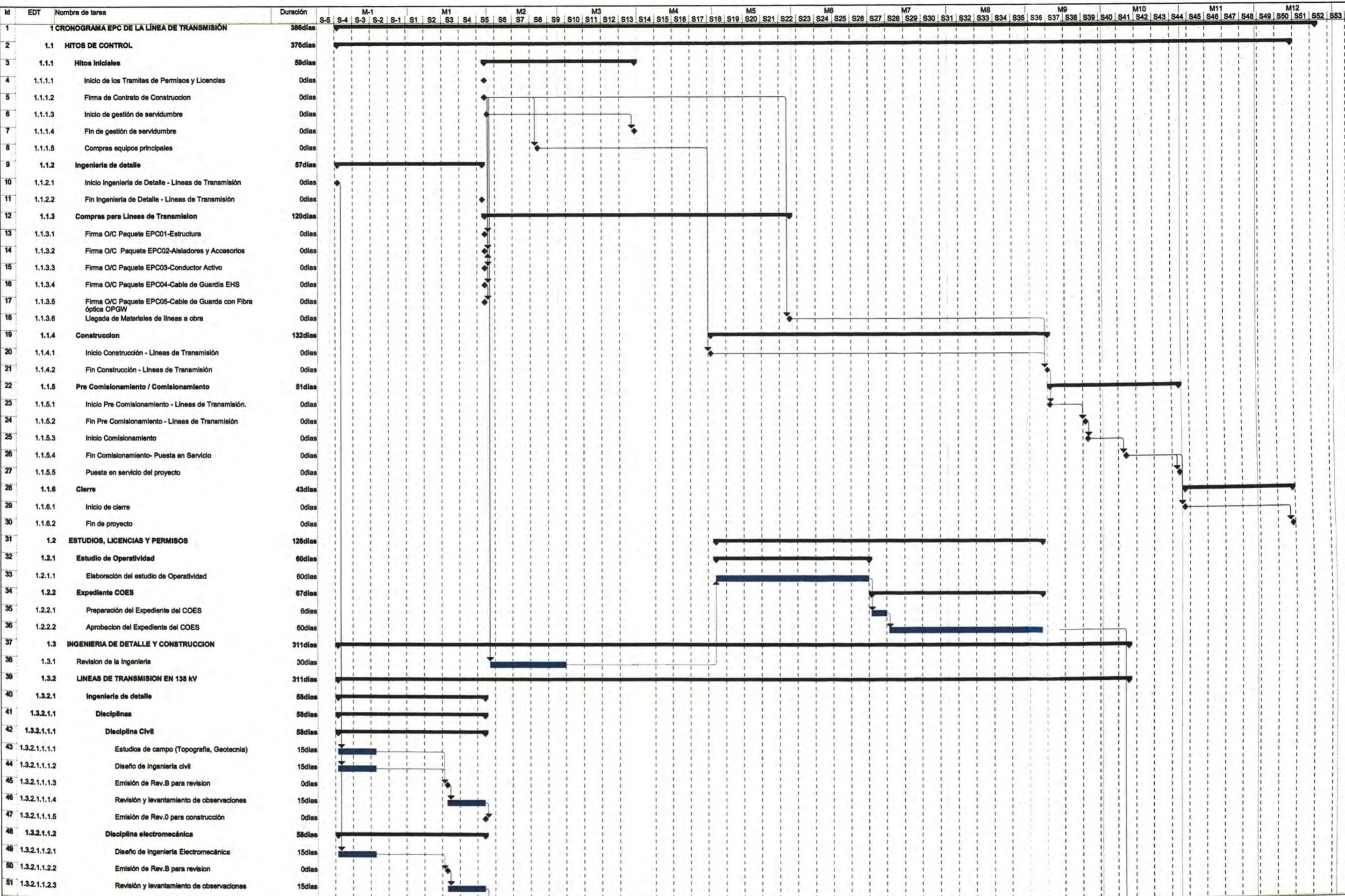
| ITEM | DESCRIPCION | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (US\$) | Costo Total por Item (US\$) | Costo Sub Totales (US\$) |
|---|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1.0 | Estructuras Metálicas Tipo Celosía | | | | | |
| 1.2 | Tipos de Estructuras | | | | | 85,450.19 |
| 1.2.1 | Torre Tipo A35 | u | 1 | 8,400.02 | 8,400.02 | |
| 1.2.2 | Stubs para Torre Tipo A35 | u | 4 | 123.23 | 492.91 | |
| 1.2.3 | Torre Tipo A35-3 | u | 4 | 7,391.61 | 29,566.43 | |
| 1.2.4 | Stubs para Torre Tipo A35-3 | u | 16 | 1,643.04 | 26,288.57 | |
| 1.2.5 | Torre Tipo T90 | u | 2 | 9,611.76 | 19,223.52 | |
| 1.2.6 | Stubs para Torre Tipo T90 | u | 8 | 184.84 | 1,478.73 | |
| 2.0 | CONDUCTOR ACTIVO Y ACCESORIOS | u | | | | 24,060.58 |
| 2.1 | Conductor de AAAC de 304 mm ² de sección | km | 4.01 | 4,360.83 | 17,488.93 | |
| 2.2 | Junta de Empalme | u | 2 | 84.02 | 168.04 | |
| 2.3 | Manguito de Reparación | u | 1 | 16.34 | 16.34 | |
| 2.4 | Amortiguadores | u | 175 | 36.50 | 6,387.27 | |
| 3.0 | CADENAS DE AISLADORES | | | | | 37,976.79 |
| 3.1 | Aisladores Cerámicos 120 kN | u | 82 | 37.93 | 3,106.72 | |
| | Juegos de Cadenas en Suspensión de 13 aisladores, constituido por : | Cjto. | 6 | | | |
| | Grillete recto | u | 6 | 13.40 | 80.39 | |
| | Adaptador Anillo Bola | u | 6 | 24.77 | 148.62 | |
| | Descargador tipo doble raqueta | u | 6 | 40.12 | 240.71 | |
| | Adaptador Rótula - Ojo alargado con base para alojar descargadores | u | 6 | 23.24 | 139.42 | |
| | Grapa de suspensión | u | 6 | 44.02 | 264.11 | |
| 3.2 | Aisladores Cerámicos 160 kN | u | 617 | 43.05 | 26,581.35 | |
| | Juegos de Cadenas en Anclaje de 14 aisladores, constituido por : | Cjto. | 42 | | | |
| | Grillete recto | u | 42 | 12.58 | 528.53 | |
| | Adaptador Anillo Bola | u | 42 | 23.26 | 977.01 | |
| | Descargador tipo doble raqueta | u | 42 | 31.42 | 1,319.80 | |
| | Adaptador Rótula - Ojo alargado con base para alojar descargadores | u | 42 | 23.24 | 975.93 | |
| | Grapa de anclaje | u | 42 | 62.82 | 2,638.29 | |
| | Adaptador Horquilla - Bola | u | 42 | 23.24 | 975.93 | |
| 4.0 | CABLE DE GUARDA DE A°G° | | | | | 2,463.02 |
| 4.1 | Cable de guarda de Acero Galvanizado EHS de 70 mm ² | km | 1.40 | 1,048.67 | 1,468.64 | |
| 4.1.1 | Ensamble de Anclaje, constituido por : | Cjto. | 14 | | | |
| | Grillete recto de A°G° | u | 14 | 6.32 | 88.45 | |
| | Grapa de anclaje | u | 14 | 37.75 | 528.53 | |
| | Conector de dos vías | u | 14 | 5.69 | 79.68 | |
| | Conector a tierra | u | 14 | 5.06 | 70.91 | |
| 4.1.2 | Amortiguadores | u | 12 | 18.90 | 226.82 | |
| 5.0 | CABLE DE GUARDA CON FIBRA OPTICA | | | | | 14,633.07 |
| 5.1 | Cable de Guarda con fibra Optica OPGW de 24 fibras, 108 mm ² | km | 1.40 | 4,412.16 | 6,179.12 | |
| 5.2 | Cable de Acometida, tramos de 250 m cada uno | u | 2 | 1,500.00 | 3,000.00 | |
| 5.3 | Cajas de Empalme, incluyendo ferreteria de montaje | u | 3 | 820.00 | 2,460.00 | |
| 5.4 | Kit para torres en Angulo, constituido por : | Cjto. | 14 | | | |
| | Grillete recto de A°G° | u | 14 | 6.32 | 88.48 | |
| | Alargador ojo-horquilla | u | 14 | 8.00 | 112.00 | |
| | Sujetador y guardacabo | u | 14 | 5.00 | 70.00 | |
| | Conector de dos vías | u | 7 | 6.38 | 44.66 | |
| | Conector a tierra | u | 7 | 3.83 | 26.81 | |
| 5.6 | Kit para torres Terminales | Cjto. | 2 | 300.00 | 600.00 | |
| 5.7 | Kit para Pórticos de Llegada | Cjto. | 2 | 300.00 | 600.00 | |
| 5.8 | Dispositivos OFD | u | 2 | 690.00 | 1,380.00 | |
| 5.9 | Amortiguadores | u | 12 | 6.00 | 72.00 | |
| 6.0 | PUESTA A TIERRA | | | | | 753.84 |
| 6.1 | Conductor de Copperweld de 70 mm ² | km | 0.140 | 4,563.87 | 638.94 | |
| 6.2 | Conector conductor - estructura | u | 30 | 3.83 | 114.90 | |
| TOTAL SUMINISTROS Y TRANPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES LT 138 KV (US\$) | | | | | | 165,337.50 |

5.2 METRADO Y PRESUPUESTO DE MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

| ITEM | DESCRIPCION | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (US\$) | Costo Total por Item (US\$) | Costo Sub Totales (US\$) |
|----------|--|----------------|----------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| I | OBRAS CIVILES | | | | | |
| 1.0 | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MATERIALES | Global | 1 | 10,503.45 | 10,503.00 | 10,503.00 |
| 2.0 | OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES | | | | | 17,076.00 |
| 2.1 | Construcciones Provisionales | Global | 1 | 11,838.66 | 11,839.00 | |
| 2.2 | Operación de Campamentos | Global | 1 | 5,236.64 | 5,237.00 | |
| 3.0 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | | 2,107.00 |
| 3.1 | Replanteo Topográfico | km | 1.27 | 466.23 | 594.00 | |
| 3.2 | Estudio de Geología y Geotecnia Superficial | u | 2 | 756.62 | 1,513.00 | |
| 4.0 | CAMINOS DE ACCESO | | | | | 2,580.00 |
| 4.1 | Mejoramiento de Caminos existentes (Rehabilitación) | km | 1 | 1,613.63 | 1,614.00 | |
| 4.2 | Caminos de Herradura (a = 1,50 m) | km | 1 | 966.43 | 966.00 | |
| 5.0 | EXCAVACIONES | | | | | 15,371.00 |
| 5.1 | Excavación en pozo, hasta h ≤ 3,00 m | m ³ | 568.08 | 26.26 | 14,918.00 | |
| 5.2 | Excavación en zanja, hasta h ≤ 1,00 m | m ³ | 31.44 | 14.41 | 453.00 | |
| 6.0 | RELLENO Y ELIMINACION | | | | | 8,437.00 |
| 6.1 | Relleno con material propio para cimentaciones o zanjas | m ³ | 485.96 | 11.70 | 5,684.00 | |
| 6.2 | Relleno con material de préstamo para zanjas | m ³ | 31.44 | 25.59 | 805.00 | |
| 6.3 | Eliminación de material excedente a 30 m | m ³ | 121.34 | 16.05 | 1,948.00 | |
| 7.0 | ENCOFRADO, CONCRETO Y ACERO | | | | | 27,097.00 |
| 7.1 | Encofrado y desencofrado para fundaciones | m ² | 150.40 | 18.81 | 2,829.00 | |
| 7.2 | Concreto para solados de fundaciones fc = 100 kg/cm ² | m ³ | 8.62 | 59.17 | 510.00 | |
| 7.3 | Concreto fc = 210 kg / mm ² para fundaciones | m ³ | 106.32 | 92.21 | 9,804.00 | |
| 7.4 | Acero de refuerzo fy = 4 200 kg / cm ² para fundaciones | kg | 9,505.04 | 1.47 | 13,954.00 | |
| | TOTAL PARTE I | | | | | 83,171.00 |
| 1.0 | Estructuras Metálicas Tipo Celosía | | | | | 25,683.00 |
| 1.1 | Torre Tipo A35 | u | 1 | 2,808.61 | 2,809.00 | |
| 1.2 | Stubs para torres tipo A35 | u | 4 | 149.08 | 596.00 | |
| 1.3 | Torre Tipo A35-3 | u | 4 | 2,471.44 | 9,886.00 | |
| 1.4 | Stubs para torres tipo A35 - 3 | u | 16 | 149.08 | 2,385.00 | |
| 1.5 | Torre Tipo T90 | u | 2 | 3,213.77 | 6,428.00 | |
| 1.6 | Stubs para torres tipo T90 | u | 8 | 186.35 | 1,491.00 | |
| 1.7 | Placas de numeración, peligro e identificación de fases | u | 7 | 69.18 | 484.00 | |
| 1.8 | Dispositivos de antiescalamiento a las estructuras | u | 7 | 229.09 | 1,604.00 | |
| 2.0 | CONDUCTOR ACTIVO Y ACCESORIOS | | | | | 8,113.00 |
| 2.1 | Conductor de AAC de 304 mm ² de sección | km | 4.01 | 2,022.88 | 8,113.00 | |
| 3.0 | CADENAS DE AISLADORES | | | | | 2,803.00 |
| 3.1 | Juegos de Cadenas en Suspensión de 13 aisladores | Cjto. | 6 | 40.62 | 244.00 | |
| 3.2 | Juegos de Cadenas en Anclaje de 14 aisladores | Cjto. | 42 | 60.93 | 2,559.00 | |
| 4.0 | CABLE DE GUARDA DE A°G° | | | | | 1,555.00 |
| 4.1 | Cable de guarda de Acero Galvanizado EHS de 70 mm ² | km | 1.40 | 927.93 | 1,300.00 | |
| 4.2 | Ensamble de Anclaje | Cjto. | 14 | 18.20 | 255.00 | |
| 5.0 | CABLE DE GUARDA CON FIBRA OPTICA | | | | | 9,471.00 |
| 5.1 | Cable de Guarda con fibra Optica OPGW de 24 fibras, 108 mm ² | km | 1.40 | 968.99 | 1,357.00 | |
| 5.2 | Cajas de Empalme, incluyendo ferretería de montaje | u | 3 | 626.20 | 1,879.00 | |
| 5.3 | Kit para torres en Angulo | Cjto. | 14 | 313.10 | 4,383.00 | |
| 5.4 | Kit para torres Terminales | Cjto. | 2 | 313.10 | 626.00 | |
| 5.5 | Kit para Pórticos de Llegada | Cjto. | 2 | 313.10 | 626.00 | |
| 5.6 | Dispositivos OFD | u | 2 | 300.00 | 600.00 | |
| 6.0 | PUESTA A TIERRA | | | | | 567.00 |
| 6.1 | Conductor de Copperweld de 70 mm ² | km | 0.131 | 723.73 | 95.00 | |
| 6.2 | Medición de Resistividad y Resistencia de P.A.T. | u | 7 | 22.80 | 160.00 | |
| 6.3 | Conector conductor - estructura | u | 28 | 11.15 | 312.00 | |
| 7.0 | INSPECCION, CONEXIÓN Y PRUEBAS DE LA LINEA | | | | | 37,925.00 |
| 7.1 | Ingeniería de Detalle | Global | 1 | 21,856.00 | 21,856.00 | |
| 7.2 | Inspección y Pruebas | Global | 1 | 5,237.00 | 5,237.00 | |
| 7.3 | Conexión y Puesta en Servicio | Global | 1 | 1,980.00 | 1,980.00 | |
| 7.4 | Operación Experimental | Global | 1 | 8,852.00 | 8,852.00 | |
| | TOTAL PARTE II | | | | | 86,117.00 |
| | COSTO TOTAL DE LAS OO.CC. Y MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE LA L.T. 138 KV (US\$) | | | | | 169,288.00 |

5.3 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA

"DISEÑO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138kV PARA ALIMENTAR LA SUBESTACIÓN PLANTA DE OXIDOS 1 EN LA REGIÓN DE PASCO"
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA



CONCLUSIONES

1. La práctica de una buena comunicación efectiva con las áreas involucradas del campamento minero facilitó en la selección del trazo de ruta óptimo para el desarrollo del proyecto.
2. Para realizar el Diseño de la Línea de transmisión en 138KV se tomó en cuenta dos criterios, económico y técnico.
3. Es necesario realizar un análisis económico para la selección del Conductor AAAC considerando los costos de inversión, costos por pérdidas Joule y Costos por efecto corona.
4. Es importante considerar para el cálculo mecánico de las estructuras las cargas transversales de la misma estructura.
5. Puedo concluir que el Diseño de la Línea de transmisión en 138KV para alimentar la Subestación Planta Óxidos I en la Región Pasco es confiable y económico.

RECOMENDACIONES

1. Es indispensable desarrollar el proyecto con los lineamientos de gestión del PMBOK.
2. Antes de iniciar los trabajos de campo se deben tener aprobado por el Campamento minero los procedimientos de trabajo y la Matriz IPERC.
3. Adelantar la Procura de los equipos críticos para no impactar en el la culminación de la ejecución del proyecto.
4. Realizar un análisis de riesgos del presupuesto de las variaciones por escalamiento y contingencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, del año 1997 – Perú.
2. Código Nacional de Electricidad Suministro, del año 2011.
3. Manual de “Diseño de Líneas de Transmisión Aéreas a Altas Tensiones”- Ing. Hernan Untiveros.
4. Análisis de Sistemas de Potencia- John Grainger y Willian Stevenson del año 1996
5. RUS 1724-E200 Rural Utilities Service, del año 2009 – USA.
6. NESC National Electrical Safety Code, del año 1997 –USA.

ANEXOS

ANEXO 1 Valores del Conductor AAAC

Cabos de Alumínio Liga 6201

Cabos de alumínio liga 6201 - CAL - Dados técnicos
AAAC - All Aluminium Alloy Conductor

• Formações normais

| Bitola (MCM) | Seção transversal (mm ²) | Formação do condutor | | Diâmetro nominal condutor (mm) | Peso nominal (kg/km) | Carga de ruptura (kgf) | Resistência elétrica máxima (ohm/km) | | Raio médio geométrico (m) | Reatância | | Ampacidade (A) |
|--------------|--------------------------------------|----------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------------------|-------------------|----------------------|----------------|
| | | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | | | CC 20°C | CA-60 Hz 75°C | | Indutiva (ohm/km) | Capacitiva (Mohm.km) | |
| 63,36 | 33,6 | 7 | 2,474 | 7,42 | 92,3 | 1090 | 0,9955 | 1,1869 | 0,00269 | 0,4462 | 0,2672 | 165 |
| 105,6 | 53,5 | 7 | 3,119 | 9,36 | 146,8 | 1733 | 0,6263 | 0,7457 | 0,00339 | 0,4288 | 0,2561 | 215 |
| 133,1 | 67,5 | 7 | 3,503 | 10,51 | 185,1 | 2093 | 0,4966 | 0,5916 | 0,00381 | 0,4200 | 0,2506 | 275 |
| 167,8 | 85,0 | 7 | 3,932 | 11,80 | 233,2 | 2638 | 0,3941 | 0,4698 | 0,00428 | 0,4113 | 0,2450 | 320 |
| 211,6 | 107,3 | 7 | 4,417 | 13,25 | 294,3 | 3329 | 0,3123 | 0,3722 | 0,00481 | 0,4025 | 0,2395 | 365 |
| 250,0 | 126,7 | 19 | 2,913 | 14,57 | 347,5 | 3976 | 0,2645 | 0,3157 | 0,00552 | 0,3921 | 0,2350 | 400 |
| 300,0 | 152,1 | 19 | 3,193 | 15,96 | 417,4 | 4775 | 0,2202 | 0,2628 | 0,00605 | 0,3852 | 0,2306 | 440 |
| 350,0 | 177,3 | 19 | 3,447 | 17,23 | 486,4 | 5330 | 0,1889 | 0,2256 | 0,00653 | 0,3794 | 0,2269 | 515 |
| 400,0 | 202,7 | 19 | 3,686 | 18,43 | 556,2 | 6094 | 0,1653 | 0,1976 | 0,00698 | 0,3744 | 0,2237 | 535 |
| 450,0 | 228,0 | 19 | 3,909 | 19,55 | 625,7 | 6855 | 0,1469 | 0,1759 | 0,00740 | 0,3700 | 0,2209 | 670 |
| 500,0 | 253,3 | 19 | 4,120 | 20,60 | 695,0 | 7614 | 0,1323 | 0,1585 | 0,00780 | 0,3660 | 0,2184 | 635 |
| 550,0 | 278,6 | 37 | 3,096 | 21,67 | 764,4 | 8557 | 0,1202 | 0,1442 | 0,00832 | 0,3612 | 0,2160 | 655 |
| 600,0 | 303,8 | 37 | 3,233 | 22,63 | 833,6 | 9332 | 0,1103 | 0,1324 | 0,00869 | 0,3579 | 0,2139 | 710 |
| 650,0 | 329,1 | 37 | 3,366 | 23,56 | 903,1 | 9682 | 0,1018 | 0,1224 | 0,00904 | 0,3549 | 0,2120 | 725 |
| 700,0 | 354,5 | 37 | 3,493 | 24,45 | 972,6 | 10427 | 0,0945 | 0,1137 | 0,00939 | 0,3521 | 0,2102 | 745 |
| 750,0 | 380,2 | 37 | 3,617 | 25,32 | 1043,1 | 11183 | 0,0881 | 0,1063 | 0,00972 | 0,3494 | 0,2086 | 800 |
| 800,0 | 405,1 | 37 | 3,734 | 26,14 | 1111,6 | 11917 | 0,0827 | 0,0994 | 0,01003 | 0,3470 | 0,2071 | 785 |
| 900,0 | 456,3 | 37 | 3,962 | 27,74 | 1251,9 | 13421 | 0,0734 | 0,0889 | 0,01065 | 0,3426 | 0,2042 | 880 |
| 1000,0 | 506,7 | 37 | 4,176 | 29,23 | 1390,3 | 14905 | 0,0661 | 0,0802 | 0,01122 | 0,3386 | 0,2017 | 980 |

Nota:

Condições para cálculo da Ampacidade:

Temperatura do condutor = 75 °C,

Temperatura ambiente = 25 °C,

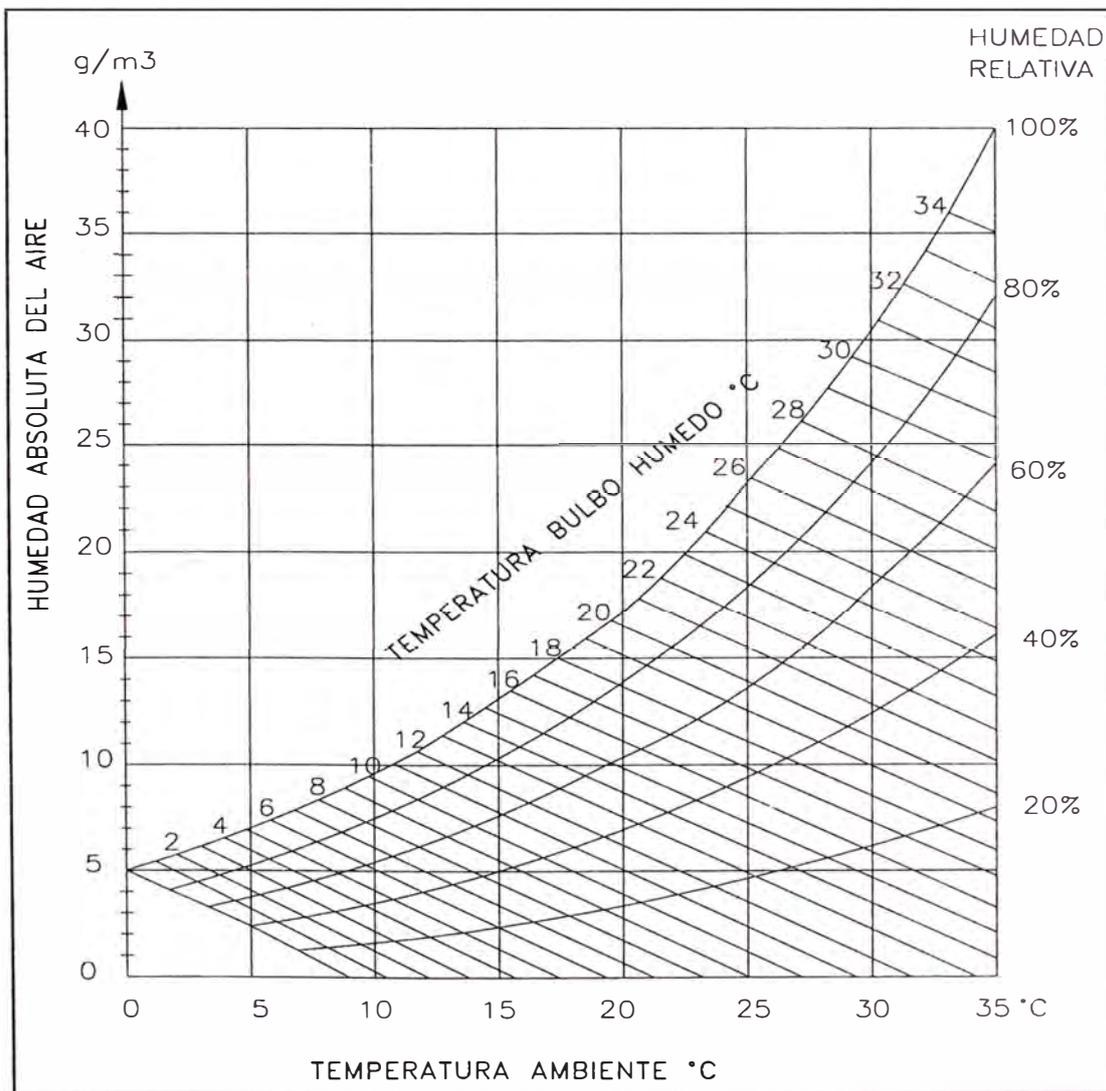
Velocidade do vento = 0,61 m/s, com sol.

ANEXO 2 Precio en Barras en Subestaciones

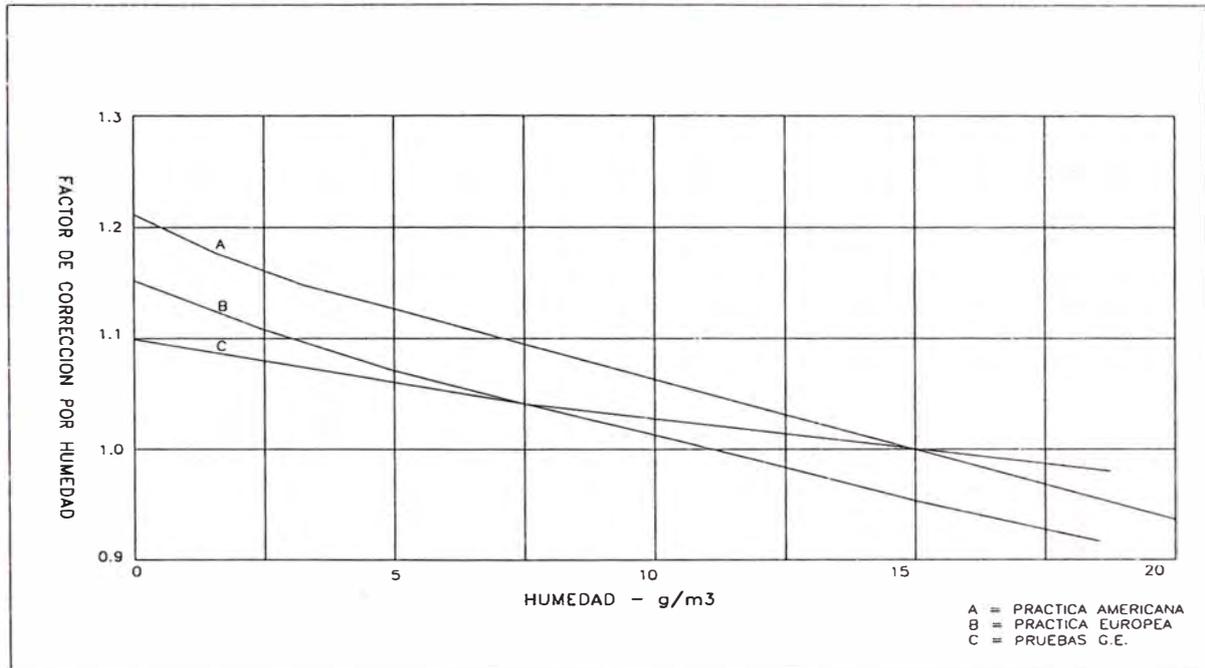
PRECIOS EN BARRA EN SUBESTACIONES BASE ACTUALIZACIÓN AL 4 DE MAYO DE 2011

| | TENSIÓN KV | PPM | PEMP | PEMF | PCSPT | CPSEE | PPB | PEBP | PEBF | Potencia | Energía | Promedio |
|--|---------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|-------|-----------|--------------|-----------|--------------|--------------|
| | | S/AKW-mes | ctm. S/AKW/h | ctm. S/AKW/h | S/AKW-mes | ctm. S/AKW/h | | S/AKW-mes | ctm. S/AKW/h | S/AKW-mes | ctm. S/AKW/h | ctm. S/AKW/h |
| SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL | | | | | | | | | | | | |
| Zorritos | 220 | 17.03 | 10.58 | 10.35 | 7.02 | | 24.05 | 10.58 | 10.35 | 24.05 | 10.40 | 14.58 |
| Talara | 220 | 17.03 | 10.54 | 10.32 | 7.02 | | 24.05 | 10.54 | 10.32 | 24.05 | 10.36 | 14.55 |
| Piura Oeste | 220 | 17.03 | 11.39 | 10.81 | 7.02 | | 24.05 | 11.39 | 10.81 | 24.05 | 10.93 | 15.11 |
| Chiclayo Oeste | 220 | 17.03 | 11.06 | 10.53 | 7.02 | | 24.05 | 11.06 | 10.53 | 24.05 | 10.64 | 14.82 |
| Carhuaquero | 220 | 17.03 | 10.89 | 10.41 | 7.02 | | 24.05 | 10.89 | 10.41 | 24.05 | 10.51 | 14.69 |
| Carhuaquero | 138 | 17.03 | 10.89 | 10.41 | 7.02 | | 24.05 | 10.89 | 10.41 | 24.05 | 10.51 | 14.69 |
| Cúervo | 138 | 17.03 | 10.89 | 10.41 | 7.02 | | 24.05 | 10.89 | 10.41 | 24.05 | 10.51 | 14.69 |
| Jaen | 138 | 17.03 | 10.91 | 10.42 | 7.02 | | 24.05 | 10.91 | 10.42 | 24.05 | 10.52 | 14.71 |
| Guadalupe | 220 | 17.03 | 10.89 | 10.39 | 7.02 | | 24.05 | 10.89 | 10.39 | 24.05 | 10.49 | 14.68 |
| Guadalupe | 60 | 17.03 | 10.94 | 10.42 | 7.02 | | 24.05 | 10.94 | 10.42 | 24.05 | 10.52 | 14.71 |
| Cajamarca | 220 | 17.03 | 10.59 | 10.14 | 7.02 | | 24.05 | 10.59 | 10.14 | 24.05 | 10.23 | 14.42 |
| Trujillo Norte | 220 | 17.03 | 10.62 | 10.15 | 7.02 | | 24.05 | 10.62 | 10.15 | 24.05 | 10.24 | 14.43 |
| Chimbote 1 | 220 | 17.03 | 10.42 | 9.97 | 7.02 | | 24.05 | 10.42 | 9.97 | 24.05 | 10.06 | 14.25 |
| Chimbote 1 | 138 | 17.03 | 10.42 | 9.97 | 7.02 | | 24.05 | 10.42 | 9.97 | 24.05 | 10.06 | 14.25 |
| Paramonga Nueva | 220 | 17.03 | 10.05 | 9.64 | 7.02 | | 24.05 | 10.05 | 9.64 | 24.05 | 9.72 | 13.91 |
| Paramonga Nueva | 138 | 17.03 | 10.04 | 9.64 | 7.02 | | 24.05 | 10.04 | 9.64 | 24.05 | 9.72 | 13.91 |
| Paramonga Existente | 138 | 17.03 | 10.03 | 9.64 | 7.02 | | 24.05 | 10.03 | 9.64 | 24.05 | 9.72 | 13.91 |
| Huacho | 220 | 17.03 | 9.97 | 9.56 | 7.02 | | 24.05 | 9.97 | 9.56 | 24.05 | 9.64 | 13.83 |
| Zapallo | 220 | 17.03 | 9.77 | 9.39 | 7.02 | | 24.05 | 9.77 | 9.39 | 24.05 | 9.47 | 13.65 |
| Ventana | 220 | 17.03 | 9.83 | 9.38 | 7.02 | | 24.05 | 9.83 | 9.38 | 24.05 | 9.47 | 13.66 |
| Lima | 220 | 17.03 | 9.80 | 9.39 | 7.02 | | 24.05 | 9.80 | 9.39 | 24.05 | 9.47 | 13.66 |
| Cariera | 220 | 17.03 | 9.63 | 9.29 | 7.02 | | 24.05 | 9.63 | 9.29 | 24.05 | 9.36 | 13.55 |
| Chica | 220 | 17.03 | 9.53 | 9.20 | 7.02 | | 24.05 | 9.53 | 9.20 | 24.05 | 9.27 | 13.45 |
| Independencia | 220 | 17.03 | 9.71 | 9.38 | 7.02 | | 24.05 | 9.71 | 9.38 | 24.05 | 9.45 | 13.63 |
| Ica | 220 | 17.03 | 9.78 | 9.45 | 7.02 | | 24.05 | 9.78 | 9.45 | 24.05 | 9.52 | 13.70 |
| Marcona | 220 | 17.03 | 10.00 | 9.63 | 7.02 | | 24.05 | 10.00 | 9.63 | 24.05 | 9.70 | 13.89 |
| Manlaro | 220 | 17.03 | 9.58 | 9.19 | 7.02 | | 24.05 | 9.58 | 9.19 | 24.05 | 9.27 | 13.46 |
| Huayucachi | 220 | 17.03 | 9.65 | 9.26 | 7.02 | | 24.05 | 9.65 | 9.26 | 24.05 | 9.34 | 13.53 |
| Pachachaca | 220 | 17.03 | 9.65 | 9.27 | 7.02 | | 24.05 | 9.65 | 9.27 | 24.05 | 9.35 | 13.53 |
| Huancaveica | 220 | 17.03 | 9.62 | 9.26 | 7.02 | | 24.05 | 9.62 | 9.26 | 24.05 | 9.33 | 13.52 |
| Callahuana | 220 | 17.03 | 9.71 | 9.32 | 7.02 | | 24.05 | 9.71 | 9.32 | 24.05 | 9.40 | 13.59 |
| Cajamarquilla | 220 | 17.03 | 9.80 | 9.40 | 7.02 | | 24.05 | 9.80 | 9.40 | 24.05 | 9.48 | 13.67 |
| Hualanca | 138 | 17.03 | 10.10 | 9.70 | 7.02 | | 24.05 | 10.10 | 9.70 | 24.05 | 9.78 | 13.97 |
| Vizcarra | 220 | 17.03 | 9.95 | 9.57 | 7.02 | | 24.05 | 9.95 | 9.57 | 24.05 | 9.65 | 13.83 |
| Tingo Maria | 220 | 17.03 | 9.97 | 9.55 | 7.02 | | 24.05 | 9.97 | 9.55 | 24.05 | 9.63 | 13.82 |
| Aguaytia | 220 | 17.03 | 9.85 | 9.51 | 7.02 | | 24.05 | 9.85 | 9.51 | 24.05 | 9.58 | 13.77 |
| Aguaytia | 138 | 17.03 | 9.89 | 9.54 | 7.02 | | 24.05 | 9.89 | 9.54 | 24.05 | 9.61 | 13.80 |
| Aguaytia | 22.9 | 17.03 | 9.87 | 9.52 | 7.02 | | 24.05 | 9.87 | 9.52 | 24.05 | 9.59 | 13.78 |
| Pucallpa | 138 | 17.03 | 10.17 | 9.75 | 7.02 | | 24.05 | 10.17 | 9.75 | 24.05 | 9.83 | 14.02 |
| Pucallpa | 60 | 17.03 | 10.19 | 9.76 | 7.02 | 1.61 | 24.05 | 11.60 | 11.37 | 24.05 | 11.45 | 15.64 |
| Aucayacu | 138 | 17.03 | 10.20 | 9.81 | 7.02 | | 24.05 | 10.20 | 9.81 | 24.05 | 9.89 | 14.08 |
| Tocache | 138 | 17.03 | 10.51 | 10.00 | 7.02 | | 24.05 | 10.51 | 10.00 | 24.05 | 10.10 | 14.29 |
| Tingo Maria | 138 | 17.03 | 10.07 | 9.72 | 7.02 | | 24.05 | 10.07 | 9.72 | 24.05 | 9.79 | 13.98 |
| Huánuco | 138 | 17.03 | 9.98 | 9.68 | 7.02 | | 24.05 | 9.98 | 9.68 | 24.05 | 9.65 | 13.93 |
| Paragsha II | 138 | 17.03 | 9.72 | 9.39 | 7.02 | | 24.05 | 9.72 | 9.39 | 24.05 | 9.46 | 13.64 |
| Paragsha | 220 | 17.03 | 9.75 | 9.40 | 7.02 | | 24.05 | 9.75 | 9.40 | 24.05 | 9.47 | 13.66 |
| Yauli | 138 | 17.03 | 9.61 | 9.26 | 7.02 | | 24.05 | 9.61 | 9.26 | 24.05 | 9.33 | 13.52 |
| Yuncay | 138 | 17.03 | 9.61 | 9.26 | 7.02 | | 24.05 | 9.61 | 9.26 | 24.05 | 9.33 | 13.52 |
| Yuncay | 220 | 17.03 | 9.85 | 9.29 | 7.02 | | 24.05 | 9.85 | 9.29 | 24.05 | 9.36 | 13.55 |
| Oroya Nueva | 220 | 17.03 | 9.68 | 9.31 | 7.02 | | 24.05 | 9.68 | 9.31 | 24.05 | 9.39 | 13.57 |
| Oroya Nueva | 138 | 17.03 | 9.84 | 9.47 | 7.02 | | 24.05 | 9.84 | 9.47 | 24.05 | 9.54 | 13.73 |
| Oroya Nueva | 50 | 17.03 | 9.77 | 9.39 | 7.02 | | 24.05 | 9.77 | 9.39 | 24.05 | 9.47 | 13.65 |
| Carhuamay | 138 | 17.03 | 9.85 | 9.39 | 7.02 | | 24.05 | 9.85 | 9.39 | 24.05 | 9.48 | 13.67 |
| Carhuamay Nueva | 220 | 17.03 | 9.71 | 9.34 | 7.02 | | 24.05 | 9.71 | 9.34 | 24.05 | 9.41 | 13.60 |
| Carpa | 138 | 17.03 | 9.90 | 9.55 | 7.02 | | 24.05 | 9.90 | 9.55 | 24.05 | 9.62 | 13.81 |
| Desierto | 220 | 17.03 | 9.65 | 9.32 | 7.02 | | 24.05 | 9.65 | 9.32 | 24.05 | 9.39 | 13.57 |
| Condorocha | 138 | 17.03 | 9.92 | 9.58 | 7.02 | | 24.05 | 9.92 | 9.58 | 24.05 | 9.65 | 13.84 |
| Condorocha | 44 | 17.03 | 9.92 | 9.58 | 7.02 | | 24.05 | 9.92 | 9.58 | 24.05 | 9.65 | 13.84 |
| Machupicchu | 138 | 17.03 | 10.59 | 9.63 | 7.02 | | 24.05 | 10.59 | 9.63 | 24.05 | 9.82 | 14.01 |
| Cachimayo | 138 | 17.03 | 10.94 | 9.97 | 7.02 | | 24.05 | 10.94 | 9.97 | 24.05 | 10.16 | 14.35 |
| Cusco | 138 | 17.03 | 10.96 | 9.98 | 7.02 | | 24.05 | 10.96 | 9.98 | 24.05 | 10.18 | 14.36 |
| Cumbapata | 138 | 17.03 | 11.02 | 10.14 | 7.02 | | 24.05 | 11.02 | 10.14 | 24.05 | 10.32 | 14.50 |
| Tirilaya | 138 | 17.03 | 11.08 | 10.33 | 7.02 | | 24.05 | 11.08 | 10.33 | 24.05 | 10.48 | 14.87 |
| Ayaviri | 138 | 17.03 | 10.88 | 10.16 | 7.02 | | 24.05 | 10.88 | 10.16 | 24.05 | 10.30 | 14.49 |
| Azángaro | 138 | 17.03 | 10.75 | 10.04 | 7.02 | | 24.05 | 10.75 | 10.04 | 24.05 | 10.18 | 14.37 |
| San Gaban | 138 | 17.03 | 10.83 | 10.09 | 7.02 | | 24.05 | 10.83 | 10.09 | 24.05 | 10.24 | 14.43 |
| Mazuco | 138 | 17.03 | 10.91 | 10.14 | 7.02 | | 24.05 | 10.91 | 10.14 | 24.05 | 10.29 | 14.48 |
| Puerto Maldonado | 138 | 17.03 | 11.09 | 10.26 | 7.02 | | 24.05 | 11.09 | 10.26 | 24.05 | 10.43 | 14.61 |
| Jutaca | 138 | 17.03 | 11.01 | 10.31 | 7.02 | | 24.05 | 11.01 | 10.31 | 24.05 | 10.45 | 14.64 |
| Puno | 138 | 17.03 | 11.05 | 10.41 | 7.02 | | 24.05 | 11.05 | 10.41 | 24.05 | 10.54 | 14.73 |
| Puno | 220 | 17.03 | 11.04 | 10.41 | 7.02 | | 24.05 | 11.04 | 10.41 | 24.05 | 10.54 | 14.72 |
| Callali | 138 | 17.03 | 10.96 | 10.33 | 7.02 | | 24.05 | 10.96 | 10.33 | 24.05 | 10.46 | 14.84 |
| Santuario | 138 | 17.03 | 10.82 | 10.25 | 7.02 | | 24.05 | 10.82 | 10.25 | 24.05 | 10.36 | 14.55 |
| Arequipa | 138 | 17.03 | 10.87 | 10.29 | 7.02 | | 24.05 | 10.87 | 10.29 | 24.05 | 10.41 | 14.59 |
| Socabaya | 220 | 17.03 | 10.86 | 10.29 | 7.02 | | 24.05 | 10.86 | 10.29 | 24.05 | 10.40 | 14.59 |
| Cerro Verde | 138 | 17.03 | 10.90 | 10.32 | 7.02 | | 24.05 | 10.90 | 10.32 | 24.05 | 10.44 | 14.62 |
| Repartición | 138 | 17.03 | 10.94 | 10.34 | 7.02 | | 24.05 | 10.94 | 10.34 | 24.05 | 10.46 | 14.65 |
| Mollendo | 138 | 17.03 | 10.97 | 10.36 | 7.02 | | 24.05 | 10.97 | 10.36 | 24.05 | 10.48 | 14.67 |
| Montalvo | 220 | 17.03 | 11.03 | 10.44 | 7.02 | | 24.05 | 11.03 | 10.44 | 24.05 | 10.56 | 14.75 |
| Montalvo | 138 | 17.03 | 11.04 | 10.45 | 7.02 | | 24.05 | 11.04 | 10.45 | 24.05 | 10.57 | 14.76 |
| Jto ELP | 138 | 17.03 | 10.99 | 10.60 | 7.02 | | 24.05 | 10.99 | 10.60 | 24.05 | 10.68 | 14.87 |
| Botifaca | 138 | 17.03 | 11.09 | 10.51 | 7.02 | | 24.05 | 11.09 | 10.51 | 24.05 | 10.63 | 14.81 |
| Toquepala | 138 | 17.03 | 11.11 | 10.56 | 7.02 | | 24.05 | 11.11 | 10.56 | 24.05 | 10.67 | 14.86 |
| Artola | 138 | 17.03 | 11.03 | 10.98 | 7.02 | | 24.05 | 11.03 | 10.53 | 24.05 | 10.63 | 14.82 |
| Aricota | 66 | 17.03 | 10.99 | 10.52 | 7.02 | 0.43 | 24.05 | 11.42 | 10.96 | 24.05 | 11.04 | 15.23 |
| Tacna (Los Héroes) | 220 | 17.03 | 11.11 | 10.48 | 7.02 | | 24.05 | 11.11 | 10.48 | 24.05 | 10.61 | 14.79 |
| Tacna (Los Héroes) | 66 | 17.03 | 11.19 | 10.51 | 7.02 | 0.43 | 24.05 | 11.62 | 10.94 | 24.05 | 11.07 | 15.26 |
| SISTEMAS AISLADOS | | | | | | | | | | | | |
| Adinela | | | | | | | | | | | | |

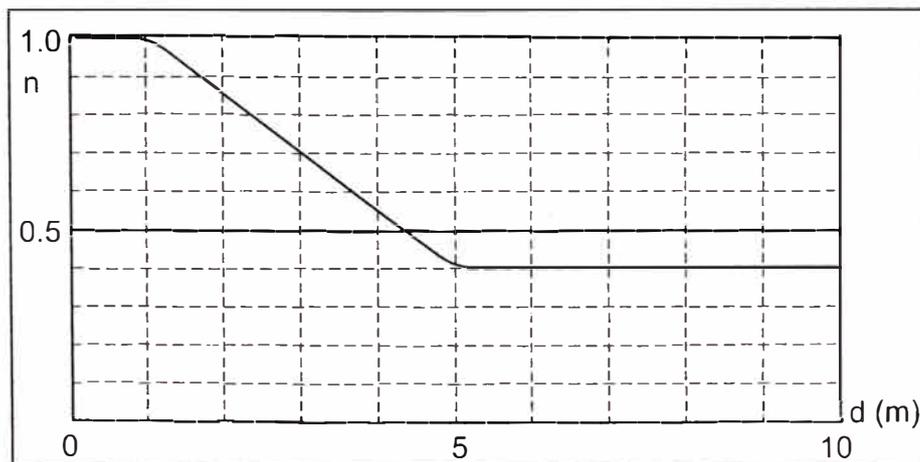
ANEXO 3 Humedad Absoluta – Humedad Relativa



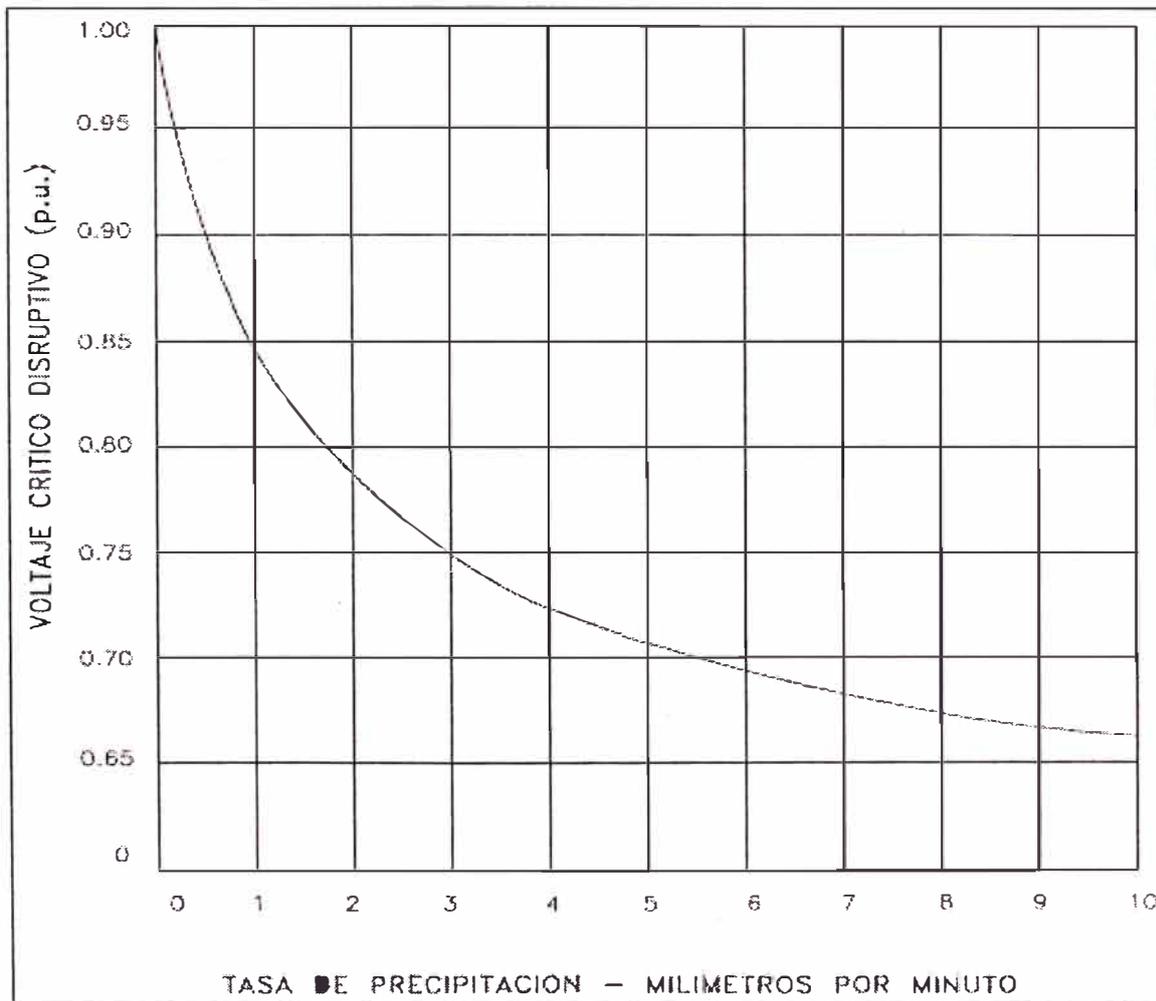
ANEXO 4 Factor de Corrección por Humedad



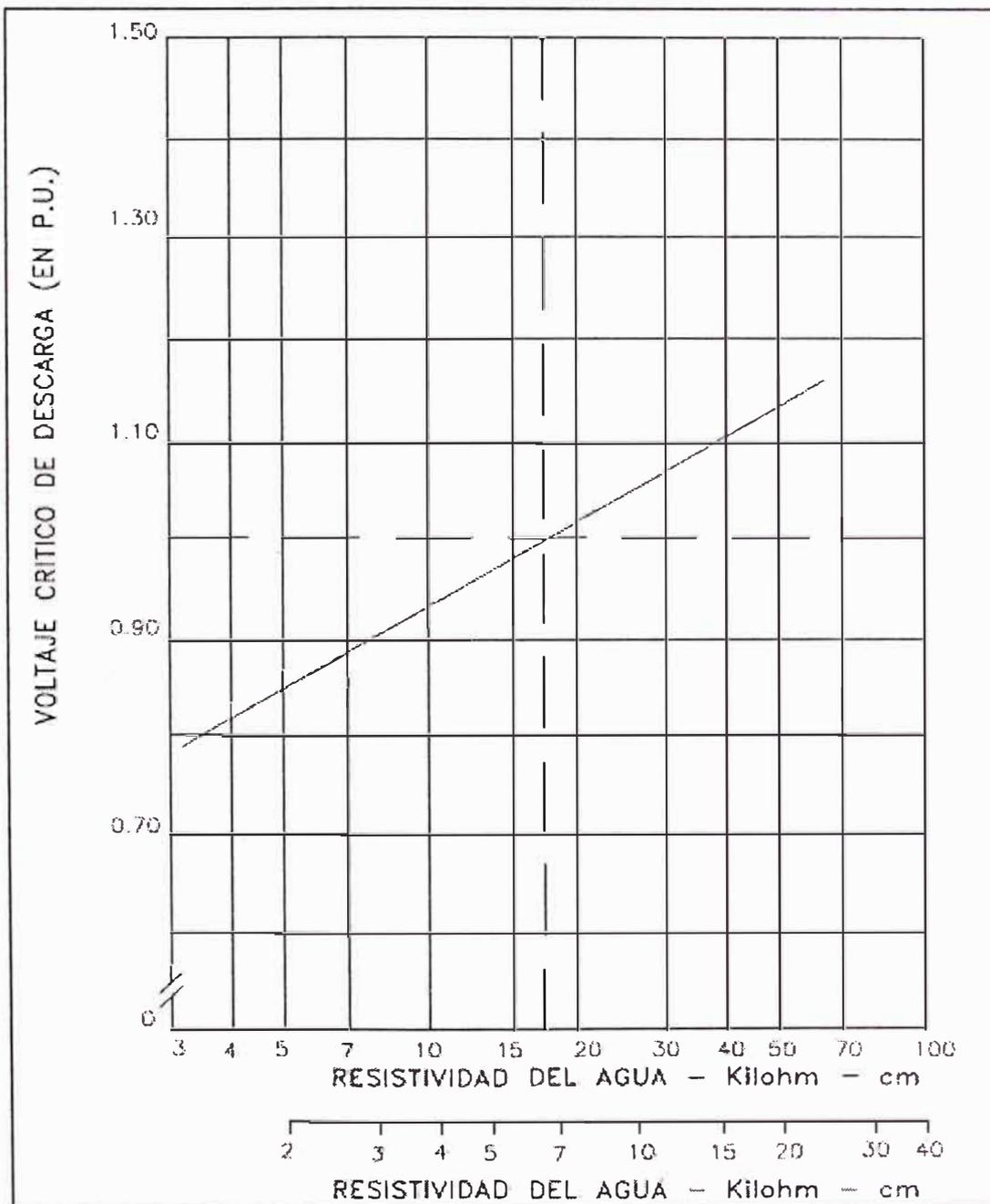
ANEXO 5 Factor de Corrección Exponencial



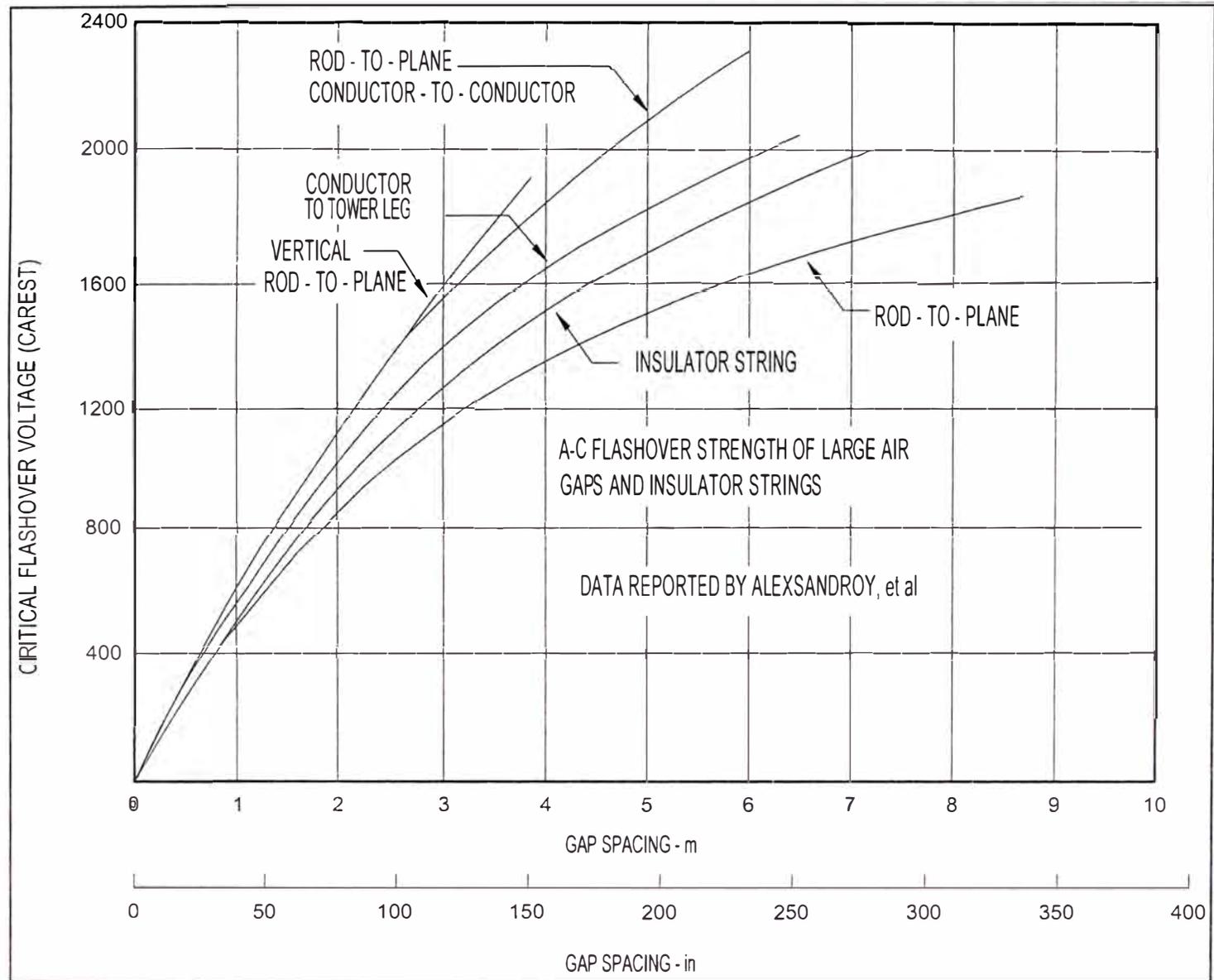
ANEXO 6 Factor de Corrección por Tasa de Precipitación



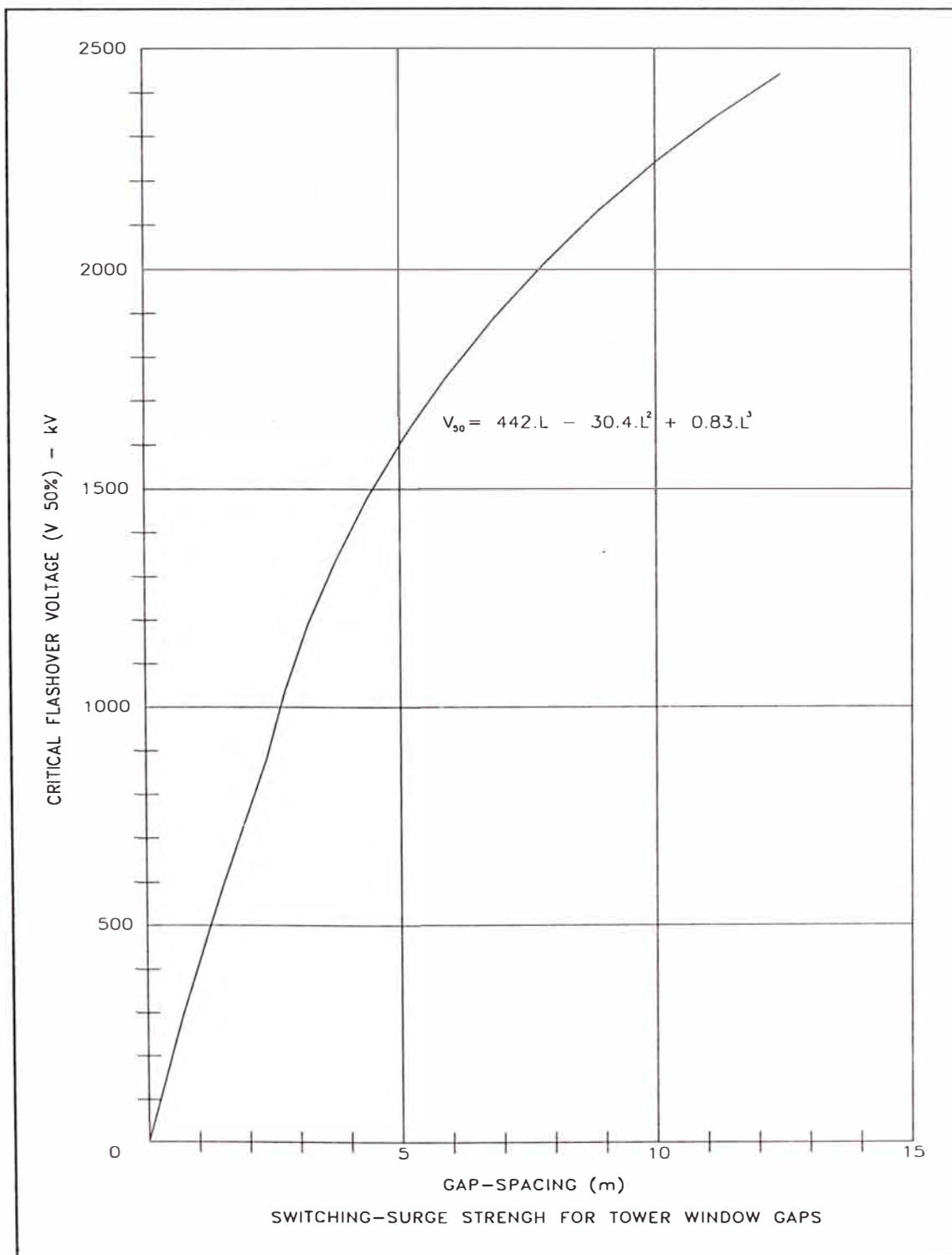
ANEXO 7 Factor de Corrección por Resistividad del Agua



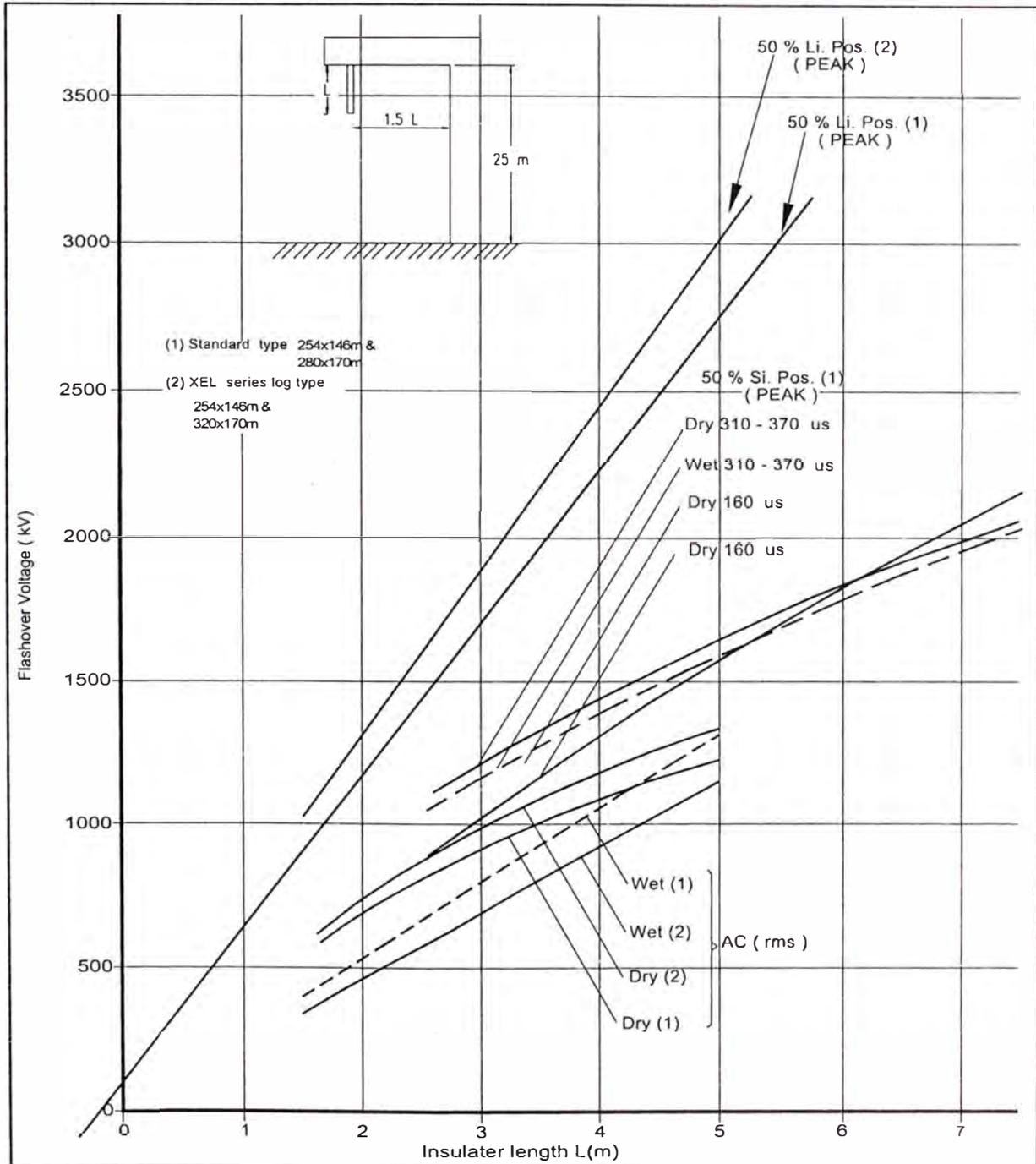
ANEXO 8 AC-Flashover Strength of large Air Gaps and Insulator Strings



ANEXO 9 AC-Flashover Strength of large Air Gaps and Insulator Strings



ANEXO 10 Flashover Characteristics of disc Insulator Strings



ANEXO 11 Cuadro de valores Aisladores

Flashover Characteristics

based on the test procedures of ANSI C29.1

SUSPENSION INSULATOR STRING WITHOUT ARCING HORN

| Disc Dia. x Spacing | No. of Units | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| 6" x 5 1/2" | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 60 | 120 | 175 | 225 | 275 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | Wet/kV | 30 | 55 | 80 | 105 | 130 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 100 | 200 | 300 | 385 | 460 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | Negative/kV | 100 | 180 | 275 | 355 | 435 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 7 1/2" x 5 1/2" | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 65 | 130 | 190 | 245 | 295 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | | Wet/kV | 35 | 65 | 95 | 130 | 165 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 115 | 225 | 310 | 390 | 465 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | | Negative/kV | 115 | 215 | 305 | 375 | 455 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 10" x 5" | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 80 | 145 | 200 | 250 | 300 | 345 | 390 | 440 | 485 | 530 | 575 | 615 | 660 | 700 | 745 | 785 | 825 | 865 | 905 | 945 | 985 | 1,025 | 1,065 | 1,105 | 1,145 |
| | | Wet/kV | 50 | 85 | 125 | 160 | 200 | 235 | 270 | 305 | 340 | 380 | 415 | 450 | 485 | 520 | 555 | 585 | 615 | 650 | 680 | 715 | 745 | 775 | 805 | 835 | 865 |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 125 | 250 | 335 | 420 | 490 | 555 | 645 | 720 | 790 | 865 | 935 | 1,000 | 1,075 | 1,145 | 1,220 | 1,290 | 1,365 | 1,435 | 1,510 | 1,580 | 1,650 | 1,720 | 1,790 | 1,860 | 1,930 |
| | | Negative/kV | 130 | 240 | 325 | 395 | 465 | 535 | 605 | 680 | 760 | 835 | 905 | 985 | 1,060 | 1,140 | 1,210 | 1,290 | 1,365 | 1,435 | 1,510 | 1,585 | 1,660 | 1,735 | 1,810 | 1,885 | 1,960 |
| 10" x 5 1/2" | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 80 | 155 | 215 | 270 | 325 | 380 | 435 | 485 | 540 | 590 | 640 | 690 | 735 | 785 | 830 | 875 | 920 | 965 | 1,010 | 1,055 | 1,100 | 1,145 | 1,190 | 1,235 | 1,280 |
| | | Wet/kV | 60 | 80 | 130 | 170 | 215 | 255 | 295 | 335 | 375 | 415 | 455 | 490 | 525 | 565 | 600 | 635 | 670 | 705 | 740 | 775 | 810 | 845 | 880 | 915 | 950 |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 125 | 255 | 355 | 440 | 525 | 610 | 695 | 780 | 860 | 945 | 1,025 | 1,105 | 1,185 | 1,265 | 1,345 | 1,425 | 1,505 | 1,585 | 1,665 | 1,745 | 1,825 | 1,905 | 1,985 | 2,065 | 2,145 |
| | | Negative/kV | 130 | 255 | 345 | 415 | 495 | 585 | 670 | 760 | 845 | 930 | 1,015 | 1,105 | 1,190 | 1,275 | 1,360 | 1,440 | 1,530 | 1,615 | 1,700 | 1,785 | 1,870 | 1,955 | 2,040 | 2,125 | 2,210 |
| 11" x 6 1/4" | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 85 | 165 | 220 | 275 | 330 | 385 | 435 | 490 | 540 | 595 | 645 | 695 | 745 | 790 | 840 | 890 | 935 | 980 | 1,025 | 1,070 | 1,115 | 1,160 | 1,205 | 1,250 | 1,290 |
| | | Wet/kV | 52 | 85 | 120 | 150 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400 | 440 | 475 | 510 | 545 | 580 | 615 | 650 | 685 | 720 | 750 | 785 | 815 | 850 | 880 | 915 |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 135 | 255 | 360 | 450 | 540 | 630 | 720 | 810 | 900 | 990 | 1,075 | 1,160 | 1,245 | 1,330 | 1,415 | 1,500 | 1,585 | 1,670 | 1,755 | 1,840 | 1,925 | 2,010 | 2,095 | 2,180 | 2,260 |
| | | Negative/kV | 140 | 255 | 345 | 425 | 515 | 610 | 700 | 790 | 880 | 970 | 1,060 | 1,150 | 1,240 | 1,330 | 1,420 | 1,510 | 1,605 | 1,700 | 1,795 | 1,890 | 1,985 | 2,080 | 2,175 | 2,270 | 2,365 |
| 12 1/2" x 7 1/4" | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 95 | 180 | 260 | 335 | 400 | 485 | 530 | 595 | 660 | 720 | 780 | 840 | 895 | 950 | 1,005 | 1,060 | 1,115 | 1,170 | 1,225 | 1,280 | 1,335 | 1,390 | 1,445 | 1,500 | 1,555 |
| | | Wet/kV | 65 | 100 | 145 | 180 | 235 | 280 | 325 | 370 | 415 | 460 | 510 | 555 | 595 | 635 | 675 | 720 | 760 | 800 | 840 | 880 | 920 | 960 | 995 | 1,030 | 1,065 |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 145 | 270 | 400 | 495 | 590 | 685 | 775 | 870 | 965 | 1,060 | 1,155 | 1,250 | 1,350 | 1,445 | 1,530 | 1,630 | 1,725 | 1,820 | 1,915 | 2,010 | 2,100 | 2,190 | 2,280 | 2,370 | 2,460 |
| | | Negative/kV | 150 | 255 | 380 | 465 | 560 | 650 | 740 | 840 | 935 | 1,030 | 1,130 | 1,230 | 1,330 | 1,430 | 1,530 | 1,630 | 1,730 | 1,830 | 1,930 | 2,030 | 2,125 | 2,220 | 2,315 | 2,410 | 2,500 |
| 10" x 5 1/2" FOG TYPE | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 100 | 180 | 220 | 275 | 335 | 390 | 440 | 490 | 540 | 590 | 635 | 680 | 730 | 775 | 820 | 865 | 910 | 955 | 1,000 | 1,040 | 1,080 | 1,125 | 1,165 | 1,185 | 1,220 |
| | | Wet/kV | 60 | 95 | 130 | 185 | 200 | 235 | 270 | 305 | 335 | 385 | 395 | 425 | 455 | 480 | 505 | 530 | 565 | 590 | 605 | 625 | 645 | 665 | 685 | 705 | 720 |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 150 | 270 | 380 | 475 | 570 | 665 | 760 | 835 | 920 | 1,005 | 1,090 | 1,175 | 1,260 | 1,345 | 1,430 | 1,515 | 1,600 | 1,685 | 1,770 | 1,850 | 1,930 | 2,010 | 2,090 | 2,170 | 2,250 |
| | | Negative/kV | 160 | 260 | 355 | 435 | 520 | 605 | 690 | 775 | 860 | 950 | 1,040 | 1,130 | 1,220 | 1,310 | 1,400 | 1,490 | 1,585 | 1,670 | 1,755 | 1,840 | 1,925 | 2,010 | 2,095 | 2,180 | 2,265 |
| 11 1/2" x 6 1/4" FOG TYPE | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 100 | 170 | 240 | 300 | 360 | 420 | 475 | 530 | 585 | 640 | 690 | 740 | 780 | 840 | 885 | 930 | 975 | 1,020 | 1,065 | 1,110 | 1,155 | 1,195 | 1,235 | 1,270 | 1,305 |
| | | Wet/kV | 60 | 105 | 145 | 185 | 225 | 265 | 305 | 345 | 380 | 415 | 450 | 485 | 520 | 555 | 590 | 620 | 650 | 680 | 705 | 730 | 750 | 770 | 785 | 800 | 815 |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 160 | 280 | 405 | 500 | 605 | 710 | 810 | 905 | 1,000 | 1,095 | 1,185 | 1,275 | 1,365 | 1,455 | 1,545 | 1,635 | 1,725 | 1,815 | 1,905 | 1,995 | 2,085 | 2,175 | 2,265 | 2,355 | 2,445 |
| | | Negative/kV | 170 | 280 | 380 | 480 | 580 | 675 | 760 | 855 | 950 | 1,045 | 1,140 | 1,235 | 1,330 | 1,425 | 1,520 | 1,615 | 1,710 | 1,805 | 1,900 | 1,995 | 2,090 | 2,185 | 2,280 | 2,370 | 2,460 |
| 12 1/2" x 7" FOG TYPE | Low-Frequency Average Flashover | Dry/kV | 110 | 175 | 240 | 300 | 360 | 420 | 475 | 535 | 595 | 650 | 695 | 745 | 795 | 845 | 895 | 940 | 990 | 1,040 | 1,090 | 1,135 | 1,175 | 1,220 | 1,260 | 1,305 | 1,345 |
| | | Wet/kV | 65 | 125 | 180 | 195 | 235 | 275 | 310 | 345 | 385 | 420 | 455 | 495 | 535 | 570 | 605 | 635 | 665 | 695 | 725 | 755 | 780 | 805 | 830 | 850 | 870 |
| | Critical-Impulse Average Flashover | Positive/kV | 160 | 280 | 390 | 490 | 595 | 710 | 820 | 930 | 1,040 | 1,140 | 1,235 | 1,330 | 1,425 | 1,515 | 1,610 | 1,725 | 1,825 | 1,930 | 2,030 | 2,130 | 2,230 | 2,330 | 2,430 | 2,530 | 2,630 |
| | | Negative/kV | 170 | 245 | 355 | 465 | 580 | 690 | 800 | 910 | 1,020 | 1,130 | 1,225 | 1,315 | 1,410 | 1,500 | 1,600 | 1,705 | 1,815 | 1,925 | 2,025 | 2,130 | 2,240 | 2,340 | 2,440 | 2,540 | 2,640 |

ANEXO 12 Cálculo de diagrama de cargas de las Estructuras.

| CARGAS DE ESTRUCTURA A35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|------------------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| HIPOTESIS | | CABLES DE GUARDA | | | | | | CONDUCTORES AAAC | | | | | | | | | | | | DIRECCION DE VIENTO Y ESPESOR HIELO | |
| Nº | CONDICION | V1 | T1 | L1 | V2 | T2 | L2 | V3 | T3 | L3 | V4 | T4 | L4 | V5 | T5 | L5 | V | T | L | | |
| A | VIENTO MAXIMO TRANSV. PV = 46,04 kg/m ² | 572 | 2092 | 126 | 576 | 2301 | 187 | 1178 | 3351 | -281 | 1178 | 3351 | -281 | 1178 | 3351 | -281 | 1178 | 3351 | -281 | Transversal PV = 46,04 kg/m ² | |
| B | VIENTO MAXIMO TRANSV. PV = 46,04 kg/m ² . ARRANQUE | -98 | 2092 | 126 | -99 | 2301 | 187 | 240 | 3351 | -281 | 240 | 3351 | -281 | 240 | 3351 | -281 | 240 | 3351 | -281 | Transversal PV = 46,04 kg/m ² | |
| C | CONDICION DE HIELO E = 12,5 mm | 2902 | 2952 | 1254 | 3088 | 3025 | 1290 | 5056 | 3840 | 1510 | 5056 | 3840 | 1510 | 5056 | 3840 | 1510 | 5056 | 3840 | 1510 | PV = 0,00 kg/m ² Manguito Hielo, E = 12,5 mm | |
| D | CONDICION DE HIELO Y VIENTO MEDIO | 1287 | 2336 | 768 | 1382 | 2442 | 827 | 2459 | 3204 | 963 | 2459 | 3204 | 963 | 2459 | 3204 | 963 | 2459 | 3204 | 963 | PV = 11,15 kg/m ² Manguito Hielo, E = 12 mm | |
| E | ROTURA CONDUCTOR FASE SUPERIOR | 572 | 1322 | 192 | 576 | 1333 | 287 | 878 | 833 | 2772 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | PV = 0,00 kg/m ² Condición EDS Final | |
| F | ROTURA DE CONDUCTOR FASE INTERMEDIA | 572 | 1322 | 192 | 576 | 1333 | 287 | 1178 | 1667 | 0 | 878 | 833 | 2772 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | PV = 0,00 kg/m ² Condición EDS Final | |
| G | ROTURA DE CONDUCTOR FASE INFERIOR | 572 | 1322 | 192 | 576 | 1333 | 287 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | 878 | 833 | 2772 | 1178 | 1667 | 0 | PV = 0,00 kg/m ² Condición EDS Final | |
| H | ROTURA DE CABLE DE GUARDA DE Ac.Co. | 357 | 661 | 2198 | 576 | 1333 | 287 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | PV = 0,00 kg/m ² Condición EDS Final | |
| I | ROTURA DE CABLE DE GUARDA OPGW | 572 | 1322 | 192 | 360 | 667 | 2217 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | 1178 | 1667 | 0 | PV = 0,00 kg/m ² Condición EDS Final | |
| J | MONTAJE DE CABLES DE GUARDA | 1857 | 69 | 228 | 1824 | 67 | 222 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | PV = 0,00 kg/m ² Condición EDS Inicial | |
| K | MONTAJE DE CONDUCTORES | 572 | 1372 | 192 | 576 | 1333 | 287 | 2670 | 83 | 139 | 2670 | 83 | 139 | 2670 | 83 | 139 | 2670 | 83 | 139 | PV = 0,00 kg/m ² Condición EDS Inicial | |

CARGAS DE ESTRUCTURA T90

| HIPOTESIS | | CABLES DE GUARDA | | | | | | CONDUCTORES AAAC | | | | | | | | | | | | DIRECCION DE VIENTO Y ESPESOR HIELO | |
|-----------|---|------------------|------|------|------|------|------|------------------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|--|--|
| N° | CONDICION | V1 | T1 | L1 | V2 | T2 | L2 | V3 | T3 | L3 | V4 | T4 | L4 | V5 | T5 | L5 | V | T | L | | |
| A | VIENTO MAXIMO TRANSV. PV = 46.04 kg/m² | 393 | 2206 | 2758 | 396 | 2393 | 2928 | 928 | 3906 | 3832 | 928 | 3906 | 3832 | 928 | 3906 | 3832 | 928 | 3906 | 3832 | Transversal PV = 46.04 kg/m² | |
| B | CONDICION DE HIELO E = 15 mm | 1947 | 7882 | 5573 | 2071 | 8080 | 5713 | 3513 | 10172 | 7193 | 3513 | 10172 | 7193 | 3513 | 10172 | 7193 | 3513 | 10172 | 7193 | PV = 0.00 kg/m² Manguito Hielo, E = 15 mm | |
| C | CONDICION DE HIELO Y VIENTO MEDIO | 870 | 5223 | 3693 | 933 | 5423 | 3835 | 1900 | 7240 | 4941 | 1900 | 7240 | 4941 | 1900 | 7240 | 4941 | 1900 | 7240 | 4941 | PV = 11.15 kg/m² Manguito Hielo, E = 8 mm | |
| D | CARGA LONGITUDINAL CONDS. Y C. DE G. TIRO UN SOLO LADO | 250 | 1554 | 2198 | 252 | 1568 | 2217 | 728 | 1960 | 2772 | 728 | 1960 | 2772 | 728 | 1960 | 2772 | 728 | 1960 | 2772 | PV = 0.00 kg/m² Condición EDS Final | |
| E | MONTAJE DE CABLES DE GUARDA | 1304 | 161 | 2281 | 1278 | 157 | 2217 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | PV = 0.00 kg/m² Condición EDS Inicial | |
| F | MONTAJE DE CONDUCTORES | 393 | 3225 | 0 | 396 | 3136 | 0 | 2483 | 98 | 2772 | 2483 | 98 | 2772 | 2483 | 98 | 2772 | 2483 | 98 | 2772 | PV = 0.00 kg/m² Condición EDS Inicial | |

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES

CONDUCTOR DE FASE

| Tipo | CONDUCTOR AAAC | | | |
|------------------------------------|---------------------|------------|--------------------|----------|
| Sección | cm ² | 3.04 | mm ² | 304 |
| Diámetro | m | 0.02263 | mm | 22.63 |
| Peso unitario | daN/m | 0.818 | kg/m | 0.834 |
| Módulo de elasticidad inicial | daN/cm ² | 558979.05 | kg/mm ² | 5700.00 |
| Módulo de elasticidad final | daN/cm ² | 612915.625 | kg/mm ² | 6250.00 |
| Coefficiente de dilatación térmica | 1/C ² | 0.000023 | 1/C ² | 0.000023 |
| Tracción de ruptura | daN | 9151.89 | kg | 9332.00 |

CABLES DE GUARDA

| Tipo | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm ² | | | |
|------------------------------------|--|-----------|--------------------|-----------|
| Sección | cm ² | 0.7458 | mm ² | 74.58 |
| Diámetro | m | 0.01111 | mm | 11.11 |
| Peso unitario | daN/m | 0.6067 | kg/m | 0.595 |
| Módulo de elasticidad | daN/cm ² | 19368.3 | kg/mm ² | 18993.80 |
| Coefficiente de dilatación térmica | 1/C ² | 0.0000115 | 1/C ² | 0.0000115 |
| Tracción de ruptura | daN | 9460.00 | kg | 9277.09 |

| Tipo | FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm ² | | | |
|------------------------------------|---|----------|--------------------|----------|
| Sección | cm ² | 1.08 | mm ² | 108 |
| Diámetro | m | 0.014 | mm | 14.00 |
| Peso unitario | daN/m | 0.612 | kg/m | 0.600 |
| Módulo de elasticidad inicial | daN/cm ² | 12237 | kg/mm ² | 12000.00 |
| Módulo de elasticidad final | daN/cm ² | 12236.59 | kg/mm ² | 12000.00 |
| Coefficiente de dilatación térmica | 1/C ² | 0.000016 | 1/C ² | 0.000016 |
| Tracción de ruptura | daN | 9789.28 | kg | 9600.00 |

RESULTADO DE LAS HIPÓTESIS

| FACTORES DE SOBRECARGA (según CHE - Suministro) | | | | | |
|---|--------------------|-----------|-------------|---------------------|--------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Viento | Tensión del alambre | |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | En general | | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.10 | 1.65 | En general | En amarres | |
| | | Conductor | Acero Galv. | OPGW | |
| Porcentaje en EDS condición final (vanos hasta 400 m) | % | 18 | 14.9 | 14.8 | |
| Tiro EDS unitario condición final | kg/mm ² | 5.526 | 17.882 | 12.442 | |
| Tiro EDS condición final | kg | 1678.76 | 1332.18 | 1343.76 | |
| Porcentaje en EDS condición final, vano flojo | % | 5 | 2 | 3 | |
| Tiro EDS unitario condición final, vano flojo | kg/mm ² | 1.535 | 2.488 | 2.867 | |
| Tiro EDS condición final, vano flojo | kg | 486.60 | 185.54 | 198.88 | |
| TIRO MAXIMO VIENTO TRANSVERSAL TEMP. = 0° C; PV = 48 KG/M2 TENSADO EDS | kg | 2085.44 | 1575.88 | 1631.88 | Vano = 25 m |
| | kg | 2106.72 | 1582.59 | 1642.68 | Vano = 50 m |
| | kg | 2137.12 | 1593.77 | 1659.96 | Vano = 75 m |
| | kg | 2173.60 | 1607.94 | 1681.56 | Vano = 100 m |
| | kg | 2213.12 | 1623.61 | 1704.24 | Vano = 125 m |
| | kg | 2249.60 | 1639.27 | 1728.00 | Vano = 150 m |
| | kg | 2286.08 | 1655.68 | 1751.76 | Vano = 175 m |
| | kg | 2322.56 | 1671.34 | 1774.44 | Vano = 200 m |
| | kg | 2352.96 | 1686.25 | 1797.12 | Vano = 225 m |
| | kg | 2383.36 | 1699.68 | 1817.64 | Vano = 250 m |
| | kg | 2410.72 | 1712.36 | 1837.08 | Vano = 275 m |
| | kg | 2432.00 | 1724.29 | 1855.44 | Vano = 300 m |
| | kg | 2453.28 | 1736.22 | 1872.72 | Vano = 325 m |
| kg | 2474.56 | 1745.17 | 1887.84 | Vano = 350 m | |
| HIELO PV = 0.00 kg/m ² , TEMP. = -5 °C, E = 25 mm DE HIELO TENSADO EDS | kg | 2410.72 | 1777.99 | 1842.48 | Vano = 25 m |
| | kg | 2693.44 | 2012.91 | 2075.76 | Vano = 50 m |
| | kg | 3003.52 | 2270.22 | 2333.88 | Vano = 75 m |
| | kg | 3310.56 | 2518.57 | 2584.44 | Vano = 100 m |
| | kg | 3599.36 | 2753.49 | 2823.12 | Vano = 125 m |
| | kg | 3869.92 | 2975.00 | 3048.84 | Vano = 150 m |
| | kg | 4122.24 | 3183.82 | 3261.60 | Vano = 175 m |
| | kg | 4359.36 | 3377.73 | 3462.48 | Vano = 200 m |
| | kg | 4578.24 | 3561.20 | 3651.48 | Vano = 225 m |
| | kg | 4784.96 | 3734.97 | 3830.76 | Vano = 250 m |
| | kg | 4979.52 | 3898.30 | 4000.32 | Vano = 275 m |
| | kg | 5161.92 | 4052.68 | 4161.24 | Vano = 300 m |
| | kg | 5332.16 | 4199.60 | 4313.52 | Vano = 325 m |
| kg | 5490.24 | 4338.32 | 4458.24 | Vano = 350 m | |
| VIENTO + HIELO PV = 11.2 kg/m ² , TEMP. = -5 °C, E = 12 mm DE HIELO TENSADO EDS 20% | kg | 2304.32 | 1684.76 | 1752.84 | Vano = 25 m |
| | kg | 2374.24 | 1740.70 | 1809.00 | Vano = 50 m |
| | kg | 2474.56 | 1817.51 | 1886.76 | Vano = 75 m |
| | kg | 2580.96 | 1903.28 | 1975.32 | Vano = 100 m |
| | kg | 2690.40 | 1991.29 | 2064.96 | Vano = 125 m |
| | kg | 2796.80 | 2077.05 | 2154.60 | Vano = 150 m |
| | kg | 2900.16 | 2159.84 | 2242.08 | Vano = 175 m |
| | kg | 2994.40 | 2238.15 | 2324.16 | Vano = 200 m |
| | kg | 3082.56 | 2311.98 | 2401.92 | Vano = 225 m |
| | kg | 3164.64 | 2380.59 | 2476.44 | Vano = 250 m |
| | kg | 3240.64 | 2445.48 | 2545.56 | Vano = 275 m |
| | kg | 3307.52 | 2505.14 | 2610.36 | Vano = 300 m |
| | kg | 3371.36 | 2561.08 | 2670.84 | Vano = 325 m |
| kg | 3429.12 | 2612.54 | 2727.00 | Vano = 350 m | |

CALCULO DE DIAGRAMA DE CARGAS - ESTRUCTURA A35

ESTRUCTURA A35

| | | |
|------------------------|------|------|
| Vano medio (m) | 400 | 400 |
| Vano peso (m) | 600 | 600 |
| Vano máximo (m) | 600 | 600 |
| Angulo (°) | 35 | 2 |
| Vano peso negativo (m) | -150 | -150 |

HIPOTESIS A
 VIENTO MAXIMO TRANSVERSAL
 PRESION DE VIENTO: 46.04 kg/m²

PRESTACIONES

| | | |
|------------------------|------|------|
| Vano medio (m) | 400 | 400 |
| Vano peso (m) | 600 | 600 |
| Vano máximo (m) | 600 | 600 |
| Angulo (°) | 35 | 2 |
| Vano peso negativo (m) | -150 | -150 |

HIPOTESIS A
 VIENTO MAXIMO TRANSVERSAL
 PRESION DE VIENTO: 46.04 kg/m²

| CONDUCTOR AAAC | | |
|---------------------------------------|---------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento conductor | 46.04 | kg/m ² |
| Presión de viento aisladores | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (300m) | 2249.60 | kg |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 2322.56 | kg |
| Área de cadena de anclaje | 0.6696 | m ² |
| Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg |

| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
|--|-------------|--------|
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el conductor | 416.75 | 416.53 |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 30.83 | 30.83 |
| Debido al ángulo topográfico | 1352.94 | 81.07 |
| Carga Total Incluyendo FS | 3351.3 | 1252.4 |

| CARGAS VERTICALES V | | |
|--------------------------------------|-------------|--------|
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso del conductor | 580.16 | 508.16 |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | 218.00 |
| Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 |
| Carga Total Incluyendo FS | 785.16 | 785.16 |

| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
|-------------------------|---------|---------|
| | -280.90 | -280.90 |

| ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | |
|---------------------------------------|---------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (300m) | 1839.27 | kg |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 1671.34 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 12.00 | kg |

| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
|--|-------------|--------|
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 185.18 | 204.54 |
| Debido al ángulo topográfico | 955.83 | 58.34 |
| Carga Total Incluyendo FS | 2091.9 | 607.6 |

| CARGAS VERTICALES V | | |
|------------------------------------|-------------|--------|
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 |
| Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 24.00 | 24.00 |
| Carga Total Incluyendo FS | 381.00 | 381.00 |

| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
|-------------------------|--------|--------|
| | 125.52 | 125.52 |

| FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
|---------------------------------------|---------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (300m) | 1728.00 | kg |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 1774.44 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 12.00 | kg |

| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
|--|-------------|--------|
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 234.51 | 257.75 |
| Debido al ángulo topográfico | 1038.24 | 51.94 |
| Carga Total Incluyendo FS | 2301.0 | 745.6 |

| CARGAS VERTICALES V | | |
|------------------------------------|-------------|--------|
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso de cable de guarda | 360.10 | 360.10 |
| Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 24.00 | 24.00 |
| Carga Total Incluyendo FS | 384.10 | 384.10 |

| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
|-------------------------|--------|--------|
| | 187.11 | 187.11 |

HIPOTESIS B
 VIENTO MAXIMO TRANSVERSAL
 PRESION DE VIENTO: 46.04 kg/m²
 CONDICION DE ARRANQUE

| HIPOTESIS B | | |
|--|-------------|-------------------|
| VIENTO MAXIMO TRANSVERSAL | | |
| PRESION DE VIENTO: 46.04 kg/m ² | | |
| CONDICION DE ARRANQUE | | |
| CONDUCTOR AAAC | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento conductor | 46.04 | kg/m ² |
| Presión de viento aisladores | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (300m) | 2249.60 | kg |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 2322.56 | kg |
| Área de cadena de anclaje | 0.6696 | m ² |
| Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el conductor | 416.75 | 416.63 |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 30.83 | 30.83 |
| Debido al ángulo topográfico | 1352.94 | 61.07 |
| Carga Total incluyendo FS | 3351.3 | 1252.4 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso del conductor | -125.04 | -125.04 |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | 218.00 |
| Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 |
| Carga Total incluyendo FS | 239.9 | 239.9 |
| CARGAS LONGITUDINALES L | -280.90 | -280.90 |
| HIPOTESIS C: | | |
| CONDICION DE SOLO HIELO | | |
| MANGUITO DE HIELO, E = 25 mm | | |
| PV = 0.00 KG/M2 | | |

| ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | |
|--|-------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (300m) | 1639.27 | kg |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 1671.34 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 126.10 | 204.54 |
| Debido al ángulo topográfico | 985.88 | 56.34 |
| Carga Total incluyendo FS | 2091.9 | 607.6 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso de cable de guarda | -85.25 | -85.25 |
| Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 24.00 | 24.00 |
| Carga Total incluyendo FS | -65.25 | -65.25 |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 125.52 | 125.52 |

| FIBRA OPTICA OPGW - 106 mm2 | | |
|--|-------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (300m) | 1728.00 | kg |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 1774.44 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 234.51 | 257.75 |
| Debido al ángulo topográfico | 1039.24 | 61.94 |
| Carga Total incluyendo FS | 2301.0 | 746.6 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso de cable de guarda | -90.03 | -90.03 |
| Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 24.00 | 24.00 |
| Carga Total incluyendo FS | -66.03 | -66.03 |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 167.11 | 167.11 |

| HIPOTESIS C : CONDICION DE SOLO HIELO MANGUITO DE HIELO, E = 25 mm PV = 0,00 KG/M2 | CONDUCTOR AAAC | | | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | | FIBRA OPTICA OPGW - 100 mm2 | | |
|---|--|---------|--|--|---------|--|--|---------|-------------------|
| | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| | Presión de viento conductor | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| | Presión de viento aisladores | 0.00 | kg/m ² | | | | | | |
| | Tiro condición de hielo e = 25 mm (300m) | 3689.92 | kg | Tiro condición de hielo e = 25 mm (300m) | 2975.00 | kg | Tiro condición de hielo e = 25 mm (300m) | 3048.84 | kg |
| | Tiro condición de hielo e = 25 mm (400m) | 4359.36 | kg | Tiro condición de hielo e = 25 mm (400m) | 3277.73 | kg | Tiro condición de hielo e = 25 mm (400m) | 3462.48 | kg |
| | Área de cadena de anclaje | 0.6696 | m ² | Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 12.00 | kg | Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 12.00 | kg |
| | Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg | | | | | | |
| Espesor de manguito de hielo máximo | 12.50 | mm | | | | | | | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg | | | | | | | |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Ángulo topográfico | 35 | 2 | Ángulo topográfico | 35 | 2 | Ángulo topográfico | 35 | 2 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 1789.20 | 117.90 | Debido al ángulo topográfico | 1833.61 | 120.86 | |
| Debido al ángulo topográfico | 2327.41 | 152.16 | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 3840.2 | 251.1 | Carga Total Incluyendo FS | 2952.2 | 194.5 | Carga Total Incluyendo FS | 3025.5 | 199.4 | |
| CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Ángulo topográfico | 35 | 2 | Ángulo topográfico | 35 | 2 | Ángulo topográfico | 35 | 2 | |
| Peso del conductor | 3085.91 | 3085.91 | Peso de cable de guarda | 1910.60 | 1910.60 | Peso de cable de guarda | 2034.94 | 2034.94 | |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | 218.00 | Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 24.00 | 24.00 | Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 24.00 | 24.00 | |
| Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 3370.91 | 3370.91 | Carga Total Incluyendo FS | 1934.60 | 1934.60 | Carga Total Incluyendo FS | 2058.94 | 2058.94 | |
| | 5056.4 | 5056.4 | | 2901.9 | 2901.9 | | 3088.4 | 3088.4 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | |
| | 1509.82 | 1509.82 | | 1253.95 | 1253.95 | | 1290.17 | 1290.17 | |

HIPOTESIS D:
CONDICION DE HIELO Y VIENTO MEDIO
MANGUITO DE HIELO, E = 12 mm
PV = 11,15 KG/M2

| CONDICION DE HIELO Y VIENTO MEDIO | | |
|--|-------------|-------------------|
| MANGUITO DE HIELO, E = 8 mm | | |
| PV = 11,15 kg/m ² | | |
| CONDUCTOR AAAC | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento conductor | 11.15 | kg/m ² |
| Presión de viento aisladores | 11.15 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (300m) | 2796.80 | kg |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (400m) | 2994.40 | kg |
| Área de cadena de anclaje | 0.6696 | m ² |
| Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg |
| Espesor de manguito de hielo | 8.00 | mm |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el conductor | 156.71 | 172.24 |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 14.93 | 14.93 |
| Debido al ángulo topográfico | 1662.03 | 104.52 |
| Carga Total incluyendo FS | 3204.5 | 640.4 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso del conductor | 1254.15 | 1354.15 |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | 218.00 |
| Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 |
| Carga Total incluyendo FS | 1639.15 | 1639.15 |
| 2456.7 | 2456.7 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
| | 963.07 | 963.07 |

| CONDICION DE HIELO Y VIENTO MEDIO | | |
|--|-------------|-------------------|
| MANGUITO DE HIELO, E = 8 mm | | |
| PV = 11,15 kg/m ² | | |
| ACERO GALVAHIZADO EHS 70 mm2 | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 11.15 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (300m) | 2077.05 | kg |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (400m) | 2238.15 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 109.98 | 120.87 |
| Debido al ángulo topográfico | 1249.16 | 78.12 |
| Carga Total incluyendo FS | 2336.1 | 431.1 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso de cable de guarda | 834.26 | 834.26 |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | 24.00 |
| Carga Total incluyendo FS | 858.26 | 858.26 |
| 1267.4 | 1267.4 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
| | 787.56 | 787.56 |

| CONDICION DE HIELO Y VIENTO MEDIO | | |
|--|-------------|-------------------|
| MANGUITO DE HIELO, E = 8 mm | | |
| PV = 11,15 kg/m ² | | |
| FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 11.15 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (300m) | 2154.60 | kg |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (400m) | 2324.16 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 121.70 | 133.76 |
| Debido al ángulo topográfico | 1295.80 | 81.12 |
| Carga Total incluyendo FS | 2442.3 | 468.3 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso de cable de guarda | 897.04 | 897.04 |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | 24.00 |
| Carga Total incluyendo FS | 921.04 | 921.04 |
| 1381.6 | 1381.6 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
| | 826.85 | 826.85 |

| HIPOTESIS E, F y G ROTURA DE CONDUCTOR DE LA FASE SUPERIOR, INFERIOR IZQUIERDA E INFERIOR DERECHA ALTERHADAMENTE (UNO POR VEZ) CONDICION EDS FINAL CONDUCTOR ROTO | HIPOTESIS E, F y G ROTURA DE CONDUCTOR DE LA FASE SUPERIOR, INFERIOR IZQUIERDA E INFERIOR DERECHA ALTERHADAMENTE (UNO POR VEZ) CONDICION EDS FINAL CONDUCTOR ROTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|--------------------|----|---|-------------------------------------|--------|--------|--|--------|--------|-------------------------------|--------|-------|------------------------------|-------|-------|--|----------------------|-------------|--|--------------------|----|---|--|--------|--------|------------------------------|--------|-------|------------------------------|--------|-------|--|----------------------|-------------|--|--------------------|----|---|--|--------|--------|------------------------------|--------|-------|------------------------------|--------|-------|--|----------------------|-------------|--|--------------------|----|---|--|--------|--------|------------------------------|--------|-------|------------------------------|--------|-------|
| <p>CONDUCTOR AAAC</p> <p>Factor de sobrecarga transversal 2.50 1.65</p> <p>Factor de sobrecarga vertical 1.50</p> <p>Factor de sobrecarga longitudinal 1.65</p> <p>Presión de viento conductor 0.00 kg/m²</p> <p>Presión de viento aisladores 0.00 kg/m²</p> <p>Tiro condición EDS final 1679.76 kg</p> <p>Área de cadena de anclaje 0.6417 m²</p> <p>Peso de la cadena de anclaje 109.00 kg</p> <p>Peso de la cadena de orientación 67.00 kg</p> | <p>CONDUCTOR AAAC</p> <p>Factor de sobrecarga transversal 2.50 1.65</p> <p>Factor de sobrecarga vertical 1.50</p> <p>Factor de sobrecarga longitudinal 1.65</p> <p>Presión de viento conductor 0.00 kg/m²</p> <p>Presión de viento aisladores 0.00 kg/m²</p> <p>Tiro condición EDS final 1679.76 kg</p> <p>Área de cadena de anclaje 0.6417 m²</p> <p>Peso de la cadena de anclaje 109.00 kg</p> <p>Peso de la cadena de orientación 67.00 kg</p> | <p>ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2</p> <p>Factor de sobrecarga transversal 2.50 1.65</p> <p>Factor de sobrecarga vertical 1.50</p> <p>Factor de sobrecarga longitudinal 1.65</p> <p>Presión de viento sobre c. de guarda 0.00 kg/m²</p> <p>Tiro condición EDS final 1332.18 kg</p> <p>Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. 12.00 kg</p> | <p>FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2</p> <p>Factor de sobrecarga transversal 2.50 1.65</p> <p>Factor de sobrecarga vertical 1.50</p> <p>Factor de sobrecarga longitudinal 1.65</p> <p>Presión de viento sobre c. de guarda 0.00 kg/m²</p> <p>Tiro condición EDS final 1343.75 kg</p> <p>Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. 12.00 kg</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>CARGAS TRANSVERSALES T</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección del viento</th> <th colspan="2">transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo topográfico</td> <td>35</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Debido al viento sobre el conductor</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Debido al viento sobre cadena aisladores</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Debido al ángulo topográfico</td> <td>505.11</td> <td>29.32</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Incluyendo FS</td> <td>833.4</td> <td>48.4</td> </tr> </tbody> </table> | Dirección del viento | transversal | | Angulo topográfico | 35 | 2 | Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 505.11 | 29.32 | Carga Total Incluyendo FS | 833.4 | 48.4 | <p>CARGAS TRANSVERSALES T</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección del viento</th> <th colspan="2">transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo topográfico</td> <td>35</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Debido al viento sobre el c. de guarda</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Debido al ángulo topográfico</td> <td>801.19</td> <td>46.50</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Incluyendo FS</td> <td>1322.0</td> <td>76.7</td> </tr> </tbody> </table> | Dirección del viento | transversal | | Angulo topográfico | 35 | 2 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 801.19 | 46.50 | Carga Total Incluyendo FS | 1322.0 | 76.7 | <p>CARGAS TRANSVERSALES T</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección del viento</th> <th colspan="2">transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo topográfico</td> <td>35</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Debido al viento sobre el c. de guarda</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Debido al ángulo topográfico</td> <td>808.15</td> <td>46.90</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Incluyendo FS</td> <td>1333.4</td> <td>77.4</td> </tr> </tbody> </table> | Dirección del viento | transversal | | Angulo topográfico | 35 | 2 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 808.15 | 46.90 | Carga Total Incluyendo FS | 1333.4 | 77.4 | <p>CARGAS TRANSVERSALES T</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección del viento</th> <th colspan="2">transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo topográfico</td> <td>35</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Debido al viento sobre el c. de guarda</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Debido al ángulo topográfico</td> <td>808.15</td> <td>46.90</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Incluyendo FS</td> <td>1333.4</td> <td>77.4</td> </tr> </tbody> </table> | Dirección del viento | transversal | | Angulo topográfico | 35 | 2 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 808.15 | 46.90 | Carga Total Incluyendo FS | 1333.4 | 77.4 |
| Dirección del viento | transversal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al ángulo topográfico | 505.11 | 29.32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 833.4 | 48.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dirección del viento | transversal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al ángulo topográfico | 801.19 | 46.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 1322.0 | 76.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dirección del viento | transversal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al ángulo topográfico | 808.15 | 46.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 1333.4 | 77.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dirección del viento | transversal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Debido al ángulo topográfico | 808.15 | 46.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 1333.4 | 77.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>CARGAS VERTICALES V</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección del viento</th> <th colspan="2">transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo topográfico</td> <td>35</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Peso del conductor</td> <td>300.10</td> <td>300.10</td> </tr> <tr> <td>Peso de cadena de aisladores anclaje</td> <td>216.00</td> <td>216.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de cadena de orientación</td> <td>67.00</td> <td>67.00</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Incluyendo FS</td> <td>877.6</td> <td>877.6</td> </tr> </tbody> </table> | Dirección del viento | transversal | | Angulo topográfico | 35 | 2 | Peso del conductor | 300.10 | 300.10 | Peso de cadena de aisladores anclaje | 216.00 | 216.00 | Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 | Carga Total Incluyendo FS | 877.6 | 877.6 | <p>CARGAS VERTICALES V</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección del viento</th> <th colspan="2">transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo topográfico</td> <td>35</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Peso de cable de guarda</td> <td>357.00</td> <td>357.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de herrajes</td> <td>24.00</td> <td>24.00</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Incluyendo FS</td> <td>671.5</td> <td>671.5</td> </tr> </tbody> </table> | Dirección del viento | transversal | | Angulo topográfico | 35 | 2 | Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | Carga Total Incluyendo FS | 671.5 | 671.5 | <p>CARGAS VERTICALES V</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección del viento</th> <th colspan="2">transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo topográfico</td> <td>35</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Peso de cable de guarda</td> <td>357.00</td> <td>357.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de herrajes</td> <td>24.00</td> <td>24.00</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Incluyendo FS</td> <td>671.5</td> <td>671.5</td> </tr> </tbody> </table> | Dirección del viento | transversal | | Angulo topográfico | 35 | 2 | Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | Carga Total Incluyendo FS | 671.5 | 671.5 | <p>CARGAS VERTICALES V</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dirección del viento</th> <th colspan="2">transversal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Angulo topográfico</td> <td>35</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Peso de cable de guarda</td> <td>357.00</td> <td>357.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de herrajes</td> <td>24.00</td> <td>24.00</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Incluyendo FS</td> <td>671.5</td> <td>671.5</td> </tr> </tbody> </table> | Dirección del viento | transversal | | Angulo topográfico | 35 | 2 | Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | Carga Total Incluyendo FS | 671.5 | 671.5 |
| Dirección del viento | transversal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso del conductor | 300.10 | 300.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 216.00 | 216.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 877.6 | 877.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dirección del viento | transversal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 671.5 | 671.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dirección del viento | transversal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 671.5 | 671.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dirección del viento | transversal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carga Total Incluyendo FS | 671.5 | 671.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>CARGAS LONGITUDINALES L 2771.60 2771.60</p> | <p>CARGAS LONGITUDINALES L 2771.60 2771.60</p> | <p>CARGAS LONGITUDINALES L 191.97 191.97</p> | <p>CARGAS LONGITUDINALES L 266.90 266.90</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---------|--|--------------------------------------|---------|--|--------------------------------------|---------|-------------------|
| HIPOTESIS E, F y G ROTURA DE CONDUCTOR DE LA FASE SUPERIOR, INFERIOR IZQUIERDA E INFERIOR DERECHA ALTERNADAMENTE (UNO POR VEZ) CONDICION EDS FINAL CONDUCTORES SANOS | HIPOTESIS E, F y G ROTURA DE CONDUCTOR DE LA FASE SUPERIOR, INFERIOR IZQUIERDA E INFERIOR DERECHA ALTERNADAMENTE (UNO POR VEZ) CONDICION EDS FINAL CONDUCTORES SANOS | | | | | | | | |
| | CONDUCTOR AAAC | | | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | | FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
| | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| | Presión de viento conductor | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| | Presión de viento aisladores | 0.00 | kg/m ² | | | | | | |
| | Tiro condición EDS final | 1879.76 | kg | Tiro condición EDS final | 1332.18 | kg | Tiro condición EDS final | 1343.75 | kg |
| | Área de cadena de anclaje | 0.6417 | m ² | Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 12.00 | kg | Peso de conjunto de anclaje Ac.Go. | 12.00 | kg |
| | Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg | | | | | | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg | | | | | | | |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 801.19 | 46.50 | Debido al ángulo topográfico | 808.15 | 46.90 | |
| Debido al ángulo topográfico | 1010.23 | 56.63 | | | | | | | |
| Carga Total | | | Carga Total | | | Carga Total | | | |
| Incluyendo FS | 1666.9 | 96.7 | Incluyendo FS | 1322.0 | 76.7 | Incluyendo FS | 1333.4 | 77.4 | |
| CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | |
| Peso del conductor | 500.16 | 500.16 | Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | Peso de cable de guarda | 360.10 | 360.10 | |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | 218.00 | Peso de herrajes | 12.00 | 12.00 | Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | |
| Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 | | | | | | | |
| Carga Total | 785.16 | 785.16 | Carga Total | 369.00 | 369.00 | Carga Total | 384.10 | 384.10 | |
| Incluyendo FS | 1177.7 | 1177.7 | Incluyendo FS | 553.5 | 553.5 | Incluyendo FS | 576.2 | 576.2 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | |
| | 0.00 | 0.00 | | 191.97 | 191.97 | | 286.90 | 286.90 | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---------|--|--------------------------------------|---------|--|--------------------------------------|---------|-------------------|
| HIPOTESIS H : ROTURA DE CABLE DE GUARDA Ao.Go. CONDICION EDS FINAL | HIPOTESIS H : ROTURA DE CABLE DE GUARDA Ao.Go. CONDICION EDS FINAL | | | | | | | | |
| | CONDUCTOR AAAC | | | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | | FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
| | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| | Presión de viento conductor | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| | Presión de viento aisladores | 0.00 | kg/m ² | | | | | | |
| | Tiro condición EDS final | 1679.76 | kg | Tiro condición EDS final | 1332.18 | kg | Tiro condición EDS final | 1343.75 | kg |
| | Área de cadena de anclaje | 0.6417 | m ² | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| | Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg | | | | | | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg | | | | | | | |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Ángulo topográfico | 35 | 2 | Ángulo topográfico | 35 | 2 | Ángulo topográfico | 35 | 2 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 400.60 | 23.25 | Debido al ángulo topográfico | 808.15 | 46.90 | |
| Debido al ángulo topográfico | 1010.23 | 58.63 | | | | | | | |
| Carga Total incluyendo FS | 1666.9 | 96.7 | Carga Total incluyendo FS | 661.0 | 38.4 | Carga Total incluyendo FS | 1333.4 | 77.4 | |
| CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Ángulo topográfico | 35 | 2 | Ángulo topográfico | 35 | 2 | Ángulo topográfico | 35 | 2 | |
| Peso del conductor | 500.16 | 500.16 | Peso de cable de guarda | 214.20 | 214.20 | Peso de cable de guarda | 360.10 | 360.10 | |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | 218.00 | Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | |
| Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 | | | | | | | |
| Carga Total incluyendo FS | 765.16 | 785.16 | Carga Total incluyendo FS | 238.20 | 238.20 | Carga Total incluyendo FS | 384.10 | 384.10 | |
| | 1177.7 | 1177.7 | | 357.3 | 357.3 | | 576.2 | 576.2 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | |
| | 0.00 | 0.00 | | 2198.10 | 2198.10 | | 286.90 | 286.90 | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---------|--|--------------------------------------|---------|--|--------------------------------------|---------|-------------------|
| HIPOTESIS I: ROTURA DE CABLE DE GUARDA OPGW CONDICION EDS FINAL | HIPOTESIS I: ROTURA DE CABLE DE GUARDA OPGW CONDICION EDS FINAL | | | | | | | | |
| | CONDUCTOR AAAC | | | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | | FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
| | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| | Presión de viento conductor | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| | Presión de viento aisladores | 0.00 | kg/m ² | | | | | | |
| | Tiro condición EDS final | 1679.76 | kg | Tiro condición EDS final | 1322.18 | kg | Tiro condición EDS final | 1343.75 | kg |
| | Área de cadena de anclaje | 0.6417 | m ² | Peso de conjunto de anclaje Ac.Co. | 12.00 | kg | Peso de conjunto de anclaje Ac.Co. | 12.00 | kg |
| | Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg | | | | | | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg | | | | | | | |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 801.19 | 46.50 | Debido al ángulo topográfico | 404.07 | 23.45 | |
| Debido al ángulo topográfico | 1010.23 | 56.63 | | | | | | | |
| Carga Total incluyendo FS | 1666.9 | 96.7 | Carga Total incluyendo FS | 1322.0 | 76.7 | Carga Total incluyendo FS | 666.7 | 38.7 | |
| CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | |
| Peso del conductor | 500.16 | 500.16 | Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | Peso de cable de guarda | 216.06 | 216.06 | |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | 218.00 | Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | Peso de herrajes | 24.00 | 24.00 | |
| Peso de cadena de orientación | 67.00 | 67.00 | | | | | | | |
| Carga Total incluyendo FS | 785.16 | 785.16 | Carga Total incluyendo FS | 381.00 | 381.00 | Carga Total incluyendo FS | 240.06 | 240.06 | |
| | 1177.7 | 1177.7 | | 571.5 | 571.5 | | 360.1 | 360.1 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | |
| | 0.00 | 0.00 | | 191.97 | 191.97 | | 2217.19 | 2217.19 | |

HIPOTESIS J :
MONTAJE DE CABLES DE GUARDA
PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm²
TIRO EDS INICIAL

| MONTAJE DE CABLES DE GUARDA | | |
|---|-------------|-------------------|
| PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm ² | | |
| TIRO EDS INICIAL | | |
| CONDUCTOR AAAC | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento conductor | 0.00 | kg/m ² |
| Presión de viento aisladores | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro en condición EDS inicial | 0.00 | kg |
| Área de cadena de anclaje | 0.6417 | m ² |
| Peso de la cadena de anclaje | 0.00 | kg |
| Peso de la cadena de orientación | 0.00 | kg |
| Peso de operarios + herramientas | 0.00 | kg |
| Angulo jalado de conductor con vertical | 60.00 | |
| Peso de cuello muerto - conectores | 0.00 | |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | 0.00 |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | 0.00 |
| Debido al ángulo topográfico | 0.00 | 0.00 |
| Carga Total | | |
| Incluyendo FS | 0.0 | 0.0 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso del conductor | 0.00 | 0.00 |
| Tiro hacia abajo en punto de montaje | 0.00 | 0.00 |
| Peso de aisladores | 0.00 | 0.00 |
| Peso de operarios + herramientas | 0.00 | 0.00 |
| Carga Total | 0.00 | 0.00 |
| Incluyendo FS | 0.0 | 0.0 |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
| | 0.00 | 0.00 |

| ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | |
|--|-------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro en condición EDS inicial | 1382.29 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao Go. | 12.00 | kg |
| Peso de operarios + herramientas | 250.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 |
| Debido al ángulo topográfico | 831.32 | 48.25 |
| Carga Total | | |
| Incluyendo FS | 68.6 | 4.0 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso de cable de guarda | 273.03 | 273.03 |
| Tiro hacia abajo en punto de montaje | 691.14 | 691.14 |
| Peso de conjunto de anclaje Ao Go. | 24.00 | 24.00 |
| Peso de operarios + herramientas | 250.00 | 250.00 |
| Carga Total | 1238.17 | 1238.17 |
| Incluyendo FS | 1857.3 | 1857.3 |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
| | 228.08 | 228.08 |

| FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
|--|-------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro en condición EDS inicial | 1343.75 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao Go. | 12.00 | kg |
| Peso de operarios + herramientas | 250.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 |
| Debido al ángulo topográfico | 808.15 | 46.90 |
| Carga Total | | |
| Incluyendo FS | 66.7 | 3.9 |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 |
| Peso de cable de guarda | 270.08 | 270.08 |
| Tiro hacia abajo en punto de montaje | 671.88 | 671.88 |
| Peso de conjunto de anclaje Ao Go. | 24.00 | 24.00 |
| Peso de operarios + herramientas | 250.00 | 250.00 |
| Carga Total | 1215.95 | 1215.95 |
| Incluyendo FS | 1823.9 | 1823.9 |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | |
| | 221.72 | 221.72 |

| | | | | | | | | | |
|--|--|---------|--|--|---------|--|---|---------|-------------------|
| HIPOTESIS K : MONTAJE DE CONDUCTORES PRESIÓN DE VIENTO = 0.00 kg/m² TIRO EDS INICIAL | HIPOTESIS K : MONTAJE DE CONDUCTORES PRESIÓN DE VIENTO = 0.00 kg/m² TIRO EDS INICIAL | | | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm² | | | FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm² | | |
| | CONDUCTOR AAAC | | | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm² | | | FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm² | | |
| | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| | Presión de viento conductor | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| | Presión de viento aisladores | 0.00 | kg/m ² | | | | | | |
| | Tiro en condición EDS inicial | 1679.76 | kg | Tiro en condición EDS inicial | 1382.29 | kg | Tiro en condición EDS inicial | 1343.75 | kg |
| | Área de cadena de anclaje | 0.6417 | m ² | Peso de conjunto de anclaje Ao Go. | 12.00 | kg | Peso de conjunto de anclaje Ao Go. | 12.00 | kg |
| | Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg | | | | | | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg | | | | | | | |
| Peso de operarios + herramientas | 250.00 | kg | | | | | | | |
| Angulo jalado de conductor con vertical | 60.00 | | | | | | | | |
| Peso de cuello muerto + conectores | 30.22 | | | | | | | | |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | CARGAS TRANSVERSALES T | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 831.22 | 48.25 | Debido al ángulo topográfico | 808.15 | 46.90 | |
| Debido al ángulo topográfico | 1010.23 | 58.63 | | | | | | | |
| Carga Total | | | Carga Total | | | Carga Total | | | |
| Incluyendo FS | 83.3 | 4.8 | Incluyendo FS | 1371.7 | 79.6 | Incluyendo FS | 1333.4 | 77.4 | |
| CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | CARGAS VERTICALES V | | | |
| Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | Dirección del viento | transversal | | |
| Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | Angulo topográfico | 35 | 2 | |
| Peso del conductor | 375.12 | 375.12 | Peso de cable de guarda | 357.00 | 357.00 | Peso de cable de guarda | 360.10 | 360.10 | |
| Tiro hacia abajo en punto de montaje | 839.88 | 839.88 | Peso de conjunto de anclaje Ao Go. | 24.00 | 24.00 | Peso de conjunto de anclaje Ao Go. | 24.00 | 24.00 | |
| Peso de aisladores | 315.22 | 315.22 | | | | | | | |
| Peso de operarios + herramientas | 250.00 | 250.00 | | | | | | | |
| Carga Total | 1780.22 | 1780.22 | Carga Total | 381.00 | 381.00 | Carga Total | 384.10 | 384.10 | |
| Incluyendo FS | 2670.3 | 2670.3 | Incluyendo FS | 571.5 | 571.5 | Incluyendo FS | 576.2 | 576.2 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | CARGAS LONGITUDINALES L | | | |
| | 138.58 | 138.58 | | 191.97 | 191.97 | | 286.90 | 286.90 | |

CALCULO DE DIAGRAMA DE CARGAS - ESTRUCTURA T90

| | | |
|------------------------|-----|--|
| Vano medio (m) | 400 | |
| Vano peso (m) | 600 | |
| Angulo (°) | 90 | |
| Vano peso negativo (m) | | |

ESTRUCTURA RT

| | | |
|------------------------|-----|--|
| Vano medio (m) | 400 | |
| Vano peso (m) | 400 | |
| Angulo (°) | 90 | |
| Vano peso negativo (m) | | |

HIPOTESIS A

VIENTO MAXIMO TRANSVERSAL

PRESSION DE VIENTO: 46.04 kg/m²

| CONDUCTOR AAAC | | |
|---------------------------------------|---------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento conductor | 46.04 | kg/m ² |
| Presión de viento aisladores | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 2322.56 | kg |
| Área de cadena de anclaje | 0.8696 | m ² |
| Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg |

CARGAS TRANSVERSALES T

| Dirección del viento | transversal |
|--|-------------|
| Angulo topográfico | 90 |
| Debido al viento sobre el conductor | 416.75 |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 61.66 |
| Debido al ángulo topográfico | 1642.30 |
| Carga Total | |
| Incluyendo FS | 3905.8 |

CARGAS VERTICALES V

| Dirección del viento | transversal |
|--------------------------------------|-------------|
| Angulo topográfico | 90 |
| Peso del conductor | 323.44 |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 |
| Carga Total | 618.44 |
| Incluyendo FS | 927.7 |

CARGAS LONGITUDINALES L

3832.22

| ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | |
|---------------------------------------|---------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.85 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 1671.34 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |

CARGAS TRANSVERSALES T

| Dirección del viento | transversal |
|--|-------------|
| Angulo topográfico | 90 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 102.30 |
| Debido al ángulo topográfico | 1181.81 |
| Carga Total | |
| Incluyendo FS | 2205.7 |

CARGAS VERTICALES V

| Dirección del viento | transversal |
|------------------------------------|-------------|
| Angulo topográfico | 90 |
| Peso de cable de guarda | 238.00 |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 |
| Carga Total | 262.00 |
| Incluyendo FS | 393.0 |

CARGAS LONGITUDINALES L

2757.71

| FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
|---------------------------------------|---------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 46.04 | kg/m ² |
| Tiro máximo viento transversal (400m) | 1774.44 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |

CARGAS TRANSVERSALES T

| Dirección del viento | transversal |
|--|-------------|
| Angulo topográfico | 90 |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 128.91 |
| Debido al ángulo topográfico | 1254.72 |
| Carga Total | |
| Incluyendo FS | 2392.6 |

CARGAS VERTICALES V

| Dirección del viento | transversal |
|------------------------------------|-------------|
| Angulo topográfico | 90 |
| Peso de cable de guarda | 240.07 |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 |
| Carga Total | 264.07 |
| Incluyendo FS | 396.1 |

CARGAS LONGITUDINALES L

2927.83

HIPOTESIS B:
CONDICION DE HIELO
MANGUITO DE HIELO, E = 25 mm

| CONDICION DE HIELO | | |
|--|-------------|-------------------|
| MANGUITO DE HIELO, E = 12.5 mm | | |
| CONDUCTOR AAAC | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento conductor | 0.00 | kg/m ² |
| Presión de viento aisladores | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 25 mm (400m) | 4359.36 | kg |
| Área de cadena de anclaje | 0.6696 | m ² |
| Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg |
| Espesor de manguito de hielo máximo | 15.00 | mm |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | |
| Debido al ángulo topográfico | 6165.07 | |
| Carga Total | | |
| Incluyendo FS | 10172.4 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso del conductor | 2057.27 | |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | |
| Carga Total | 2342.27 | |
| Incluyendo FS | 3513.4 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 7192.94 | |

| CONDICION DE HIELO | | |
|--|-------------|-------------------|
| MANGUITO DE HIELO, E = 12.5 mm | | |
| ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 25 mm (400m) | 3377.73 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | |
| Debido al ángulo topográfico | 4776.83 | |
| Carga Total | | |
| Incluyendo FS | 7881.8 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso de cable de guarda | 1273.73 | |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | |
| Carga Total | 1297.73 | |
| Incluyendo FS | 1946.6 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 5573.25 | |

| CONDICION DE HIELO | | |
|--|-------------|-------------------|
| MANGUITO DE HIELO, E = 12.5 mm | | |
| FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 25 mm (400m) | 3462.48 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | |
| Debido al ángulo topográfico | 4896.69 | |
| Carga Total | | |
| Incluyendo FS | 8079.5 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso de cable de guarda | 1356.63 | |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | |
| Carga Total | 1380.63 | |
| Incluyendo FS | 2070.9 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 5713.09 | |

HIPOTESIS C :
CONDICION DE HIELO Y VIENTO MEDIO
MANGUITO DE HIELO, E = 12 mm
PV = 11,15 KG/M2

| HIPOTESIS C : CONDICION DE HIELO Y VIENTO MEDIO MANGUITO DE HIELO, E = 8 mm PV = 11,15 KG/M2 | | |
|---|-------------------|-------------------|
| CONDUCTORA AAC | | |
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento conductor | 11.15 | kg/m ² |
| Presión de viento aisladores | 11.15 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (400m) | 2994.40 | kg |
| Área de cadena de anclaje | 0.6696 | m ² |
| Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg |
| Espesor de manguito de hielo máximo | 8.00 | mm |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 86.14 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 14.93 | |
| Debido al ángulo topográfico | 4234.72 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 7240.0 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso del conductor | 981.90 | |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 1266.90 1900.3 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 4940.76 | |

| ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | |
|--|-----------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (400m) | 2236.15 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | |
| Debido al ángulo topográfico | 3165.22 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 5222.6 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso de cable de guarda | 556.17 | |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 580.17 870.3 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 3692.94 | |

| FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
|--|-----------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro condición de hielo e = 12 mm (400m) | 2324.16 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | |
| Debido al ángulo topográfico | 3286.86 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 5423.3 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso de cable de guarda | 598.03 | |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 622.03 933.0 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 3834.86 | |

HIPOTESIS D
CARGA LONGITUDINAL DE UN SOLO LADO
CONDUCTORES Y CABLES DE GUARDA
PRESION DE VIENTO: 0.00 kg/m²
CONDICION EDS FINAL

| CONDUCTOR AAAC | | |
|--|-----------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento conductor | 0.00 | kg/m ² |
| Presión de viento aisladores | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro condición EDS final | 1879.76 | kg |
| Área de cadena de anclaje | 0.6696 | m ² |
| Peso de la cadena de anclaje | 109.00 | kg |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | |
| Debido al ángulo topográfico | 1187.77 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 1859.8 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso del conductor | 200.06 | |
| Peso de cadena de aisladores anclaje | 218.00 | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 485.06 727.6 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 2771.60 | |

| ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | |
|--|-----------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro condición EDS final | 1332.18 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | |
| Debido al ángulo topográfico | 942.00 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 1554.3 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso de cable de guarda | 142.80 | |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 166.80 250.2 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 2198.10 | |

| FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | | |
|--|-----------------|-------------------|
| Factor de sobrecarga transversal | 2.50 | 1.65 |
| Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | |
| Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | |
| Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 | kg/m ² |
| Tiro condición EDS final | 1343.75 | kg |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 | kg |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | |
| Debido al ángulo topográfico | 950.18 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 1567.8 | |
| CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | |
| Peso de cable de guarda | 144.04 | |
| Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | |
| Carga Total Incluyendo FS | 168.04 252.1 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | 2217.19 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| HIPOTESIS E : MONTAJE DE CABLES DE GUARDA PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm² TIRO EDS INICIAL | HIPOTESIS E : MONTAJE DE CABLES DE GUARDA PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm² TIRO EDS INICIAL | HIPOTESIS E : MONTAJE DE CABLES DE GUARDA PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm² TIRO EDS INICIAL | HIPOTESIS E : MONTAJE DE CABLES DE GUARDA PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm² TIRO EDS INICIAL |
| | CONDUCTOR AAAC | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 |
| | Factor de sobrecarga transversal 2.50 1.65 | Factor de sobrecarga transversal 2.50 1.85 | Factor de sobrecarga transversal 2.50 1.65 |
| | Factor de sobrecarga vertical 1.50 | Factor de sobrecarga vertical 1.50 | Factor de sobrecarga vertical 1.50 |
| | Factor de sobrecarga longitudinal 1.65 | Factor de sobrecarga longitudinal 1.65 | Factor de sobrecarga longitudinal 1.65 |
| | Presión de viento conductor 0.00 kg/m² | Presión de viento sobre c. de guarda 0.00 kg/m² | Presión de viento sobre c. de guarda 0.00 kg/m² |
| | Presión de viento aisladores 0.00 kg/m² | | |
| | Tiro en condición EDS inicial 0.00 kg | Tiro en condición EDS inicial 1382.29 kg | Tiro en condición EDS inicial 1343.75 kg |
| | Área de cadena de anclaje 0.0000 m² | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. 12.00 kg | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. 12.00 kg |
| | Peso de la cadena de anclaje 0.00 kg | Peso de operarios + herramientas 250.00 kg | Peso de operarios + herramientas 250.00 kg |
| Peso de la cadena de orientación 0.00 kg | | | |
| Peso de operarios + herramientas 0.00 kg | | | |
| Angulo jalado de conductor con vertical 60.00 ° | | | |
| Peso de cuello muerto + conectores 0.00 kg | | | |
| CARGAS TRANSVERSALES T | CARGAS TRANSVERSALES T | CARGAS TRANSVERSALES T | |
| Dirección del viento transversal | Dirección del viento transversal | Dirección del viento transversal | |
| Angulo topográfico 90 | Angulo topográfico 90 | Angulo topográfico 90 | |
| Debido al viento sobre el conductor 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores 0.00 | Debido al ángulo topográfico 1954.85 | Debido al ángulo topográfico 1980.35 | |
| Debido al ángulo topográfico 0.00 | | | |
| Carga Total | Carga Total | Carga Total | |
| Incluyendo FS 0.0 | Incluyendo FS 161.3 | Incluyendo FS 156.8 | |
| CARGAS VERTICALES V | CARGAS VERTICALES V | CARGAS VERTICALES V | |
| Dirección del viento transversal | Dirección del viento transversal | Dirección del viento transversal | |
| Angulo topográfico 90 | Angulo topográfico 90 | Angulo topográfico 90 | |
| Peso del conductor 0.00 | Peso de cable de guarda 178.50 | Peso de cable de guarda 180.05 | |
| Tiro hacia abajo en punto de montaje 0.00 | Tiro hacia abajo en punto de montaje 691.14 | Tiro hacia abajo en punto de montaje 671.88 | |
| Peso de aisladores 0.00 | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. 24.00 | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. 24.00 | |
| Peso de operarios + herramientas 0.00 | Peso de operarios + herramientas 250.00 | Peso de operarios + herramientas 250.00 | |
| Carga Total | Carga Total | Carga Total | |
| Incluyendo FS 0.0 | Incluyendo FS 1304.5 | Incluyendo FS 1277.9 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L 0.00 | CARGAS LONGITUDINALES L 2280.77 | CARGAS LONGITUDINALES L 2217.19 | |

| | | | | | | |
|---|---|--|---|--|---|------------------------|
| HIPOTESIS E : MONTAJE DE CONDUCTORES PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm² TIRO EDS INICIAL | HIPOTESIS E : MONTAJE DE CONDUCTORES PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm² TIRO EDS INICIAL | | HIPOTESIS E : MONTAJE DE CONDUCTORES PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm² TIRO EDS INICIAL | | HIPOTESIS E : MONTAJE DE CONDUCTORES PRESION DE VIENTO = 0.00 kg/mm² TIRO EDS INICIAL | |
| | CONDUCTOR AAAC | | ACERO GALVANIZADO EHS 70 mm2 | | FIBRA OPTICA OPGW - 108 mm2 | |
| | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 1.65 | Factor de sobrecarga transversal | 2.50 1.65 |
| | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 | Factor de sobrecarga vertical | 1.50 |
| | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 | Factor de sobrecarga longitudinal | 1.65 |
| | Presión de viento conductor | 0.00 kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 kg/m ² | Presión de viento sobre c. de guarda | 0.00 kg/m ² |
| | Presión de viento aisladores | 0.00 kg/m ² | | | | |
| | Tiro en condición EDS inicial | 1679.76 kg | Tiro en condición EDS inicial | 1382.29 kg | Tiro en condición EDS inicial | 1343.75 kg |
| | Área de cadena de anclaje | 0.6696 m ² | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 kg | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 12.00 kg |
| | Peso de la cadena de anclaje | 109.00 kg | | | | |
| Peso de la cadena de orientación | 67.00 kg | | | | | |
| Peso de operarios + herramientas | 250.00 kg | | | | | |
| Angulo jalado de conductor con vertical | 60.00 ° | | | | | |
| Peso de cuello muerto + conectores | 30.22 kg | | | | | |
| CARGAS TRANSVERSALES T | | CARGAS TRANSVERSALES T | | CARGAS TRANSVERSALES T | | |
| Dirección del viento | transversal | Dirección del viento | transversal | Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | Angulo topográfico | 90 | Angulo topográfico | 90 | |
| Debido al viento sobre el conductor | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | Debido al viento sobre el c. de guarda | 0.00 | |
| Debido al viento sobre cadena aisladores | 0.00 | Debido al ángulo topográfico | 1954.65 | Debido al ángulo topográfico | 1900.35 | |
| Debido al ángulo topográfico | 1187.77 | | | | | |
| Carga Total | | Carga Total | | Carga Total | | |
| Incluyendo FS | 98.0 | Incluyendo FS | 3225.5 | Incluyendo FS | 3135.6 | |
| CARGAS VERTICALES V | | CARGAS VERTICALES V | | CARGAS VERTICALES V | | |
| Dirección del viento | transversal | Dirección del viento | transversal | Dirección del viento | transversal | |
| Angulo topográfico | 90 | Angulo topográfico | 90 | Angulo topográfico | 90 | |
| Peso del conductor | 250.08 | Peso de cable de guarda | 238.00 | Peso de cable de guarda | 240.07 | |
| Tiro hacia abajo en punto de montaje | 839.88 | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | Peso de conjunto de anclaje Ao.Go. | 24.00 | |
| Peso de aisladores | 315.22 | | | | | |
| Peso de operarios + herramientas | 250.00 | | | | | |
| Carga Total | 1655.18 | Carga Total | 262.00 | Carga Total | 264.07 | |
| Incluyendo FS | 2482.8 | Incluyendo FS | 393.0 | Incluyendo FS | 396.1 | |
| CARGAS LONGITUDINALES L | | CARGAS LONGITUDINALES L | | CARGAS LONGITUDINALES L | | |
| | 2771.60 | | 0.00 | | 0.00 | |

ANEXO 13

COPIA DE LA TABLA 17 Y FIGURA DE ACLARACIÓN DE LA NORMA VDE 0210/12.85 PARA CALCULO DE FACTOR K

CALCULO DE FACTOR K

$$a = k \cdot \sqrt{F + lK}$$

Datos:

K : en metros.

F: Flecha del conductor a 40°C en metros.

l_K : Longitud de la cadena de aisladores oscilante, perpendicularmente a la dirección de la línea, en metros.

k : Factor obtenido de la tabla 17.

S_{AM} : Valor mínimo que depende de la tensión, obtenido de la tabla 16.

Tabla 16. Valor mínimo de la distancia en función de la tensión.

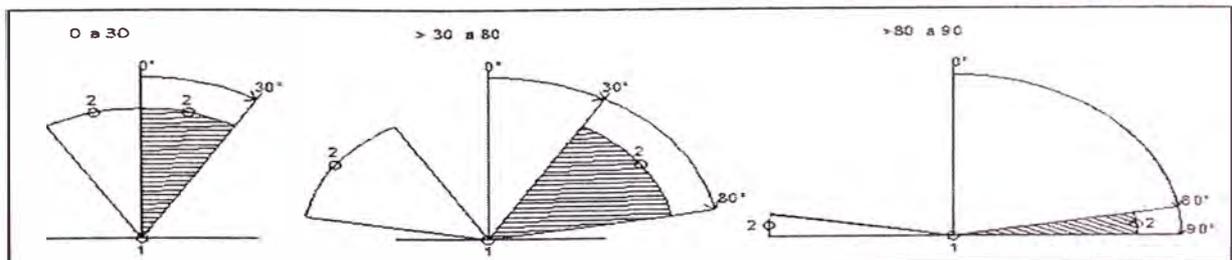
| Máxima Tensión de Servicio U_m kV. | Tensión nominal U_n kV | Valor mínimo en Función de la tensión S_{AM} m. |
|--------------------------------------|--------------------------|---|
| 12 | 10 | 0.10 |
| 24 | 20 | 0.15 |
| 36 | 30 | 0.25 |
| 72.5 | 60 | 0.40 |
| 123 | 110 | 0.75 |
| 2485 | 220 | 1.55 |
| 420 | 380 | 2.70 |

En circuitos paralelos sobre un mismo poste, con distintas tensiones de servicio se debe adoptar el valor más desfavorable.

Tabla 17. Valores del factor K:

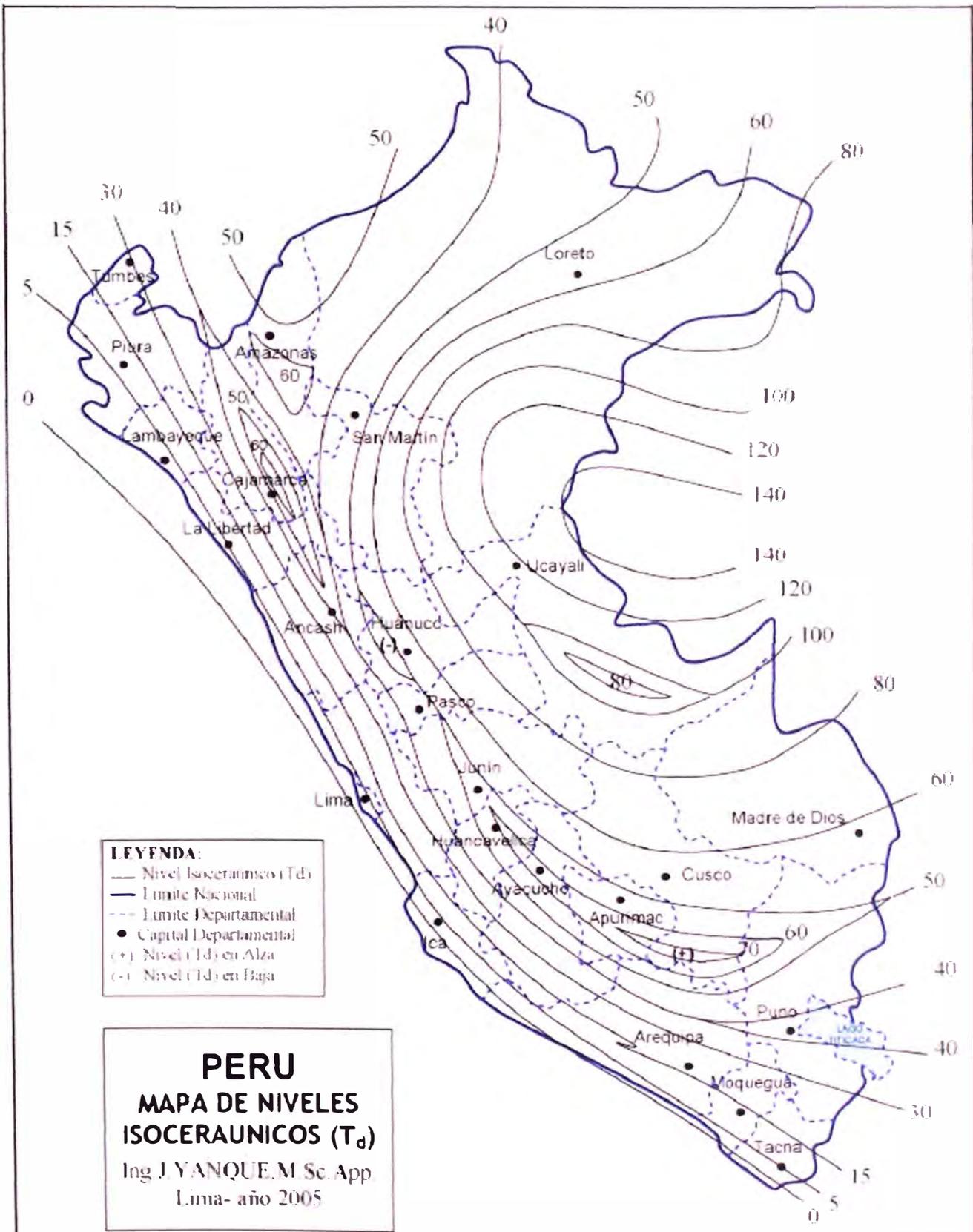
| Angulo de Inclinacion grados (Φ) | Factor K Angulo respecto a la vertical | | | Ejemplos de cables Sección nominal en mm ² | | |
|---|---|-----------|-----------|---|-----------------------------|---|
| | 0° a 30° | 30° a 80° | 80° a 90° | Al/Si E-AlMgSi/Si | Al E-AlMgSi | Cu Bz |
| ≥ 65.1 | 0.95 | 0.75 | 0.7 | 35/6, 50/8 70/12 | 35, 50, 70 985, 120, 150 | |
| 55.1 a 65 | 0.85 | 0.7 | 0.65 | 44/32, 50/30 95/15, 120/20 125/30, 150/25 | 185, 240, 300 | 25, 35 |
| 40.1 a 55.0 | 0.75 | 0.55 | 0.62 | 95.55, 105/75 120/70, 170/40 185/30, 210/35 210/50, 230/30 240/40, 265/35 300/50, 305/40 340/30, 380/50 385/35, 435/55 450/40, 490/65 495/35, 510/45 560/50, 570/40 | | |
| ≤ 40.0 | 0.7 | 0.02 | 0.6 | 550/70, 650/45 680/85, 1045/45 | 1000 | 120, 150 185, 240 300, 400 500 |

Los cables no mencionados aquí se deben considerar de acuerdo al ángulo de declinación Φ que resulta de la relación entre la carga de viento actuante sobre el conductor según el párrafo 8.1.2.1 y el peso propio del conductor.



Aclaración a la tabla 17. Ubicación de los conductores. Ubicación del conductor 2 respecto a la vertical a través del conductor 1.

ANEXO N° 14



ANEXO N° 15

COMPORTAMIENTO DEBIDO A RAYOS SOBRE LA LINEA 138 kV

CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE FLAMEOS POR 100 km POR AÑO

El método utilizado es el analítico de la referencia LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES by J.G. Anderson

Datos :

| | | |
|---|-------------|------------|
| Nivel de Tensión | 138 kV | |
| Nivel Ceraúnico (T) | 60 dias/año | |
| Numero de Cable de Guarda | 2 | |
| Resistencia de Puesta a Tierra (RPTA) | 25 ohms | |
| Longitud de la cadena de aislamiento (W) | 2.2 m | |
| Altura del conductor de la fase B (h0) | 17.3 m | |
| Flecha del cable de guarda (fg) | 5.6 m | 325m vano |
| Altura del cable de guarda (hg) | 24.65 m | |
| Altura del cable de guarda a medio vano (hgm) | 19.1 m | |
| Flecha del conductor para vano medio (fc) | 6.6 m | 325m vano |
| Altura del conductor superior (hc) | 19.7 m | |
| Altura del cable de guarda a medio vano (hcm) | 13.1 m | |
| Distancia entre cables de guarda (b) | 6.6 m | |
| Factor de línea por HV (β) | 1 | |
| Distancia entre el c.g. y el primer conductor (f) | 7.20 m | |
| Distancia horizontal al conductor (Xo) | 3.75 m | |
| Distancia horizontal al cable de guarda (Xg) | 3.31 m | |
| Posición vertical de los conductores | | |
| | Vertical | Horizontal |
| fase A | 19.7 m | 3.75 m |
| fase B | 17.3 m | 3.75 m |
| fase C | 15.0 m | 4.75 m |

1. Cálculo del número de incidencias a tierra por km² por año

$$N = 0,12 T = 7.2$$

2. Altura media del cable de guarda YG

$$YG = hg - 2/3 (hg - hgm) = 20.92 \text{ m}$$

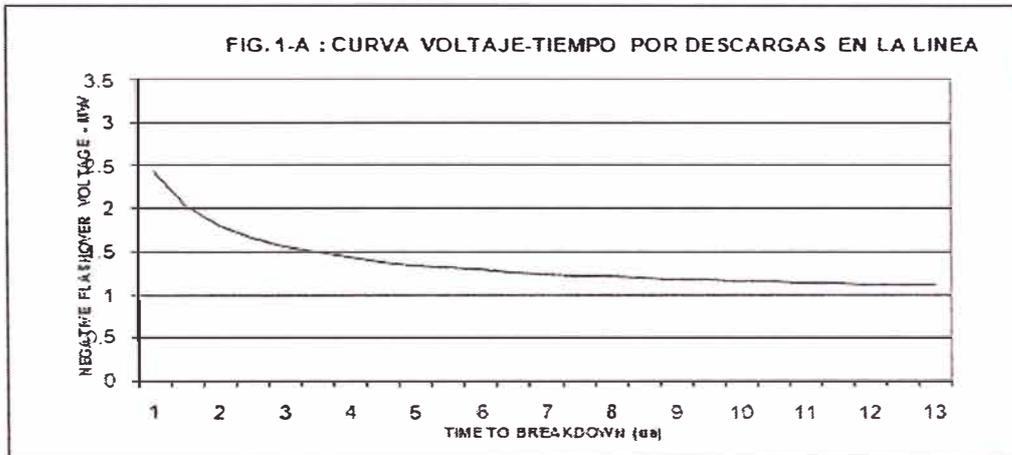
3 Altura media del conductor mas expuesto Yo

$$Yo = hc - 2/3 (hc - hcm) = 15.27 \text{ m}$$

4 Numero de rayos que inciden sobre la linea

$$NL = 0,012T (b+4 h^{1,09}) = 84$$

5 Cálculo de la tensión crítica V_c (kV)



Del Grafico N° 1-A :
Tenemos a 2 us:

$$V_c = 1809 \text{ kV}$$

6 Cálculo de la altura promedio del conductor del medio a medio vano

$$h_0 = h_m - 2/3f = 12.95 \text{ m}$$

7 Cálculo del radio corona del conductor

De la Figura 1 con $E_0 = 1500 \text{ kV}$

$$R \ln(2h/R) = V_c/E_0 = 0.568557$$

$$R = 0.383 \text{ m}$$

8 Usando el radio calculado en el paso 7 se calcula la impedancia (Z_0) de fase del conductor

$$Z_0 = 60 (\ln(2h_c/r_c) \cdot \ln(2h_c/R))^{0.5} \quad \text{entonces :}$$

$$Z_0 = 369 \text{ ohms}$$

9 Cálculo de la corriente de rayo mínima

$$I_{min} \text{ (kA)} = 2 V_c / Z_0$$

$$I_{min} \text{ (kA)} = 9.8 \text{ kA}$$

10 Mínima distancia de descarga S_{min} (m)

$$S_{min} = 10 I_{min}^{0.65}$$

$$S_{min} = 44 \text{ m}$$

11 Cálculo de la ubicación del c.g. (X_g)

$$X_g = [S^2 - (\beta S - Y_c)^2]^{0.5} - [S^2 - (\beta S - Y_g)^2]^{0.5}$$

$$X_g = -4.149535 \text{ m}$$

12 Determinación del ángulo efectivo de apantallamiento

$$\alpha^\circ = 36.28$$

13 Determinación del ángulo de apantallamiento

$$\alpha = 4.99$$

14 Usando el paso 11 calcular la anchura en cada lado (X_s)

como : $\alpha > \alpha^\circ$ entonces:

donde X_s : $X_s = S [\cos\theta + \cos(\alpha_s - \omega)]$

$$\theta = \arccos((\beta S - hc) / S)$$

$$\omega = \arccos(f / 2S)$$

$$\alpha = \arctan((X_o - X_g) / (-Y_f - Y_g))$$

$$\theta = 33.685 \text{ grados}$$

$$\omega = 86 \text{ grados}$$

$$\alpha = 4.42 \text{ grados}$$

$$X_s = 43.4 \text{ m}$$

15 Cálculo de la máxima distancia de choque S_{max}

$$S_{MAX} \equiv Y_o \left(\frac{-B_s - \sqrt{(B_s^2 + A_s C_s)}}{A_s} \right)$$

Donde:

$$Y_m = (Y_o + Y_g) / 2$$

$$A_s = m^2 (1-b) - b^2$$

$$B_s = b (m^2 + 1)$$

$$C_s = (m^2 + 1)$$

$$m = \tan\alpha$$

$$Y_m = 18.1$$

$$A_s = -1$$

$$B_s = 1.006$$

$$C_s = 1.006$$

$$m = 0.077$$

$$S_{max} = 19.6 \text{ m}$$

16 Cálculo de la corriente de rayo máxima por flashover

$$I_{max} = 0.029 S_{max}^{1.54}$$

$$I_{max} = 2.885 \text{ kA}$$

17 Usando I_{min} se calcula la probabilidad de ocurrencia P_{min}

$$P_{min} = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{31}\right)^{2.6}}$$

$$P_{min} = 0.95$$

18 Usando I_{max} se calcula la probabilidad de ocurrencia P_{max}

$$P_{max} = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{31}\right)^{2.6}}$$

$$P_{max} = 1.00$$

19 Cálculo total de fallas en la línea por 100 km por año N_{sf}

$$N_{sf} = 0,006 T Xs (P_{min} - P_{max})$$

$$N_{sf} = 0.0000$$

20 Cálculamos en la línea por 100 km por año en back-flashover

Determinación del voltaje de descarga en el aislador $(V_l)_{2\mu s}$ a $2\mu s$ (kV)

$$V_{2\mu s} = 820 L_s$$

$$V_{2\mu} = 1804$$

21 Estimación del voltaje encima de la estructura y comun para todas las fases

$$1,8 * V_{2\mu} = 3247 \text{ kV}$$

22 Para $E_0 = 1500$ kV, calcular el diámetro corona del conductor

$$\text{De la figura 1 con } V/E_0 = 2.16$$

$$R \ln(2h/R) = V_c/E_0 \quad 0.928099$$

$$R = 0.736 \text{ m}$$

23 Calculando la impedancia (Z) del c.g.

Para un cable de guarda

$$Z_0 = 60 (\ln (2hg/rg).\ln (2h/R))^{0.5} \quad \text{entonces :}$$

$$Z_0 = 172 \quad \text{ohms}$$

Para dos cables de guarda

$$Z_{11} = 60 (\ln (2hg/rg).\ln (2h/R))^{0.5} = 172$$

$$Z_{12} = 60 . \ln ((hg^2+b^2)^{0.5}/b) = 121$$

$$Z_0 = (Z_{11}+Z_{12})/2 = 146.43$$

24 Cálculo de la impedancia de sobretensión Zs

$$Z_s = 146 \quad \text{ohms}$$

25 Cálculo del factor de acoplamiento por cada fase del conductor Kn

$$K_A = 0.78$$

$$K_B = 0.65$$

$$K_C = 0.53$$

FASE A

$$K_A = \frac{(Z_{1A} + Z_{2A})}{(Z_{11} + Z_{12})} = 0.78$$

$$Z_{1A} = 60 \cdot \ln \left(\frac{H_{1A}}{d_{1A}} \right) = 98.73$$

$$Z_{2A} = 60 \cdot \ln \left(\frac{H_{2A}}{d_{2A}} \right) = 130.67$$

$$d_{1A} = \sqrt{(h_g - h_A)^2 + (X_A + \frac{b}{2})^2} = 8.65$$

$$d_{2A} = \sqrt{(h_g - h_A)^2 + (X_A - \frac{b}{2})^2} = 5.02$$

$$H_{1A} = \sqrt{(X_A + \frac{b}{2})^2 + (h_g + h_A)^2} = 44.86$$

$$H_{2A} = \sqrt{(X_A - \frac{b}{2})^2 + (h_g + h_A)^2} = 44.30$$

FASE B

$$K_B = \frac{(Z_{1B} + Z_{2B})}{(Z_{11} + Z_{12})} = 0.65$$

$$Z_{1B} = 60 \cdot \ln\left(\frac{H_{1B}}{d_{1B}}\right) = 85.86$$

$$Z_{2B} = 60 \cdot \ln\left(\frac{H_{2B}}{d_{2B}}\right) = 104.64$$

$$d_{1B} = \sqrt{(h_g - h_B)^2 + \left(X_B + \frac{b}{2}\right)^2} = 10.18$$

$$d_{2B} = \sqrt{(h_g - h_B)^2 + \left(X_B - \frac{b}{2}\right)^2} = 7.34$$

$$H_{1B} = \sqrt{\left(X_B + \frac{b}{2}\right)^2 + (h_g + h_B)^2} = 42.57$$

$$H_{2B} = \sqrt{\left(X_B - \frac{b}{2}\right)^2 + (h_g + h_B)^2} = 41.98$$

FASE C

$$K_C = \frac{(Z_{1C} + Z_{2C})}{(Z_{11} + Z_{12})} = 0.53$$

$$Z_{1C} = 60 \cdot \ln\left(\frac{H_{1C}}{d_{1C}}\right) = 70.12$$

$$Z_{2C} = 60 \cdot \ln\left(\frac{H_{2C}}{d_{2C}}\right) = 84.17$$

$$d_{1C} = \sqrt{(h_g - h_C)^2 + \left(X_C + \frac{b}{2}\right)^2} = 12.58$$

$$d_{2C} = \sqrt{(h_g - h_C)^2 + \left(X_C - \frac{b}{2}\right)^2} = 9.76$$

$$H_{1C} = \sqrt{\left(X_C + \frac{b}{2}\right)^2 + (h_g + h_C)^2} = 40.46$$

$$H_{2C} = \sqrt{\left(X_C - \frac{b}{2}\right)^2 + (h_g + h_C)^2} = 39.68$$

26 Determinación de la impedancia de la torre Z_T (ohm)

$$Z_T \equiv 30LN \left(\frac{2(h^2 + r^2)}{r^2} \right)$$

Z_T = 143 ohm

27 Determinación del tiempo de viaje en la torre tt (us)

tt (us) = h / 300

tt (us) = 0.082

28 Cálculo del tiempo de viaje t_{pn} (us)

tpA = 0.0167 us

tpB = 0.0244 us

tpC = 0.0322 us

29 Selección de la puesta a tierra RPTA (ohm)

RPTA = 25 ohm

30 Cálculo de la impedancia intrínseca del circuito

$$Z_I \equiv \frac{Z_S Z_T}{Z_S + 2Z_T}$$

Z_I = 48 ohm

31 Cálculo de la impedancia de onda de la torre

$$Z_w \equiv \left[\frac{2Z_S^2 Z_T}{(Z_S + 2Z_T)^2} \right] \left[\frac{Z_T - R}{Z_T + R} \right]$$

Z_w = 23 ohm

32 Cálculo del factor de humedad de la torre

$$\psi \equiv \left(\frac{2Z_T - Z_S}{2Z_T + Z_S} \right) \left(\frac{Z_T - R}{Z_T + R} \right)$$

ψ = 0.2264

33 Cálculo del factor de refracción de la RPTA

$$\alpha_R \equiv \frac{2R}{Z_T + R}$$

α_R = 0.298

34 Cálculo de voltaje por encima de la torre a 2 us

$$V_T \equiv \left[ZI - \frac{Z_w}{1 - \Psi} \left(1 - \frac{\tau_c}{1 - \Psi} \right) \right] I$$

$$VT = 21.8 \text{ kV}$$

35 Cálculo del voltaje a través de la resistencia de puesta a tierra a 2us

$$V_R \equiv \left[\frac{\alpha_R Z_l}{1 - \Psi} \left(1 - \frac{\Psi \tau_c}{1 - \Psi} \right) \right] I$$

$$VR = 18.2 \text{ kV}$$

36 Cálculo del voltaje crossarm por fase

$$V_{pn} \equiv V_R + \frac{\tau_c - \tau_{pn}}{\tau_c} [V_T - V_R]$$

| | | |
|------------|------|----|
| $V_{pA} =$ | 21.1 | kV |
| $V_{pB} =$ | 20.7 | kV |
| $V_{pC} =$ | 20.4 | kV |

37 Cálculo del voltaje del aislador por fase

$$V_{sn} \equiv V_{pn} - K_n V_T$$

| | | |
|------------|-----|----|
| $V_{sA} =$ | 4.0 | kV |
| $V_{sB} =$ | 6.5 | kV |
| $V_{sC} =$ | 8.9 | kV |

38 Cálculo de la corriente de choque inducida por el flashover a 2us por fase sobre cadena de aisladores

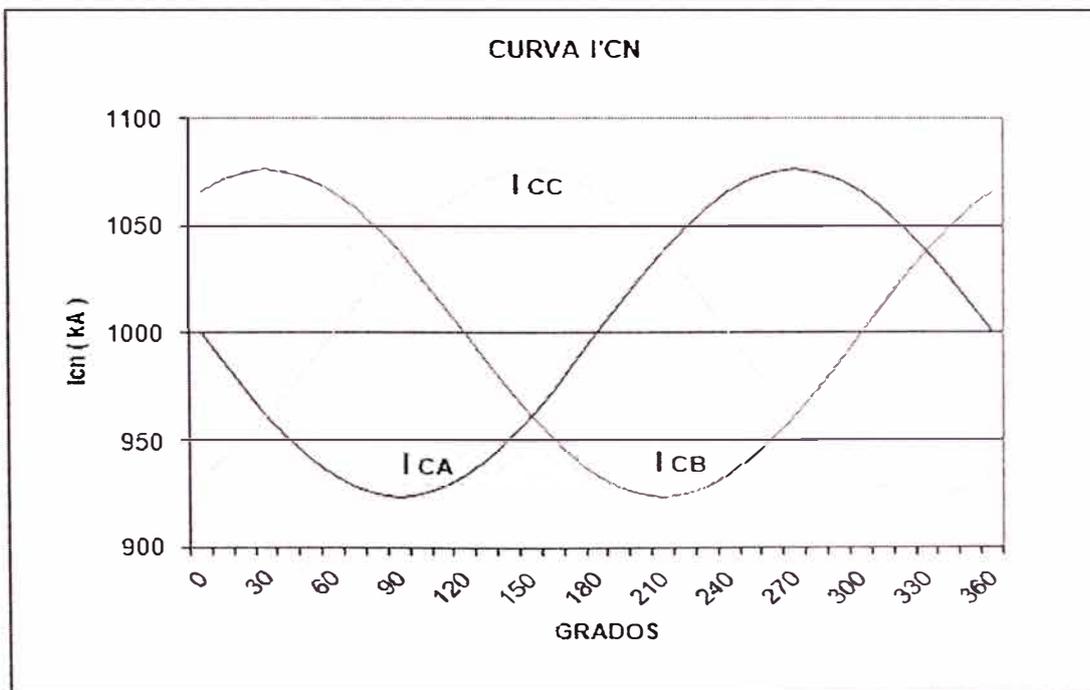
$$I_{cn} \equiv \frac{V_{2\mu}}{V_{sn}}$$

| | | |
|------------|-------|----|
| $I_{cA} =$ | 452.0 | kA |
| $I_{cB} =$ | 275.6 | kA |
| $I_{cC} =$ | 202.7 | kA |

39 Cálculo de la ecuación de la corriente crítica inducida por el flashover por fase

$$I'_{cn} \equiv \left[\frac{V_{2_{\omega}} - V_{on} \text{SIN}(\theta_n - \alpha_n)}{V_{sn}} \right]$$

$I'_{cA} = 434.74$
 $I'_{cB} = 257.35$
 $I'_{cC} = 187.17$



Del gráfico 1-B, se tiene que los porcentajes de dominancia son :

% fase A = 41.67 %
 % fase B = 33.33 %
 % fase C = 25.00 %

40 Cálculo de I'cn por fase

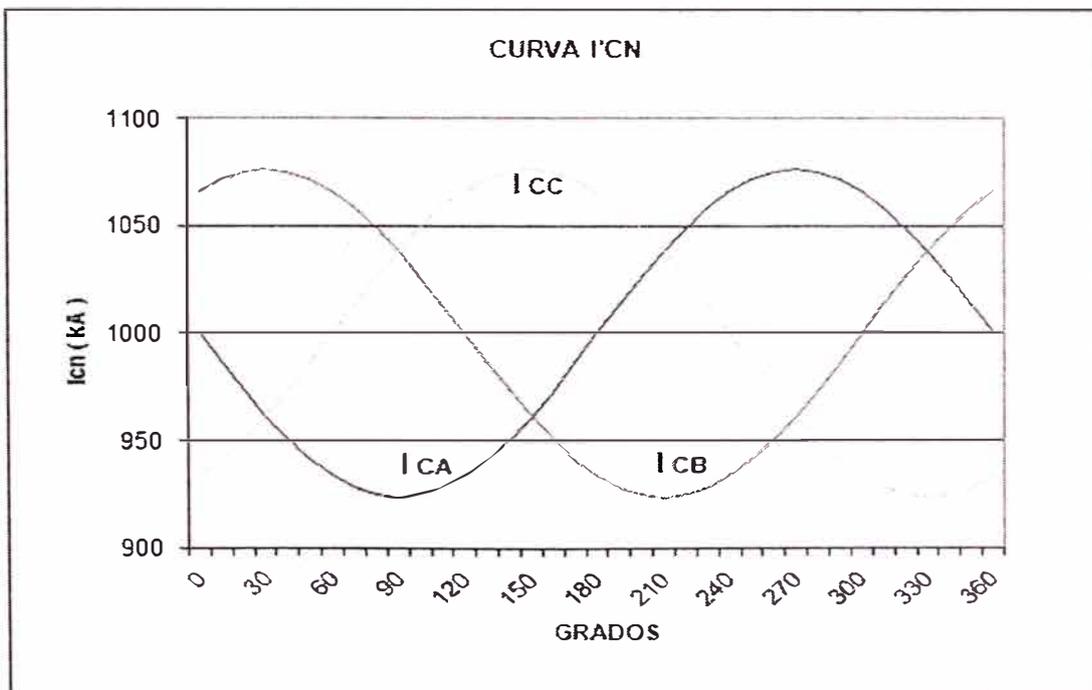
$$I'_{cn} \equiv I_{ck} \left[1 + \frac{V_{cn}}{V'_{cn}} \left(\frac{\cos(\theta_2 - \alpha_n) - \cos(\theta_1 - \alpha_n)}{\theta_2 - \theta_1} \right) \right]$$

$I'_{cA} = 434.33 \text{ kA}$
 $I'_{cB} = 257.07 \text{ kA}$
 $I'_{cC} = 187.09 \text{ kA}$

39 Cálculo de la ecuación de la corriente crítica inducida por el flashover por fase

$$I'_{cn} \equiv \left[\frac{V_{2_{\text{fase}}} - V_{on} \text{SIN}(\theta_n - \alpha_n)}{V_{sn}} \right]$$

$I'_{cA} = 289.85$
 $I'_{cB} = 212.35$
 $I'_{cC} = 170.63$



Del gráfico 1-B, se tiene que los porcentajes de dominancia son :

% fase A = 41.67 %
 % fase B = 33.33 %
 % fase C = 25.00 %

40 Cálculo de I'cn por fase

$$I'_{cn} \equiv I_{cn} \left[1 + \frac{V_{on}}{V_{cn}} \left(\frac{\cos(\theta_2 - \alpha_n) - \cos(\theta_1 - \alpha_n)}{\theta_2 - \theta_1} \right) \right]$$

$I'_{cA} = 289.57 \text{ kA}$
 $I'_{cB} = 212.11 \text{ kA}$
 $I'_{cC} = 170.56 \text{ kA}$

41 Cálculo de la probabilidad de salida de la línea

$$P = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{31}\right)^{2.6}}$$

PA = 0.00104
 PB = 0.00407
 PC = 0.00925

42 Numero de rayos sobre la torre por fase en 100 km por año

NL fase A = 0,6*NL* %faseA = 21.0
 NL fase B = 0,6*NL* %faseB = 16.8
 NL fase C = 0,6*NL* %faseC = 12.6

43 Número derayos sobre la torre por fase que causara flashover

Nf -fase A = NL fase A * PA = 0.02
 Nf -fase B = NL fase B * PB = 0.07
 Nf -fase C = NL fase C * PC = 0.12

45 Cálculo del Número total de flameos inversos sobre la torre por 100 km por año

Ntotal = Nf fase A+Nf fase B+Nf fase C = 0.21 flameos

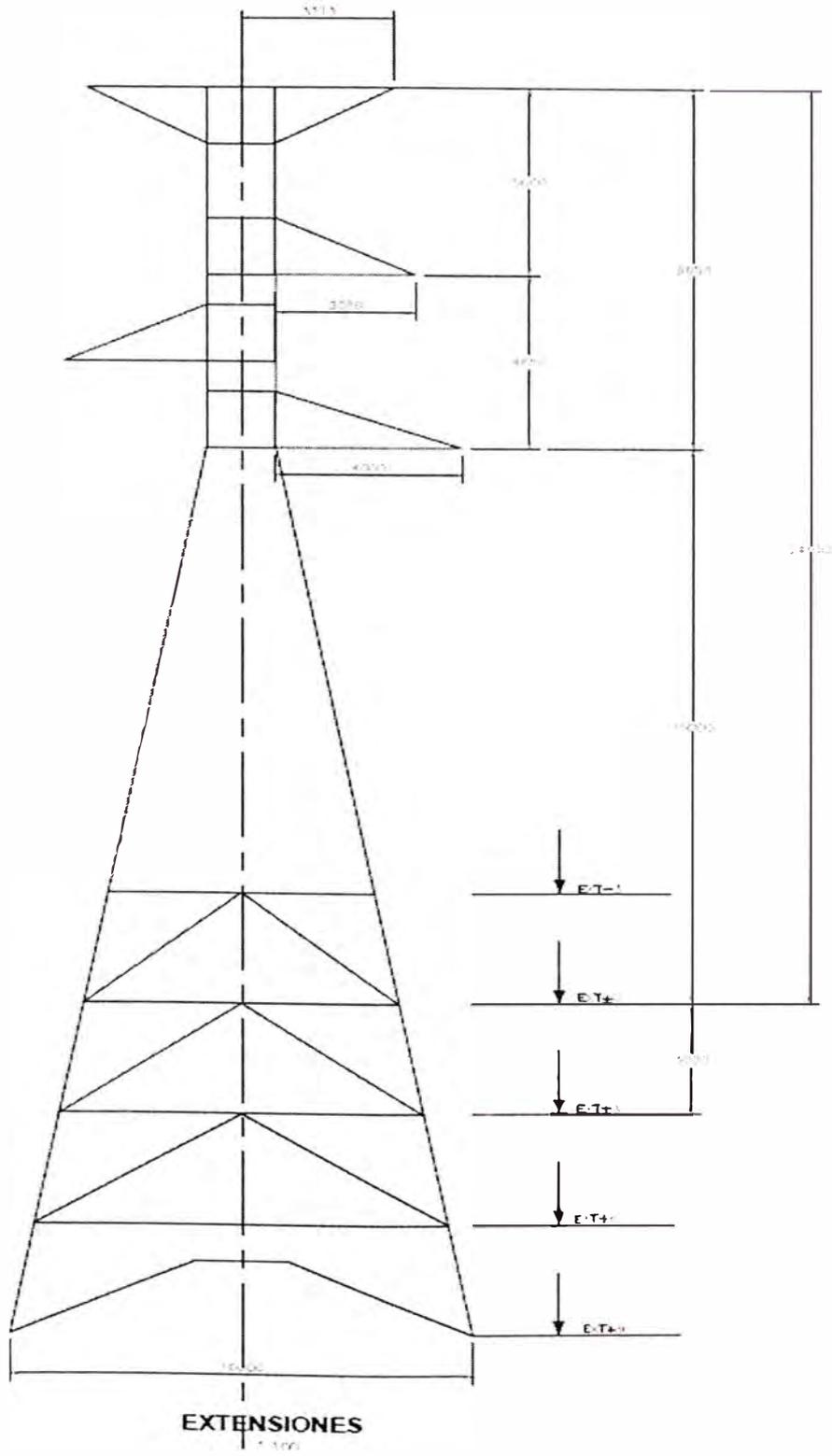
Numero total de salidas por fallas de apantall. y por flameos inversos :

NF = 0.207 100km por año

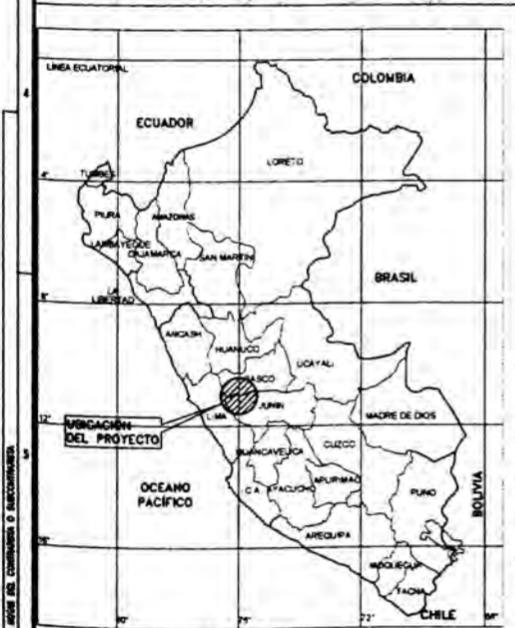
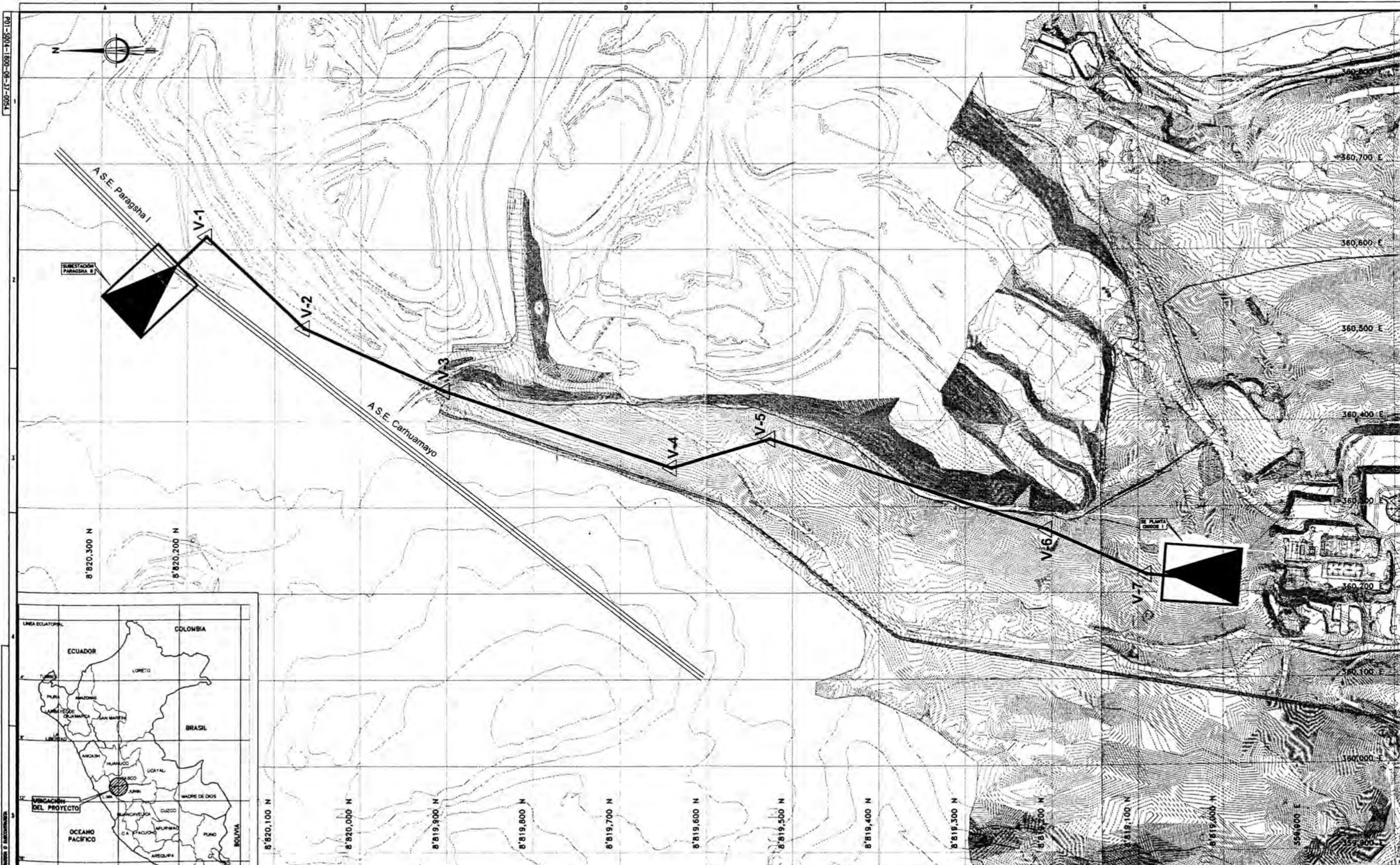
De la misma forma se procede a hacer el cálculo del número total de flameos por 100 km por año para diferentes resistencias de puestas a tierra.

| Resistencia de Puesta a Tierra | NT |
|--------------------------------|-------|
| 10 | 0.033 |
| 15 | 0.076 |
| 20 | 0.014 |
| 25 | 0.207 |
| 30 | 0.288 |
| 40 | 0.472 |

ANEXO N° 16

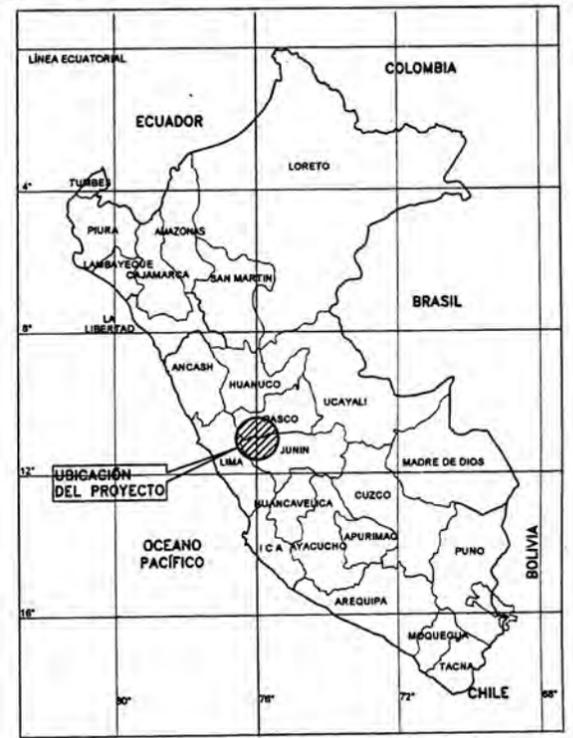
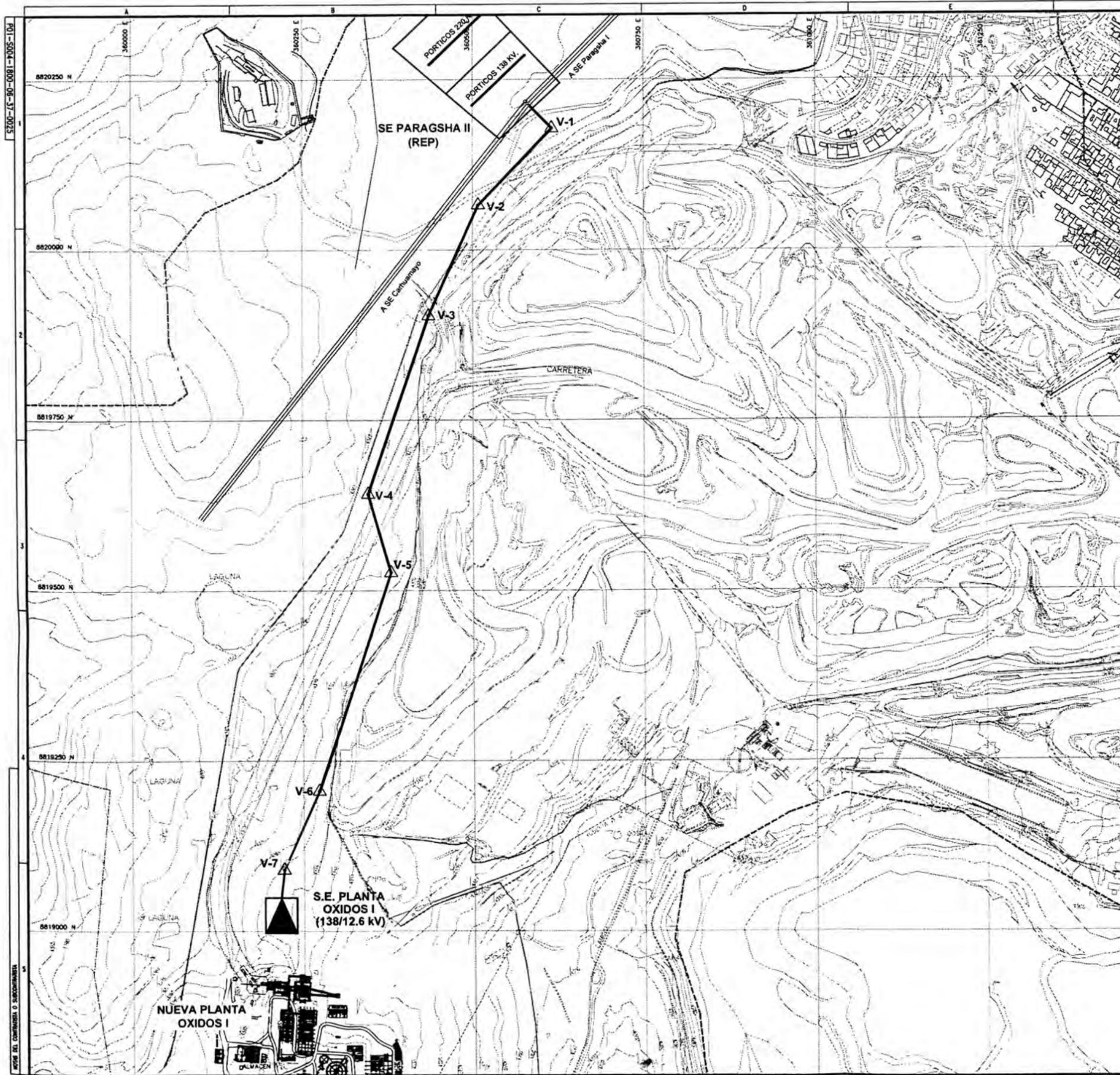


PLANOS



| REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | | REVISIONES | |
|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
| FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR | FECHA | POR |
| 21.01.12 | L.A.L. | 02.01.12 | L.A.L. | 13.12.11 | L.A.L. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | G.G.O. | | G.G.O. | | G.G.O. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A.O.A. | | A.O.A. | | A.O.A. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | F.O.D. | | F.O.D. | | F.O.D. | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| CESEL INGENIEROS EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | | VOLCAN EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | |
| PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DEFINITIVA S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV. | | UBICACION DEL AREA DEL PROYECTO LINEA DE TRANSMISION 138 KV | |
| ESCALA: 1/7000 | | # PLANO: P01-S004-1800-06-37-0054 | |
| # PLANO OBRERA: P01-S004-1800-06-37-0054 | | # PLANO REV. 001 | |



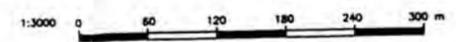
UBICACION
ESCALA

| COORDENADAS UTM PSAD-56 | | | | | | |
|-------------------------|------------|-----------|------------------|----------------|------------------|------------|
| HITO | NORTE | ESTE | COTA m.s.n.m. | PARCIAL (m) | ACUMULADA (m) | ANGULO |
| P0 | 8820205.71 | 360589.36 | 4371.37 | | 0 | 0° |
| V-01 | 8820178.37 | 360614.93 | 4369.63 | 43.43 | 43.43 | 86°34'08" |
| V-02 | 8820065.85 | 360508.19 | 4376.52 | 155.09 | 198.52 | -19°15'20" |
| V-03 | 8819903.36 | 360435.04 | 4380.72 | 178.20 | 376.72 | -5°19'58" |
| V-04 | 8819641.31 | 360345.32 | 4380.10 | 276.98 | 653.70 | -35°00'00" |
| V-05 | 8819526.23 | 360378.91 | 4374.86 | 119.87 | 773.57 | 34°28'33" |
| V-06 | 8819205.75 | 360273.50 | 4362.00 | 337.84 | 1111.21 | 6°27'18" |
| V-07 | 8819069.84 | 360221.17 | 4349.57 | 126.05 | 1238.16 | -18°1'4" |
| P1 | 8819049.27 | 360216.60 | 4355.51 | 41.04 | 1279.20 | 0° |

LEYENDA

- SUBSTACION
- VERTECE
- LINEA DE TRANSMISION PROYECTADA

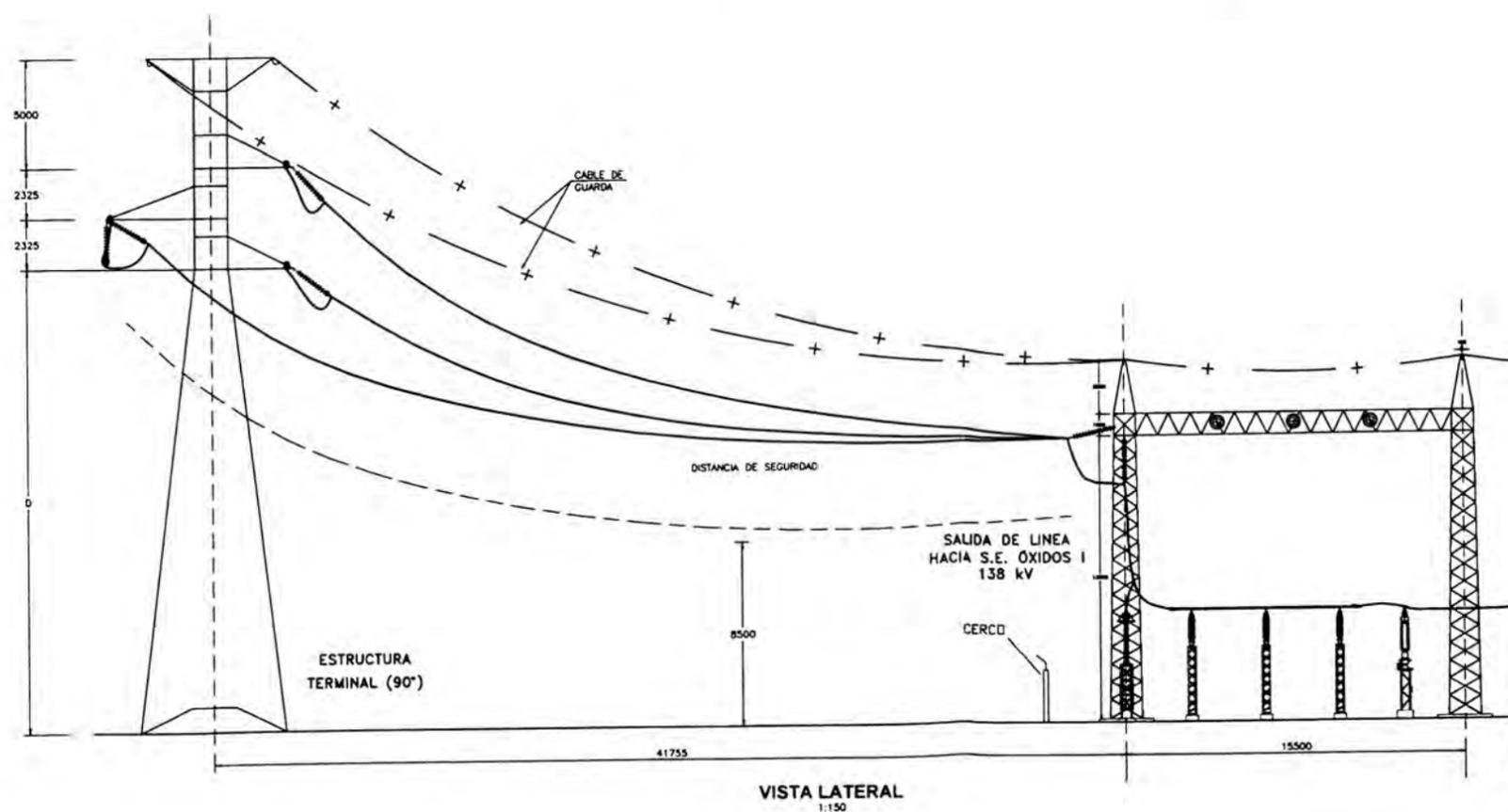
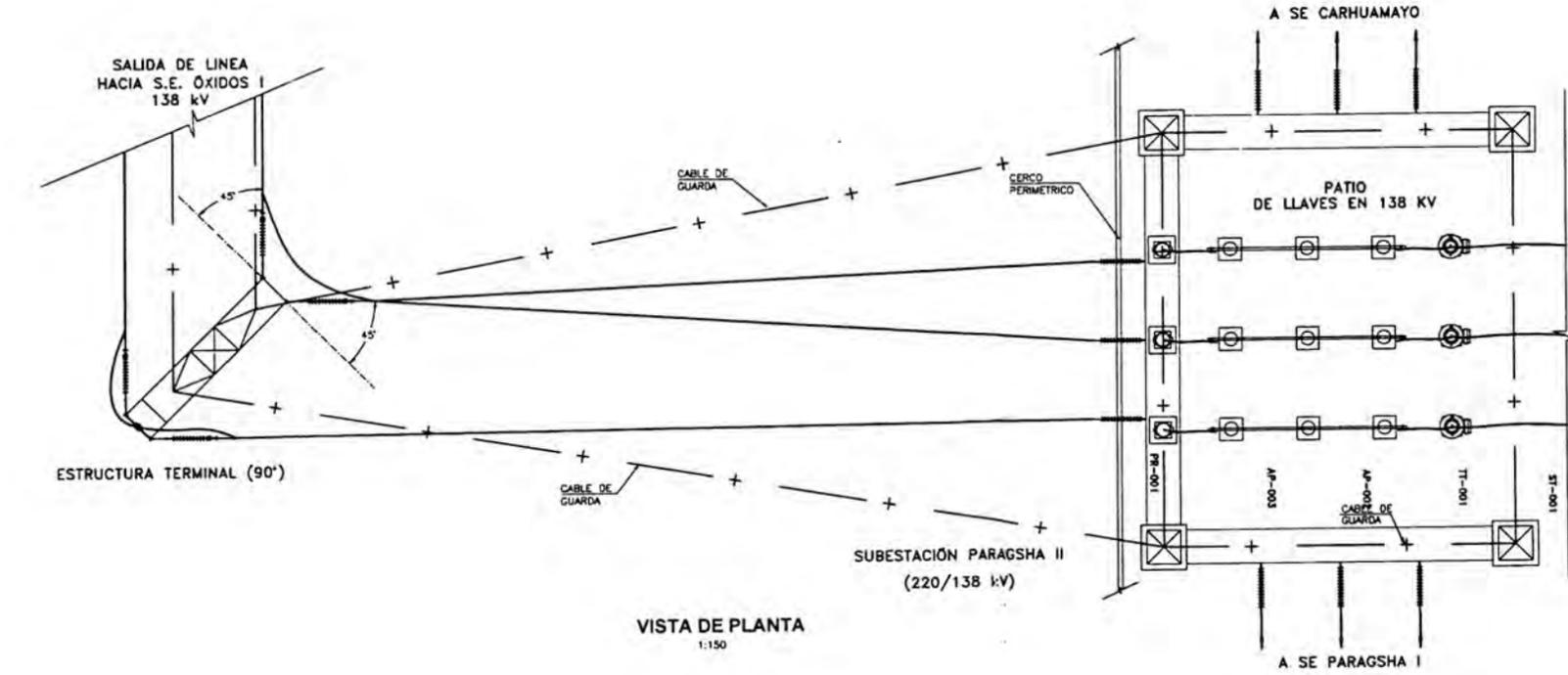
NOTAS :
1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE



| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | | ING. BASICA Y DEFINITIVA | |
| S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I | | Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV. | |
| POR: R.C.R. DE-2012 EJECUTADO: L.A.L. DE-2012 REVISADO: R.O.F. DE-2012 APROBADO: F.A.B. DE-2012 | | TRAZO DE RUTA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV | |
| ESCALA: 1:3000 # PLANO: P01-5004-1800-06-37-0055 | | # PLANOS: P01-5004-1800-06-37-0055 LAMINA # 002 | |

| REVISIONES | FECHA | POR | EJEC. | REV. | APROB. | CLIENTE |
|------------|------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 02.01.2012 | R.C.R. | L.A.L. | R.O.F. | F.A.B. | |
| 2 | 13.12.2011 | R.C.R. | L.A.L. | R.O.F. | F.A.B. | |
| 3 | 03.10.2011 | R.C.R. | L.A.L. | R.O.F. | F.A.B. | |
| 4 | 26.08.2011 | R.C.R. | L.A.L. | R.O.F. | F.A.B. | |

P01-5004-1800-06-37-0056



| LEYENDA | |
|---------|------------------------------------|
| | CONDUCTOR AAAC 304 mm ² |
| | CABLE OPCW 108 mm ² |

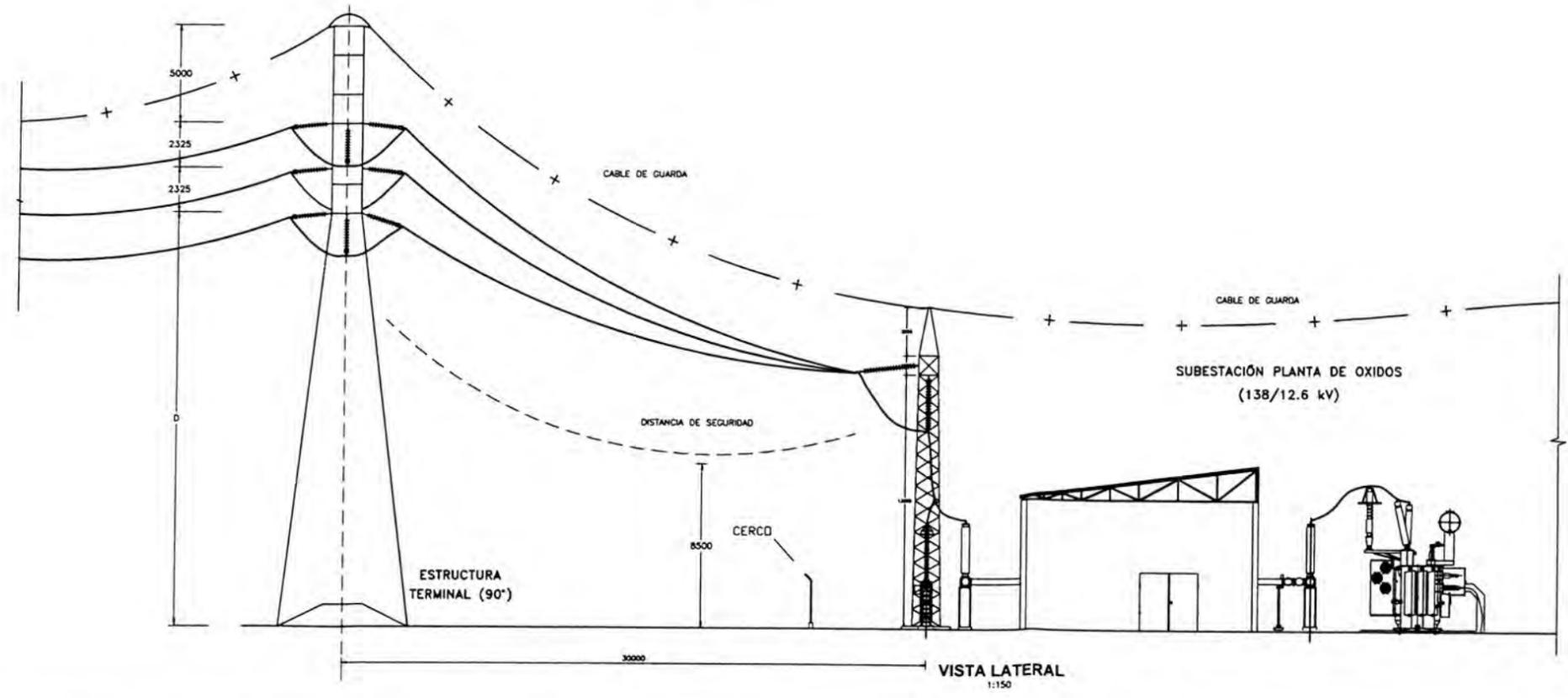
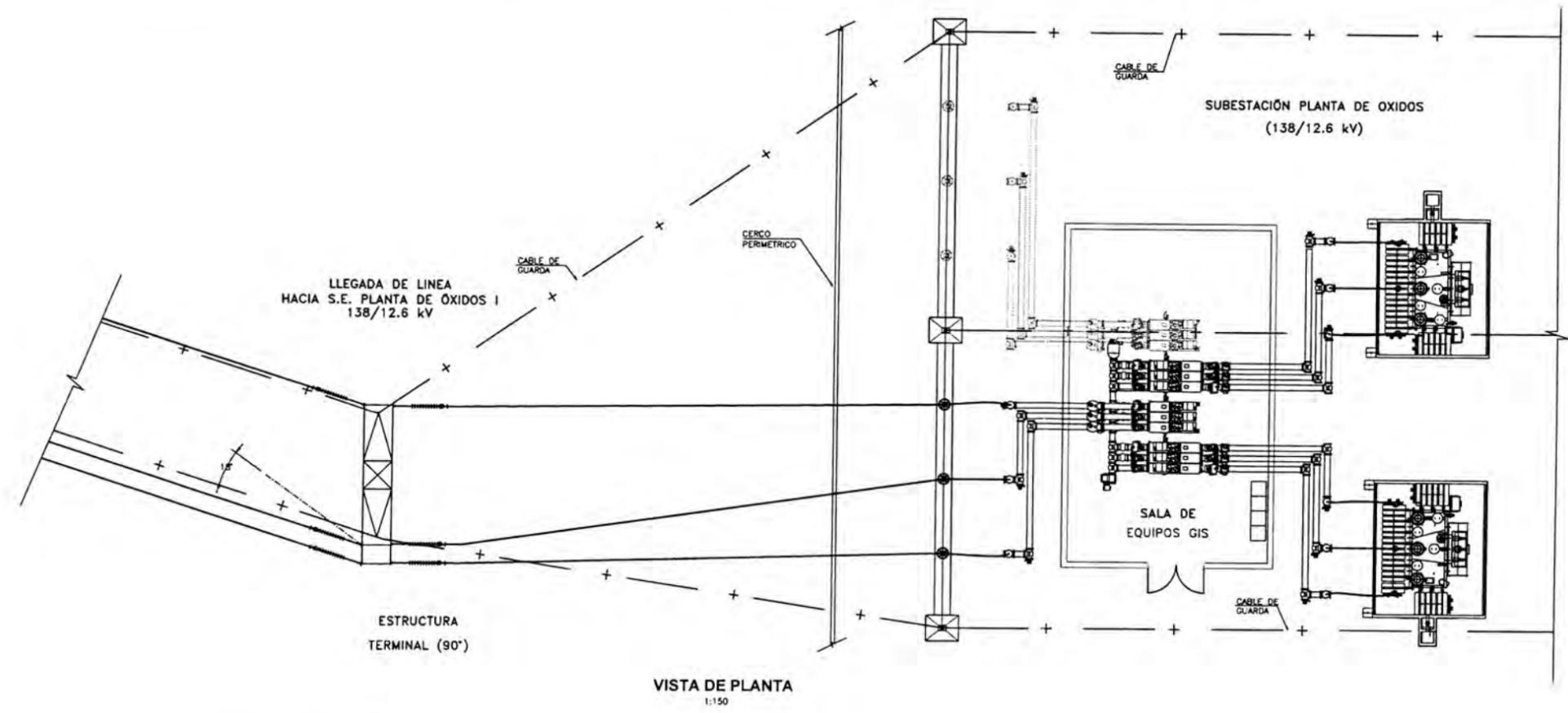
| Distancia D |
|---------------------|
| De 15000 a 21000 mm |

- NOTAS :**
- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE
 - DIMENSIONES EN MILIMETROS Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
 - USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.



| REVISIONES | FECHA | POR | EJEC. | REV. | APROB. | CLIENTE |
|------------|------------|-----|--------|--------|--------|---------|
| Δ | 02.01.2012 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.B. | |
| Δ | 13.12.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.B. | |
| Δ | 07.10.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.B. | |
| Δ | 26.09.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.B. | |

| | | |
|--|---|---|
| CESEL INGENIEROS | EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | PROYECTO: ING. BASICA Y DEFINITIVA S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV. |
| | | CONTENIDO: DETALLE DE SALIDA DE PARAGSHA II LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV |
| FOR: POR: LAL EJECUTADO: H.C.M. REVISADO: R.O.F. APROBADO: F.O.B. | FECHA: ENE-2012 ENE-2012 ENE-2012 ENE-2012 | FORMATO: P01-5004-1800-06-37-0056 |



| LEYENDA | |
|---------|-----------------------------------|
| | CONDUCTOR AAC 304 mm ² |
| | CABLE OPOW 108 mm ² |

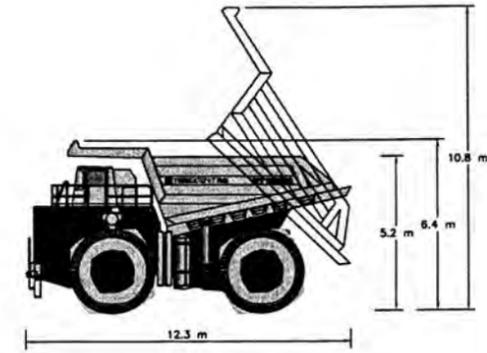
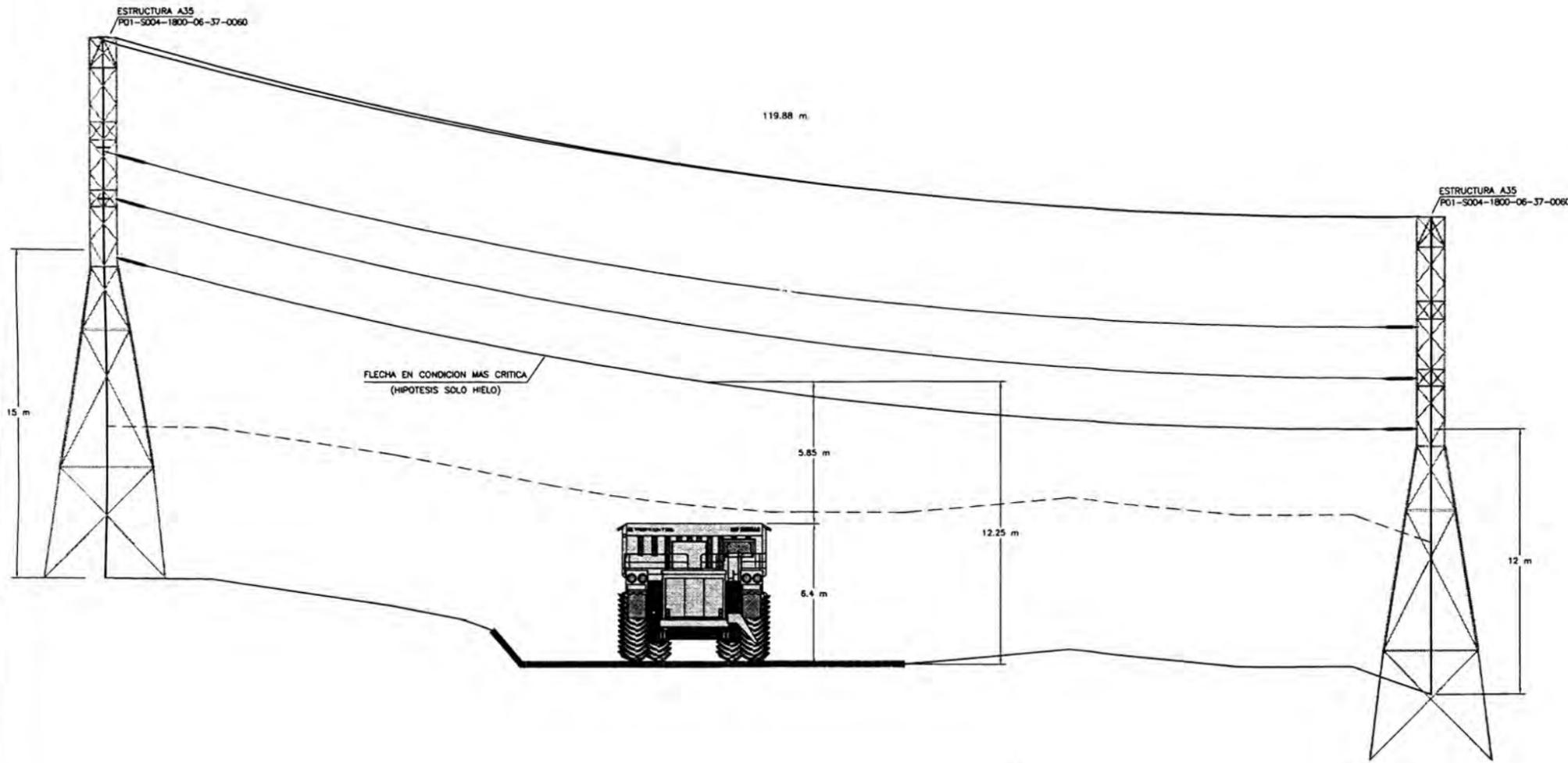
| Distancia D |
|---------------------|
| De 15000 a 21000 mm |

- NOTAS :
- 1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE
 - 2.- DIMENSIONES EN MILIMETROS Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
 - 3.- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.



| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| CESEL INGENIEROS | | | | VOLCAN | | | | EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | | | |
| POR: LAL EJECUTADO: H.C.M. REVISADO: R.O.F. APROBADO: F.B.A. | FECHA: DEC-2011 DEC-2011 DEC-2011 DEC-2011 | PROYECTO: ING. BASICA Y DEFINITIVA S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV. | | | | | | | | | |
| ESCALA: 1:300 | | | | CONTENIDO: DETALLE DE LLEGADA A SE PLANTA DE OXIDOS I LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV | | | | N° PLANO CLIENTE: P01-S004-1800-06-37-0057 | | | |
| N° PLANO: | | | | N° PLANO: | | | | LAMINA N° 004 | | | |
| FECHA: 13.12.2011 | | | | POR: LAL | | | | EJEC.: H.C.M. | | | |
| REV. 07.10.2011 | | | | POR: LAL | | | | EJEC.: H.C.M. | | | |
| REV. 28.08.2011 | | | | POR: LAL | | | | EJEC.: H.C.M. | | | |
| REV. | | | | POR: | | | | EJEC.: | | | |

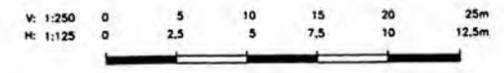
| REFERENCIAS | REVISIONES | REVISIONES | REVISIONES |
|--|---|--|---|
| No. PLANO REF. P01-S004-1800-06-37-0086 P01-S004-1800-06-37-0055 | HOMBRE PLANO DE REFERENCIA DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA Y SECCIONES TRAZO DE LA RUTA DE LA LINEA | No. PLANO REF. HOMBRE PLANO DE REFERENCIA | DESCRIPCION DATO PARA EXPEDIENTE FINAL DATO PARA REVISION DEL CLIENTE DATO PARA REVISION INTERNA |



DETALLE DE LECTRA HAUL
 MODELO: TEREX UNIT R90-MT3300AC
 S/E

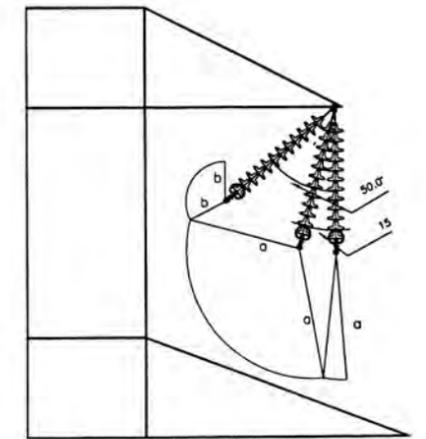
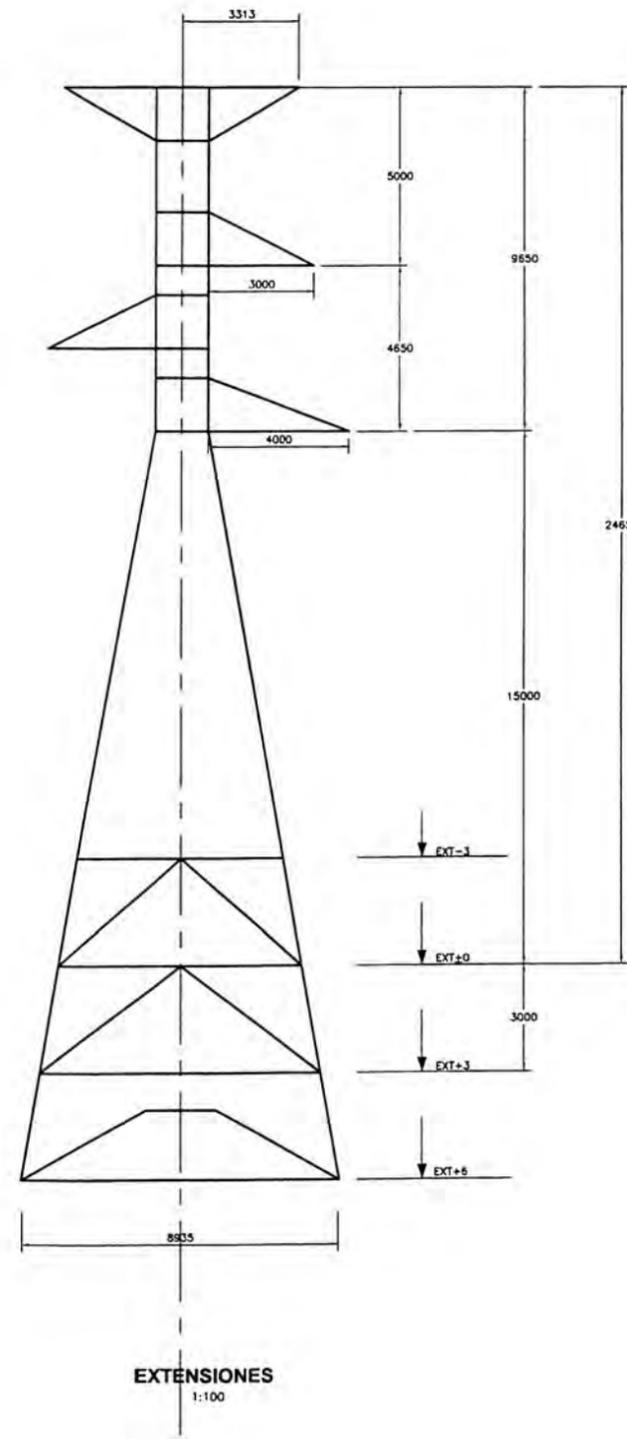
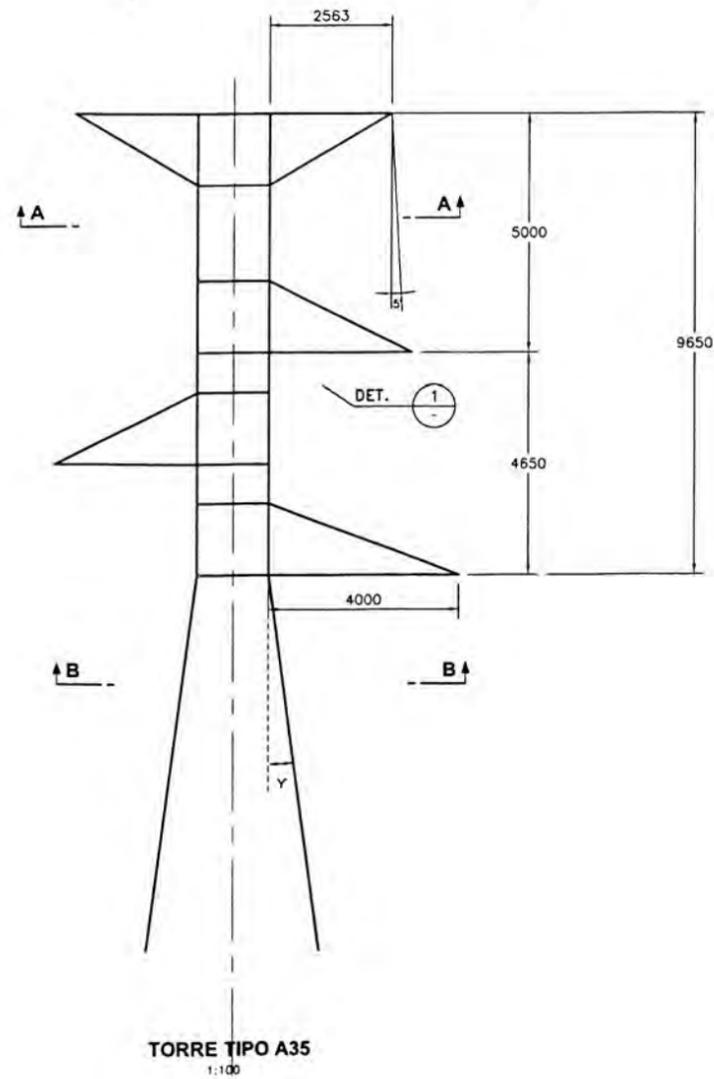
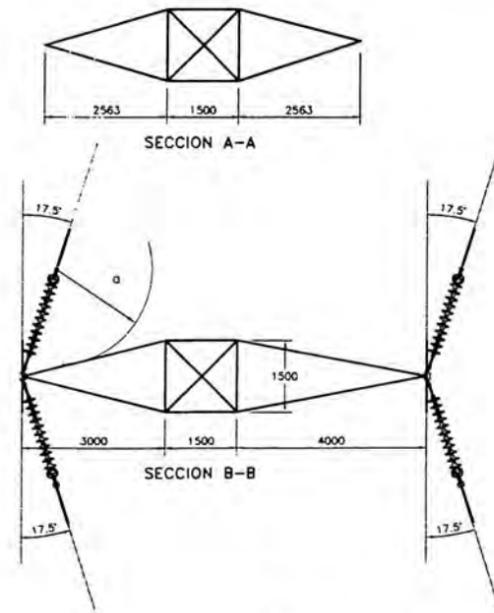
| LEYENDA | |
|---------|---|
| | LINEA DE 138KV PROYECTADA |
| | CABLE DE GUARDA |
| | DISTANCIA DE SEGURIDAD DEL NIVEL DE TERRENO A LT 138 KV |
| | ESTRUCTURA METALICA |

NOTA:
 1. V1 - V7: INDICA EL NUMERO DE VERTICES
 2. LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE.



DETALLE DE DE CRUCE CON ACCESO
 1/125

| | | | |
|--|---|---|---|
| CESEL INGENIEROS | | VOLCAN EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | |
| POR: AJM. EJECUTADO: AJM. REVISADO: R.J.F. APROBADO: F.G.B. | NOMBRE FIRMA FECHA | PROYECTO: ING. BASICA Y DETALLE S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV. | |
| ESCALA: INDICADA | CONTENIDO: DETALLE DE CRUCE CON ACCESO DE LECTRA HAUL LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV | | |
| # PLANO: P01-5004-1800-06-37-0059 | # PLANO CLAVE: P01-5004-1800-06-37-0059 | LAMINA # 007 | REV. |
| REVISIONES No. PLANO REF. NOMBRE PLANO DE REFERENCIA | REVISIONES No. PLANO REF. NOMBRE PLANO DE REFERENCIA | REVISIONES DESCRIPCION | REVISIONES FECHA POR EJE. REV. APROB. CUENTE |
| | P01-5004-1800-06-37-0066 | PLANTILLA DE ESTRUCTURAS | 31.01.2012 AJM. AJM. R.J.F. F.G.B. |
| | P01-5004-1800-06-37-0055 | TRAZO DE RUTA | 19.12.2011 AJM. AJM. R.J.F. F.G.B. |
| | P01-5004-1800-06-37-0060 | ARREGLO DE ESTRUCTURA ANGULAR | 14.10.2011 AJM. AJM. R.J.F. F.G.B. |
| | | ARREGLO DE ESTRUCTURA ANGULAR | 28.08.2011 L.A.L. R.C.M. R.J.F. F.G.B. |
| | | ENTRADA PARA REVISOR INTERNA | |
| | | ENTRADA PARA REVISOR EXTERNA | |
| | | ENTRADA PARA REVISOR DEL CUENTE | |
| | | ENTRADA PARA REVISOR DEL CABLE | |
| | | ENTRADA PARA REVISOR DEL CABLE | |
| | | ENTRADA PARA REVISOR DEL CABLE | |
| | | ENTRADA PARA REVISOR DEL CABLE | |



DETALLE 1
1:20

| | |
|------|-----|
| a | b |
| 15' | 50' |
| 1900 | 600 |

CARACTERISTICAS DE LAS TORRES

| DESCRIPCION | A35 |
|---------------|-------------------------|
| VANO MEDIO | 400m (0') 400m (35') |
| VANO GRAVANTE | 600 m |
| ANGULO MAXIMO | 35' |
| VANO MAXIMO | 600 m |

NOTAS

- 1.- LONGITUD DEL CUELLO MUERTO 3800 mm
- 2.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS SALVO LO INDICADO
- 3.- EL ANGULO "Y" DIFERENCIA DEL CUERPO RECTO NO MAYOR A 10'

CESEL
INGENIEROS

VOLCAN
EMPRESA ADMINISTRADORA
CERRO S.A.C. - VOLCAN

| POR: | NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|------------|--------|-------|----------|
| EJECUTADO: | L.C.M. | | DEC-2011 |
| REVISADO: | R.O.F. | | DEC-2011 |
| APROBADO: | F.Q.D. | | DEC-2011 |

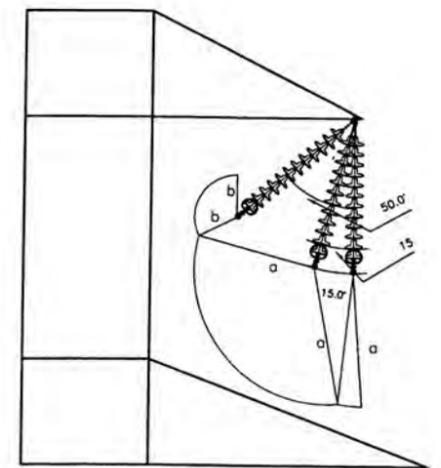
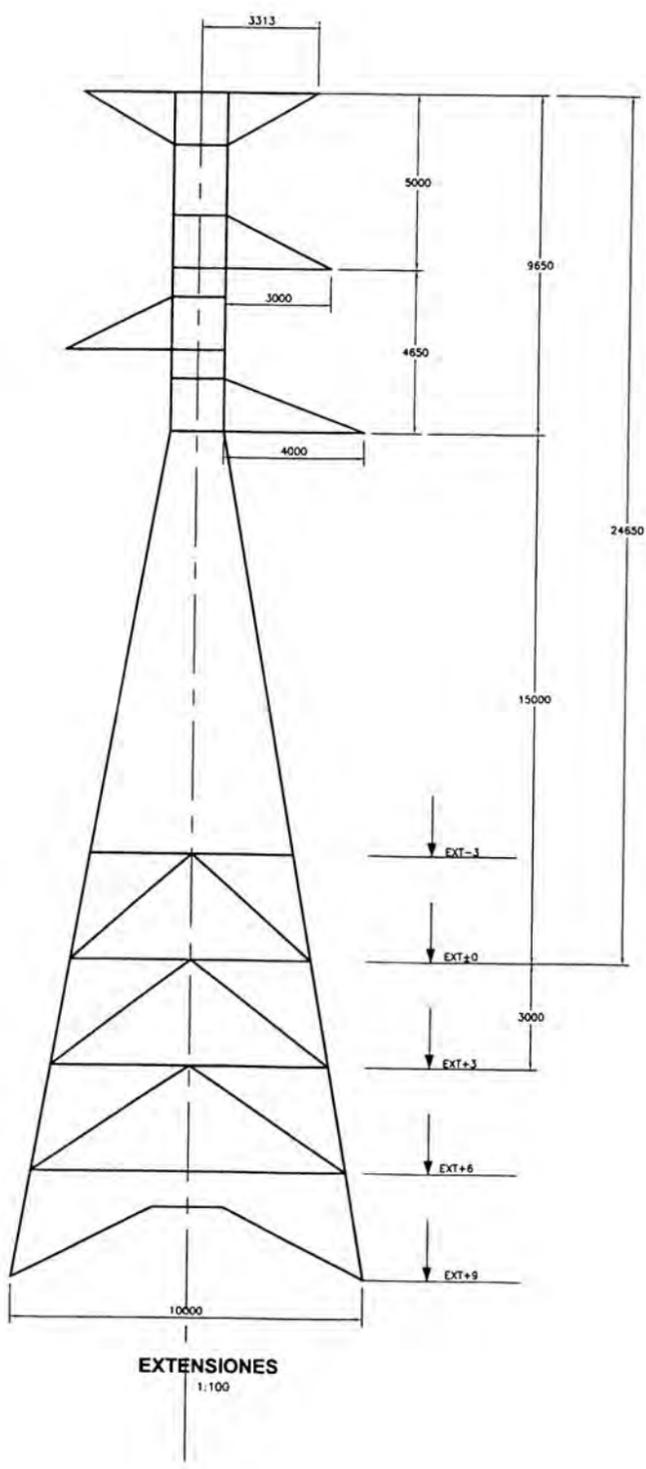
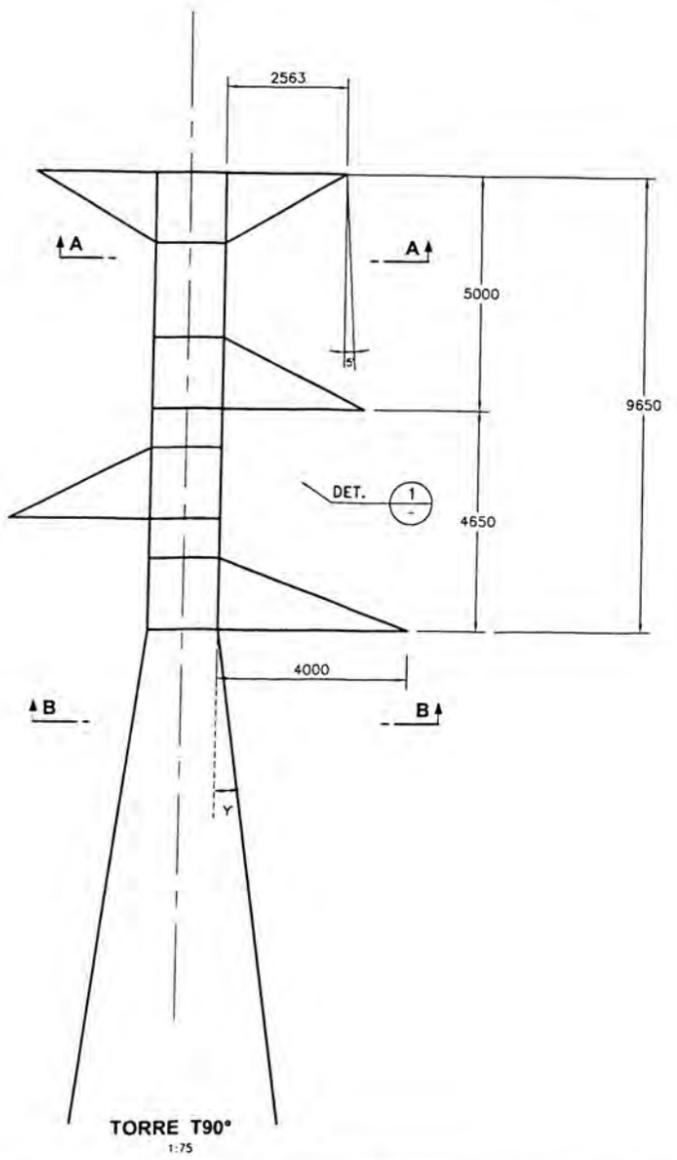
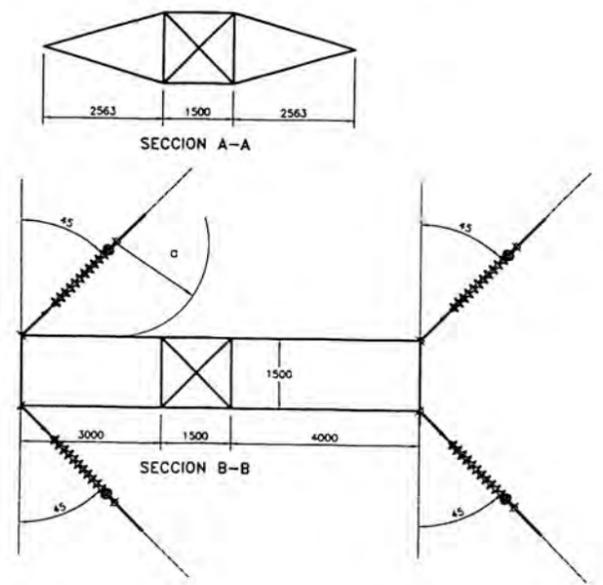
PROYECTO: ING. BASICA Y DETALLE
S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I
Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV.

| | |
|---------------|--------------------------|
| ESCALA: 1:300 | |
| Nº PLANO: | P01-S004-1800-06-37-0060 |

| | |
|--|--------------------------|
| CONTENIDO: ARREGLO DE ESTRUCTURA ANGULAR LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV | |
| Nº PLANO CLIENTE: | P01-S004-1800-06-37-0060 |
| LAMINA Nº: | 008 |
| REV.: | |

| No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA | No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA |
|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| REV. | FECHA | POR | EJEC. | REV. | APROB. | CLIENTE |
|------|-------|-----|-------|------|--------|---------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |



| | |
|------|-----|
| a | b |
| 15' | 50' |
| 1900 | 600 |

CARACTERISTICAS DE LAS TORRES

| DESCRIPCION | T90° |
|---------------|-----------------------|
| VARO MEDIO | 400 (0°) 400 (90°) |
| VARO GRAVANTE | 600 m |
| ANGULO MAXIMO | 90° |
| VARO MAXIMO | 600 m |

NOTAS

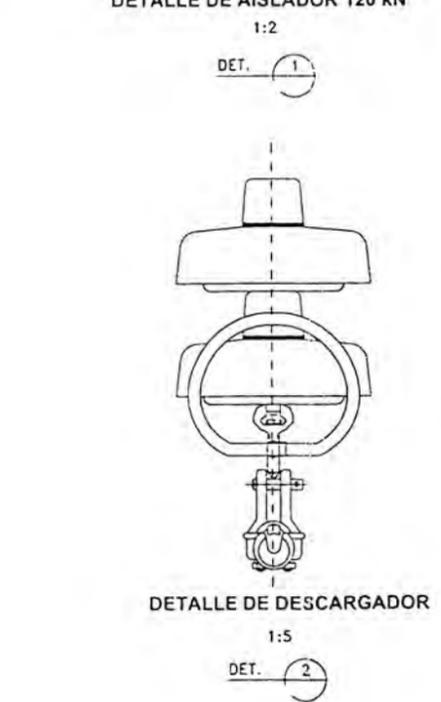
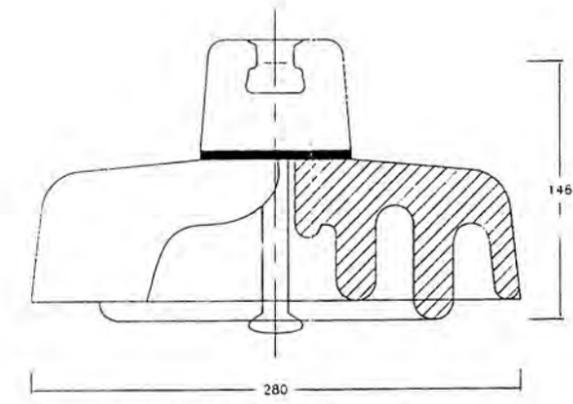
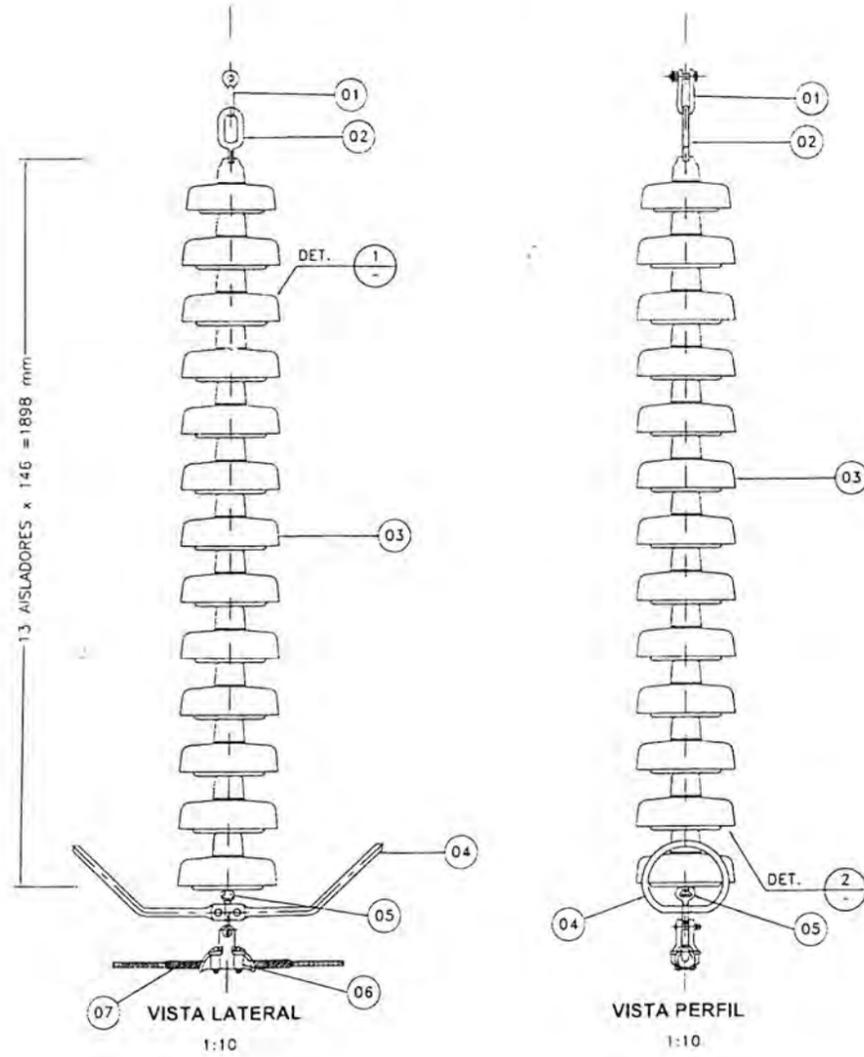
- 1.- LONGTUD DEL CUELLO MUERTO 3600 mm
- 2.- EN LA TORRE SIT SE UTILIZARA CRUCETAS CUADRADAS
- 3.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS SALVO LO INDICADO
- 4.- EL ANGULO "Y" DIFERENCIA DEL CUERPO RECTO NO MAYOR A 10°

| REVISIONES | FECHA | POR | EJEC. | REV. | APROB. | CUENTE |
|----------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ENTRADO PARA EXPEDIENTE FINAL | 13.12.2011 | L.A.L. | R.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | |
| ENTRADO PARA REVISOR DEL CLIENTE | 04.10.2011 | L.A.L. | R.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | |
| ENTRADO PARA REVISOR INTERNA | 26.09.2011 | L.A.L. | R.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | |

| | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|
| CESEL INGENIEROS | | | VOLCAN | | | EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | | |
| POR: H.C.M. EJECUTADO: L.A.L. REVISADO: R.O.F. APROBADO: F.O.D. | FIRMA FIRMA FIRMA FIRMA | FECHA DEC-2011 DEC-2011 DEC-2011 | PROYECTO: ING. BASICA Y DETALLE S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV. | | | | | |
| ESCALA: 1:300 | | | CONTENIDO: ARREGLO DE ESTRUCTURA TERMINAL LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV | | | | | |
| N° PLANO: P01-S004-1800-06-37-0061 | | | N° PLANO CLIENTE: P01-S004-1800-06-37-0061 | | | LAMINA N° 009 | | |

CADENA DE SUSPENSION DE AISLADORES TIPO FOG (120 kN)

| ITEM | DESCRIPCION | CANTIDAD | CARGA DE ROTURA |
|------|---|----------|-----------------|
| 01 | GRILLETE RECTO | 1 | 120 kN |
| 02 | ADAPTADOR ANILLO BOLA CON BASE PARA ALQUAR DESCARGADOR | 1 | 120 kN |
| 03 | AISLADOR ESTANDAR MDRO | 13 | 120 kN |
| 04 | DESCARGADOR DOBLE TIPO RAQUETA | 2 | - |
| 05 | ADAPTADOR LARGO ROTULA-DUO CON BASE PARA ALQUAR DESCARGADOR | 1 | 120 kN |
| 06 | GRAPA DE SUSPENSION | 1 | 120 kN |
| 07 | VARILLA DE ARMAR | 1 | 120 kN |



- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1. PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE.
- DIMENSIONES EN MILIMETROS Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.

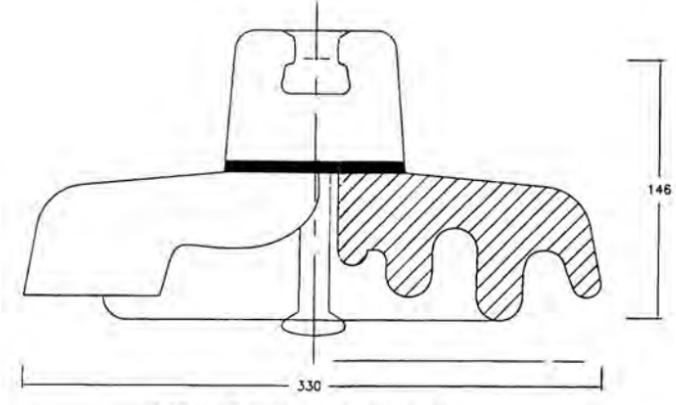
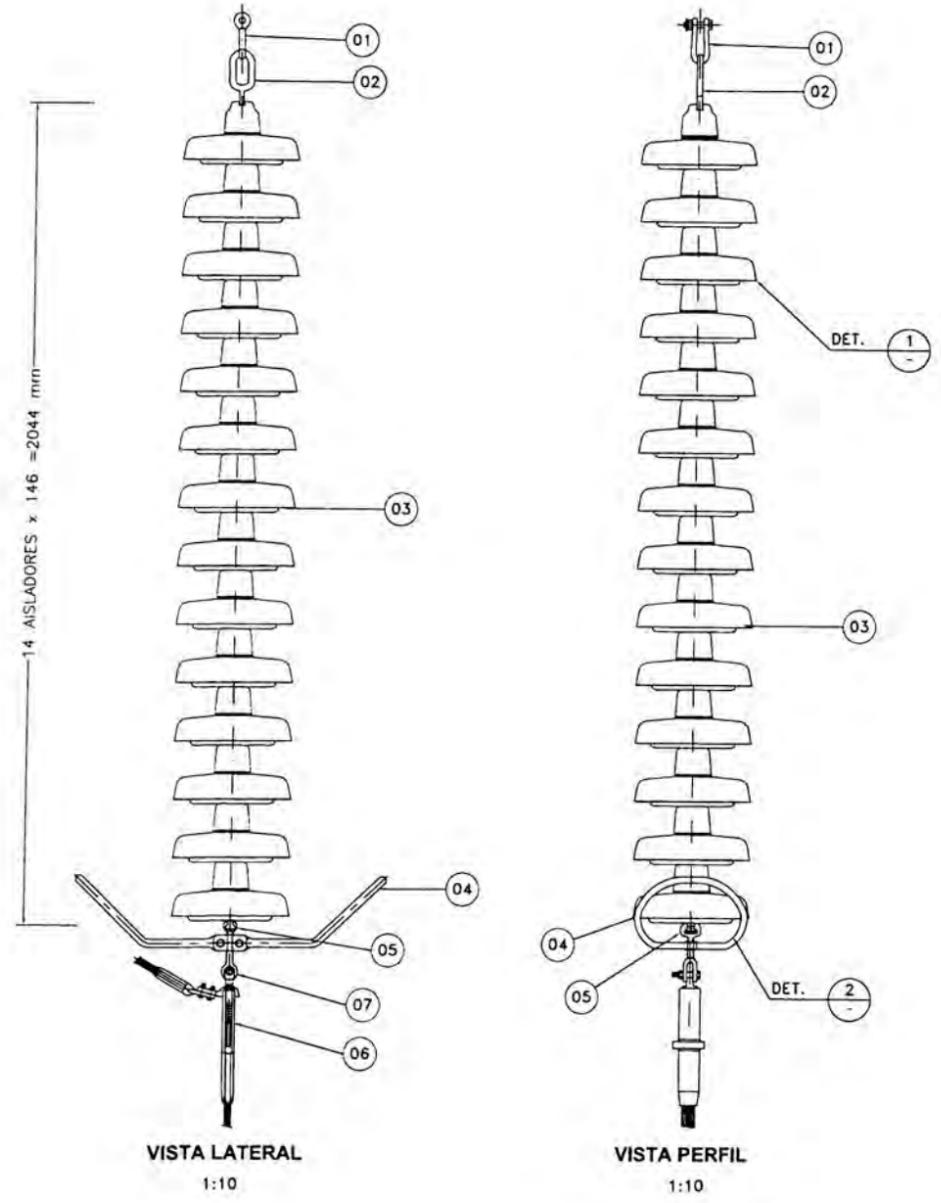
| | | | | | | |
|------|---|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1:2 | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200mm |
| 1:5 | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500mm |
| 1:10 | 0 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000mm |

| REFERENCIAS | REFERENCIAS | REFERENCIAS | REVISIONES | DESCRIPCION | FECHA | POR | EJEC. | PLV. | APROB. | CUENTE |
|-------------|-------------|-------------|------------|---------------------------------|------------|-----|-------|------|--------|--------|
| | | | ▲ | ENTRO PARA EXPEDIENTE FINAL | 18.12.2011 | LAL | HCM | ROF | F.O. | |
| | | | ▲ | ENTRO PARA REVISION DEL CLIENTE | 12.10.2011 | LAL | HCM | ROF | F.O. | |
| | | | ▲ | ENTRO PARA REVISION INTERNA | 26.09.2011 | LAL | HCM | ROF | F.O. | |
| | | | ▲ | | | | | | | |

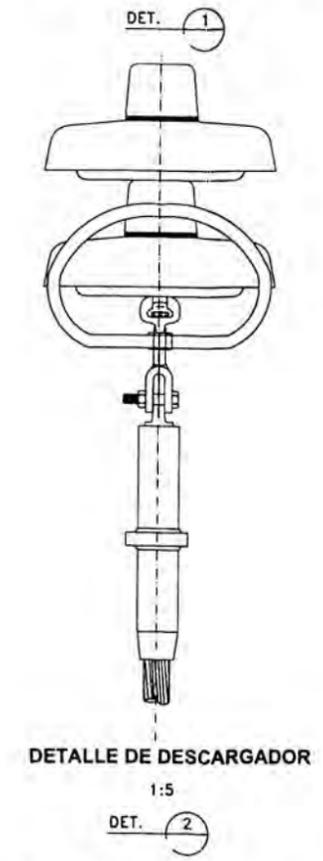
| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| CESEL INGENIEROS | EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | POR: LAL EJECUTADO: HCM REVISADO: ROF APROBADO: F.O. | FECHA: 30-2011 30-2011 30-2011 30-2011 | PROYECTO: ING. BASICA Y DETALLE S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV. |
| | | ESCALA: 1:300 | | CONFIRMADO: DETALLE DE CADENA DE SUSPENSION CON AISLADORES TIPO FOG - L.I.T.T. EN 138 kV |
| N° PLANO CLIENTE: P01-5004-1800-06-37-0052 (1de2) | | LAMINA N°: 010 | | ESTE PLANO NO ES VALIDO A MENOS QUE LA ÚLTIMA REVISION ESTE FIRMADA Y SELLADA |

CADENA DE ANCLAJE DE AISLADORES TIPO FOG (160 kN)

| ITEM | DESCRIPCION | CANTIDAD | CARGA DE ROTURA |
|------|---|----------|-----------------|
| 1 | GRILLETE RECTO | 1 | 160 kN |
| 2 | ADAPTADOR ANILLO BOLA CON BASE PARA ALOJAR DESCARGADOR | 1 | 160 kN |
| 3 | AISLADOR ESTANDAR MADRID | 14 | 160 kN |
| 4 | DESCARGADOR DOBLE TIPO RAQUETA | 2 | - |
| 5 | ADAPTADOR LARGO ROTULA-OJO CON BASE PARA ALOJAR DESCARGADOR | 1 | 160 kN |
| 6 | GRAPA DE ANCLAJE TIPO COMPRESION | 1 | 160 kN |
| 7 | ADAPTADOR HORQUILLA-BOLA | 1 | 160 kN |



DETALLE DE AISLADOR 160 kN 1:2



DETALLE DE DESCARGADOR 1:5

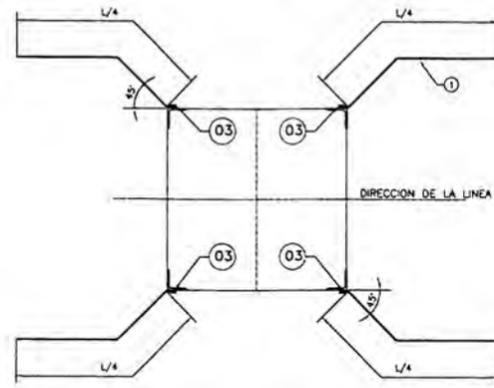
- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1. PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE.
- DIMENSIONES EN MILIMETROS Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.

| | | | | | | |
|------|---|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1:2 | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200mm |
| 1:5 | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500mm |
| 1:10 | 0 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000mm |

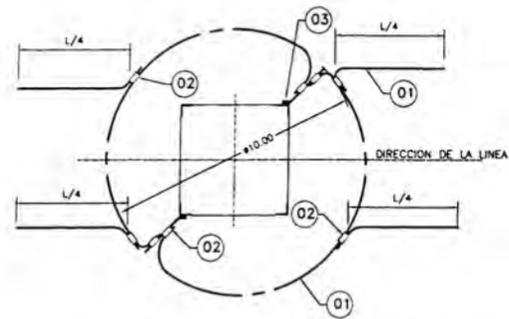
| No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA | No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA | FECHA | REV. | DESCRIPCION | FECHA | POR | EJEC. | REV. | APROB. | CLIENTE |
|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|------------|------|-------------|--------|--------|-------|------|--------|---------|
| | | | | 13.12.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | | | | |
| | | | | 12.10.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | | | | |
| | | | | 26.09.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | | | | |

| | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|--|----------------|-------|--|
| CESEL INGENIEROS | | | EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | | | |
| POR: LAL EJECUTADO: H.C.M. REVISADO: R.O.F. APROBADO: F.O.D. | FIRMA FIRMA FIRMA FIRMA | FECHA DEC-2011 DEC-2011 DEC-2011 DEC-2011 | PROYECTO: ING. BASICA Y DETALLE S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV. | | | |
| ESCALA: 1:500 N° PLANO: P01-S004-1800-06-37-0062 | | | CONTENIDO: DETALLE DE CADENA DE ANCLAJE CON AISLADORES TIPO FOG L.L.T.T EN 138 kV | | | |
| | | | N° PLANO CLIENTE: P01-S004-1800-06-37-0062 (2de2) | LAMINA N°: 011 | REV.: | |

CONFIGURACIONES DE PUESTA A TIERRA



TIPO A:
CUATRO CONTRAPESOS HORIZONTALES



TIPO B:
UN CONTRAPESO EN ANILLO + CONTRAPESOS HORIZONTALES

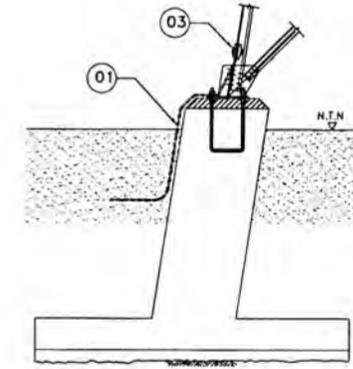
CONFIGURACION TIPO 'A'

| TIPO DE PUESTA A TIERRA | RESISTIVIDAD DEL TERRENO (Ohm-m) | LONGITUD TOTAL (L) CONTRAPESO (m) | RESISTENCIA A TIERRA MAXIMA (Ohm) |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| A1 | 0-99 | 5 | 25 |
| A2 | 99-168 | 10 | 25 |
| A3 | 168-232 | 15 | 25 |
| A4 | 232-292 | 20 | 25 |
| A5 | 292-408 | 30 | 25 |
| A6 | 408-518 | 40 | 25 |
| A7 | 518-624 | 50 | - |
| A8 | 624-728 | 60 | 25 |
| A9 | 728-830 | 70 | 25 |
| A10 | 830-930 | 80 | 25 |
| A11 | 930-1028 | 90 | 25 |

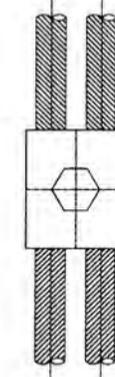
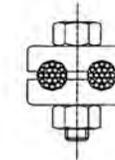
CONFIGURACION TIPO 'B'

| TIPO DE PUESTA A TIERRA | RESISTIVIDAD DEL TERRENO (Ohm-m) | LONGITUD TOTAL (L) CONTRAPESO (m) | RESISTENCIA A TIERRA MAXIMA (Ohm) |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| B1 | 0-186 | 5 | 10 |
| B2 | 186-214 | 10 | 10 |
| B3 | 214-239 | 15 | 10 |
| B4 | 239-264 | 20 | 10 |
| B5 | 264-310 | 30 | 10 |
| B6 | 310-354 | 40 | 10 |
| B7 | 354-397 | 50 | 10 |
| B8 | 397-438 | 60 | 10 |
| B9 | 438-479 | 70 | 10 |
| B10 | 479-519 | 80 | 10 |
| B11 | 519-558 | 90 | 10 |

EN ESTA CONFIGURACION SE INCLUYE UN CONTRAPESO HORIZONTAL EN ANILLO DE 10 m DE DIAMETRO CON UNA LONGITUD APROX. DE 40 m DE CONDUCTOR.



DETALLE DE CONEXION A FUNDACION DE TORRE



CONECTOR DE BRONCE DE VIAS PARALELAS

RELACION DE MATERIALES

| N° | DESCRIPCION | CANT. | TIPO DE PUESTA A TIERRA | |
|----|--------------------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | | | A | B |
| 1 | CONDUCTOR COPPERWELD 70 mm² | m | L | 40(*) |
| 2 | CONECTOR DE BRONCE DE VIAS PARALELAS | m | - | 8 |
| 3 | CONECTOR CONDUCTOR-ESTRUCTURA | u | 4 | 4 |

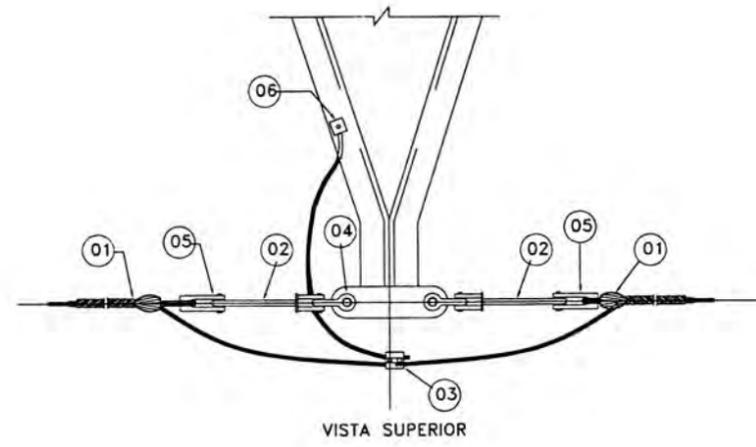
(*) ESTA LONGITUD NO CONSIDERA EL CONTRAPESO HORIZONTAL "L"

NOTAS :

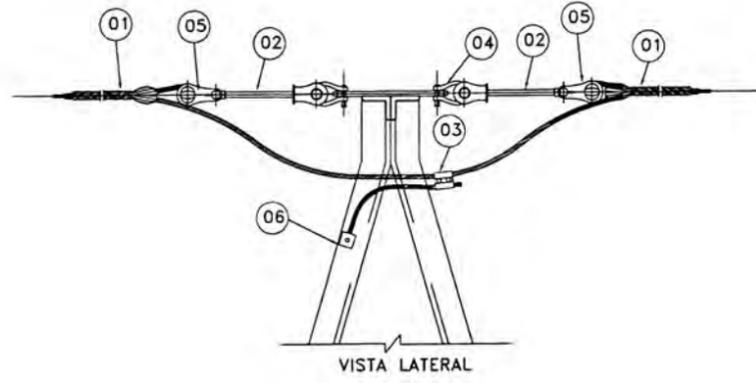
- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE
- DIMENSIONES EN MILIMETROS Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.

| | | | | | |
|--------------------------|--------|-------|----------|--|--|
| | | | | EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | |
| POR | E.E.R. | FIRMA | FECHA | PROYECTO: | |
| EJECUTADO | R.C.W. | | DEC-2011 | ING. BASICA Y DETALLE | |
| REVISADO | R.O.F. | | DEC-2011 | S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I | |
| APROBADO | F.O.D. | | DEC-2011 | Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV. | |
| ESCALA: 5/8 | | | | CONTENIDO: | |
| N° PLANO: | | | | DETALLE DE PUESTA A TIERRA | |
| P01-S004-1800-06-37-0063 | | | | LINEA DE TRANSMISION 138 kV | |
| N° PLANO CLIENTE: | | | | N° PLANO CLIENTE: | |
| P01-S004-1800-06-37-0063 | | | | P01-S004-1800-06-37-0063 | |
| LAMINA N° | | | | REV. | |
| 012 | | | | 012 | |

REVISIONES
 No. PLANO REF.
 NOMBRE PLANO DE REFERENCIA
 No. PLANO REF.
 NOMBRE PLANO DE REFERENCIA



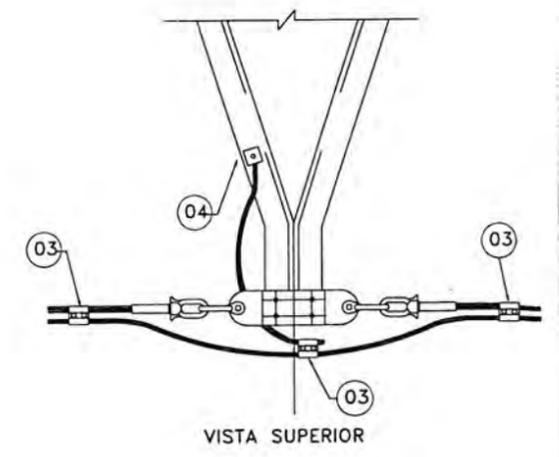
VISTA SUPERIOR



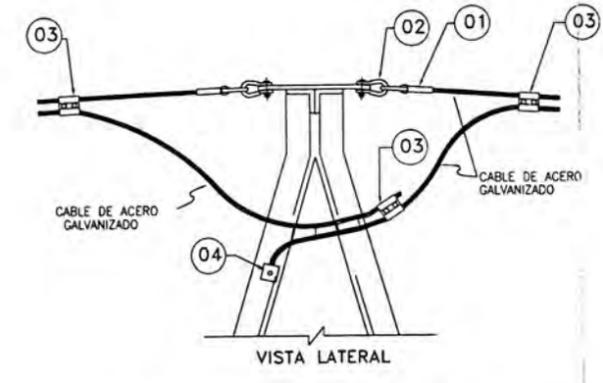
VISTA LATERAL

ANCLAJE DEL CABLE DE GUARDA DE FIBRA OPTICA TIPO OPGW S/E

| ITEM | DESCRIPCION | CANT. |
|------|--------------------------------|-------|
| 1 | AMARRE PREFORMADO DE RETENCION | 2 |
| 2 | ALARGADOR OJO HORQUILLA | 2 |
| 3 | CONECTOR DE DOS VIAS | 1 |
| 4 | GRILLETE A' G' | 2 |
| 5 | SUJETADOR Y GUARDACABO | 2 |
| 6 | CONECTOR A TIERRA | 1 |



VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL

ANCLAJE DEL CABLE DE GUARDA DE ACERO GALVANIZADO TIPO EHS S/E

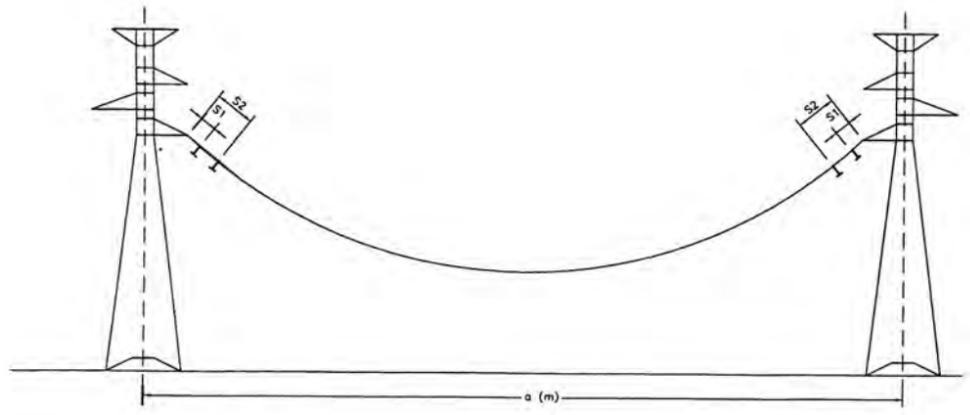
| ITEM | DESCRIPCION | CANT. |
|------|-----------------------------|-------|
| 1 | GRAPA DE ANCLAJE (MANGUITO) | 2 |
| 2 | GRILLETE A' G' | 2 |
| 3 | CONECTOR DE DOS VIAS | 3 |
| 4 | CONECTOR A TIERRA | 1 |

| REFERENCIAS | REFERENCIAS | REFERENCIAS | REFERENCIAS |
|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA | No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA |
| | | | |

| REVISIONES | REVISIONES |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|-------------|
| FECHA | POR | EJEC. | REV. | APROB. | CLIENTE | DESCRIPCION | DESCRIPCION |
| 13.12.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | | EMITIDO PARA EXPEDIENTE FINAL | |
| 13.10.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | | EMITIDO PARA REVISION DEL CLIENTE | |
| 26.06.2011 | LAL | H.C.M. | R.O.F. | F.O.D. | | EMITIDO PARA REVISION INTERNA | |

| | | | | | |
|--|--------|-------|--|---|--|
| CESEL INGENIEROS | | | EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | | |
| POR: | LAL | FIRMA | FECHA | PROYECTO: ING. BASICA Y DETALLE S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV. | |
| EJECUTADO: | H.C.M. | | DEC-2011 | | |
| REVISADO: | R.O.F. | | DEC-2011 | | |
| APROBADO: | F.O.D. | | DEC-2011 | | |
| ESCALA: 1:300 | | | CONTENIDO: DETALLE DE FIJACION DE CABLE DE GUARDA TIPO EHS Y OPGW L.T. EN 138 KV | | |
| N° PLANO: | | | N° PLANO CLIENTE: | | |
| P01-S004-1800-06-37-0064 | | | P01-S004-1800-06-37-0064 | | |
| | | | LAMINA N° 013 | | |
| ESTE PLANO NO ES VALIDO A MENOS QUE LA ULTIMA REVISION ESTE FIRMADA A MANO | | | | | |

P01-S004-1800-06-37-0064
 NOMBRE DEL CONTRATISTA O SUBCONTRATISTA
 NOMBRE DEL COMITENTE O SUBCOMITENTE
 ESC. DE PLOTO 0.49161
 FORMATO: A3

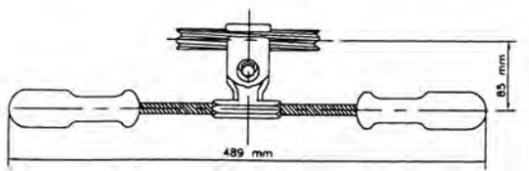


NUMERO DE AMORTIGUADORES STOCKBRIDGE EN CADA EXTREMIDAD DEL VANO

| CONDUCTOR | | CABLE DE GUARDA EHS 70mm ² | |
|-----------|-------------|---------------------------------------|--------------|
| a<350m | 350m<a<700m | a<500m | 500m<a<1000m |
| 1 | 2 | 1 | 2 |

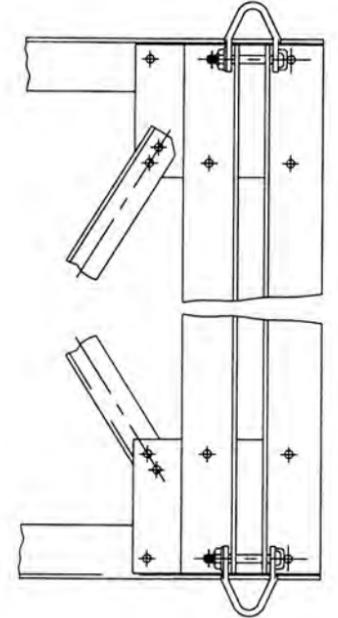
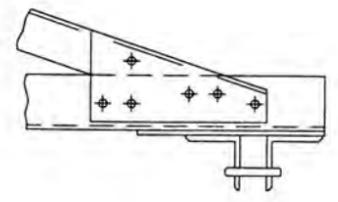
| CABLE DE GUARDA OPGW 108mm ² | | DISTANCIAMIENTO | | |
|---|-------------|---------------------------------------|--------|------|
| a<450m | 450m<a<900m | S1 (m) | S2 (m) | |
| 1 | 2 | CONDUCTOR | 1.30 | 2.60 |
| | | CABLE DE GUARDA EHS 70mm ² | 0.44 | 0.90 |
| | | CABLE GUARDA OPGW 108mm ² | 0.55 | 1.00 |

DISPOSICION DE AMORTIGUADORES STOCKBRIDGE

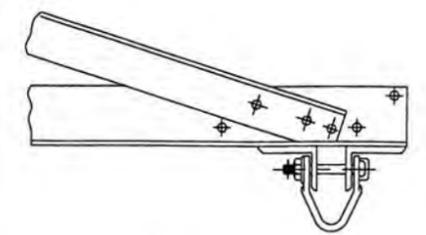


AMORTIGUADOR STOCKBRIDGE

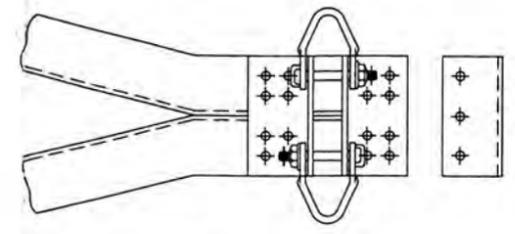
| DESCRIPCION | AMORTIGUADOR STOCKBRIDGE |
|----------------------------|--|
| MATERIAL | GRAPA: ALUMINIO CONTRAPESOS: ACERO GALVANIZADO |
| RANGO DE DIAMETRO DE GRAPA | CONDUCTOR AAC: 22.63m CABLES DE GUARDA AHS: 11.11mm OPGW: 14.00mm |
| NORMA | DIN VDE 0212(50-51-52-53-54-55) |
| PESO APROX. | 3.27 Kg (AAC) - 1.8 KG (C.G.) |



CRUCETA CUADRADA ANCLAJE



CRUCETA TRIANGULAR SUSPENSION



CRUCETA TRIANGULAR ANCLAJE

| No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA | No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA |
|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| REV. | DESCRIPCION | FECHA | POR | EJEC. | REV. | APROB. | CUENTE |
|------|-------------|-------|-----|-------|------|--------|--------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | <table border="1"> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> | NOMBRE | FIRMA | FECHA | | | | | | | | | | <p>EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN</p> |
|--|--|--------------------------|---------------|--|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|--|--|--|--|---|
| | NOMBRE | FIRMA | FECHA | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>PROYECTO:</td> <td>ING. BASICA Y DETALLE</td> </tr> <tr> <td></td> <td>S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV</td> </tr> </table> | PROYECTO: | ING. BASICA Y DETALLE | | S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I | | Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV | | | | | | | | |
| PROYECTO: | ING. BASICA Y DETALLE | | | | | | | | | | | | | |
| | S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I | | | | | | | | | | | | | |
| | Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>ESCALA:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Nº PLANO: S/E</td> <td> </td> </tr> </table> | ESCALA: | | Nº PLANO: S/E | | <table border="1"> <tr> <td>CONTENIDO:</td> <td>DETALLE DE AMORTIGUADORES Y ESTRIBOS</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV</td> </tr> </table> | CONTENIDO: | DETALLE DE AMORTIGUADORES Y ESTRIBOS | | LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV | | | | | |
| ESCALA: | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº PLANO: S/E | | | | | | | | | | | | | | |
| CONTENIDO: | DETALLE DE AMORTIGUADORES Y ESTRIBOS | | | | | | | | | | | | | |
| | LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Nº PLANO CLIENTE:</td> <td>P01-5004-1800-06-37-0065</td> <td>LAMINA Nº:</td> <td>014</td> </tr> </table> | Nº PLANO CLIENTE: | P01-5004-1800-06-37-0065 | LAMINA Nº: | 014 | <table border="1"> <tr> <td>REV.</td> <td> </td> </tr> </table> | REV. | | | | | | | | |
| Nº PLANO CLIENTE: | P01-5004-1800-06-37-0065 | LAMINA Nº: | 014 | | | | | | | | | | | |
| REV. | | | | | | | | | | | | | | |

**LINEA DE TRANSMISION 138 kV, S.E. PARAGSHA II - S.E. PLANTA DE OXIDOS
PLANILLA DE ESTRUCTURAS**

| TORRE N° | UBICACION DE ESTRUCTURAS | | COORDENADAS | | VANO REAL ADELANTE (m) | VANO MEDIO (m) | VANO PESO CALIENTE (m) | ANGULO TOPOGRAFICO | NUMERO DE VERTICE | TIPO DE ESTRUCTURA | AISLADORES | | | AMORTIGUADORES AAAC POR VANO | AMORTIGUADORES CABLE DE GUARDA | | N° DE TRAMO | VANO REGULADOR (m) | PARAMETRO CATENARIA (m) | TIPO DE PUESTA A TIERRA | OBSERVACIONES |
|----------|--------------------------|----------|--------------|---------------|------------------------|----------------|------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------|-----------|-------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | ESTACION (m) | COTA (m) | ESTE (X) (m) | NORTE (Y) (m) | | | | | | | ANCLAJE | | ORIENTACION | | EHS POR VANO | OPGW POR VANO | | | | | |
| | | | | | | | | | | | NORMAL | INVERTIDA | | | | | | | | | |
| | 0.00 | 4371.37 | 360589.37 | 8820205.71 | 37.43 | 19 | 18 | 0°0'0" | PORT | PORT | 3 | - | - | - | - | - | 1 | 36.04 | 368 | A | INICIO DE LINEA DE 138 kV S.E. PARAGSHA |
| 1 | 37.43 | 4369.63 | 360614.93 | 8820178.37 | 155.09 | 96 | 80 | 86°34'12" | V-1 | T90 | 6 | - | - | 3 | 1 | 1 | 2 | 154.22 | 889 | 2 | UBICADO EN AREA CONCESION VOLCAN |
| 2 | 192.52 | 4376.53 | 360508.20 | 8820065.86 | 178.20 | 167 | 125 | -19°15'36" | V-2 | A35-3 | 6 | - | - | 3 | 1 | 1 | 3 | 178.13 | 944 | 1 | UBICADO EN AREA CONCESION VOLCAN |
| 3 | 370.72 | 4388.73 | 360435.05 | 8819903.36 | 276.99 | 228 | 465 | -05°19'48" | V-3 | A35-3 | 6 | - | - | 6 | 1 | 1 | 4 | 277.48 | 1135 | 2 | UBICADO EN AREA CONCESION VOLCAN |
| 4 | 647.71 | 4380.11 | 360345.32 | 8819641.31 | 119.88 | 199 | 310 | -35°00'00" | V-4 | A35 | 6 | - | - | 3 | 1 | 1 | 5 | 119.60 | 796 | 1 | UBICADO EN AREA CONCESION VOLCAN |
| 5 | 767.58 | 4374.86 | 360378.91 | 8819526.24 | 337.37 | 229 | 261 | 34°28'48" | V-5 | A35-3 | 6 | - | - | 6 | 1 | 1 | 6 | 336.57 | 1220 | 1 | UBICADO EN AREA CONCESION VOLCAN |
| 6 | 1104.96 | 4362.00 | 360273.50 | 8819205.75 | 127.17 | 232 | 182 | 06°54'00" | V-6 | A35-3 | 6 | - | - | 6 | 1 | 1 | 7 | 127.34 | 818 | 1 | UBICADO EN AREA CONCESION VOLCAN |
| 7 | 1232.13 | 4359.80 | 360211.17 | 8819089.85 | 41.03 | 84 | 105 | 17°59'24" | V-7 | T90 | 6 | - | - | 3 | - | - | 8 | 41.10 | 383 | 1 | UBICADO EN AREA CONCESION VOLCAN |
| | 1273.16 | 4357.12 | 360216.66 | 8819049.06 | 0.00 | 21 | -98 | 00°00'00" | PORT | PORT | 3 | - | - | - | - | - | 9 | 0.00 | 0.00 | A | LLEGADA A S.E. PLANTA DE OXIDOS |

| REFERENCIAS | REVISIONES |
|--------------------------|--------------------------------|
| P01-S004-1800-06-37-0063 | DETALLE DE PUESTA A TIERRA |
| P01-S004-1800-06-37-0066 | PLANILLA DE ESTRUCTURAS |
| P01-S004-1800-06-37-0055 | TRAZO DE RUTA |
| P01-S004-1800-06-37-0061 | ARREGLO DE ESTRUCTURA TERMINAL |
| P01-S004-1800-06-37-0060 | ARREGLO DE ESTRUCTURA ANCLAJE |
| No. PLANO REF. | NOMBRE PLANO DE REFERENCIA |

| | | | | | |
|--|---|--------|----------|--|--|
| | | | | | |
| EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C. - VOLCAN | | | | | |
| PROYECTO: | ING. BASICA Y DEFINITIVA S.E. PARAGSHA II, S.E. PLANTA OXIDOS I Y LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV. | | | | |
| CONTENIDO: | PLANILLA DE ESTRUCTURAS LINEA DE TRANSMISION EN 138 kV | | | | |
| PROYECTADO: | ALM | FECHA: | DEC-2011 | | |
| EJECUTADO: | ALM | FECHA: | DEC-2011 | | |
| REVISADO: | R.O.F. | FECHA: | DEC-2011 | | |
| APROBADO: | F.O.D. | FECHA: | DEC-2011 | | |
| ESCALA: | S/E | | | | |
| N° PLANO: | P01-S004-1800-06-37-0066 | | | | |
| N° PLANO CLIENTE: | P01-S004-1800-06-37-0066 | | | | |
| LAMINA N°: | 015 | | | | |