

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



## **ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV**

### **INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

### **INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**

**PROMOCIÓN  
2005- II**

**LIMA – PERÚ  
2011**

**ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE  
LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE  
TRANSMISIÓN EN 138 kV**

*A mí querida esposa Violeta por su amor, su apoyo incansable y por siempre animarme para la obtención del Título Profesional.*

*A mí hijo Joaquín Daniel que es la inspiración y la razón de de todas las cosas que puedo emprender en la vida.*

*A mis recordados padres Teófilo y Sila, que me inculcaron las ganas de superación en la vida y por su apoyo permanente para lograr el Profesional que ahora soy.*

*A la Empresa ABS Ingenieros S.A.C., por la información facilitada y los conocimientos aprendidos que me llevaron a la realización de este informe.*

## **SUMARIO**

El presente Informe de Suficiencia, plasma la metodología que se emplea para desarrollo de los cálculos justificativos de una línea de transmisión en 138 kV ubicada en la zona costera del territorio nacional, para ello en los capítulos siguientes que se desarrollan se detalla en forma concienzuda los cálculos eléctricos, mecánicos y matemáticos de ingeniería que nos lleve a sentar las base para la implementación de la ingeniería de detalle y posterior ejecución de la línea en estudio.

En el desarrollo de este informe se ha considerado los esfuerzos mecánicos que someten a los conductores y las estructuras, explicando como es el comportamiento de este tipo de materiales cuando es sometido a dichas fuerzas externas. Así mismo se muestra el comportamiento eléctrico correspondiente a las distancias de aislamiento tanto del conductor activo y de los aisladores que se utilizarán en la construcción de la línea.

Para mejor entendimiento de la metodología y los cálculos mostrados, se ha considerado el tramo N° 3 como tramo representativo de la línea de transmisión en análisis, de tal manera que los cálculos mostrados sean entendibles y detallistas.

Con la elaboración de este informe de suficiencia esperamos que se haya contribuido de alguna forma a despejar las interrogantes sobre esta rama de la ingeniería eléctrica y que este estudio sea una guía para la elaboración de los cálculos de ingeniería de una líneas de transmisión en 138 kV.

## ÍNDICE

<b>SUMARIO .....</b>	<b>V</b>
<b>PROLOGO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>OBJETIVOS Y ALCANCES .....</b>	<b>2</b>
1.1 Objetivo .....	2
1.2 Alcance .....	2
<b>CAPITULO II</b>	
<b>CRITERIOS GENERALES DE LA VARIACIÓN DEL TRAZO DE RUTA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Criterios técnicos para plantear el trazo de ruta de una línea de transmisión ..	4
2.2 Planteamiento del problema .....	7
2.3 Análisis de posible alternativa para la variación del trazo de ruta.....	8
<b>CAPITULO III</b>	
<b>CRITERIOS DE DISEÑO ELÉCTRICO .....</b>	<b>10</b>
3.1 Cálculo de los parámetros de la línea .....	11
3.2 Aislamiento por aspectos ambientales y climatológicos.....	12
3.2.1 Factor de corrección por altitud de instalación.....	13
3.2.2 Aislamiento producto de la contaminación ambiental.....	13
3.2.3 Aislamiento por sobretensiones a frecuencia industrial bajo lluvia .....	14
3.2.4 Aislamiento por sobretensión de impulso .....	15
3.3 Características del aislador seleccionado .....	16
3.4 Verificación de esfuerzos mecánicos del aislador seleccionado.....	17
3.4.1 Análisis mecánico del aislador seleccionado.....	17
3.4.2 Verificación de la cadena de suspensión.....	18
3.4.3 Verificación de la cadena de anclaje .....	19
3.5 Resumen del cálculo de aislamiento .....	19
3.6 Criterios eléctricos sobre el conductor seleccionado .....	20
3.7 Pérdidas eléctricas en la transmisión de potencia en una línea .....	21
3.7.1 Pérdidas variables (Pérdidas por efecto Joule).....	22
3.7.2 Pérdidas fijas (Pérdidas por efecto Corona).....	23
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>CRITERIOS DE DISEÑO MECÁNICO .....</b>	<b>27</b>

4.1	Consideraciones del grado de construcción y de la zona de carga.....	27
4.2	Cargas ejercidas por acción del viento .....	28
4.3	Cargas ejercidas sobre las estructuras.....	28
4.4	Cargas ejercidas sobre el conductor .....	30
4.4.1	Carga de todos los días (EDS) .....	30
4.4.2	Cálculo del EDS final .....	30
4.5	Cálculo de la temperatura equivalente por efecto Creep.....	33
4.6	Definición de la hipótesis de estado de la línea .....	34
<b>CAPITULO V</b>		
<b>CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN .....</b>		<b>37</b>
5.1	Cálculos de sobrecarga del conductor por Hipótesis.....	37
5.1.1	Cálculos de sobrecargas del conductor en las hipótesis:.....	38
5.1.2	Cálculos de esfuerzos del conductor en las hipótesis: .....	39
5.2	Cálculo de los esfuerzos hacia la Hipótesis de templado.....	40
5.3	Cálculo de esfuerzos, catenaria y parámetro de catenaria.....	42
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>VERIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS UTILIZADAS .....</b>		<b>45</b>
6.1	Cálculos mecánico de las estructuras y crucetas .....	45
6.1.1	Cálculos mecánicos de estructuras .....	46
6.1.2	Cálculos mecánicos de Crucetas (Análisis de casos críticos).....	51
6.2	Cálculos de las distancias de seguridad.....	56
6.2.1	Distancia horizontal a medio vano .....	56
6.2.2	Distancia vertical del conductor al terreno .....	56
6.2.3	Distancia vertical entre conductores a propiedades y edificaciones.....	57
6.2.4	Distancia vertical entre conductores de diferentes circuitos .....	57
6.2.5	Distancia del conductor a la estructura .....	57
6.3	Vibración de los conductores .....	58
<b>CAPITULO VII</b>		
<b>ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE PUESTA A TIERRA.....</b>		<b>59</b>
7.1	Mediciones tomadas en el terreno.....	59
7.2	Modelo de medición utilizado (Método de Wenner) .....	60
7.2.1	Cálculo de la puesta a tierra de una línea de transmisión .....	60
7.2.2	Resumen del diseño de puesta a tierra.....	63
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>67</b>

**ANEXOS**

<b>ANEXO N° A</b>	<b>Cálculos Eléctricos.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO N° B</b>	<b>Cálculos Mecánicos.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO N° C</b>	<b>Planilla de Estructuras.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO N° D</b>	<b>Tabla de Fechados sobre poleas.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO N° E</b>	<b>Puesta a Tierra.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO N° F</b>	<b>Láminas y Planos.....</b>	<b>108</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....</b>		<b>135</b>

## PROLOGO

Una línea de transmisión para cualquier nivel de tensión con el transcurrir de los años va reduciendo su vida útil, más aún cuando esta ubicada en una zona donde la contaminación y la polución esta presente en el medio ambiente, por ende estas condiciones hacen que las partes metálicas de la línea tiendan a corroerse, poniendo en riesgo el suministro de energía a los usuarios conectados a las subestaciones asociadas y generando pérdidas económicas a las Empresas propietarias de las líneas por un constante mantenimiento.

Es aquí donde se ve la importancia de la ingeniería para dar solución al problema descrito, siendo la finalidad de este Informe de Suficiencia mostrar el desarrollo técnico – económico más viable, que nos permita realizar la remodelación parcial o total de la línea de transmisión. La ingeniería desarrollada en este estudio sentará las bases para la elaboración de la ingeniería de detalle; y posteriormente la ejecución de las obras correspondiente al montaje electromecánico.

Bajo esta problemática encontrada en la línea, se ha creído conveniente desarrollar la remodelación de un tramo de la misma, para ello se sugiere la implementación de una nueva línea de transmisión paralela a la existente que reemplace al tramo deteriorado y de esta manera garantizar el suministro a los usuarios.

El Informe esta abocado a mostrar el análisis mecánico y eléctrico de una línea de transmisión en 138 kV a implementarse en la costa del país; detallando las metodologías que se emplean en los cálculos justificativos en este tipo de estudio, para ello se tomarán como ejemplo algunos tramos de la línea que ayuden comprender mejor los procedimientos de cálculo.

Los capítulos mostrados en el siguiente Informe comprenden la selección más optima del nuevo trazo de ruta para el tramo con deterioro, también como los criterios a tener en cuenta en el diseño eléctrico y mecánico de una línea de transmisión en 138 kV, el compartimiento mecánico y físico del conductor y de las estructuras que se emplearán para su soporte y finalmente se desarrollará el estudio de la puesta a tierra para brindará la seguridad correspondiente a la nueva línea.

Espero que este informe sirva para aquellas personas interesadas en el estudio de una línea de transmisión, y que contribuya a dilucidar las dudas sobre este tema.



# **CAPITULO I**

## **OBJETIVOS Y ALCANCES**

### **1.1 Objetivo**

El objeto de este Informe de Suficiencia es presentar la elaboración de los cálculos justificativos realizados en una línea de transmisión en 138 kV ubicado en una zona costera del país, que sea la base del desarrollo de la Ingeniería de Detalle, que nos lleve a la implementación y construcción de la línea de transmisión.

En este informe se plasma los conceptos de ingeniería aplicables a la elaboración de los cálculos justificativos, explicando adicionalmente las metodologías empleadas para el desarrollo del diseño de una línea de transmisión.

### **1.2 Alcance**

La vida útil de la línea de transmisión L-1115 (de la SE Trujillo Norte hacia la SE Motil), ha terminado debido a que la mayor parte de sus estructuras se encuentran en mal estado por la corrosión ambiental que presenta la zona, este deterioro se ha evidenciado principalmente en el tramo comprendido desde la estructura N° 1 a la estructura N° 40; por ende en esta situación no se justifica la remodelación parcial, sino se ha previsto la construcción de una nueva línea de transmisión con nuevo trazo de ruta que sustituya al tramo más deteriorado, lo cual permitirá dar continuidad y calidad de servicio a las cargas que alimenta la línea.

En este Informe se analizaron los aspectos de ingeniería que se emplean para la elaboración de los cálculos justificativos que nos ayudarán a diseñar el nuevo trazo de ruta para una línea de transmisión en 138 kV; para ello desarrollaremos los siguientes análisis tanto ambientales como eléctricos, los cuales son:

- Criterios de diseño eléctrico
- Criterios de diseño mecánico
- Cálculos mecánicos de la línea de transmisión
- Cálculos mecánicos de las estructuras
- Estudio de la puesta a tierra.

Cabe precisar que para el análisis mecánico de conductores y estructuras se ha empleado el Software Profesional para el “Diseño de Líneas de Transmisión Aérea” DLTCAD versión 2010, sin embargo se hace un análisis manual y detallado de estos

cálculos de ingeniería, para de esa manera mostrar la metodología utilizada en este tipo de estudio.

Con este informe realizado se desea obtener la ingeniería necesaria y suficiente para la ejecución de la obra de la nueva variante de ruta de la línea de transmisión (L-1115) en 138 kV.

## **CAPITULO II**

### **CRITERIOS GENERALES DE LA VARIACIÓN DEL TRAZO DE RUTA**

#### **2.1 Criterios técnicos para plantear el trazo de ruta de una línea de transmisión**

El desarrollo de este capítulo es de suma relevancia, por ser el inicio del estudio de ingeniería de la línea, tanto como tener los criterios de diseño mecánico y eléctrico. En esta parte detallaremos los aspectos que debemos tener en cuenta para lograr una buena elección del trazo de ruta de una línea de transmisión para cualquier nivel de tensión.

- **Recopilación de información;** el primer paso es el levantamiento topográfico de la zona donde pasará la línea, para ello debemos apoyarnos en los planos cartográficos y geológicos, planos de reservas forestales o protegidas, plano de zonas arqueológicas, planos de vías de comunicación, planos de las redes telefónicas de la zona, planos de redes eléctricas de transmisión y distribución y fotos aéreas (LANDSAT, SPOT y Google Earth), esto con el fin de identificar los atributos de la zona del proyecto.
- **Evaluar varias alternativas;** en toda alternativa debe existir un equilibrio entre el diseño técnicamente aceptable y el costo que tendría la línea. Es por esta razón que el criterio básico es diseñar la línea trazándola por la ruta mas corta (en lo posible en línea recta) y de esa forma evitaremos que contengan varios vértices que harían encarecer el proyecto, de no ser así, se debe reducir al máximo los ángulos de desvío. No esta de más mencionar que tener varia alternativas nos ayudará a una mejor evaluación técnico-económica.
- **Estudios de zonas especiales;** se debe evitar realizar el trazo de ruta de una línea por zonas especiales (zona arqueológicas, industriales, poblacionales, protegidas, etc.), ya que tenemos que adquirir una faja de servidumbre y estas suelen ser costosas. En las ultimas década se ha establecidos que para que la línea atravesese estas zonas especiales se justifique que la instalación de la línea no infiere ni perjudica a estas áreas; es así que se debe desarrollar los estudios del CIRA (Certificado de Inafectación de Recursos Arqueológicos) y el EIA (Estudio de Impacto Ambiental), que nos permitirá justificar que nuestra línea no altera el entorno y daña zonas protegidas.

- **Redes existentes cercanas a la línea;** es importante evitar en lo posible que el recorrido de la línea tenga cruces con otras líneas de transmisión, distribución y de comunicaciones existentes, caso contrario se deberá respetar las distancias mínimas de seguridad establecidas por el Código Nacional de Electricidad (CNE). Es conocido que las líneas de transmisión no deben ser montadas cercanas a las redes telefónicas, ya que producen interferencias por inducción y la reubicación de las mismas generan un incremento presupuestal del proyecto; pero en ocasiones es más económico para el proyecto el traslado de la red de telefonía antes que modificar el diseño de la línea de transmisión.
- **Ubicación del recorrido de la línea;** la ubicación de la línea nos garantiza su conservación y acceso a la misma, por lo tanto se debe trazar la ruta tratando de acercarse lo más posible a las carreteras o caminos existentes, ya que esto nos ayudará en la etapa de implementación de la línea, brindando accesos para el traslado de materiales para su construcción. Se recomienda en lo posible utilizar la faja de servidumbre de las autopistas y/o carreteras para la instalación de la línea.
- **Consideración del terreno donde se montarán las estructuras;** no solo se debe tener en cuenta aspectos de trayectoria de la línea, sino también la zona donde posiblemente se izarán las estructuras; es por eso que se deben evitar trazar la ruta por laderas, ya que son propensos a deslizamiento del terreno y descargas atmosféricas; la misma consideración debemos tomar con las zonas bajas por estar proclives a inundaciones dificultando el acceso de materiales pesados en el momento de la implementación de la línea. Se deben evitarse las áreas de roca fragmentada, terrenos con arcilla y suelos con alto nivel freático, para ello debemos contar la asesoría de un profesional especializado que elabore un estudio geológico del suelo bajo el recorrido de la línea, además dicho estudio nos servirá para la el diseño de las cimentaciones de la estructuras, retenidas y puestas a tierra.
- **Impacto Ambiental;** la selección del trazo de ruta de una línea de transmisión debe esta regido por minimizar el impacto visual en áreas naturales (parques naturales, existencia de fauna protegida, etc.) e históricos (áreas arqueológicas, monumentos históricos, etc.). Este cuidado que se debe tener al ambiente no solo esta orientado en el impacto visual cuando la línea ya se encuentra instalada, sino también en todo el proceso de estudio y montaje electromecánico que se proyecta. Para evidenciar que la línea no perturba el medio ambiente se debe adjuntar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) expedido por un profesional.
- **La faja de servidumbre;** para todas líneas que se diseñan se debe considerar una faja se servidumbre cuya longitud es variable con la tensión de operación, por ende

este espacio privado debe ser adquirido a sus propietarios o municipios a través de un acuerdo económico de ambas partes, es por esta razón que se debe reducir al mínimo la afectación a terrenos privados; para ellos debemos establecer en primer instancia cuales serán las áreas de servidumbre permanentes y las temporales.

a. Servidumbre permanentes

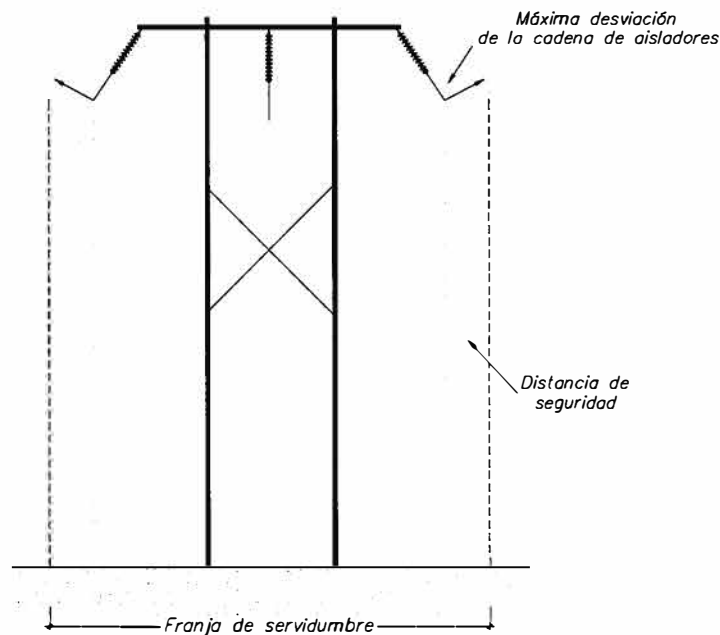
Esta área estas destinadas al funcionamiento del las líneas de transmisión y distribución, subestaciones de transmisión e instalaciones de generación eléctrica y su duración corresponde al tiempo durante el cual éstas se consideran de necesidad y utilidad pública.

b. Servidumbre temporales

Estas áreas están destinadas a almacenaje y depósitos de materiales y cualquier otro servicio que sea necesario para efectuar estudios de generación o transmisión.

c. Distancia de las servidumbre

Según el Código Nacional de Electricidad (CNE) de suministro 2011, se encuentran definidas las distancias que se considerarán para la faja de servidumbre para varios niveles de tensión, en la figura se muestra la franja de servidumbre de una estructura de suspensión tipo HS:



**Figura N° 2.1 - Faja de servidumbre**

A continuación en la tabla N° 2.1 se muestran los valores de la Norma sobre imposición de servidumbre DGE 025-P-1/1988.

Finalmente se puede concluir que la faja de servidumbre para nuestro estudio de 20m, esto es normado por el CNE de Suministros 2011.

**Tabla N° 2.1-** Anchos mínimo de la faja de servidumbre

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

## 2.2 Planteamiento del problema

Las líneas de transmisión a diferentes niveles de tensión, están sujetos a la acción de los fenómenos ambientales y climatológicos que pueden envejecer o corroer la línea, las estructuras y los accesorios con el transcurrir del tiempo. Estos aspectos acarrearán que con el correr de tiempo de operatividad de la línea no sea ya confiable, es decir se llegó al envejecimiento de la misma, y nos conlleve a que se planifique el reemplazo de toda su longitud o una parte de ella.

Es por estas razones que la Empresa (Hidrandina S.A.) dueña de la línea de transmisión en 138kV (L-1115), deberá proyectar el reemplazo total de la línea o en su defecto reemplazar el tramo más deteriorado para alargar la vida útil de la mencionada línea de transmisión.

Esta sustitución deberá incluir algunas estructuras y accesorios de ferretería que se encuentran deteriorados por la corrosión marina. A continuación se detallan los puntos saltantes encontrados en el campo y cuya información será de vital importancia para iniciar el Informe de Suficiencia; es preciso informar que este estado situacional de la línea de transmisión en 138 kV, es alcanzada por la Empresa dueña de la línea (Empresa de Distribución Eléctrica Hidrandina S.A.).

- Las dos primeras estructuras (E-01 y E-02) utilizan postes de madera importada, estas se encuentran en buen estado y no necesitan recambio. La remodelación de estas estructuras consistirían solamente el cambio de todos sus pernos de sujeción, cadenas de aisladores y toda su ferretería en general.
- En el tramo de las estructuras E-03 y E-22, las torres metálicas se encuentran bastante deterioradas por el efecto de la corrosión marina, en donde se observa que sus perfiles en la parte superior e intermedia se encuentran picados y sin el galvanizado apropiado para estos casos, por lo cual se procederá con el cambio respectivo.
- En el tramo E-23 y E-40, las torres metálicas presentan un deterioro menor que el primer tramo. El efecto corrosivo se acentúa en la parte superior de las estructuras y la ferretería de los aisladores.

- El conductor tipo AAAC 150 mm<sup>2</sup> se encuentra en regular estado e incluso en algunos puntos de sujeción, específicamente en las grapas de suspensión, también se ha observado que el conductor se encuentra fatigado, disminuyendo la capacidad de transporte de energía.

Por el estado situacional de la línea detallada anteriormente, se debe efectuar la remodelación del tramo de línea comprendida entre las estructuras N° 01 y N° 40, cuya longitud será de 13,7 km de un total de 64.4 km que comprende la línea de transmisión, lo cual permitirá dar continuidad y calidad del servicio a las cargas conectada a la subestación Motil. Para ello en este estudio se considerará efectuar la instalación de nuevas estructuras con postes de madera, ferreterías, crucetas, aisladores y accesorios, cambio del conductor del tramo de línea afectado, retenidas y puestas a tierra.

En este estudio desarrollaremos la remodelación parcial de la línea y cambio del trazo de ruta del tramo afectado.

### **2.3 Análisis de posible alternativa para la variación del trazo de ruta**

La zona del proyecto se ubica al Nor Este de la ciudad de Trujillo entre los terrenos de la subestación Trujillo Norte y la subestación Motil, ubicada en la localidad del mismo nombre, esta línea atraviesa los distritos de Laredo y Poroto en la Provincia de Trujillo; y los distritos de Salpo y Agallpampa en la provincia de Otuzco, región de La Libertad. La línea de transmisión en estudio tiene una longitud total de 64.4 Km, cuyo tramo a remodelar tiene una longitud de 13.7 km, desde la SET Trujillo Norte hacia la estructura de celosía N° 40, atravesando solo los distritos de El Porvenir, Laredo y Poroto de la provincia de Trujillo.

El trazo actual de la línea de transmisión del tramo afectado se desplaza mayormente por un suelo árido y pobre terroso (parte de este tramo corresponde al relleno sanitario de la parte norte de la ciudad de Trujillo), peñascos de poco aprovechamiento agrícola y los últimos 3.5 km la zona se torna con una vegetación mayormente arbustiva, donde la principal actividad es el cultivo de caña de azúcar.

Este recorrido ha permitido salvar grandes vanos reduciendo significativamente el número de estructuras. Así mismo el montaje electromecánico ejecutado años atrás de esta línea ha llevado a la construcción de caminos de acceso, los mismos que según la topografía del terreno son de herradura o carrozables cuyas longitudes se estiman en 8km y 42km respectivamente. Estos accesos fueron usados durante la construcción de la línea y actualmente sirven para los trabajos de mantenimiento que realiza periódicamente la Empresa concesionaria.

Como se podrá apreciar por la información recogida en la zona, sería recomendado realizar el recorrido de la variante de ruta de la línea en forma paralela al recorrido

existente y esa manera poder facilitar algunos aspectos sobre la faja de servidumbre, que se detallan:

- Se aprovecharía la faja de servidumbre ya obtenida durante el montaje de la línea; esto no amerita que se deje de hacer los estudios de suelos, de impacto ambiental y arqueológico.
- Se utilizaría los accesos ya habilitados anteriormente en el montaje total de la línea, dichos vías actualmente no se encuentran deterioradas por utilizarse continuamente para el mantenimiento de la misma.
- Se facilitaría las maniobras de puesta en servicio del nuevo tramo a reemplazar, ya que se instalaría las estructuras aproximadamente a unos 30 m del eje de la línea existente.



### CAPITULO III

## CRITERIOS DE DISEÑO ELÉCTRICO

En la elaboración de los cálculos justificativos de cualquier línea de transmisión es de suma importancia considerar los criterios eléctricos, para ellos previamente debemos recabar información necesaria para comenzar con los cálculos respectivos, no esta demás recalcar que los parámetros eléctricos se deben considerar para cualquier nivel de tensión. Es así que para una mejor explicación se tomara en cuenta el diseño de la variación de ruta de una línea de transmisión en 138kV.

A continuación describiremos los parámetros eléctricos de la línea, considerando un circuito de simple terna, en disposición horizontal y un conductor AAAC 150mm<sup>2</sup> de aleación de aluminio; dichos parámetros han sido calculados considerando la configuración geométrica típica (estructura HS) del tramo que se va a remodelar.

Teniendo en cuenta los datos del conductor a utilizar brindados por el fabricante, se tiene que la resistencia a temperatura media tiene un valor de 0.2270  $\Omega$ /Km, la resistencia para 75°C ( $R_{(75^{\circ}C)}$ ) es igual a 0.08637  $\Omega$ /Km y el radio medio geométrico ( $RMG$ ) es de 1.143 cm.

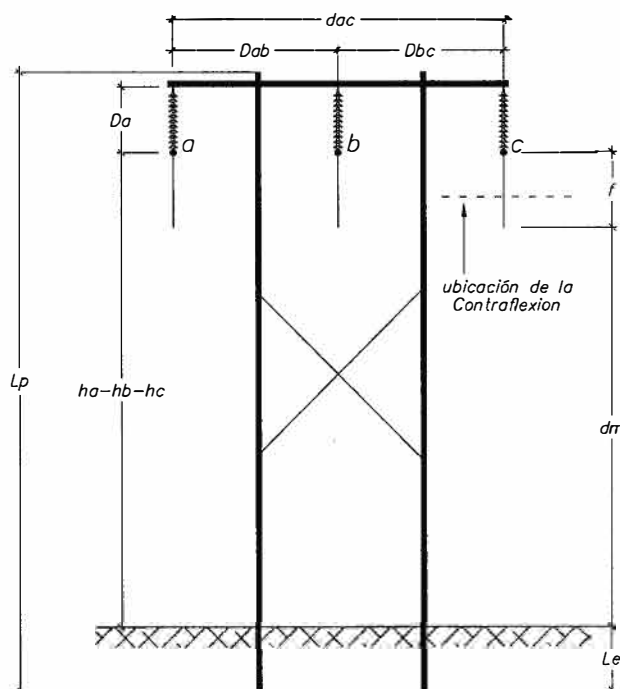


Figura N° 3.1 - Distancias de puntos especiales de la estructura tipo HS

### 3.1 Cálculo de los parámetros de la línea

- Reactancia Inductiva ( $X_L$ )

Se formula la ecuación matemática:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{ab} \cdot d_{ac} \cdot d_{bc}} \quad (3.1)$$

Donde:

$DMG$  : Distancia media geométrica en (cm)

$d_{ab} - d_{ac} - d_{bc}$  : Distancia entre conductores "a", "b" y "c" en (cm)

Se obtiene un  $DMG = 302.38 \text{ cm}$ , con este valor calculamos L.

$$L = 2Ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right)10^{-7} \quad (3.2)$$

$$X_L = 2000\pi Lf_o \quad (3.3)$$

Donde:

$L$  : Inductancia en (H/m)

$X_L$  : Inductancia en ( $\Omega/\text{km}$ )

$f_o$  : Frecuencia del sistema en (Hz)

$DMG$  : Distancia media geométrica en (mm)

$RMG$  : Radio medio geométrico en (mm)

$$L = 2Ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right)10^{-7} = 2Ln\left(\frac{302.38}{1.143}\right) \Rightarrow L = 1.1156 \mu H / m$$

$$X_L = 2000\pi(1.1156 \mu)(60) = 0.42057 \Omega / Km$$

- Suceptancia capacitiva ( $B_C$ )

Por la configuración que presenta el tipo de estructura HS, los conductores se encuentran a la misma altura respecto del nivel del terreno, por lo cual  $h_a = h_b = h_c = h_o = 1640 \text{ cm}$ , es así que podemos calcular la altura promedio de las fases y la altura media geométrica, cuyas ecuaciones se muestran:

$$h_{prom(fase)} = h_o - \frac{2}{3} f_{estimada} \quad (3.4)$$

$$HMG_{(prom)} = \sqrt[3]{h_{prom(fase a)} \cdot h_{prom(fase b)} \cdot h_{prom(fase c)}} \quad (3.5)$$

Donde:

$h_{prom(fase)}$  : Altura promedio de las fases del conductor en (cm)

$HGM$  : Altura media geométrica en (cm)

- $h_a - h_b - h_c$  : Altura de cada conductor "a", "b" y "c" al terreno en (cm)  
 $h_o$  : Altura cada conductor al terreno,  $h_a = h_b = h_c = h_o$  en (cm)  
 $f_{estimada}$  : Flecha estimada de la línea en (cm)

En este caso se considerará una flecha máxima estimada ( $f_{estimada}$ ) de 1000 cm.

$$h_{prom(fase)} = 1640 - \frac{2}{3}(1000) \Rightarrow h_{prom(fase)} = 973.3 \text{ cm}$$

$$HMG_{(prom)} = \sqrt[3]{h_{prom(fasea)} \cdot h_{prom(faseb)} \cdot h_{prom(fasec)}} = 973.3 \text{ cm}$$

Asimismo, especificamos la altura media geométrica, así como el factor de corrección por efecto de tierra en la capacitancia:

$$f_{corr} = \frac{2HMG_{(prom)}}{\sqrt{4(HMG_{(prom)})^2 + (DMG)^2}} \quad (3.6)$$

$$f_{corr} = \frac{2HMG_{(prom)}}{\sqrt{4(HMG_{(prom)})^2 + (DMG)^2}} = \frac{2(973.3)}{\sqrt{4(973.3)^2 + (302.38)^2}} \Rightarrow f_{corr} = 0.9881$$

Cabe especificar que para el cálculo de la capacitancia ( $C_n$ ), el radio medio geométrico esta dado por el radio efectivo del conductor, por lo cual la formulación se tendría que el valor sería,  $RMG_{capac} = 0.795 \text{ cm}$

$$C_n = \frac{0.02412}{\text{Log}_{10}\left(\frac{DMG}{RMG_{capac}} f_{corr}\right)} \quad (3.7)$$

$$C_n = \frac{0.02412}{\text{Log}_{10}\left(\left(\frac{302.38}{0.795}\right)(0.9881)\right)} \Rightarrow C_n = 0.009366 \mu\text{F} / \text{Km} / \text{fase}$$

Finalmente la susceptancia capacitiva de la línea de transmisión viene dado por:

$$B = 2\pi f_o C_n \quad (3.8)$$

Donde:

- $B$  : Suceptancia capacitiva en ( $\mu$  siemens/kKm/fase)  
 $f_o$  : Frecuencia del sistema en (Hz)  
 $C_n$  : Capacitancia de la línea

$$B = 2\pi f_o C_n = 2\pi(60)(0.009355) = 3.531 \mu \text{ siemens} / \text{Km} / \text{fase}$$

### 3.2 Aislamiento por aspectos ambientales y climatológicos

Es recomendable que se tome en cuenta los aspectos ambientales y climatológicos para

el cual va estar sometida la línea de transmisión; ya que cada línea tiene características propias que la hacen única, principalmente por la ubicación geográfica donde es instalada.

Es así que se puede afirmar que estos aspectos climatológicos y ambientales influyen en el aislamiento a considerar en el diseño de la línea de transmisión.

Se muestran las características que se considerarán para el cálculo de las características de los aisladores.

- Tensión nominal : 138 kV
- Tensión máxima : 145 kV
- Nivel de aislamiento al impulso (BIL) : 650 kVp

Los cálculos se desarrollarán en base a la Norma IEC 815 “Guide for the selection of Insulators in respect of polluted conditions - Guía para la selección de aislantes en entornos contaminados”, para ellos se analizará el factor por altitud de instalación, el aislamiento producido por la contaminación ambiental y el aislamiento por sobretensiones a frecuencia industrial bajo lluvia, así mismo se destaca que en la zona donde se realizará la remodelación parcial de la línea no se ha reportado existencia de descargas atmosféricas (altitud máxima aprox. de 300 m.s.n.m.).

### 3.2.1 Factor de corrección por altitud de instalación

En las líneas de transmisión se debe considerar la altitud como un factor importante, para ello se toma como recomendación la Norma IEC 60071-1, donde se especifica que para instalaciones situadas a altitudes superiores a 1000 m.s.n.m., la tensión máxima de servicio es multiplicada por un factor de corrección que está definido por, y este valor nos servirá para realizar los cálculos respectivos:

$$f_{al} = 1 + 1.25(h - 1000) \times 10^{-4} \quad (3.9)$$

Donde:

$f_{al}$  : Factor de corrección por altitud

$h$  : Altitud sobre el nivel del mar en (m).

Para el diseño del nuevo trazo de ruta se considerará la máxima altitud de la zona donde se ejecutará el proyecto; para el caso es de 300 m.s.n.m.; por ende el factor de corrección será igual a 1.0.

### 3.2.2 Aislamiento producto de la contaminación ambiental

Tomando en cuenta la Norma IEC 815, y la información tomada en la zona del proyecto, la línea está sometida a condiciones severas de contaminación ambiental, por estar próxima al mar, a la zona urbana y por la práctica común del quemado de caña de azúcar.

En la siguiente Tabla N° 3.1, se muestra el nivel de fuga unitario que se empleará para los cálculos a realizar:

Tabla N° 3.1 - Nivel de fuga unitaria

<b>Nivel de Contaminación</b>	<b>Longitud de fuga unitaria</b>
Ligero	12 mm/Km
Medio	20 mm/Km
Pesado	25 mm/Km
<b>Muy pesado</b>	<b>31 mm/Km</b>

Según las características ambientales de la zona del proyecto descrito anteriormente, se ha considerado una zona de contaminación muy pesada, por ende el nivel de fuga unitario será de 31 mm/kV. Se deduce la formulación matemática:

$$L_{fuga} = (L_{fo})(V_{MAX})(f_{al}) \quad (3.10)$$

Donde:

$L_{fuga}$  : Longitud de Fuga en (mm)

$L_{fo}$  : Longitud de fuga unitaria entre fase en (mm/kV)

$V_{MAX}$  : Tensión máxima de servicio en (kV)

$f_{al}$  : Factor de corrección por altitud

Tomando en cuenta los valores descritos anteriormente se obtiene:

$$L_{fuga} = (31)(145)(1) \quad \Rightarrow \quad L_{fuga} = 4495 \text{ mm}$$

No esta de más especificar que las líneas de transmisión instaladas en ambientes muy pesados, contaminados, en alta polución ambiental y/o en presencia de humedad marina, deberán poseer una línea de fuga mayor a lo normalmente requerido o diseñado, para que de esta forma se pueda asegurar un aislamiento más seguro.

### 3.2.3 Aislamiento por sobretensiones a frecuencia industrial bajo lluvia

Estas tensiones se originan bajo condiciones normales de operación, a la frecuencia industrial (60 Hz) sin embargo para efectos de estudios del aislamiento de la línea se calculará la tensión crítica disruptiva en condiciones normales de operación ( $V_C$ ).

De la Norma IEC 815, se tiene la siguiente formulación matemática:

$$V_C = \frac{H \cdot f_S \cdot V_{MAX}}{\sqrt{3} f_L (1 - N\sigma) \partial^n} \quad (3.11)$$

$$\partial = \frac{3.92b}{273 + t} \quad (3.12)$$

$$\text{Log} b = \text{Log}(76) - \frac{h}{18\,336} \quad (3.13)$$

Donde:

$V_C$	:	Tensión crítica disruptiva (kV)
$f_S$	:	Factor de sobretensión a frecuencia Industrial
$V_{MAX}$	:	Tensión máxima de operación en (kV)
$H$	:	Factor por humedad
$b$	:	Presión barométrica en (cm Hg)
$h$	:	Altitud promedio de la línea en (m)
$N$	:	Numero de desviaciones estándar alrededor de la media
$\sigma$	:	Desviación estándar
$\partial$	:	Densidad relativa del aire
$n$	:	Exponente empírico
$f_L$	:	Factor por lluvia

De la misma norma anterior, se estable los siguientes valores:

Tabla N° 3.2 - Valores considerados para el cálculo de aislamiento

Descripción	Unidad	Especificación
Factor de sobretensión a frecuencia Industrial		1.5
Tensión Máxima de operación	kV	145
Factor por humedad		1.0
N° de desviaciones estándar alrededor de la media		3
Desviación estándar		2%
Exponente empírico		0.70
Factor por lluvia		0.95

$$\text{Log} b = \text{Log}(76) - \frac{h}{18336} = \text{Log}(76) - \frac{1000}{18336} \Rightarrow b = 67.031$$

$$\partial = \frac{3.92b}{273 + t} = \frac{(3.92)(67.031)}{273 + 20} \Rightarrow \partial = 0.8968$$

$$V_C = \frac{(1)(1.5)(145)}{\sqrt{3}(0.95)[1 - (3)(2\%)](0.8968)^{0.7}} \Rightarrow V_C = 151.76 \text{ kV}$$

Según los datos obtenidos, se tiene que la tensión crítica disruptiva para la frecuencia industrial es de 151.76 kV, por lo cual se concluye que el espaciamiento mínimo (E.M.) para esta tensión, según el gráfico mostrado en el Anexo A.2, sería igual a 0.2 m.

### 3.2.4 Aislamiento por sobretensión de impulso

En este caso se analizará las sobretensiones que pudieran ocurrir producto de una

descarga atmosférica, cabe precisar que la variación de altitud del proyecto abarca desde 135 – 300 m.s.n.m. por tanto la probabilidad de descarga es escasa, pero aún así la línea esta propensa a este fenómeno atmosférico. Para ello calculamos la sobretensión de impulso ( $V_{si}$ ).

Según la Norma IEC 60071-2, el cálculo del aislamiento por sobretensión de impulso de la siguiente manera:

$$V_{si} = \frac{BIL}{(1 - N\sigma)\partial} \quad (3.14)$$

Considerando un nivel básico de aislamiento al impulso para 138 kV (BIL) de 650 kVp.

$$V_{si} = \frac{BIL}{(1 - N\sigma)\partial} = \frac{650}{[1 - (3)(2\%)](0.8968)} \Rightarrow V_{si} = 771.063 \text{ kV}$$

Una vez calculado la sobretensión de sostenimiento al impulso (tipo rayo), se puede establecer según la tabla del anexo N° A.1 “Correlación entre las tensiones soportadas a impulso y las distancias mínimas en el aire”, que el espaciamiento mínimo (E.M.) es igual a 1.6 m.

### 3.3 Características del aislador seleccionado

En base a los cálculos anteriores, se puede resumir las siguientes características de los aisladores tipo Antineblina (antifog):

Material	:	Porcelana vidriada
Tipo de conexión	:	Casquillo - Bola
Distancia de fuga mínima	:	432 mm
Altura	:	146 mm
Diámetro mínimo	:	254 mm
Resistencia electromecánica	:	120 kN
Tensión de flameo a baja frecuencia		
En seco	:	100 kV
Bajo lluvia	:	60 kV
Tensión de flameo a impulso		
Crítico Positivo	:	150 kV
Crítico Negativo	:	160 kV
Tensión de perforación a baja frecuencia	:	130 kV

Escogido el aislador, se debe tener en cuenta que la línea de fuga del mismo es de 432 mm, por lo tanto se concluye que:

$$N^{\circ}_{(Aisladores)} = \frac{(L_{fuga})}{(L_f(AISL))} \quad (3.15)$$

Donde:

$L_{fuga}$  : Longitud de Fuga en (mm).

$L_{f(AISL)}$  : Longitud de fuga de un solo aislador en (mm).

$$N^{\circ}_{(Aisladores)} = \frac{(L_{fuga})}{(L_{f(AISL)})} = \frac{4495}{432} \Rightarrow N^{\circ}_{(Aisladores)} = 10.405$$

Por lo tanto se concluye que la cantidad de aisladores que se emplearán en la cadena será igual a 11 aisladores antineblina (antifog).

### 3.4 Verificación de esfuerzos mecánicos del aislador seleccionado

Según los datos de fabricante de los aisladores seleccionados, se indica que la carga de rotura de dichos aisladores es de 70 kN, teniendo en cuenta este valor para un tiro máximo de los conductores. En este caso analizaremos para el conductor AAAC 150 mm<sup>2</sup>, cuyas características de carga son:

- Carga de rotura del conductor : 4593 kg
- Factor de tiro máximo del conductor : 60% (de la carga de rotura)
- Factor de sobrecarga : 1.0
- Factor de resistencia del aislador : 0.5

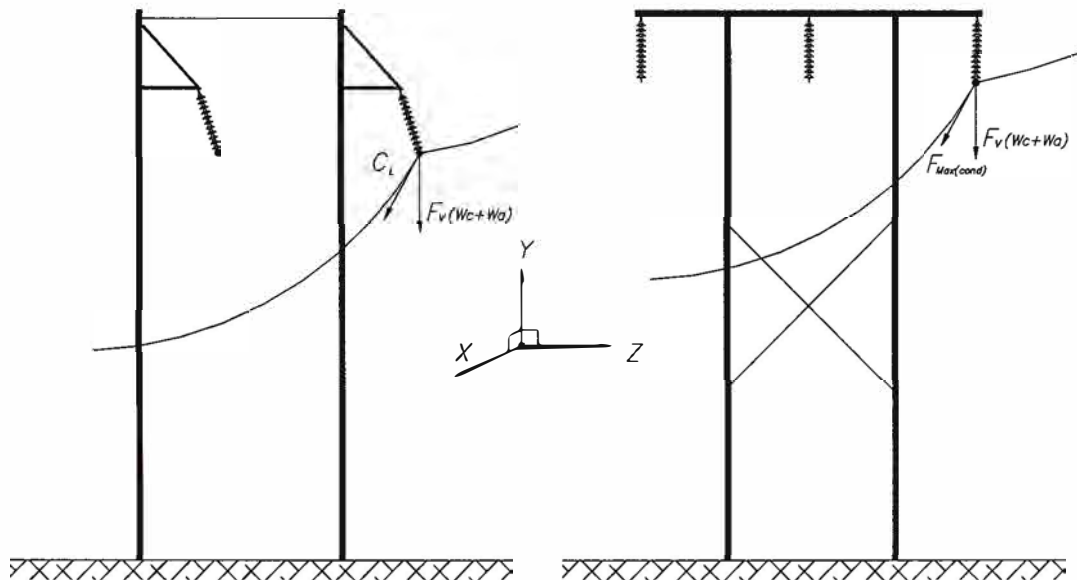


Figura N° 3.2 - Cargas aplicadas a los aisladores en la estructura tipo HA1 y HS

#### 3.4.1 Análisis mecánico del aislador seleccionado

De los datos se tiene:

- Tiro máximo del conductor, (considerado la situación mas desfavorable)

$$T_{MAX(cond)} = 60\%(TR) \quad (3.16)$$



Donde:

$T_{MAX(cond)}$  : Tiro máximo que esta sometido el conductor en (Kg)

$TR$  : Tiro de rotura del conductor en (Kg)

$$T_{MAX(cond)} = 60\%(4593) \Rightarrow T_{MAX(cond)} = 2755.8Kg$$

- Tiro máximo de sobrecarga

$$T_{MAX(sobre)} = T_{MAX(cond)} \cdot f_{(sobre)} \quad (3.17)$$

Donde:

$T_{MAX(sobre)}$  : Tiro máximo del conductor con sobrecarga en (Kg)

$f_{(sobre)}$  : Factor de sobrecarga

$$T_{MAX(sobre)} = (1)(2755.8Kg) \Rightarrow T_{MAX(sobre)} = 2755.8Kg$$

- Carga mínima de rotura del aislador

$$C_{MIN(aislador)} = \frac{T_{MAX(sobre)}}{f_{RES(aislador)}} \quad (3.18)$$

Donde:

$C_{MIN(aislador)}$  : Carga mínima de rotura del aislador en (Kg)

$f_{RES(aislador)}$  : Factor de resistencia del aislador

$$C_{MIN(aislador)} = \frac{T_{MAX(sobre)}}{f_{RES(aislador)}} = \frac{2755.8}{0.5} \Rightarrow C_{MIN(aislador)} = 5511.6Kg$$

$$\text{Finalmente se tiene: } C_{MIN(aislador)} = (5511.6Kg)(9.8m/s^2) = 54.013kN$$

Comparando con los datos alcanzado por el fabricante:  $54kN \leq 70kN$ , se concluye que mecánicamente el aislador antineblina (antifog), si estará diseñado para soportar las cargas que actuaran sobre él.

### 3.4.2 Verificación de la cadena de suspensión

Para cada cadena de suspensión deberá cumplirse la siguiente relación:

$$CR_{(cadena)} \geq (f.s.)\sqrt{C_T^2 + C_V^2} \quad (3.19)$$

Donde:

$CR$  : Carga de rotura de la cadena de aisladores en (Kg)

$f.s.$  : Factor de seguridad ( $\geq 3$ )

$C_T$  : Carga transversal en (Kg)

$C_V$  : Carga vertical total en (Kg)

Sabiendo que los cálculos se realizan para el conductor AAAC 150 mm<sup>2</sup> y que en una cadena de suspensión, la carga transversal total ( $C_T$ ) igual a cero, se puede decir que la carga máxima considerado para las estructuras del proyecto es de 4.12 kN. Por lo cual según datos del fabricante la carga de rotura ( $TR$ ) del aislador es de 70 kN, entonces formulando el factor de seguridad como se muestra:

$$f.s. = \frac{CR}{C_V} = \frac{70kN}{4.12kN} = 16.99$$

Se deduce que este valor es conforme.

### 3.4.3 Verificación de la cadena de anclaje

En una cadena de aisladores operados como anclaje, se debe cumplir:

$$CR_{(cadena)} \geq (f.s.)(C_L) \quad (3.20)$$

Donde:

$CR$  : Carga de rotura de la cadena de aisladores en (Kg)

$f.s.$  : Factor de seguridad ( $\geq 3$ )

$C_L$  : Carga máxima longitudinal en (Kg)

En este caso para el conductor AAAC 150 mm<sup>2</sup> se considera una carga máxima longitudinal de 18 kN, y que si calculamos al factor de seguridad por la formula que se muestra:

$$f.s. = \frac{CR}{C_L} = \frac{70kN}{18kN} = 3.88$$

Se obtiene un valor que se considera conforme.

### 3.5 Resumen del cálculo de aislamiento

En la tabla siguiente se aprecia que la selección de la cantidad de aisladores en base a la línea de fuga y esta definido por la contaminación de la zona del proyecto.

Tabla N° 3.3 - Resumen de los cálculos de aislamiento

<b>Descripción</b>	<b>Valores Calculados</b>	<b>Características (cadena de aisladores)</b>
Altitud (m.s.n.m.)	300 a 1000	11 aisladores antineblina (antifog)
Longitud de línea de fuga (mm)	4495	4752
Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial kV	151.76	700

Adicionalmente se debe tener en cuenta la recomendación de la RUS (Norma: Design Manual for High Voltage Transmisión Lines), de adicionar un aislador a la cadena de

anclaje. Por consecuencia se considerará para la cadena de suspensión y anclaje:

- Cadena de suspensión 11 aisladores antineblina
- Cadena de anclaje 12 aisladores antineblina (adición de 01 aislador)

Hasta ahora se ha fijado por condiciones de contaminación de la zona donde se ubica el proyecto, el tipo y cantidad de aisladores a emplear; pero estos espacios mínimos de aire (E.M.) que se especificarán dan una seguridad adicional frente a los requerimientos de las tensiones de impulso y frecuencia industrial bajo lluvia, dichos espaciamientos mínimos de aire quedarán determinados por el valor de dichas sobretensiones, sirviéndonos para el diseño de las armados a implementar.

A continuación mostramos el resumen de los espaciamientos mínimos requeridos por las sobretensiones descritas con anterioridad.

Tabla N° 3.4 - Resumen de los espaciamiento mínimos de las sobretensiones

<i>Altitud</i>	<i>Sobretensión a Frecuencia Industrial (V<sub>c</sub>)</i>		<i>Sobretensión por Impulso (V<sub>si</sub>)</i>	
	<i>kV</i>	<i>E.M. (m)</i>	<i>kV</i>	<i>E.M. (m)</i>
300 - 1000	151.76	0.2	771.06	1.6

### 3.6 Criterios eléctricos sobre el conductor seleccionado

En este punto debemos tener en cuenta que el proyecto consiste en la variación del trazo de ruta, remodelación de una parte de la línea de transmisión y reemplazo de las estructuras de la misma parte existente, por ende actualmente se encuentra instalado el conductor tipo AAAC de 150 mm<sup>2</sup> con una longitud de 64.4 km, de los cuales 13.7 km corresponden al nuevo trazo de ruta que se montará en la zona; es por esta razón que se instalará el mismo el tipo de conductor que se encuentra instalado.

Pero para ilustrar las características físicas y eléctricas de este tipo de conductor AAAC, detallaremos las ventajas del mismo:

- En el nuevo trazo de ruta existen vanos cuyo rango fluctúan de 150 a 407 m y con desnivel máximo de 92 m, por consecuencia optamos por la utilización de un material con alta resistencia mecánica como AAAC.
- Este tipo de conductor AAAC presenta mayor dureza superficial, por los que presentaría poca posibilidad de dañar su superficie durante el montaje y tendido, esto es un punto importante, ya que al presentar menor rugosidad en la superficie tendrá menos pérdidas de potencia por efecto corona.
- Por su tipo de construcción el conductor de aleación de aluminio presenta menor peso, por lo cual ayudará a ser montado en postes de madera, e incluso las

ferreterías son de menor costo para este tipo de conductor.

- El proyecto esta ubicado en una zona costera, y en el recorrido existe alta contaminación por la quema de caña de azúcar, lo cual tiene alto grado de corrosión.

En la tabla N° 3.5 se muestra las características del conductor seleccionado, con los datos brindados por el fabricante, los cuales son:

Tabla N° 3.5 - **Características técnica del conductor AAAC de 150 mm<sup>2</sup>**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Especificación</b>
Material		Aleación de Aluminio
Tipo		AAAC (6201)
Protección		Grasa Neutra
Sección nominal	mm <sup>2</sup>	150
Número de hilos		37
Diámetro nominal exterior	mm	15.9
Diámetro de cada hilo	mm	2.27
Peso	Kg/km	411.6
Resistencia eléctrica C.C. 20 °C	Ohm/km	0.227
Carga de rotura	kg	4593

### 3.7 Pérdidas eléctricas en la transmisión de potencia en una línea

En las líneas de transmisión los conductores son los llamados al transporte de la energía eléctrica, es así que ellos también son los causantes de las mayores perdidas de potencia eléctrica que se presenten en los conductores y en la cadena de aisladores. Por esta razón consideramos la totalidad de las perdidas de la siguiente manera:

$$P_T = P_f + P_v \quad (3.21)$$

Donde:

- $P_T$  : Perdidas totales de la línea en (kW/km)
- $P_f$  : Perdidas fijas en la línea en (kW/km)
- $P_v$  : Perdidas variables en la línea en (kW/km)

Con esta relación se establece la relación de pérdidas, que presentaría la línea.

- Pérdidas variables ( $P_v$ )

Estas pérdidas dependen directamente de la corriente que se transporta por los conductores aéreos desnudos, a este tipo de perdidas se les denomina pérdidas por Joule.

- Pérdidas Fijas ( $P_f$ )

En esta tipo de perdidas la dependencia viene dado por la tensión aplicada a la línea

de transmisión y están formadas por aquellas que se pierden a través de la superficie de los aisladores y por el efecto corona. A estas pérdidas se les denomina pérdidas transversales.

- Pérdidas totales ( $P_T$ )

Esta definida como las pérdidas que se pueden cuantificar con instrumentos y son medidos de la subestación de salida de la línea de transmisión hacia la subestación de llegada de la línea.

A continuación se mostrarán los cálculos que se deben realizar para cuantificar las pérdidas por efecto Joule y por efecto corona en una línea de transmisión en 138 kV.

Esta de demás entendido que dichos cálculos se realizarán para el tramo a reemplazar correspondiente a 13.7 km, de una total de 64.4 km de longitud total de la línea de transmisión (L-1115 de la SET Trujillo Norte hacia la SET Motil).

### 3.7.1 Pérdidas variables (Pérdidas por efecto Joule)

Es sabido que calor generado por el paso de corriente eléctrica en los conductores, es uno de los aspectos que se deben considerar en el diseño de las líneas de transmisión, dicho calor producido por el calentamiento del conductor genera pérdidas que no se pueden evitar y que dependen de la resistencia de los conductores y no de la impedancia; a estas pérdidas las denominamos pérdidas por efecto Joule, que se encuentra formulado por:

$$P_J = (I_{prom})^2 R_{(T_{op})} 10^{-3} \quad (3.22)$$

Donde:

- $P_J$  : Pérdidas por efecto Joule en (kW/km)
- $I_{prom}$  : Intensidad promedio de la línea en (A)
- $R_{(T_{op})}$  : Resistencia del conductor en AC (temp. de operación) ( $\Omega$ )

Para el caso se instalará el conductor es de tipo AAAC de 150 mm<sup>2</sup>, por consiguiente utilizará las características técnicas brindadas por el fabricante:

Tabla N° 3.6 - Resistencias para diferentes temperaturas (°C)

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia a 20 °C (DC)	0.2270	$\Omega$ /km
Resistencia a 25 °C (AC)	0.0724	$\Omega$ /km
Resistencia a 75 °C (AC)	0.0864	$\Omega$ /km

Se tiene:

$$R_{(linea)} = R_{o(75^{\circ}C)} \cdot L_{(linea)} = (0.0864)(13.7) \Rightarrow R_{(linea)} = 1.1832\Omega$$

Dado que la corriente máxima que transporta la línea depende de los flujos máximos de potencia que se transmitiría en un periodo de un año; éstos se tendrán que calcular mediante el conocimiento de la evolución del sistema, para ello recurrimos a la información suministrada por el Osinergmin, “Estudio de Peajes y Compensación para el Sistema Secundario y Complementario de Transmisión”, para los años 2009 – 2018; se puede considerar una máxima carga transmitida por la línea en estudio (L-1115), en el siguiente cuadro se detalla dichas cargas descritas.

Tabla N° 3.7 - **Proyección de potencia coincidente a nivel de SET**

<b>Subestación</b>	<b>Año</b>	<b>Año</b>	<b>Año</b>	<b>Año</b>	<b>Año</b>	<b>Año</b>	<b>Año</b>	<b>Año</b>	<b>Uni.</b>
	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	
Motil (33 kV)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	MW
Motil (7.5 kV)	6.59	6.86	7.14	7.41	7.68	7.96	8.23	8.50	MW
<b>Total</b>	<b>6.61</b>	<b>6.89</b>	<b>7.16</b>	<b>7.44</b>	<b>7.71</b>	<b>7.98</b>	<b>8.26</b>	<b>8.53</b>	<b>MW</b>

Fuente: Osinergmin “Resumen de la Proyección de la Potencia Coincidente a nivel de SET”

Considerando una proyección de demanda para el año 2018, se tendría una carga de 8.53 MW; lo cual haría que se tenga una corriente igual a 37.6 kA, cabe precisar que se está tomando la carga máxima proyectada por el Osinergmin, lo cual representa a la corriente máxima que se transmitiría por la línea, por consiguiente se tiene:

$$P_J = (I_{max})^2 R_{(Top)} = (37.6)^2 (1.1832)10^{-3} \Rightarrow P_{J(1\phi)} = 1.6727 \text{ kW / km / fase}$$

$$P_J = (1.6727)(3)(13.7) \Rightarrow P_J = 68.750 \text{ kW}$$

Según la información suministrada por la Hidrandina S.A. la línea de transmisión L-1115 (SET Trujillo Norte a SET Motil), esta diseñada para una potencia máxima de transmisión de 11.4 MW (12 MVA); por lo cual las pérdidas por efecto Joule del tramo que se va a reemplazar representa el 0.603 %, siendo este resultado un valor aceptable para la línea.

### 3.7.2 Pérdidas fijas (Pérdidas por efecto Corona).

Por la ubicación de la línea de transmisión en la costa norte del país, esta es sometida a descargas causadas por la ionización del aire que rodea al conductor cuando éste se encuentra energizado, a este efecto se le denomina efecto corona.

Las pérdidas por efecto corona en una línea de transmisión dependen principalmente de la diferencia de potencial entre los conductores y tierra y por las condiciones climáticas donde esta ubicado la línea.

La línea de transmisión analizada, tiene características propias, producto de la contaminación y el envejecimiento de la línea, que nos pueden llevar a concluir que existe un incremento de las pérdidas por efecto corona, por ende trataremos de analizar si estas pérdidas son relevantes y para ello procederemos con los cálculos correspondientes

tanto de la tensión crítica disruptiva ( $U_c$ ), para encontrar el valor de tensión donde se inicia las pérdidas por efecto corona y las cuantificaremos las pérdidas para el conductor envejecido y el conductor que se reemplazará.

Las pérdidas pueden ser nulas con tiempo bueno y alcanzar valores elevados con lluvias intensas, es evidente que una buena evaluación de estas pérdidas requiere conocimiento de las condiciones meteorológicas de las regiones que atraviesa la línea.

- Tensión crítica disruptiva ( $U_c$ )

Esta tensión crítica es esencial para poder cuantificar la perdidas por efecto corona, ya que esta empieza cuando la tensión critica disruptiva ( $U_c$ ) es menor que la tensión nominal de la línea; y se calcula según la formulación hecha por F. W. Peek, el cual aumenta con la tensión y depende asimismo de la distancia entre conductores y del diámetro del mismo. Se muestra la formulación matemática:

$$U_c = 21.1\sqrt{3}m_c m_t r \partial n \ln\left(\frac{D}{r'}\right) \quad (3.23)$$

$$r' = \sqrt[n]{nrR^{n-1}} \quad (3.24)$$

Donde:

$U_c$	:	Tensión crítica disruptiva en (kV)
$m_c$	:	Factor de superficie (rugosidad) del conductor
$m_t$	:	Factor por lluvia (1.0 en tiempos secos y 0.8 en lluvia)
$\partial$	:	Densidad relativa del aire
$r$	:	Radio del conductor en (cm)
$D$	:	Distancia media geométrica entre conductores en (cm)
$r'$	:	Radio ficticio en (cm)
$R$	:	Radio del conductor en (cm)

La línea en estudio se ha diseñado en circuito en simple terna y con un conductor tipo AAAC de 150mm<sup>2</sup>; para la realización de los cálculos de pérdidas tomaremos la configuración geométrica típica horizontal (estructura HS), y de esta manera podemos establecer que el  $r' = r$  e igual a 0.795 cm.

Adicionalmente evaluaremos las formulas complementarias que se muestran:

$$\partial = \frac{3.92b}{273 + t} \quad (3.25)$$

$$\text{Log}b = \text{Log}(76) - \frac{h}{1836} \quad (3.26)$$

Donde:

$\partial$	:	Densidad relativa del aire
$h$	:	Altitud promedio de la línea en (m)
$b$	:	Presión barométrica en (cm Hg)
$t$	:	Temperatura ambiente promedio en (°C)

En la parte 3.1 y 3.2 de este mismo capítulo, se ha calculado los valores de  $DMG = 302.38 \text{ cm}$  y  $\partial = 0.8968$  respectivamente, mientras que en el cuadro siguiente se muestra los valores que se considerarán cuando el conductor esté sucio o envejecido y cuando el conductor este nuevo.

Tabla N° 3.8 - Valores considerados para el cálculo de la tensión crítica disruptiva

Descripción		Factor	Unidad
Coeficiente de rugosidad	Cables subterráneos	0.85	
	Conductor de hilos lisos y pulidos (nuevo)	0.95	
	Conductor de hilos oxidados y rugosos (envejecido)	0.85	
Coeficiente de lluvia	Tiempo seco	1.0	
	Tiempo húmedo	0.8	
Radio del conductor tipo AAAC de 150 mm <sup>2</sup>		0.795	cm

Como estamos evaluando las pérdidas por efecto corona del conductor que se va a reemplazar se visualizó en la inspección que algunas partes del mismo presenta fatiga por envejecimiento, algunos accesorios de sujeción, anclaje y empalmes no son los adecuados y además hay que sumarle la contaminación de la superficie del conductor por la constante quema de caña de azúcar en la zona. Es por esta razón que se considerarán los valores que simulen estas características del conductor.

Hay que tener en cuenta que la disposición de la línea de transmisión es de un solo conductor por fase y de simple terna, lo cual hace que  $n = 1$ .

a. Para conductor contaminado y envejecido (conductor a reemplazar)

$$U_c = 21.1\sqrt{3}m_c m_t r \partial n \text{Ln}\left(\frac{D}{r'}\right) = 21.1\sqrt{3}(0.85)(1)(0.795)(0.8968)(1)\text{Ln}\left(\frac{302.38}{0.795}\right)$$

$$U_c = 131.58 \text{ kV}$$

b. Para conductor nuevo (conductor a instalar)

$$U_c = 21.1\sqrt{3}m_c m_t r \partial n \text{Ln}\left(\frac{D}{r'}\right) = 21.1\sqrt{3}(0.95)(1)(0.795)(0.8968)(1)\text{Ln}\left(\frac{302.38}{0.795}\right)$$

$$U_c = 147.06 \text{ kV}$$

Con el valor obtenido de la tensión crítica disruptiva, se concluye que el conductor a reemplazar tiene pérdidas por efecto corona, que se calcularán.



- Pérdidas por efecto corona ( $P_c$ )

Por las ecuaciones de F. W. Peek, se tiene:

$$P_c = \frac{241}{\partial} (f + 25) \sqrt{\frac{r}{D}} \left( \frac{U_{\max} - U_c}{\sqrt{3}} \right)^2 10^{-5} \quad (3.27)$$

Donde:

$P_c$	:	Pérdidas por efecto corona en (kW/km/fase)
$U_c$	:	Tensión crítica disruptiva en (kV)
$\partial$	:	Densidad relativa del aire
$D$	:	Distancia media geométrica de los conductores en (cm)
$r$	:	Radio del conductor en (cm)
$U_{\max}$	:	Tensión máxima de operación (fase a neutro) en (kV)

Hay que tener en cuenta que la tensión nominal de operación de la línea es de 138 kV, mientras que la tensión máxima de operación es de 145 kV y la longitud de conductor a reemplazar es de 13.7 km.

- a. Para conductor contaminado y envejecido (conductor a reemplazar)

$$P_c = \frac{241}{0.8968} (60 + 25) \sqrt{\frac{0.795}{302.38}} \left( \frac{145 - 131.58}{\sqrt{3}} \right)^2 10^{-5}$$

$$P_c = 0.7031 \text{ kW / km / fase}$$

$$P_c = (0.7031)(3)(13.7) \Rightarrow P_c = 28.897 \text{ kW}$$

Según información suministrada por la empresa Hidrandina S.A. sobre la línea de transmisión L-1115, la potencia máxima de transmisión es de 12 MVA, por lo cual las pérdidas por efecto corona solo representan el 0.24% de la capacidad de la línea; por tal motivo se considera despreciable las de pérdida por efecto corona.

- b. Para conductor nuevo (conductor a instalar)

$$P_c = \frac{241}{0.8968} (60 + 25) \sqrt{\frac{0.795}{302.38}} \left( \frac{145 - 147.06}{\sqrt{3}} \right)^2 10^{-5}$$

$$P_c = 0.01657 \text{ kW / km / fase}$$

$$P_c = (0.01657)(3)(13.7) \Rightarrow P_c = 0.6811 \text{ kW}$$

Finalmente se concluye, que las pérdidas producidas por el efecto corona en el conductor a reemplazar no son tan significativas en comparación a las perdidas por efecto Joule, ya que generalmente se aceptan pérdidas por efecto corona no superiores del 10% de las pérdidas por efecto Joule.

## CAPITULO IV

### CRITERIOS DE DISEÑO MECÁNICO

#### 4.1 Consideraciones del grado de construcción y de la zona de carga

En el Código Nacional de Electricidad (CNE) se toma en cuenta varios grados de construcción que son aplicados a las líneas de transmisión, especificándose en función al nivel de tensión (138 kV) y la zona que atraviesa el recorrido de dicha línea. Es así que para el CNE se toma en cuenta 03 grados de construcción (B, C, y N), siendo el grado B el más alto.

Cabe precisar que los grados de construcción están referidos a las cargas mecánicas aplicadas y a los factores de reducción de la resistencia de las estructuras de soporte. Es así que para este caso en particular, la variación del trazo de ruta se puede catalogar con un grado de construcción correspondiente al Grado C, (según especificación de la tabla 242-1 del CNE).

Asimismo, el CNE define zonas de carga aplicables a nuestro territorio, para determinar las cargas mecánicas que se deben aplicarse a la línea de transmisión; es así que la zona de carga correspondiente al proyecto es la "Zona A" (ligera), con el "Área de Carga 0" (menor a 3000 m.s.n.m.). Véase la siguiente figura N° 4.1.

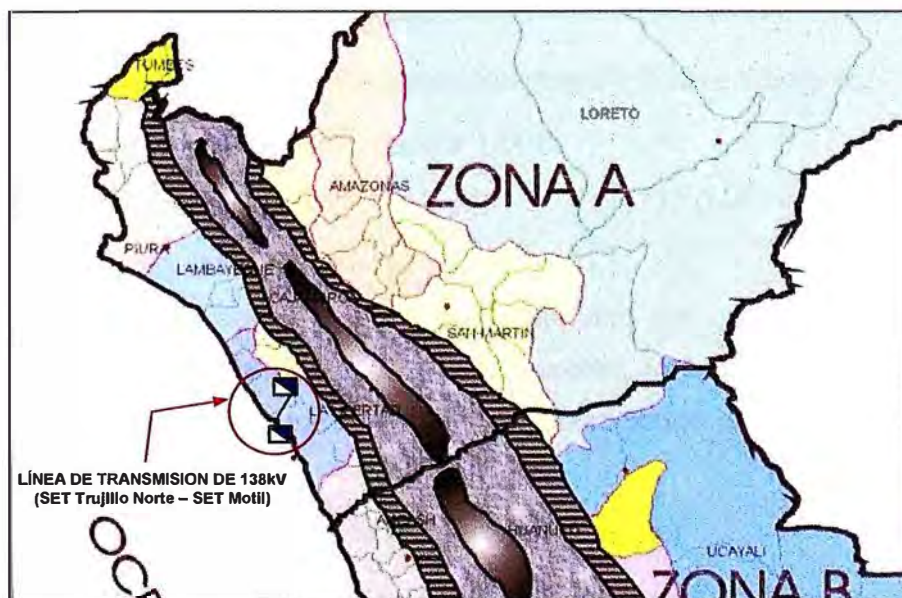


Figura N° 4.1 - Zona de carga de nuestro país Fuente: CNE de suministro 2011

## 4.2 Cargas ejercidas por acción del viento

Una vez definido la Zona de Carga y el Área de Carga de acuerdo al CNE, la aplicación de las cargas de viento sobre los conductores, estructuras y aisladores esta dada por:

Tabla N° 4.1 - **Tabla Viento y temperatura para las zonas del país**

<b>Tabla 250-1.A</b>			
<b>Viento y temperatura para las zonas de carga A, B y C</b>			
(Para ser utilizado con la regla 250.B)			
Zona de Carga	<b>A</b> Ligera	<b>B</b> Regular	<b>C</b> Fuerte
Velocidad horizontal del viento	19,5 m/s (70 km/h)	22,2 m/s (80 km/h)	25 m/s (90 km/h)
Temperatura	20 °C	15 °C	10 °C

Fuente: CNE de Suministro 2001 (Tabla 250-1.A)

Tomando en cuenta los valores dados por el Código Nacional de Electricidad de Suministro, procedemos a calcular la presión del viento, para ello utilizaremos la expresión indicada en el mismo Código:

$$P_V = KV^2 S_F A \quad (4.1)$$

Donde:

- $K$  : Constante de presión  
 $K = 0,613$  para las elevaciones hasta 3 000 m.s.n.m.  
 $K = 0,455$  para las elevaciones mayores de 3 000 m.s.n.m.
- $V$  : Velocidad del viento (m/s)
- $S_F$  : Factor de forma (1.0 para conductores y postes tubulares)
- $A$  : Área proyectada (m<sup>2</sup>, igual a 1.0m<sup>2</sup>)

$$P_V = (0.613)(19.5)^2 (1.0)(1.0) \Rightarrow P_V = 233.09 N / m^2$$

## 4.3 Cargas ejercidas sobre las estructuras

Las principales cargas que inciden en las estructuras son las cargas transversales, longitudinales y verticales, que detallaremos a continuación, tomando como ejemplo la estructura de suspensión tipo HS, y tomando algunas definiciones como se mostrará en la figura N° 4.2:

- $F_{V(COND)}$  : Fuerza vertical debida al peso del conductor
- $F_{V(AISL)}$  : Fuerza vertical debida al peso de la cadena de aisladores
- $F_{V(OPER)}$  : Fuerza vertical debida al peso del operario

- $F_{L(TIRO)}$  : Fuerza longitudinal debido al tiro sobre el conductor
- $F_{T(COND)}$  : Fuerza transversal, del viento sobre el conductor
- $F_{T(ESTR)}$  : Fuerza transversal, del viento sobre la estructura
- $F_{T(TIRO)}$  : Fuerza transversal debido al tiro sobre el conductor

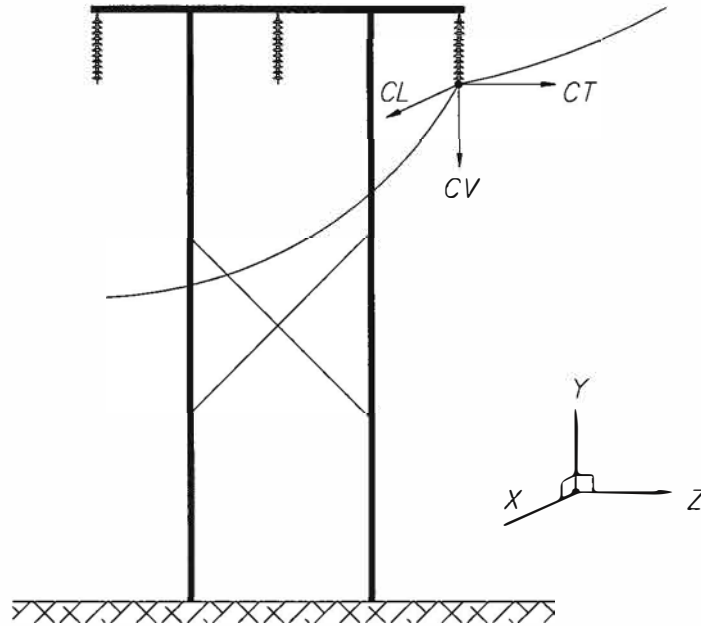


Figura N° 4.2 - Carga externas aplicadas a la estructura tipo HS

- Cargas transversales ( $C_T$ )

Carga de tensión mecánica del conductor, carga del viento sobre conductores y carga del viento sobre la estructura; donde:

$$C_T = F_{T(TIRO)} + F_{T(COND)} + F_{T(ESTR)} \quad (4.2)$$

- Cargas longitudinales ( $C_L$ )

Carga de tensión mecánica del conductor, ejercida en dirección de la línea.

$$C_L = F_{L(TIRO)} \quad (4.3)$$

- Cargas verticales ( $C_V$ )

Cargas debido al peso del conductor y accesorios (consideramos 02 operarios, aisladores, ferretería, contrapesos, etc.)

$$C_V = F_{V(COND)} + F_{V(AISL)} + F_{V(OPER)} \quad (4.4)$$

Cabe precisar que para los conductores y estructuras de soporte se aplican los factores de sobrecarga indicados en la Tabla 253-1 del CNE. En cuanto a las cargas sobre las

estructuras en condiciones de emergencia, el CNE no especifica esta situación; pero podemos aplica a las estructuras de suspensión, la condición de un conductor roto, en la Hipótesis de Carga Reducida (en la condición de mínima temperatura, sin viento). Consideraremos aplica un factor de reducción de 0,5 a la carga reducida, para compensar el movimiento del aislador cuando se produce la rotura del conductor. En el Anexo B, se detallan los cálculos mecánicos de las estructuras, donde se aplicaran los criterios descritos en los párrafos precedentes.

#### 4.4 Cargas ejercidas sobre el conductor

En esta parte mostraremos el comportamiento del EDS para el conductor tipo AAAC de  $150 \text{ mm}^2$ ; para poder explicar los conceptos en este tema analizaremos el conductor del 3° tramo de la línea de transmisión que se estudia, (la línea cuenta con 07 tramos en toda su extensión).

##### 4.4.1 Carga de todos los días (EDS)

Se considera a esta carga como la de mayor frecuencia se presenta en la línea de transmisión, a la temperatura de cada día ( $T_{(cada\ día)} = 20^\circ C$ ) y sin viento. Estas condiciones constituye el punto de partida para la realización de los cálculos en otras condiciones de carga o en otras hipótesis de estado que se detallarán posteriormente.

La experiencia en construcción de líneas de transmisión, demuestra que el valor del EDS no debe superar el 20% del esfuerzo de ruptura mínimo del conductor, esto con el fin de disminuir los efectos peligrosos de las vibraciones resonantes en la línea. En el Perú el diseño de la líneas asume un valor del 18% del esfuerzo de ruptura, es así que tendremos un valor igual al  $T_o = 18\%TR$  y  $\sigma_o = 5.5116 \text{ Kg} / \text{mm}^2$ .

##### 4.4.2 Cálculo del EDS final

Considerando elástico del conductor con un módulo de elasticidad variable en la fase de carga inicial, se puede explicar el comportamiento del conductor con la aplicación de cargas externas diferente a lo inicial.

Para determinar el EDS Final, se debe emplear la curva característica de los conductores de aleación de aluminio (AAAC) información publicada por "The Aluminum Association".

Esta información presenta la formulación de la curva inicial mediante la siguiente expresión:

$$Y = f_{(X)} = -0.006562 + 0.358377X + 0.67508X^2 - 1.3318X^3 + 0.63397X^4 \quad (4.5)$$

Donde:

$$Y = f_{(X)}: \quad \text{Esfuerzo en (kN/mm}^2\text{)}$$

$$X \quad \text{Elongación en (\%)}$$

En el gráfico se muestra el comportamiento del conductor cuando se aplica una carga

mecánica. La elongación del conductor sigue la curva  $\overline{ABC}$  y al quitar la carga al mismo la recuperación elástica se produce a través de la recta  $\overline{BD}$ , con un módulo de elasticidad constante. Es así que el segmento  $\overline{AD}$  representa la variación de la longitud del conductor por efecto de la aplicación de las cargas mecánicas externas.

Al volver a aplicar las cargas mecánicas externas al conductor la elongación se produce a través de la recta  $\overline{DB}$  y si la carga es mayor continúa por la curva  $\overline{BC}$ . La elongación final del conductor esta representado por el segmento  $\overline{AD}$ , este comportamiento del conductor resulta equivalente a aplicar un EDS Final diferente al EDS Inicial.

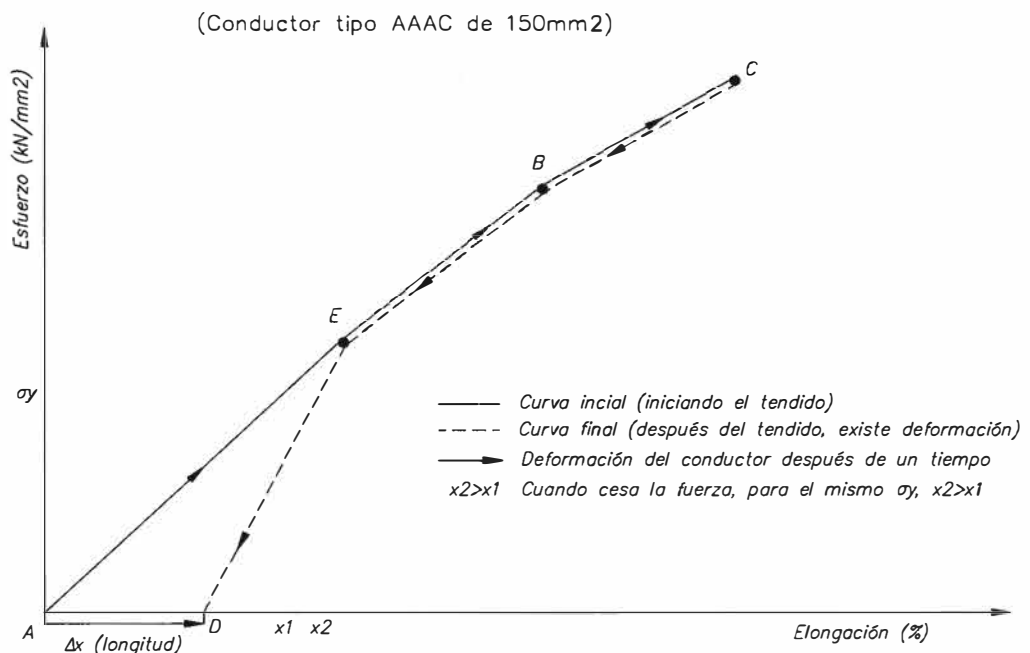


Figura N° 4.3 - Grafica de Esfuerzo vs. Elongación del conductor

Es así que cuando el conductor se instala en la condición de templado, este se tiende con un esfuerzo de templado igual al 18% del esfuerzo de ruptura del conductor; una vez anclado en las estructuras y sujeto a cargas externas, como peso, el viento, etc. y al cabo de un lapso de tiempo se genera una elongación que hace que aumente la longitud de la conductor.

Este aumento en la longitud del conductor produce tiros y esfuerzos menores que la condición inicial de templado.

Cabe explicar que los vanos ya anclados a pesar de que inicialmente se han instalado en las condiciones de templado (con esfuerzo del 18% del esfuerzo de ruptura), estos ya no tienen esta condición inicial, sino deberíamos hablar de una nueva condición final que esfuerzos menores y diferentes para cada vano, ya que el conductor se ha estirado. A

continuación detallaremos gráficamente este aspecto del conductor, donde se aprecia como cambia el EDS considerado inicialmente, a esta condición inicial la denominaremos EDS inicial.

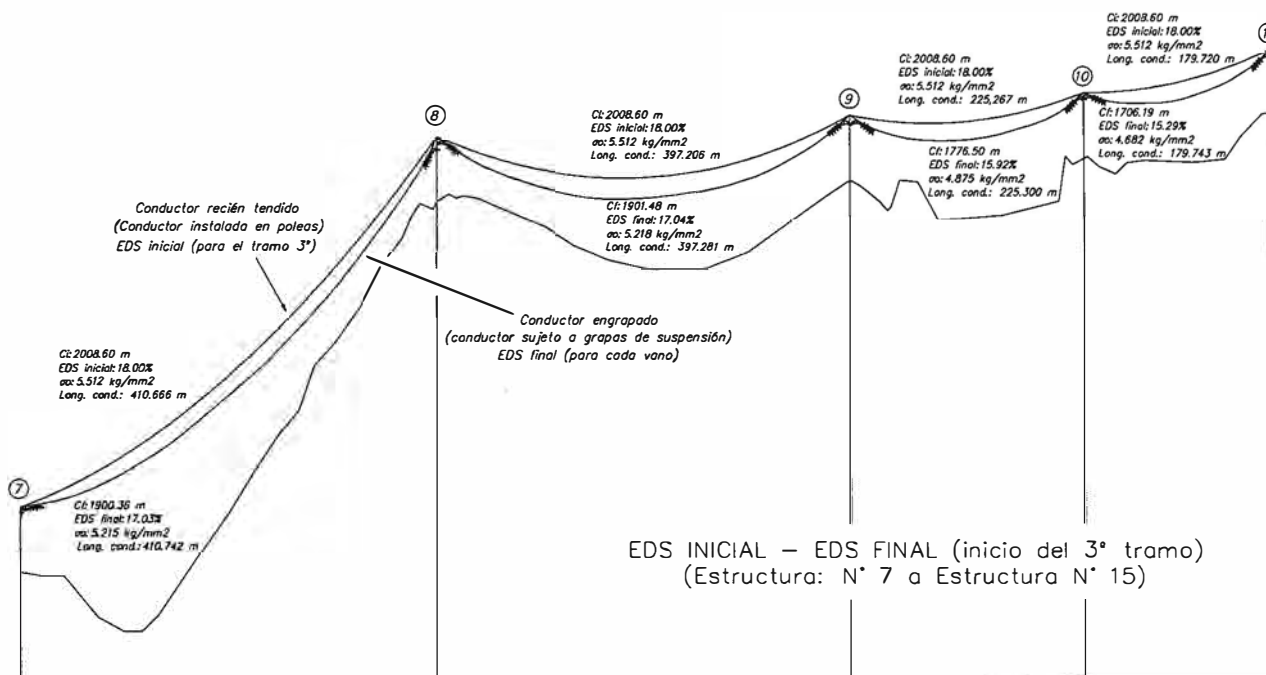


Figura N° 4.4 - Deformación del conductor producto de cargas externas, generando un  $E_{final}$

Conociendo la elongación final del conductor, se debe desarrolla un cambio de estado desde la hipótesis de máxima carga (hipótesis II) hacia una Hipótesis de EDS final, con lo cual se determina el esfuerzo Inicial requerido para alcanzar la máxima carga, utilizando en este caso el módulo de elasticidad Final del Conductor.

Una vez establecida esta nueva condición, esta se considerará como punto de partida para proceder con los cálculos mecánicos del conductor hacia otras condiciones que se establecerán posteriormente, a través de la ecuación de cambio de estado (ECE).

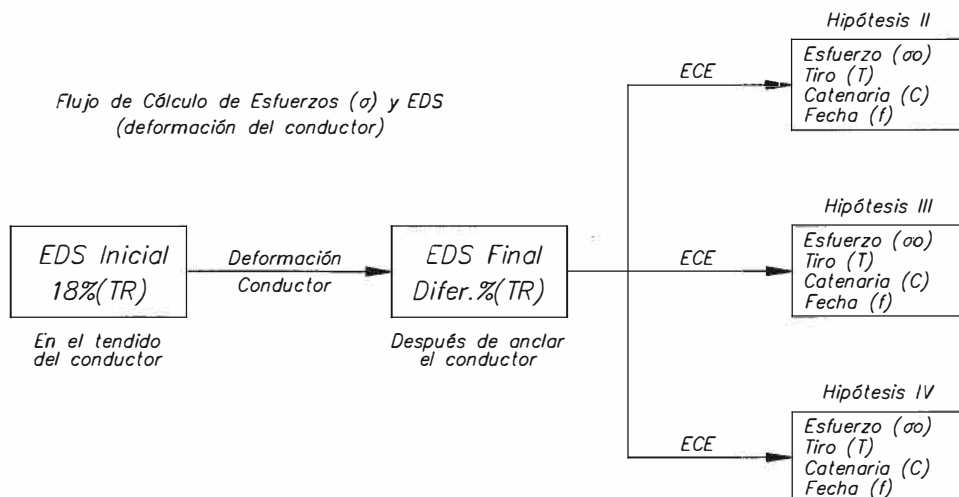


Figura N° 4.5 - Diagrama de flujo del  $EDS_{inicial}$  y  $EDS_{final}$

En la Figura N° 4.5 se muestra el diagrama de flujo de la forma de cálculo que se debe seguir, ya sea manualmente o a través de un programa especializado en líneas de transmisión. Finalmente concluyendo que para el cálculo de los esfuerzos desde el estado inicial (hipótesis de templado), hacia otros estados diferentes (hipótesis II, III y IV) se debe realizar partiendo de los nuevos EDS finales de cada vano o del vano equivalente del tramo y no del EDS de templado.

#### 4.5 Cálculo de la temperatura equivalente por efecto Creep

El fenómeno de la deformación plástica que se produce en el conductor con el pasar del tiempo y los esfuerzos aplicados a este, es un aspecto que se debe considerar para el diseño de la línea de transmisión. Esta deformación es casi imperceptible e irreversible, pero crecen durante toda la vida útil del conductor; ocasionando que la flecha de los vanos del conductor instalados correctamente al inicio del periodo de vida útil del conductor (periodo aproximado de 20 años), no son idénticos a los valores esperados.

Las posibles complicaciones que se pueden presentar por este fenómeno es el desequilibrio de tracciones en las estructuras, fatiga de las ferretería de anclaje y la reducción de la distancia de seguridad proyectada en el tiempo.

Es por esta razón que se procederá con el cálculo de la temperatura equivalente a través de la metodología descrita en "Permanent Elongation of Conductors - Predictor Equation and Evaluations Methods" - Electra N° 75", que nos facilite la simulación del efecto Creep en la Hipótesis de máxima flecha (hipótesis III); para ello utilizaremos los valores Creep del conductor dados por el fabricante.

Tabla N° 4.2 - Características del conductor dadas por el fabricante

<b>Conductor</b>	<b>K</b>	<b><math>\phi</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\mu</math></b>
Aleación de aluminio AAAC 150mm <sup>2</sup> (*)	0.15	1.40	1.30	0.16

- Elongación final del conductor

$$\varepsilon = k t^{\phi} \sigma^{\alpha} t^{\mu} \quad (4.6)$$

Donde:

- $\varepsilon$  : Elongación final en (mm/Km)
- $K, \phi, \alpha, \mu$ : Valores Creep del conductor (dados por el fabricante)
- $\tau$  : Temperatura de trabajo en el lugar de instalación en (°C)
- $\sigma$  : Máximo esfuerzo en (Kg/mm<sup>2</sup>)
- $t$  : Tiempo de aplicación del tiro en (horas)



Para el cálculo del Creep inicial ( $\varepsilon_o$ ), se tomará en cuenta un esfuerzo de pre-tensionado del 70% del esfuerzo máximo, así como un tiempo de pre-tensionado de 48 horas y una temperatura de templado de 20 °C.

Se conoce que  $T_o = 18\%TR$ , por el cual se obtiene que el  $\sigma_o = 5.5116Kg/mm^2$  y finalmente el  $\sigma_{pre-tensionado} = 3.858Kg/mm^2$ .

Finalmente calculado la elongación final:

$$\varepsilon_o = (0.15)(20)^{1.40} (3.858)^{1.30} (48)^{0.16} \Rightarrow \varepsilon_o = 106.82mm/Km$$

- Cálculo del alargamiento y temperatura equivalente con el tiempo

$$L_\varepsilon = \varepsilon - \varepsilon_o \quad (4.7)$$

$$T_{eq(Creep)} = \frac{L_\varepsilon}{\alpha_{(dilatacion)}} \quad (4.8)$$

Donde:

- $\varepsilon_o$  : Elongación inicial en (mm/Km)
- $\varepsilon$  : Elongación final en función de tiempo en (mm/Km)
- $L_\varepsilon$  : Alargamiento en función del tiempo en (mm/Km)
- $\alpha_{(dilatacion)}$  : Coeficiente de dilatación del conductor en (1/°C)
- $T_{eq(creep)}$  : Temperatura equivalente Creep en (°C)

Finalmente se tiene la Temperatura equivalente Creep en función del tiempo, y este periodo debe ser proyectado hasta que el conductor cumpla con su vida útil, que es aproximadamente 20 años a partir de su instalación.

$$T_{eq(Creep)(t)} = \frac{\varepsilon - \varepsilon_o}{\alpha_{(dilatacion)}} = \frac{k t^\phi \sigma^\alpha t^\mu - \varepsilon_o}{\alpha_{(dilatacion)}} = \frac{[(0.15)(20)^{1.40} (5.5116)^{1.30} (t)^{0.16}] - 106.82}{0.000023}$$

$$T_{eq(Creep)(t)} = \frac{91.418t^{0.16} - 106.82}{23} \text{ } ^\circ C$$

Los resultados se presentan el Anexo B.1, donde se puede apreciar que un horizonte de vida útil del conductor de aproximadamente 20 años se tendrá una temperatura de  $T_{eq(Creep)} = 22^\circ C$ , este valor se adoptará para realizar los cálculos en la hipótesis de máxima flecha (hipótesis III).

#### 4.6 Definición de la hipótesis de estado de la línea

Como se ha detallado anteriormente la zona donde esta ubicada la línea de transmisión en 138 kV (ubicado en los distritos de El Porvenir, Laredo y Poroto de la provincia de Trujillo y el distrito de Salpo en la provincia de Otuzco, en la región Libertad), tiene sus

características y condiciones ambientales propias; por ende la simulación de los cálculos de EDS y las recomendaciones del CNE de suministro 2001, han definido las siguientes hipótesis de cálculo mecánico. Cabe precisar que estas condiciones son concordantes con otros estudios realizados en la zona a otras líneas de transmisión.

En este caso se han considerado 04 hipótesis las cuales con:

- a. **Hipótesis I**, considerada para la ejecución del tendido del conductor, ya que representa las condiciones ambientales que someterán a la línea la mayor cantidad de días en el año. El esfuerzo del conductor en esta hipótesis es el esfuerzo de cada día (EDS) y cuyos valores se presentarán en los planos.
- b. **Hipótesis II**, denominada de esfuerzos máximos, considerándose una condición de máxima exigencia mecánica del conductor. En esta hipótesis se debe garantizar el *f.s.* mínimo del conductor, así como el tiro, ya que de este valor se diseñará los soportes de la línea.
- c. **Hipótesis III**, donde se toma en cuenta la máxima fecha que alcanzara el conductor para una temperatura máxima, esto nos servirá para poder diseñar la altura de los soportes, es por esta razón que es de importancia asignar una correcta temperatura máxima. En esta hipótesis también se tomará en cuenta la temperatura equivalente por efecto Creep.
- d. **Hipótesis IV**, para esta hipótesis se considerará un temperatura mínima, ya que nos permitirá obtener la fecha mínima posible del conductor y diseñar las distancia de seguridad requeridas.

A continuación detallaremos los criterios de diseño tomados para las hipótesis que se considerarán para los cálculos mecánicos del conductor, cabe establecer que dichos datos son basados en aspectos ambientales o de estudios similares realizado en la zona del proyecto.

#### **Hipótesis I: EDS (Tensión de cada día)**

Temperatura	: 20°C
Velocidad del viento	: nulo
Esfuerzo EDS Inicial	: 18 % del Tiro de rotura ( <i>TR</i> )
Esfuerzo EDS Final	: Se calcula para cada vano

#### **Hipótesis II: Máximo Esfuerzo con Viento**

Temperatura	: 14 °C
Manguito de hielo	: nulo (zona sin presencia de hielo)
Velocidad del viento	: 92 km/h
% de Tiro de Seguridad	: 40% del Tiro de rotura ( <i>TR</i> )

**Hipótesis III: Máxima Flecha:**

Temperatura	: 36 °C + 22 °C ( $\Delta$ Creep) : 58 °C
Velocidad del viento	: nula
% de Tiro de Seguridad	: 40% del Tiro de rotura ( $TR$ )

**Hipótesis IV: Flecha Mínima**

Temperatura	: 10 °C
Velocidad del viento	: 0 km/h
% de Tiro de Seguridad	: 40% del Tiro de rotura ( $TR$ )

A continuación detallaremos algunas consideraciones tomadas para la elaboración de los cálculos mecánicos de conductor, empleándose el Software Profesional para el “Diseño de Líneas de Transmisión Aérea” DTLCAD Versión 2010.

- El EDS inicial ha sido considerado para el cálculo mecánico del conductor y este es aplicado para generar la tabla de tensado, lo cual nos servirá para ejecutar la etapa del tendido y flechado del conductor en la zona de proyecto. Dichas tablas se mostrarán en el Anexo D.
- Se precisa que en la hipótesis III (hipótesis de máxima flecha), se está tomando en cuenta los cálculos de la temperatura de conducción del conductor (36 °C) y el cálculo del incremento de temperatura por efecto Creep (22°C), lo cual nos daría una temperatura de 58 °C; por lo cual, para la realización de los cálculos en esta hipótesis se tomara la temperatura resultante, y de esa manera simular en caso más extremo. Los resultados de los cálculos se presentarán en el Anexo B.01.
- Los valores de EDS final obtenidos, se aplica para el cálculo de las flechas en condiciones de máxima temperatura, esto se realizara para cada vano del proyecto.
- En todo el recorrido de la línea no se ha diseñado vanos flojos, pero podemos decir que si se usaran, se utilizarían con un tiro máximo equivalente al 7% del tiro de rotura del conductor  $TR = 45057.3N$ , lo cual daría un resultado final de  $T_{vano\ flojo} = 3154N$ .

## CAPITULO V

### CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Los resultados de los cálculos mecánicos del conductor, son arrojados por el Software Profesional para el “Diseño de Líneas de Transmisión Aérea”, pero para la mejor consolidación de los conceptos del comportamiento del conductor, procederemos a realizar los cálculos mecánicos del conductor del 3º tramo de la línea de transmisión en estudio (dicha línea cuenta con 07 tramos en toda su extensión). Dicho tramo se especifica en el Anexo F (planos de perfil).

Analizaremos en forma matemática, si los cálculos mecánicos del conductor se ajustan al requerimiento del factor de seguridad (*f.s.*) requerido según el CNE de Suministro 2001, para su instalación.

Para una comprensión más precisa de la metodología empleada en el cálculo mecánico del conductor, se utilizará un tramo de la línea de transmisión (se ha seleccionado el tramo N° 3). Asimismo se establece un EDS inicial igual al de templado ( $EDS_{inicial} = 18\%$ ) y un EDS final diferente ( $EDS_{final} \neq 18\%$ ), producto de la deformación que se produce en el conductor después de ser engrapado, estos criterios se detallaran posteriormente en el cálculo de esfuerzos y tiros correspondientes a cada vano del tramo seleccionado.

#### 5.1 Cálculos de sobrecarga del conductor por Hipótesis

Los valores de sobre carga del conductor esa basado fundamentalmente por el peso unitario del mismo y la presión del viento sobre el conductor; esto es propia de la ubicación geográfica de proyecto y de las condiciones ambientales que está sometida la línea de transmisión, por ende es importante que para el diseño se considere un factor de seguridad (*f.s.*) igual a 2.5 referente la tiro de rotura (*TR*) o su equivalente del 40%.

En las tablas adjuntas se detallas las características técnicas que se tomarán en cuenta para la realización de los cálculos.

Tabla N° 5.1 - Hipótesis consideradas para el cálculo

<b>HIPOTESIS</b>	<b>Temp (°C)</b>	<b>Vient (Km/h)</b>	<b>Hielo (mm)</b>	<b>Observación</b>
<b>I</b>	20	0	0	Templado
<b>II</b>	14	92	0	Máximo Esfuerzo
<b>III</b>	36+22	0	0	Creep = 36+22
<b>IV</b>	10	0	0	Mínima flecha

Tabla N° 5.2 - Características del conductor tipo AAAC de 150 mm<sup>2</sup>

<i>Descripción</i>	<i>Simb.</i>	<i>Especificación</i>	<i>Unidad</i>
Coeficiente de dilatación	$\alpha$	0.000023	1/°C
Diametro del conductor	$\phi_c$	15.90	mm
Sección nominal	A	150	mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	E	6200	Kg/mm <sup>2</sup>
Peso unitario	$w_c$	0.4116	Kg/m
Tensión de cada día	TCD	18%	
Carga de rotura	TR	4593	Kg

Tabla N° 5.3 - Características del tramo N° 3 analizado

<i>Descripción</i>	<i>Especificación</i>	<i>Unidad</i>	
N° de estructura inicial	7		
N° de estructura final	15		
Numero de vanos	8		
Numero de estructura	9		
Longitud horizontal	2620,54	m	
Parametro de la catenaria	1548.20	m	
Cota mínima	188,17	m	
Cota máxima	300,03	m	
Longitud de vanos	a1	339,79	m
	a2	396,53	m
	a3	225,08	m
	a4	179,37	m
	a5	342,69	m
	a6	344,79	m
	a7	336,74	m
	a8	395,55	m
Cota del soporte	p1	188,17	m
	p2	279,20	m
	p3	284,22	m
	p4	289,81	m
	p5	300,03	m
	p6	280,28	m
	p7	249,56	m
	p8	238,93	m
	p9	239,35	m

### 5.1.1 Cálculos de sobrecargas del conductor en las hipótesis:

Para estos cálculos emplearemos las siguientes formulas:

$$w_v = 0.00481 v^2 \left( \frac{\phi_c + 2e}{1000} \right) \quad (5.1)$$

$$w_r^2 = w_c^2 + w_v^2 \quad (5.2)$$

Donde:

- $v$  : Velocidad del viento en (Km/h).
- $\phi_c$  : Diámetro del conductor en (mm).
- $e$  : Costra de hielo sobre el conductor en (mm).

$w_c$  : Peso unitario del conductor en Kg/m.

$w_h$  : Peso unitario del manguito de hielo sobre el conductor en Kg/m.

$w_v$  : Peso unitario de la presión del viento sobre el conductor en Kg/m.

$w_r$  : Peso unitario resultante sobre el conductor en Kg/m.

- Para la hipótesis I (hipótesis de templado)

Considerando que  $w_h = 0$  y  $w_v = 0$ ; se obtiene:  $w_c = 0.4116 \text{Kg} / \text{m}$

- Para la hipótesis II (hipótesis de máximos esfuerzos)

Considerando que  $w_h = 0$ , se aplica la formula:

$$w_v = 0.00481(92)^2 \left( \frac{15.90 + (2)(0)}{1000} \right) \Rightarrow w_v = 0.647 \text{Kg} / \text{m}$$

Por lo que finalmente se obtiene que  $w_r^2 = w_c^2 + w_v^2 \Rightarrow w_r = 0.7671 \text{Kg} / \text{m}$ .

- Para la hipótesis III (hipótesis de máxima flecha)

Considerando que  $w_h = 0$  y  $w_v = 0$ ; se obtiene:  $w_c = 0.4116 \text{Kg} / \text{m}$

- Para la hipótesis IV (hipótesis de mínima flecha)

Considerando que  $w_h = 0$  y  $w_v = 0$ ; se obtiene:  $w_c = 0.4116 \text{Kg} / \text{m}$

### 5.1.2 Cálculos de esfuerzos del conductor en las hipótesis:

- Para la hipótesis I (hipótesis de templado)

El valor del esfuerzo ( $\sigma_o$ ) para la hipótesis de templado, no debe ser mayor del 20% del esfuerzo de rotura del conductor, considerando este valor se reduce los efectos peligrosos de las vibraciones resonantes que se producirían, es así que para mayor seguridad del diseño se adoptará:  $T_o = 18\%TR$ , considerando a  $T_o$  como el tiro de templado.

Se tiene:  $T_o = 826.74 \text{Kg}$  y el  $\sigma_o = \frac{T_o}{A} = \frac{826.74}{150} \Rightarrow \sigma_o = 5.5116 \text{Kg} / \text{mm}^2$

- Para la hipótesis II (hipótesis de máximos esfuerzos)

Calculando el tiro máximo que se debe diseñar.

$$T_{MAX} = T_b = \frac{TR}{f.s.} = \frac{4593}{2.5} = 1837.2 \text{Kg} \Rightarrow \sigma_{MAX(II)} = 12.248 \text{Kg}$$

- Para la hipótesis III (hipótesis de máxima flecha)

Para este caso, también consideramos el máximo tiro permitido.

$$T_{MAX} = T_b = \frac{TR}{f.s.} = \frac{4593}{2.5} = 1837.2 \text{Kg} \Rightarrow \sigma_{MAX(III)} = 12.248 \text{Kg}$$

- Para la hipótesis IV (hipótesis de mínima flecha)

De la misma forma calculamos el tiro máximo.

$$T_{MAX} = T_b = \frac{TR}{f.s.} = \frac{4593}{2.5} = 1837.2Kg \Rightarrow \sigma_{MAX(IV)} = 12.248Kg$$

## 5.2 Cálculo de los esfuerzos hacia la Hipótesis de templado

En esta parte emplearemos la Ecuación de Cambio de Estado (ECE) para vanos con desniveles (tramo N° 3 de la línea de transmisión). En cuanto a las condiciones aplicable a la ECE, consideraremos tanto a la hipótesis II, III y IV como condiciones iniciales y a la condición final la hipótesis de templado (hipótesis I).

Estos cálculos se realizan con el fin de poder verificar si los esfuerzos de las hipótesis II, III y IV al transformarlos a través de la ECE, son coherentes con lo proyectado inicialmente.

Para los cálculos matemáticos preliminares, así como de la evaluación de la ECE, hemos utilizado las siguientes formulaciones matemáticas:

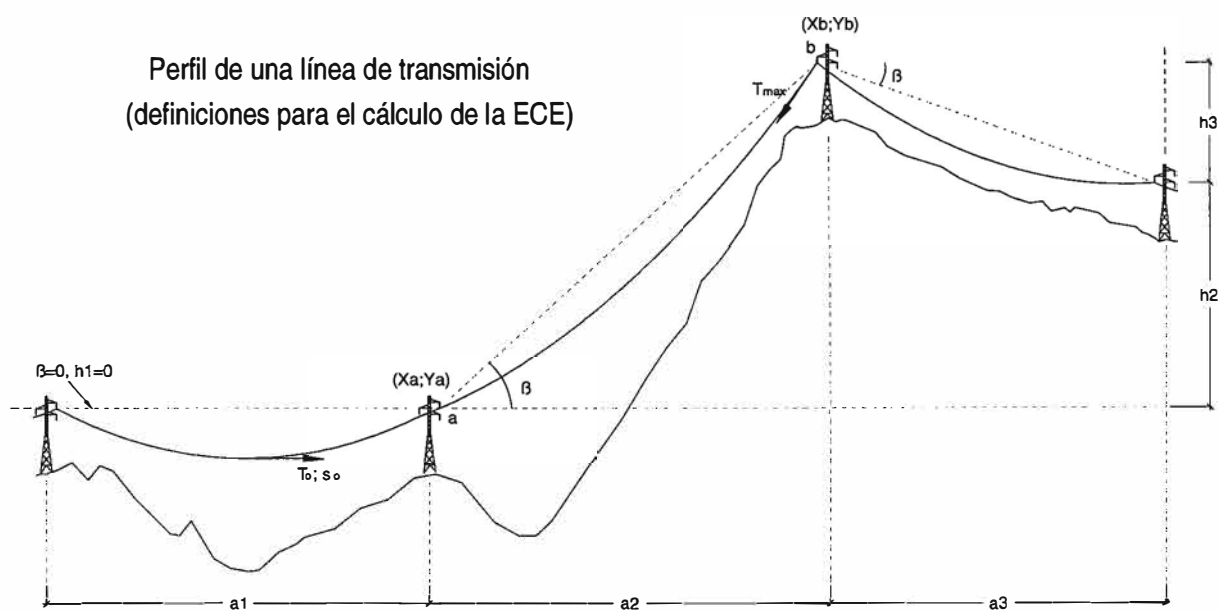


Figura N° 5.2 - Características mecánicas del conductor

- Cálculos previos:

$$w_v = 0.00481 v^2 \left( \frac{\phi_c + 2e}{1000} \right) \quad (5.3)$$

$$w_r = \sqrt{(w_c + w_h)^2 + (w_v)^2} \quad (5.4)$$

- Cálculos del tiro en el extremo y del parámetro de la catenaria

$$T_{MAX} = T_b = \frac{TR}{f.s.} \Rightarrow Si Y_a < Y_b \quad (5.5)$$

$$T_{MAX} = T_a = \frac{TR}{f.s.} \Rightarrow \text{Si } Y_a > Y_b \quad (5.6)$$

$$\sigma_o = \frac{T_o}{A} \quad (5.7)$$

$$T_o = Cw_r \quad (5.8)$$

$$b = \sqrt{a^2 + h^2} \quad (5.9)$$

$$K = 1 + \frac{1}{2} \left( \operatorname{arcsenh} \left( \frac{h}{a} \right) \right)^2 \quad (5.10)$$

$$C = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{K} \left( \frac{T_{(a;b)}}{w_r} - \frac{h}{2} \right) + \sqrt{\left( \frac{1}{K} \left( \frac{T_{(a;b)}}{w_r} - \frac{h}{2} \right) \right)^2 - \frac{ab}{2K}} \right] \quad (5.11)$$

Donde:

$T_b - T_a$  : Tiro en el extremo, es el máximo tiro del conductor en (Kg)

$TR$  : Tiro de rotura del conductor en (Kg)

$T_o$  : Tiro horizontal en (Kg)

$\sigma_o$  : Esfuerzo horizontal en (Kg/mm<sup>2</sup>)

$A$  : Sección del conductor en (mm<sup>2</sup>)

$f.s.$  : Factor de seguridad

$a$  : Vano horizontal en (m)

$h$  : Desnivel en (m)

$b$  : Vano real en (m)

$C$  : Parámetro de la catenaria

- Ecuación de cambio de estado (ECE)

Como se especifica el tramo escogido tiene desniveles, tanto ascendente como descendente; para esta ocasión desarrollaremos la ECE teniendo en cuenta el desnivel de cada vano.

$$\sigma_{o2}^2 \left[ \sigma_{o2} + \alpha E (\theta_2 - \theta_1) \operatorname{Cos} \beta + \frac{a^2 w_{r1}^2 E}{24 A^2 \sigma_{o1}^2} \operatorname{Cos}^3 \beta - \sigma_{o1} \right] = \frac{a^2 w_{r2}^2 E}{24 A^2} \operatorname{Cos}^3 \beta \quad (5.12)$$

Donde:

$\sigma_{o1} - \sigma_{o2}$  : Esfuerzo horizontal en la condición 1 y 2 en (Kg/mm<sup>2</sup>)

$\theta_1 - \theta_2$  : Temperaturas en la condición 1 y 2 en (°C)

$w_{r1} - w_{r2}$  : Pesos unitarios resultante en la condición 1 y 2 en (Kg/m)



- $\alpha$  : Coeficiente de dilatación térmica en ( $1/^\circ\text{C}$ )  
 $E$  : Módulo de elasticidad en ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ )  
 $\beta$  : Ángulo de desnivel,  $\text{Cos}\beta = a/b$

El cuadro siguiente muestra lo resultados obtenidos de la ECE.

Tabla N° 5.4 - Cálculo de esfuerzos de la hipótesis I (templado) – Tramo N° 3

		Valores considerados para ECE						HIPOTESIS I (templado - Final)	
	Item	a (m)	h (m)	$W_r$ (N/m)	$T_{max}$ (N)	C (m)	$\sigma_o$ (KN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_{o2}$ (KN/m <sup>2</sup> )	$T_{o2}$ (N)
HIPOTESIS II	a1	399,79	91,03	7,525	18.022,93	2.282,35	114,501	78,45	11.767,09
	a2	396,53	5,02	7,525	18.022,93	2.384,06	119,604	83,01	12.451,73
	a3	225,08	5,59	7,525	18.022,93	2.388,82	119,843	98,55	14.781,76
	a4	179,37	10,22	7,525	18.022,93	2.384,34	119,618	102,56	15.383,34
	a5	342,69	-19,75	7,525	18.022,93	2.394,77	120,141	87,90	13.184,71
	a6	344,79	-30,72	7,525	18.022,93	2.394,66	120,135	87,83	13.173,82
	a7	336,74	-10,63	7,525	18.022,93	2.393,21	120,062	88,26	13.239,49
	a8	395,55	0,42	7,525	18.022,93	2.386,60	119,731	83,22	12.482,30
HIPOTESIS III (*)	a1	399,79	91,03	4,038	18.022,93	4.303,60	115,847	158,27	23.740,13
	a2	396,53	5,02	4,038	18.022,93	4.456,28	119,957	163,81	24.571,22
	a3	225,08	5,59	4,038	18.022,93	4.457,97	120,002	169,91	25.486,45
	a4	179,37	10,22	4,038	18.022,93	4.450,33	119,797	170,79	25.618,18
	a5	342,69	-19,75	4,038	18.022,93	4.462,73	120,131	166,11	24.916,32
	a6	344,79	-30,72	4,038	18.022,93	4.457,92	120,001	165,82	24.872,27
	a7	336,74	-10,63	4,038	18.022,93	4.463,47	120,151	165,82	24.872,27
	a8	395,55	0,42	4,038	18.022,93	4.458,96	120,029	163,94	24.590,34
HIPOTESIS IV	a1	399,79	91,03	4,038	18.022,93	4.303,60	115,847	106,10	15.915,31
	a2	396,53	5,02	4,038	18.022,93	4.456,28	119,957	109,84	16.475,45
	a3	225,08	5,59	4,038	18.022,93	4.457,97	120,002	107,59	16.138,86
	a4	179,37	10,22	4,038	18.022,93	4.450,33	119,797	106,88	16.032,05
	a5	342,69	-19,75	4,038	18.022,93	4.462,73	120,131	109,27	16.390,22
	a6	344,79	-30,72	4,038	18.022,93	4.457,92	120,001	109,18	16.377,47
	a7	336,74	-10,63	4,038	18.022,93	4.463,47	120,151	109,20	16.380,22
	a8	395,55	0,42	4,038	18.022,93	4.458,96	120,029	109,89	16.483,49

(\*) Se considerada la temperatura de Creep ( $36^\circ\text{C} + 22^\circ\text{C}=58^\circ\text{C}$ )

Como se puede apreciar en el cuadro, los esfuerzos obtenidos con el cálculo de la ECE son los máximos permisibles y superiores al esfuerzo de templado  $\sigma_o = 5.5116 \text{Kg} / \text{mm}^2$ ; lo cual corrobora la relación siguiente:

$$\sigma_{o2 \text{ Hipotesis (II, III y IV} \rightarrow \text{I)}} \geq \sigma_{o \text{ (Hipotesis I)}} \quad (5.13)$$

Cabe resaltar que si cumplimos esta relación, garantizamos que los esfuerzos calculados a través de la ECE, partiendo de la hipótesis I (de templado) hacia las demás hipótesis (II, III y IV) serán de menor valor que los esfuerzos permisibles obtenidos anteriormente.

### 5.3 Cálculo de esfuerzos, catenaria y parámetro de catenaria

En esta parte se detallará los valores imprescindibles para la ejecución del tendido del conductor, pero como se ha explicado anteriormente, estos cálculos están referidos al 3°

tramo de la línea (de la estructura N° 7 a la estructura N° 15). Así mismo se destaca que en los cálculos se han utilizado las formulas matemáticas adicionales a las anteriores:

- Cálculos de la catenaria

$$T_o = A\sigma_o \quad \text{y} \quad T_o = Cw_r \quad (\text{empleando las formulas 5.6 y 5.7})$$

- Coordenadas cartesianas de la catenaria en vanos desnivelados

$$x_m = C \left[ \operatorname{arcsenh} \left( \frac{\frac{h}{2C}}{\operatorname{Senh} \left( \frac{a}{2C} \right)} \right) \right] \quad (5.14)$$

$$x_a = x_m - \frac{a}{2} \quad (5.15)$$

$$x_b = x_m + \frac{a}{2} \quad (5.16)$$

Donde:

$x_m$  : Abscisa del punto medio del vano en (m)

$x_a - x_b$  : Abscisas del los extremos del vano en (m)

$h$  : Desnivel de las coordenadas ( $y_a - y_b$ ) en (m)

- Longitud de la catenaria en vanos desnivelados

$$L = C \left[ \operatorname{Senh} \left( \frac{x_b}{C} \right) - \operatorname{Senh} \left( \frac{x_a}{C} \right) \right] \quad (5.17)$$

Donde:

$L$  : Longitud de la catenaria en (m)

- Flecha de la catenaria en vanos desnivelados

$$f = C \left[ \operatorname{Cosh} \left( \frac{x_m}{C} \right) \right] \left[ \operatorname{Cosh} \left( \frac{a}{2C} \right) - 1 \right] \quad (5.18)$$

Donde:

$f$  : Flecha de la catenaria en (m)

- Tiro en el extremo de la catenaria en vanos desnivelados

$$L_a = C \left[ \operatorname{Senh} \left( \frac{x_a}{C} \right) \right] \quad (5.19)$$

$$L_b = C \left[ \operatorname{Senh} \left( \frac{x_b}{C} \right) \right] \quad (5.20)$$

$$T_a = w_r \sqrt{C^2 + (L_a)^2} \quad (5.21)$$

$$T_b = w_r \sqrt{C^2 + (L_b)^2} \quad (5.22)$$

Donde:

$L_a$  : Longitud del lado izquierdo de la catenaria en (m)

$L_b$  : Longitud del lado derecho de la catenaria en (m)

$w_r$  : Peso unitario resultante del conductor en (Kg/m)

$T_a - T_b$  : Tiros en los extremos de la catenaria en (m)

En la tabla se muestra el resultado de los cálculos realizados a los vanos del 3° tramo.

Tabla N° 5.5 - Cálculo de esfuerzos de la hipótesis I hacia las hipótesis II, III y IV Tramo N° 3

CUADRO DE TEMPLADO PARA CADA VANO DEL 3° TRAMO DE LA LÍNEA												
Item	Valores considerados en ECE (Hipótesis I)						HIPOTESIS II (Max. Esfuerzos)					
	a (m)	h (m)	Wr (N/m)	To (N)	EDS Final	σo (KN/m2)	σo2 (KN/m2)	To (N)	C (m)	Tmax (N)	Long. Cat. (m)	f (m)
a1	399.79	91.03	4.0378	8,110.32	17.03%	51.16	85.287	12,793.05	1,700.03	13,524.03	410.921	12.07
a2	396.53	5.02	4.0378	8,110.32	17.04%	51.19	85.751	12,862.62	1,709.27	12,968.59	397.451	11.51
a3	225.08	5.59	4.0378	8,110.32	15.92%	47.82	74.202	11,130.26	1,479.06	11,186.77	225.367	4.28
a4	179.37	10.22	4.0378	8,110.32	15.29%	45.93	69.147	10,372.05	1,378.31	10,448.93	179.787	2.92
a5	342.69	-19.75	4.0378	8,110.32	16.81%	50.49	82.973	12,445.96	1,653.90	12,606.43	343.871	8.90
a6	344.79	-30.72	4.0378	8,110.32	16.82%	50.52	83.039	12,455.92	1,655.23	12,685.71	346.777	9.02
a7	336.74	-10.63	4.0378	8,110.32	16.78%	50.40	82.657	12,398.51	1,647.60	12,508.84	337.494	8.61
a8	395.55	0.42	4.0378	8,110.32	17.04%	51.19	85.721	12,858.22	1,708.69	12,945.64	396.434	11.46

Item	Valores considerados en ECE (Hipótesis I)						HIPOTESIS III (Max. Fecha) (**)					
	a (m)	h (m)	Wr (N/m)	To (N)	EDS Final	σo (KN/m2)	σo2 (KN/m2)	To (N)	C (m)	Tmax (N)	Long. Cat. (m)	f (m)
a1	399.79	91.03	4.0378	8,110.32	17.03%	51.16	42.936	6,440.46	1,595.04	12,719.02	411.044	12.86
a2	396.53	5.02	4.0378	8,110.32	17.04%	51.19	43.098	6,464.77	1,601.06	12,160.00	397.576	12.29
a3	225.08	5.59	4.0378	8,110.32	15.92%	47.82	35.646	5,346.83	1,324.19	10,024.72	225.420	4.79
a4	179.37	10.22	4.0378	8,110.32	15.29%	45.93	32.227	4,834.02	1,197.19	9,087.04	179.828	3.37
a5	342.69	-19.75	4.0378	8,110.32	16.81%	50.49	41.383	6,207.48	1,537.34	11,732.75	343.967	9.57
a6	344.79	-30.72	4.0378	8,110.32	16.82%	50.52	41.433	6,214.97	1,539.20	11,813.98	346.874	9.70
a7	336.74	-10.63	4.0378	8,110.32	16.78%	50.40	41.180	6,176.96	1,529.78	11,626.71	337.588	9.28
a8	395.55	0.42	4.0378	8,110.32	17.04%	51.19	43.072	6,460.81	1,600.08	12,134.16	396.558	12.24

Item	Valores considerados en ECE (Hipótesis I)						HIPOTESIS IV (Min. Fecha)					
	a (m)	h (m)	Wr (N/m)	To (N)	EDS Final	σo (KN/m2)	σo2 (KN/m2)	To (N)	C (m)	Tmax (N)	Long. Cat. (m)	f (m)
a1	399.79	91.03	4.0378	8,110.32	17.03%	51.16	54.063	8,109.45	2,008.39	15,891.37	410.667	10.21
a2	396.53	5.02	4.0378	8,110.32	17.04%	51.19	53.997	8,099.53	1,076.32	8,254.88	398.808	18.31
a3	225.08	5.59	4.0378	8,110.32	15.92%	47.82	57.655	8,648.21	1,149.23	8,713.09	225.509	5.52
a4	179.37	10.22	4.0378	8,110.32	15.29%	45.93	59.383	8,907.45	1,183.68	8,985.49	179.832	3.40
a5	342.69	-19.75	4.0378	8,110.32	16.81%	50.49	58.846	8,826.86	1,172.97	9,007.73	344.477	12.56
a6	344.79	-30.72	4.0378	8,110.32	16.82%	50.52	59.559	8,933.92	1,187.20	9,175.01	347.364	12.59
a7	336.74	-10.63	4.0378	8,110.32	16.78%	50.40	54.869	8,230.33	1,093.70	8,370.56	338.239	12.99
a8	395.55	0.42	4.0378	8,110.32	17.04%	51.19	54.008	8,101.26	1,076.55	8,238.38	397.779	18.22

(\*) Para los cálculos de ha considerado un EDS final diferente al 18% para cada vano

(\*\*) Se considerada la temperatura de Creep (36°C + 22°C=58°C)

Cabe destacar que el cuadro de tensado de todas las hipótesis para todo el rango de vanos que contempla la línea de transmisión será calculados por el Software Profesional para el "Diseño de Líneas de Transmisión Aérea" DLTCAD versión 2010 y mostrados en el Anexo B.5.

## **CAPITULO VI**

### **VERIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS UTILIZADAS**

Las estructuras de la línea de transmisión L-1115 (SET Trujillo Norte hacia SET Motil) ha sufrido el deterioro por factores climatológicos y ambientales propias de la ubicación de la línea, asimismo con el pasar del tiempo la corrosión marina ha erosionado partes vitales de las estructuras de celosía.

Cabe precisar que la línea de transmisión producto del estudio este ubicada en los distritos de El Porvenir, Laredo y Poroto de la provincia de Trujillo y la región de La Libertad, además se localizada a 20 km aproximadamente del litoral marino.

Es así que en inspección realizada en campo, se concluye que se deben utilizar para este proyecto postes de madera importa, con crucetas y trazos de apoyo "X" por las siguientes razones que detallamos:

- Son fáciles de transportar.
- Son adecuadas para ambientes corrosivos.
- Aseguran una larga vida útil de la línea.
- Pueden permitir un diseño flexible para la configuración más adecuada de acuerdo al tipo de terreno.
- Económicamente, es más rentable e incluso en los costos de montaje.

Para este caso se utilizará estos tipos de estructuras en simple terna:

HS	Estructura de Suspensión, disposición horizontal, con dos postes, dos crucetas.
HA1	Estructura de Suspensión angular, con tres postes unidos por un tensor de cable y una cadena de suspensión en cada poste.
HR	Estructura de Anclaje, disposición horizontal, con tres postes, una cruceta y nueve cadenas de anclaje.

#### **6.1 Cálculos mecánico de las estructuras y crucetas**

Teniendo en cuenta que los primeros 0.9 km del nuevo trazo de ruta de la línea de transmisión se encuentra sobre en zona urbana, pero esta sobre la faja de servidumbre de otras líneas que salen de la misma subestación; y considerando lo establecido en el CNE de Suministro 2001, se puede concluir que para los cálculos se considerará un grado de construcción "C. Por ende se utilizarán postes de madera pino amarillo del sur

(yellow southern pine), tratados con el sistema vacío-presión, y utilizando como preservantes al pentaclorofenol o sales de cobre.

Los factores de sobrecarga de los postes de madera considerados en este informe se detallan a continuación, esto es en base a los datos de fabricante y de la Norma de DGE.

Tabla N° 6.1 - Factores de sobre carga de los postes de madera (datos de fabricante)

<i>Descripción</i>	<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Cargas Transversales	Debido al viento	2.20
	Debido a la tensión del conductor	1.65
Cargas Longitudinales	En las estructuras de anclaje	1.65
Cargas Verticales	Considerando todos los accesorios	1.50
Factor de resistencia		0.75
Deflexión máxima (según Norma DGE)		≤ 4%

A continuación se especifican los factores de sobrecarga considerados para las crucetas y retenidas.

Tabla N° 6.2 - Factores de sobre carga de las crucetas de madera y cable de retenida

<i>Descripción</i>	<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
Cruceta de Madera	Factor de sobrecarga	Igual que los postes
	Factor de resistencia	0.75
Cable de Retenida	Carga de rotura	57.40 kN
	Factor de seguridad	2.00

### 6.1.1 Cálculos mecánicos de estructuras

Considerando las características definidas por las normas vigentes y los datos garantizados por el fabricante, se ha desarrollado los cálculos mecánicos de las estructuras, con lo cual se ha podido establecer los límites máximos de operación.

Los detalles de los cálculos mecánicos de la estructuras se presentan en el anexo B.9 y B.10, pero especificaremos para mejor entendimiento, los cálculos obtenidos en la estructura de suspensión HS.

Las consideraciones tomadas para estos cálculos, son las características del poste y las características del conductor especificadas por el fabricante, así como los valores obtenidos en los cálculos mecánicos del conductor:

En la figura N° 6.1 se muestra las longitudes características del poste de madera que se empleará en los cálculos, así mismo los puntos donde se evaluarán los formulas.

En las Tablas N° 6.3 y 6.4 se detallan los datos correspondientes a los postes de madera y el conductor que se tomaran en cuenta para los cálculos.

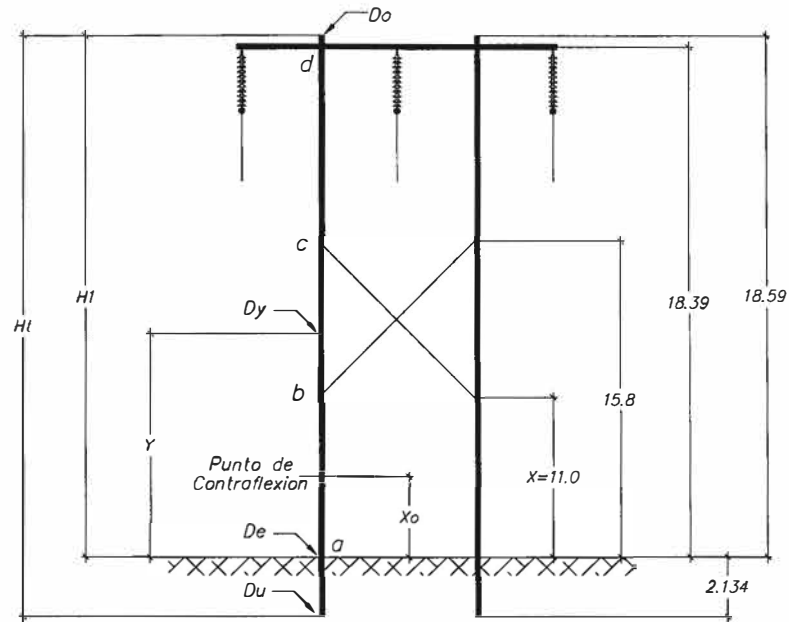


Figura N° 6.1 - Puntos de aplicación de fuerzas, en la estructura tipo HS

Tabla N° 6.3 - Características de los postes nuevos de madera

<b>Descripción</b>	<b>Especificación</b>	<b>Unidad</b>
Longitud total del poste	21.34	mt.
Poste (Hp)	70	
Clase	2	
Carga de Rotura a 0.30 m. punta (F)	1681	kg
Esfuerzo a la flexión (Rc)	490	kg/cm <sup>2</sup>
Factor de Depreciación para Poste Usado	0.6	
Esf. Flexion Estimado	294	kg/cm <sup>2</sup>
Diam. línea empotram. (de)	0.38	mt.
Diam. punta (do)	0.202	mt.
Circunferencia de línea ( C )	1.193	mt.
Longitud empotramiento (He)	2.754	mt.
Modulo de elasticidad del poste (E)	100062	kg/cm <sup>2</sup>

Tabla N° 6.4 - Características del conductor empleado

<b>Descripción</b>	<b>Especificación</b>	<b>Unidad</b>
Conductor Tipo	AAAC150	
Sección	150	mm <sup>2</sup>
Dia.Cond.(Dc)	15.9	mm.
Peso	0.413	kg/m
Tiro conductor	1272.02	kg
Vano Equivalente	280	m
Altura del conductor de fase a tierra (mt.)	18.29	m
Carga debido al viento	0.649	kg/m
Peso resultante	0.769	kg/m

Se calcula los diámetros y los momentos en cada punto, mediante las formulas siguientes:

$$D_y = D_o + (D_e - D_o) \left( \frac{(H_1 - x)}{90\%H_t - 0.6} \right) \quad (6.1)$$

$$M_o = 31.6\pi^3 R_C D_y^3 \quad (6.2)$$

Donde:

- $M_o$  : Momento en cada punto de aplicación en (Kg.m)
- $D_y$  : Diámetro del poste en la posición "y" en (m)
- $D_o$  : Diámetro del poste en la punta en (m)
- $D_e$  : Diámetro del poste a nivel del suelo (empotramiento) en (m)
- $H_1$  : Longitud visible del poste en (m)
- $H_t$  : Longitud total del poste en (m)
- $x$  : Distancia de aplicación del momento en (m)
- $R_C$  : Esfuerzo a la flexión en (Kg/cm<sup>2</sup>)

Tener en cuenta que el esfuerzo a la flexión ( $R_C$ ) para este tipo de poste se considera 490 kg/cm<sup>2</sup> (dato de fabricante), mientras para los postes existentes se considera un Factor de Depreciación para poste usado que es igual a 0.6 (considerando que las 02 primeras estructuras están compuestas por postes existentes), y aplicando la formula, se obtiene.

Tabla N° 6.5 - Momentos calculados en los puntos del poste de madera

Punto	Diametro (m)	Momento (Kg-m)
Base	0.406	32162.85
a	0.380	26304.37
b	0.275	9960.96
c	0.229	5757.58
d	0.205	4135.82
punta	0.202	3964.65

- Cálculo de la distancia de contraflexión ( $x_o$ )

$$x_o = \frac{xM_a}{M_a + M_b} \quad (6.3)$$

Donde:

- $M_a$  : Momentos en el punto "a" en (kg-m)
- $M_b$  : Momentos en el punto "a" en (kg-m)

$$x_o = \frac{xM_a}{M_a + M_b} = \frac{(11m)(26304.37)}{(26304.37 + 9960.96)} \Rightarrow x_o = 7.97m$$

- Cálculo del valor de tiro máximo transversal ( $P$ )

$$P_x = \frac{2M_x}{D_{(\text{punto mas cercano})}} \quad (6.4)$$

Donde:

- $P_x$  : Tiro máximo transversal aplicado en el punto "x" en (Kg)
- $D_{(\text{punto mas cercano})}$  : Distancia de "x" al punto de unión más cercano en (m)
- $M_x$  : Momentos en el punto "x" en (m)

Obteniéndose los valores de:  $P_a = P_b = 6602.10\text{Kg}$  y  $P_c = 4606.07\text{Kg}$  para los puntos a, b y c respectivamente, pero el tiro máximo transversal ( $P$ ) viene hacer el menor valor obtenido y se de ratea en un 15%, por la uniones de los pernos, obteniendo el valor de:  $P = 3915.16\text{Kg}$ .

- Cálculo del vano viento máximo ( $a_{vmax}$ )

Para el cálculo del vano viento máximo, debemos considerar la velocidad de viento máxima de la zona de 92 km/h.

Para el cálculo previamente hay que valorar algunos parámetros, en este caso consideraremos un  $K = 0.613$  (para instalaciones menores a 3000 m.s.n.m. y un factor de forma  $s_f = 1.0$ ).

$$P_{vp} = P_{vc} = \frac{Kv^2}{g}(s_f) \quad (6.5)$$

Donde:

- $P_{vp}$  : Presión de viento sobre el poste en ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
- $P_{vc}$  : Presión de viento sobre el conductor en ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
- $v$  : Velocidad del viento en la zona en (km/h)
- $g$  : Aceleración de la gravedad en ( $\text{m}/\text{seg}^2$ )
- $s_f$  : Factor de forma

Se tiene que:  $P_{vp} = P_{vc} = \frac{Kv^2}{g}(s_f) \Rightarrow P_{vp} = P_{vc} = 0.613 \left( \frac{92000}{3600} \right)^2 \frac{1.0}{9.81} = 40.810\text{kg}/\text{m}^2$

Para estos cálculos se requiere saber el área del poste donde se aplica la fuerza del viento, lo cual viene dado por, esta formulación es considerada para cualquier tipo de poste.

$$A = \left( \frac{D_o + D_e}{2} \right) (H_t - H_1) = \left( \frac{0.202 + 0.380}{2} \right) (21.34 - 2.75) \Rightarrow A = 5.410\text{m}^2$$



Fuerza de presión del viento sobre el poste y considerando un factor de seguridad ( $f_S$ ) igual a 2.0.

$$F_{vp} = P_{vp} A f_S \quad (6.6)$$

Donde:

$F_{vp}$  : Fuerza del viento sobre el poste en (kg)

$P_{vp}$  : Presión de viento en (kg/m<sup>2</sup>)

$f_S$  : Factor de seguridad

$$F_{vp} = P_{vp} A f_S = (40.810)(5.410)(2.0) \Rightarrow F_{vp} = 441.54Kg$$

En el cálculo de la fuerza debido al viento sobre el conductor se considera un factor de seguridad ( $f_S$ ) igual a 3.0 y el diámetro del conductor tipo AAAC de 150 mm<sup>2</sup> ( $D_{C(fase)}$ ) es igual a 0.0159m.

$$F_{vc} = P_{vc} f_S (3D_{C(fase)}) \quad (6.7)$$

Donde:

$F_{vc}$  : Fuerza del viento sobre el conductor en (Kg)

$D_{C(fase)}$ : Diámetro del conductor por cada fase en (m)

$$F_{vc} = P_{vc} f_S (3D_{C(fase)}) = (40.810)(3.0)(3)(0.0159) \Rightarrow F_{vc} = 5.840Kg$$

Para la fuerza debido al máximo tiro del conductor, se considera un ( $f_S$ ) igual a 3.0 y el ángulo máximo  $\alpha_{max}$  que soporta la estructura, que para este caso es de tipo "HS", por lo cual el ángulo es de 3°.

$$F_{max(Cond)} = f_S \left[ 2(3T_{MAX(Cond-fase)}) \text{Sen} \left( \frac{\alpha_{max}}{2} \right) \right] \quad (6.8)$$

Donde:

$F_{max(Cond)}$  : Fuerza máxima producida por el tiro del conductor en (Kg)

$T_{max}$  : Tiro máximo del conductor por fase en (Kg)

$\alpha_{max}$  : Angulo máximo admisible de la estructura en (°)

$$F_{max(Cond)} = 3 \left[ (2)(3)(1272) \text{Sen} \left( \frac{3^\circ}{2} \times \frac{\pi}{360^\circ} \right) \right] \Rightarrow F_{MAX(Cond)} = 599.36Kg$$

Finalmente calculamos el vano viento máximo como mediante la siguiente formula:

$$\alpha_{v(max)} = \left( \frac{P - 2F_{vp} - F_{MAX(Cond)}}{F_{vc}} \right) \quad (6.9)$$

Donde:

$a_{v(max)}$ : Vano máximo admisible para la estructura en (Kg)

$T_{max}$  : Tiro máximo del conductor por fase en (Kg)

$$a_{v(max)} = \left( \frac{P - 2F_{vp} - F_{MAX(Cond)}}{F_{vc}} \right) = \left( \frac{3915.16 - 2(441.54) - 599.36}{5.84} \right)$$

Finalmente se obtiene el valor del vano máximo que puede admitir la estructura de suspensión (HS),  $a_{v(max)} = 417m$ .

Se concluye que para vanos mayores a 417m, se debe utilizar 02 retenidas transversales. Finalmente en la tabla se muestra las características del fabricante de los postes de madera.

Tabla N° 6.6 - Características de los postes de madera

Descripción	Especificación	unidad
Longitud	70' (21,3)	m
Clase	2	-
Diámetro en la punta (Do)	20.2	cm
Diámetro en la línea de empotramiento (Dm)	38	cm
Esfuerzo máx. a la flexión	54	Mpa
Long. de empotramiento (m)	2.75	m
Longitud libre del poste	18.55	m
Módulo de Elast. (Mpa)	10200	Mpa

De los cálculos desarrollados se obtiene el siguiente cuadro de prestaciones de las estructuras, por efecto del viento:

Tabla N° 6.7 - Prestaciones de las estructuras diseñadas

Item	Armado	Conductor Tipo	% Tiro EDS	Angulo	Vano Viento	Vano Lateral	Requiere Retenida
1	HS	AAAC-150	18	0	519	680	No
				2	451	680	No
				3	416	680	No
2	HR	AAAC-150	18	0	662	900	No
				3	560	900	No
				5	491	900	No
				10	320	900	Si
3	HA1	AAAC-150	18	10	551	680	Si
				20	370	680	Si
				30	228	380	Si

### 6.1.2 Cálculos mecánicos de Crucetas (Análisis de casos críticos)

En los cálculo de las crucetas se ha optado por analizar los tomar casos críticos (Los que tienen mayores vanos), según la distribución propuesta de la línea y los trabajos de campo desarrollados.

Cabe precisar que las estructuras tipo HA1 no llevan crucetas, por lo que no es aplicable

el cálculo; mientras que las estructuras HR, llevan crucetas pero solo se utilizan para soportar las cadenas de aisladores y el cuello muerto (estructuras de suspensión), por lo que no requiere mayor análisis.

Las estructuras tipo HS, llevan crucetas simples y soportan el peso de los conductores de la línea, por lo que es necesario hacer el análisis del comportamiento de las crucetas para este tipo de estructuras.

Para iniciar los cálculos, tendremos en cuenta los datos siguientes:

Tablas N° 6.8 - **Características adicionales de las crucetas**

<i>Descripción</i>	<i>Especificación</i>	<i>Unidad</i>
Material :	Madera	
Esf. Máximo de flexión:	5400	N/cm <sup>2</sup>
Esf. Max estimado (Factor de uso 0.75)	4050	N/cm <sup>2</sup>
Altura (h):	24,42	cm
Ancho (b)::	9,208	cm
Longitud:	9,75	m
Brazo de cruceta libre:	0	cm
Agujero en la cruceta:	2,409	cm

Tablas N° 6.9 - **Características adicionales del conductor**

<i>Descripción</i>	<i>Especificación</i>	<i>Unidad</i>
Conductor Tipo	AAAC150	
Sección	150	mm <sup>2</sup>
Dia.Cond.(Dc)	15.9	mm.
Peso	4038	N/m
Tiro máximo	13900	N

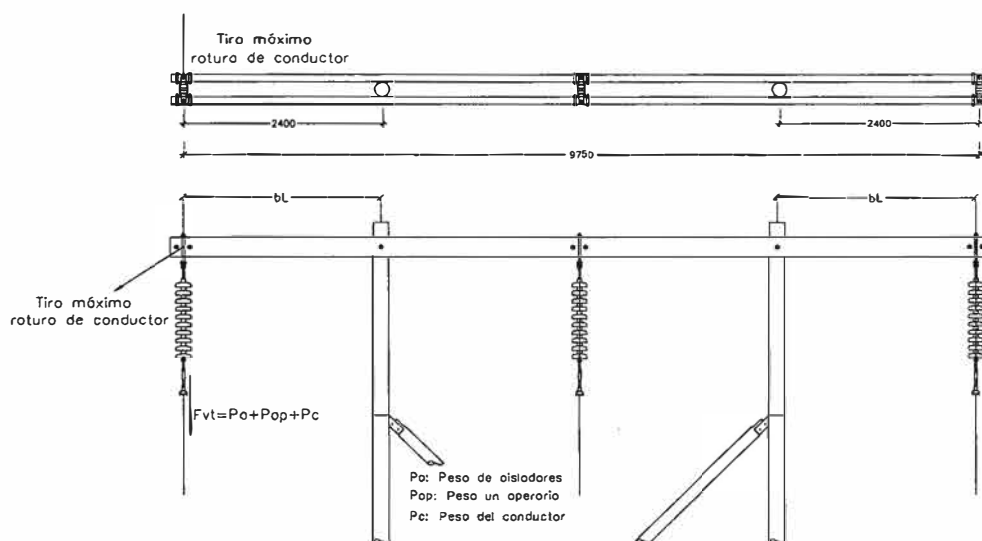


Figura N° 6.2 - **Puntos de aplicación de fuerzas, en las crucetas de estructura tipo HS**

Vamos a realizar los cálculos de los vanos más críticos de la línea, los cuales son: Vano peso de 800 m y un vano viento de 420 m; recalcando asimismo que el factor de

depreciación tomando para las crucetas usadas es de 0.75. Para los cálculos se tendrá en cuenta el desarrollo en condiciones normales y condiciones de rotura del conductor. En condiciones normales las fuerzas que están sometidas las crucetas son:

Tabla N° 6.10 - **Cargas adicionales aplicadas sobre las estructuras**

<i>Descripción</i>	<i>Especificación</i>	<i>Unidad</i>
Peso de aisladores	836,33	N
Peso de un hombre con herramientas	1000	N
Peso del conductor	3230,4	N

Por lo cual se considera que la carga vertical total ( $F_{VT}$ ) transmitida a la cruceta es de 7600.10 N (se calculó con un factor de sobrecarga del 1.5).

- Cálculo del modulo de sección ( $w$ )

$$w = \frac{an(al)^2}{6} (N^\circ cru) \quad (6.10)$$

Donde:

$an$  : Longitud del ancho de la cruceta en (m)

$al$  : Longitud de la altura de la cruceta en (m)

$N^\circ cru$  : Número de crucetas a utilizar.

$$w = \frac{an(al)^2}{6} (N^\circ cru) = \frac{(9.21)(24.42)^2}{6} (2) \Rightarrow w = 1830.36 \text{ cm}^3$$

- Momento actuante de la cruceta ( $M_a$ )

$$M_a = (b_L)(F_{VT}) \quad (6.11)$$

Donde:

$M_a$  : Momento actuante en unión de poste y cruceta en (N-cm)

$b_L$  : Longitud de cruceta libre en (cm)

$F_{VT}$  : Fuerza vertical total en (N).

$$M_a = (b_L)(F_{VT}) = (240)(7600.10) \Rightarrow M_a = 1824022.8 \text{ N-cm}$$

- Esfuerzo en la base arriestre de la cruceta, debido a la flexión ( $E_{A1}$ )

$$E_{A1} = \frac{M_a}{w} \quad (6.12)$$

Donde:

$E_{A1}$  : Esfuerzo en la base del arriaste de la cruceta en (N/cm<sup>2</sup>)

$M_a$  : Momento actuante en unión de poste y cruceta en (N-cm)

$w$  : Modulo de sección en (cm)

$$E_{A1} = \frac{M_a}{w} = \frac{1824022.8}{1830.36} \Rightarrow E_{A1} = 996.54 \text{ N/cm}^2$$

- Esfuerzo máximo en la base arriestre de la cruceta, debido a la flexión ( $E_{A2}$ )

Para el máximo esfuerzo consideramos factor de depreciación de 0.75, tomado para las crucetas usadas y el factor de resistencia para crucetas expuesto por el CNE (tabla 261-1A).

Tabla N° 6.11 - Factor de resistencia para las estructuras y crucetas – Tabla 261-1

Factores de resistencia para las estructuras <sup>1</sup> , crucetas, retenidas, cimentaciones y anclajes para ser utilizados con factores de sobrecarga de la Tabla 253-1		
	Grado B	Grado C
<b>Factores de resistencia para ser utilizados con cargas de la regla 250.B</b>		
Estructuras de metal y concreto pretensado	1,0	1,0
Estructuras de madera y concreto armado <sup>2,4</sup>	0,65	0,85
Alambre de retenida <sup>5</sup>	0,9	0,9
Anclaje y cimentaciones de retenida	1,0	1,0
<b>Factores de resistencia para ser utilizados con cargas de la regla 250.C</b>		
Estructuras de metal y concreto pretensado	1,0	1,0
Estructuras de madera y concreto armado <sup>3,4</sup>	0,75	0,75
Alambre de retenida <sup>5</sup>	0,9	0,9
Anclaje y cimentaciones de retenida	1,0	1,0

$$E_{A2} = (E_{MAX-flexion})(f_{deuso})(f_{res}) \quad (6.13)$$

$$E_{A2} = 3037.50 \text{ N/cm}^2$$

Donde:

$E_{A2}$  : Esfuerzo en la base del arriaste de la cruceta en (N/cm<sup>2</sup>)

$E_{MAX-flexion}$  : Esfuerzo máximo estimado en (N/cm<sup>2</sup>)

$f_{deuso}$  : Factor de uso de la cruceta

$f_{res}$  : Factor de resistencia

$$E_{A2} = (E_{MAX-flexion})(f_{deuso})(f_{res}) = (5400)(0.75)(0.75) \Rightarrow E_{A2} = 3037.50 \text{ N/cm}^2$$

- Factor de seguridad ( $f.s.$ )

$$f.s. = \frac{E_{A2}}{E_{A1}} = \frac{3037.50}{996.54} = 3.05$$

Por lo cual se concluye que cumple con el requerimiento del CNE de suministro, que especifica que debe obtenerse un  $f.s. > 1$ .

Analizando el caso crítico de la rotura del conductor, las crucetas son sometidas a tiros máximos por el mismo conductor, para ello consideraremos un tiro máximo aplicado a las crucetas de 13900 N.

- Momento actuante en la cruceta ( $M_{Rot}$ )

$$M_{Rot} = \frac{(b_L)(T_{MAX})}{2} \quad (6.14)$$

Donde:

$M_{Rot}$  : Momento actuante de rotura en (N-cm)

$T_{MAX}$  : Tiro máximo aplicado en la parte libre de la cruceta en (N)

$$M_{Rot} = \frac{(b_L)(T_{MAX})}{2} = \frac{(240)(13900)}{2} \Rightarrow M_{Rot} = 1668000 \text{ N-cm}$$

- Cálculo del modulo de sección ( $w_o$ )

$$w_o = \frac{(an)^2(al)}{6} (N^\circ cru) \quad (6.15)$$

$$w_o = \frac{(an)^2(al)}{6} (N^\circ cru) = \frac{(9.21)^2(24.42)}{6} (2) \Rightarrow w_o = 690.17 \text{ cm}^3$$

- Esfuerzo en la base arriostre de la cruceta, debido a la flexión ( $E_{A1(o)}$ )

$$E_{A1(o)} = \frac{M_{Rot}}{w_o} \quad (6.16)$$

$$E_{A1(o)} = \frac{M_{Rot}}{w_o} = \frac{1668000}{690.47} \Rightarrow E_{A1(o)} = 2416.80 \text{ N/cm}^2$$

- Esfuerzo máximo en la base arriostre de la cruceta, debido a la flexión ( $E_{A2(o)}$ )

En este caso optamos por considerar un factor de depreciación de 0.75, este factor se tomará para las crucetas usadas, siendo este valor asumido en base a la experiencia en el diseño de crucetas.

$$E_{A2(o)} = (E_{MAX-flexion})(f_{uso}) \quad (6.17)$$

$$E_{A2(o)} = (E_{MAX-flexion})(f_{uso}) = (5400)(0.75) \Rightarrow E_{A2(o)} = 4050 \text{ N/cm}^2$$

- Factor de seguridad ( $f.s.$ )

$$f.s. = \frac{E_{A2(o)}}{E_{A1(o)}} = \frac{4050}{2415.75} = 1.68$$

Por lo cual se concluye que cumple con el requerimiento del CNE de suministro del 2001, que especifica que el  $f.s. > 1$ .

## 6.2 Cálculos de las distancias de seguridad

### 6.2.1 Distancia horizontal a medio vano

De acuerdo CNE de suministro 2001, en el Art. 235. B.1.b (2). La distancia horizontal básica esta dada por:

$$D_{mv} = (7.6mm / kV)(U) + 8\sqrt{2.12f} \quad (6.18)$$

Donde:

$D_{mv}$  : Distancia horizontal a medio vano en (m)

$f$  : Flecha sin viento en (m)

$U$  : Tensión de servicio en (kV)

Según Normas VDE, la distancia entre fases en la mitad del vano se calcula mediante la siguiente relación:

$$D_{mv} = k\sqrt{f + l_c} + \frac{U}{150} \quad (6.19)$$

Donde

$k$  : Factor de 0,65 para distancias horizontales

Factor de 0,85 para distancias verticales

$F$  : Flecha a 40°C en (m)

$l_c$  : Longitud de la cadena de aisladores en (m)

$U$  : Tensión en (kV)

Se ha desarrollado los cálculos aplicando las 2 consideraciones y se ha tomado como referencia de diseño, el caso más crítico. Se precisa que el vano horizontal máximo de la línea es de 406.50 m, por lo que según el Anexo B.2 donde se muestra los cálculos obtenidos, se concluye que la distribución de las medidas los armados son correctos.

### 6.2.2 Distancia vertical del conductor al terreno

En el Art. 232.C.1.a y la Tabla 232-1a del CNE suministro 2001, se define las distancias mínimas del conductor al terreno para la máxima temperatura equivalente para la cual se diseña la línea, lógicamente sin viento, para nuestro estudio se está considerando una temperatura equivalente de 70 °C y un nivel de tensión nominal de 138 kV, con estas condiciones se tiene:

Tabla N° 6.12 - Distancia verticales entre el conductor y el suelo

<i>Descripción</i>	<i>Conductor cruza o sobresale:</i>	<i>Conductor recorre a lo largo de:</i>
Carreteras y avenidas sujeta a tráfico de camiones	8.2	7.7
Caminos, calles y otras sujetas al trafico de camiones	7.7	7.2
Vías peatonales o áreas no transitables por vehículos	6.2	6.2

### 6.2.3 Distancia vertical entre conductores a propiedades y edificaciones

La distancia de seguridad horizontal del conductor a una pared, proyecciones balcones y áreas fácilmente accesibles esta definida en el artículo 234.C del CNE y es de 3,8 m; y la distancia de seguridad vertical del conductor sobre techos o proyecciones de estos esta definida en la tabla 234-1 del CNE de suministro 2001 y es de 5,4 m, por lo cual estas medidas deben respetarse, es así que el trazo de ruta de la línea proyectado, esta diseñado para cumplir con este requerimiento establecido.

### 6.2.4 Distancia vertical entre conductores de diferentes circuitos

En el recorrido de la línea de transmisión en 138 kV, existen 03 puntos de cruce con las líneas de transmisión existentes, 02 puntos corresponde a la línea de transmisión Chimbote – Trujillo Norte en 220 kV y la líneas de transmisión Trujillo Norte – Guadalupe en 220 kV. Cabe establecer que estas intercepciones con la línea en estudio corresponde al tramo que se va a reemplazar (13.7 km partiendo de la SE Trujillo Norte a la SE Motil. Considerando la regla 233.C y la tabla 233-1 del CNE, la distancia de seguridad vertical para los cruces de la línea están dadas por:

Tabla N° 6.12 - Distancias entre circuitos de diferente nivel de tensión

<i>Nivel de tensión del 1er. Cto.</i>	<i>Nivel de tensión del 2do. Cto.</i>	<i>Distancia de Seguridad</i>
220 kV	138 kV	4,2 m
138 kV	138 kV	3,4 m

Y se concluye que las distancias verticales a otros circuitos de la línea en estudio, si cumplen las distancias normadas.

### 6.2.5 Distancia del conductor a la estructura

Según el Art. 235.E. del CNE de suministro 2001 no especifica valores para tensiones mayores de 50 kV, por lo que se evaluará esta distancia basándose en el Reglamento Español de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, que en el Art.25 – 2, donde describe que la mínima distancia a la estructura, considerando la desviación del conductor por acción del viento, no debe ser menor de:

$$D_c = 0.1 + \frac{U}{150} \quad (6.20)$$

Donde

$D_c$  : Distancia del conductor a la estructura en (m)

$U$  : Tensión de servicio en (kV)

$$D_c = 0.1 + \frac{U}{150} = 0.1 + \frac{138}{150} \Rightarrow D_c = 1.02m$$



Por lo que se puede decir que de acuerdo a las disposiciones de los armados en las estructuras, estas cumplen con este requerimiento, dichas dimensiones se detallan en los planos de las estructuras y armados. Anexo F.

### **6.3 Vibración de los conductores**

Dentro de los fenómenos mecánicos producidos bajo la acción del viento sobre la líneas de transmisión aéreas, siempre esta presente la vibración del conductor, a este fenómeno se le conoce como vibración eólica, y es el causante de las fallas en los conductores en los puntos de sujeción de las estructuras.

De los diferentes tipos de vibración eólicas, la más común es la resonante; ocurriendo en los cables de las líneas aéreas sin cambio apreciable de su longitud de modo que los puntos de apoyo permanecen casi estacionarios, ya que son ondas estacionarias de baja amplitud y alta frecuencia.

El constante esfuerzo flexor que estas vibraciones, sumado con la tracción estática en el cable, el roce en los alambres del cable y los accesorios de soporte en su mayoría son los responsables de las fallas por la fatiga en los alambres del conductor. Las vibraciones resonantes se producen por vientos constantes de baja velocidad a través de los conductores. Normalmente vientos menores de 3 km/hora no producen vibraciones resonantes y los mayores de 25 km/hora tienden a producir ráfagas.

Si bien dichas vibraciones no se pueden eliminar definitivamente, existe la posibilidad de reducirlas considerablemente y así alargar la vida útil del conductor, para ello se recomienda emplear hacer uso de:

- Varilla de armar: Con este refuerzo se reduce la amplitud de las vibraciones debido al aumento del diámetro del conductor, así mismo los registros comparativos indican que la varilla de armar reduce la amplitud de las vibraciones de 10% a 20%.
- Amortiguadores: La utilización de los amortiguadores está basada en aplicaciones prácticas y recomendaciones que dan los fabricantes.

## CAPITULO VII

### ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE PUESTA A TIERRA

El análisis y el cálculo de la puesta a tierra (PAT) en una línea para cualquier nivel de tensión es de vital importancia, ya que permiten que las líneas de transmisión eléctricas operen correctamente y garantice la continuidad del servicio, con un desempeño seguro del sistema de protección y más aún, para garantizar los límites de seguridad personal.

El diseño de la puesta a tierra debe permitir tener un valor según las Normas vigente, para corriente de fallas a tierra y hacer que el equipamiento de protección sea más sensible y así aisle rápidamente las fallas a tierra. Para la realización del diseño de la puesta a tierra (PAT), se a considerado le Norma IEEE-Std 80-2000.

#### 7.1 Mediciones tomadas en el terreno

En el proyecto se han tomado los datos de campo con el Telurómetro Digital, Marca Megabras – Modelo MTD 20KWe, con N° Serie OL 1364L para la realización de las mediciones se consideró el tipo característico del terreno (arena, rocoso, tierra de cultivo y desmorte) en todo el recorrido de la línea. A continuación se muestra las mediciones tomadas en campo en las estaciones de medición:

**Tabla N° 7.1 - Valores de resistividad tomadas en zona del proyecto**

N° Estructura	Longitud tomada en el terreno (m)					Profundidad (m)	Tipo de terreno
	1	2	4	8	12		
3	642,0	755,0	24,2	144,5	8,9	0,40	Arenoso
	283,0	1,5	248,0	100,7	269,0		
8	-	15,9	8,8	3,2	2,0	0,15	Rocos (cerro)
	29,6	17,6	10,6	5,9	3,7		
9	42,0	11,0	30,0	50,0	18,0	0,25	Rocos (cerro)
	173,0	1.030,0	6.950,0	5.580,0	6.460,0		
16	803,0	97,0	133,0	145,0	224,0	0,25	Arenoso
	277,0	184,0	151,0	104,4	-		
	707,0	170,0	292,0	197,0	560,0		
	535,0	62,0	125,0	91,0	53,0		
32	164,8	37,3	12,6	11,1	158,8	0,25	Arenoso
	486,0	84,8	21,0	11,9	101,4		
35	280,0	374,0	100,0	483,0	295,0	0,25	Arenoso
	279,0	274,0	115,0	610,0	580,0		
46	500,0	80,0	1.135,0	986,0	598,0	0,25	Rocoso
	660,0	330,0	1.570,0	1.200,0	2.000,0		
	580,0	1.270,0	2.000,0	5.230,0	1.355,0		
49	-	65,2	108,2	120,0	63,3	0,25	Rocoso arenoso
50	8,6	6,3	3,3	-	-	0,25	Cultivo

Con los datos obtenidos en campo, procedemos a realizar el análisis para el diseño de la puesta a tierra, en la siguiente parte se detalla el método que se tomará en cuenta.

## 7.2 Modelo de medición utilizado (Método de Wenner)

La metodología de medición que se empleará es el método de Wenner, cuyo principio básico es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos  $C_1$  y  $C_2$  (electrodos exteriores), mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos  $P_1$  y  $P_2$  (electrodos interiores); cabe precisar que dichos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón  $V/I$  es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

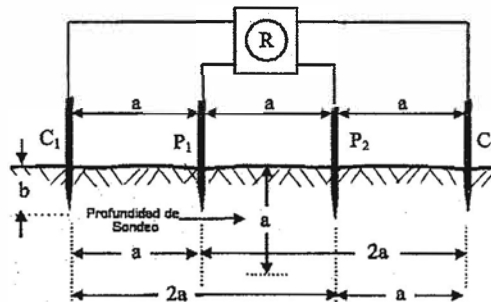


Figura N° 7.1 - Conexión del método Wenner para medición de resistividad

Este método considera que prácticamente el 58% de la distribución de la corriente que pasa entre los electrodos externos ocurre a una profundidad igual al espaciamiento entre electrodos. Durante la medición se han tenido los siguientes cuidados:

- Los electrodos han sido alineados y espaciados a igual distancia.
- Los electrodos han sido clavados a una misma profundidad.
- Se ha verificado que los electrodos utilizados estén limpios, principalmente de óxido, para posibilitar bien el contacto con el suelo.
- Se ha verificado el estado de la batería del equipo antes de la medición; así como la selección adecuada de la escala para medición.
- Para obtener el valor de la resistividad, debe hacerse varias mediciones con diferentes distancias, (se tomó distancias de: 1, 2, 4, 8 y 12 m).

En el análisis de la puesta a tierra, se ha considerado un suelo estratificado de 2 capas ( $\rho_1, \rho_2$ )

### 7.2.1 Cálculo de la puesta a tierra de una línea de transmisión

- Resistividad de cada estación analizada ( $\rho$ )

Para el cálculo de la resistividad del terreno de los puntos analizados, se debe obtener la resistencia del terreno que represente a estación considerada (estas mediciones son tomadas por el telurómetro). A continuación emplearemos la formulación matemática que muestra a continuación:

$$\rho = \frac{4\pi(a)(R_{Tel})}{\left[1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} + \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right]} \quad (7.1)$$

Donde

$\rho$	:	Resistividad del terreno en ( $\Omega/m$ )
$R_{Tel}$	:	Lectura del telurómetro en ( $\Omega$ )
$a$	:	Distancia entre electrodos en (m)
$b$	:	Profundidad del sondeo en (m)

La caracterización de los suelos estratificado a partir de las medidas de Resistividad aparente ( $\rho_a$ ), también puede obtenerse con el Método Gráfico, que se basa en el uso de las curvas Patrón Estándar (STD) de comparación que permiten corregir las desviaciones o puntos aberrantes de las medidas de campo, de suelos estratificados.

Con la ayuda de la curva Patrón Estándar (STD), se calcularon los valores de  $\rho_1$ ,  $h$  y  $K_o = \rho_2 / \rho_1$ , respectivamente, ambos resultados se plasman en el Anexo E.

- Resistividad equivalente de cada estación analizada ( $\rho_{eq}$ )

Es la resistividad representativa de los 02 estratos considerados, de esta manera se consigue

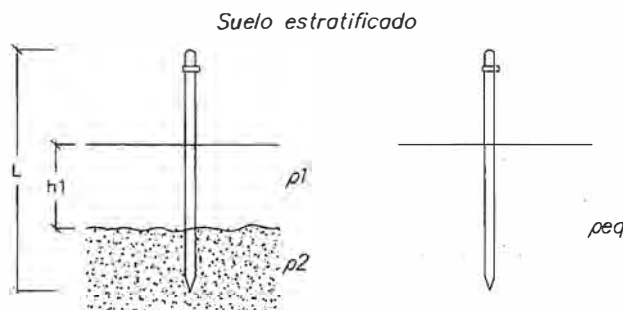


Figura N° 7.2 - Resistividad equivalente de 02 estratos

$$\rho_{eq} = \frac{L\rho_1\rho_2}{\rho_2 h_1 + \rho_1(L - h_1)} \quad (7.2)$$

- Resistencia de PAT de una varilla enterrada verticalmente con relleno ( $R_1$ )

Las formulaciones matemáticas que se emplearán para el cálculo de la puesta a tierra se visualizan en el Anexo E, donde se plasma los varios tipos de puesta a tierra que se utilizan en las líneas de transmisión, en algunas estructuras donde sea más factible el desfogue de la corriente.

$$R_1 = \frac{\rho_r}{2\pi L} \ln\left(\frac{R}{r}\right) + \frac{\rho_{eq}}{2\pi L m} \ln\left(\frac{2L}{1.36R}\right) \quad (7.3)$$

Donde

$R_1$  : Resistencia de una varilla vertical, considerando relleno en ( $\Omega$ )

$\rho_{eq}$  : Resistividad equivalente en ( $\Omega/m$ )

$\rho_r$  : Resistividad del relleno en ( $\Omega/m$ )

$R$  : Radio de relleno en (m)

$L$  : Longitud de la varilla en (m)

$r$  : Radio de la varilla en (m)

$m$  : Factor de tratamiento en (m)

- Resistencia de PAT de una varilla enterrada horizontalmente con relleno ( $R_2$ )

De igualmente manera mayor detalle sobre las formulas empleadas se muestran en el Anexo E.

$$R_2 = \frac{\rho_r}{2\pi L_c} \ln\left(\frac{R}{r_c}\right) + \frac{\rho_{eq}}{2\pi L_c m} \ln\left(\frac{L_c^2}{3.7hR}\right) \quad (7.4)$$

Donde

$R_2$  : Resistencia de una varilla horizontal, considerando relleno ( $\Omega$ )

$r_c$  : Resistividad equivalente en ( $\Omega/m$ )

$L_c$  : Longitud del contrapeso en (m)

$h$  : Profundidad de enterramiento en (m)

En la tabla N° 7.2 que se muestra a continuación se detallan los valores considerados para las varillas, contrapesos y pozos tratados que se diseñarán, para los cálculos se ha considerado un factor de acoplamiento ( $n$ ) igual a 2.0. Dichos cálculos se especifican en el Anexo E.

Tabla N° 7.2 - Características adicional de la varilla, contrapeso y relleno de PAT

<b>Descripción</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Varilla	Longitud	0.2270	m
	Radio	0.0724	m
	Radio de relleno	0.0864	m
Contrapeso	(*)Long. del contrapeso:	L	m
	Radio	0,0038	m
	Radio de relleno	0,3	m
	Profundidad	0,6	m
Relleno de pozo	relleno	30	$\Omega.m$
	Factor de tratamiento (m)	3	-
	Factor de acoplamiento (n)	2	-

(\*) Se especifica que la longitud del contrapeso varía en cada estación medida.

- Acoplamiento de la puesta a tierra ( $n$ )

Para el análisis se está tomando un el valor de acoplamiento igual a 2.0. Y la resistencia equivalente para una puesta a tierra tipo I (PT1) y tipo II (PT2) se formula tal como sigue:

$$R_{eq(PT1)} = n \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (7.5)$$

$$R_{eq(PT2)} = n \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + 3R_2} \quad (7.6)$$

Donde

- $R_{eq}$  : Resistencia equivalente para tierra tipo I – PT1 ( $\Omega$ )
- $R_1$  : Resistencia de una varilla vertical, considerando relleno ( $\Omega$ )
- $R_2$  : Resistencia de una varilla horizontal, considerando relleno ( $\Omega$ )
- $n$  : Factor de acoplamiento

### 7.2.2 Resumen del diseño de puesta a tierra

De los cálculos obtenidos en el Anexo E, a continuación se muestra el resumen de las resistividades calculadas.

Tabla N° 7.3 - Resumen de la resistividades calculadas

<i>peq</i> ( $\Omega$ -m)	<i>R1 (vertical)</i> ( $\Omega$ )	<i>02 varillas y contrapeso</i>	
		<i>PTA</i>	<i>PTB</i>
250	23.193	1.623	1.203
1.000	72.181	6.381	4.716
2.000	137.499	12.724	9.399
2.500	170.158	15.895	11.740
3.100	209.349	19.701	14.550
5.300	353.048	33.656	24.852

Se define los tipos de puesta a tierra (PTA y PTB), que se está considerando para cada tipo de terreno que recorre la línea, en base a sus características constructivas y los cálculos realizados.

Tabla N° 7.4 - Puesta a tierra para cada tipo de terreno

<i>Tipo de terreno</i>	<i>Puesta a tierra</i>
Rocoso	PTA
Arena	PTA/PTB
Cultivo	PTA
Rocoso (cerro)	PTB
Arena y piedra (desmonte)	PTB
Rocoso arenoso (cerro)	PTA

De los resultados obtenidos mostrados en las tablas anteriores, se resume según la  $\rho_{eq}$ ; los detalles se especifican en las láminas de puesta a tierra en el Anexo E.

Tabla N° 7.5 - **Resultado final de la puesta a tierra**

<i>Disposición</i>		<i>Tipo de PAT</i>
$\rho_{eq} < 2000$	2 VARILLAS + CONTRAPESO 6m	PTA
$2000 < \rho_{eq}$	2 VARILLAS + CONTRAPESO 12m	PTB

## CONCLUSIONES

1. Una de las características mecánicas del conductor AAAC es la ecuación que representa el comportamiento elástico del mismo, por ende podemos decir que para los cálculos tendremos un EDS inicial y otro final, esto ocurre cuando el conductor es instalado y engrapado en la condición de templado (18% del tiro de ruptura) y al cabo de un lapso de tiempo este se deforma por acción de las fuerzas externas que actúan sobre él, generando nuevas condiciones con nuevos esfuerzos, tiros y adicionalmente un EDS final diferente para cada vano de la línea.
2. El cálculo de los esfuerzos del conductor correspondientes a las hipótesis II, III y IV, deben ser calculados a partir de las nuevas condiciones de EDS final producto de la deformación de este, que ocurre un periodo después de engrapar el conductor a las estructuras.
3. Las distancias de seguridad en líneas de transmisión son esenciales para evitar los accidentes por acercamiento a las redes energizadas, y estas son valoradas a través de la hipótesis III (de máxima flecha). Es por esta razón que debemos definir una temperatura equivalente que represente tanto el fenómeno Creep (fluencia del conductor al cabo de un tiempo) y la temperatura máxima de la zona del proyecto; definiéndose que la formulación:  $T_{Hipotesis\ III} = T_{Max\ flecha} + T_{Creep}$ . Considerando un horizonte de vida útil de la línea de 20 años se ha calculado que la temperatura que representaría al efecto creep es de 22 °C, por tanto se tendría una temperatura equivalente total de 58 °C para la hipótesis III.
4. Para los cálculos de sobrecarga empleados en las hipótesis II, III y IV, se ha considerado un factor de seguridad de 2.5 o su equivalente igual al 40% del tiro de ruptura, esto es producto de la experiencia que se tiene de líneas de transmisión y que de esta manera se obtengan resultados que garanticen las correctas prestaciones de las estructuras y de sus armados.
5. Empleando la ecuación de cambio de estado (ECE) se procedió a calcular los esfuerzos de las hipótesis II, III y IV tomándolos como condición inicial, hacia un estado final se será la hipótesis I. Dichos cálculos se realizaron con el fin de poder verificar si los esfuerzos de las hipótesis de la condición inicial, al transformarlos a través de la ECE son coherentes; concluyendo finalmente que los esfuerzos



obtenidos son los máximos posibles y superiores al esfuerzo de templado, cumpliendo la relación:  $\sigma_{o2 \text{ Hipotesis}(II, III \text{ y } IV \rightarrow I)} \geq \sigma_{o(\text{Hipotesis } I)}$ . De esta forma se ha garantizado que los esfuerzos calculados a través de la ECE, partiendo de la hipótesis I hacia las demás hipótesis serán de menor valor que los esfuerzos permisibles calculados.

6. Se han cuantificado las pérdidas en la línea de transmisión, obteniendo una pérdida por efecto Joule de  $68.750 \text{ kW}$  y por efecto Corona igual a  $0.6811 \text{ kW}$ , que sumados nos da  $69.4311 \text{ kW}$  como pérdidas totales de transmisión y que solo representa el 0.609% de la potencia transmitida cuyo valor es de  $11.4 \text{ MW}$  (valor especificado por la Empresa Concesionaria). Dichas pérdidas se considera no significativas, ya que generalmente se aceptan pérdidas por efecto Corona no superiores del 10% de las pérdidas por efecto Joule y la suma de ambas no debe superar el 3% de la potencia de transmisión, este es un valor típico en el diseño de las líneas de transmisión.
7. Un aporte en la selección del trazo de ruta del tramo que se va a remodelar, no solamente se ha pensando en aprovechar la faja de servidumbre ya obtenida por la línea existente, sino también de facilitar los trabajos de maniobras en alta tensión que se realizarían para la conexión con el resto de la línea que permanecerá intacta, ya que se trata de un circuito radial donde no se puede ejecutar cortes prolongados de suministro a las cargas asociadas. En este sentido se recomienda que el nuevo tramo debe ser construido en forma paralela a la línea existente.
8. En el informe se ha mostrado la metodología matemática de las ecuaciones empleadas para el desarrollo de los cálculos eléctricos y mecánicos, este ejemplo se realizó a través del análisis de cada vano del tramo 3° de la línea de transmisión (estructura N° 7 a estructura N° 15); de esta manera se explica el procedimiento a seguir para el cálculo manual de los esfuerzos que tendrá el conductor, las estructuras y los amados diseñados. Esta metodología se detalla en todo el estudio a través de diagramas flujos, gráficos detallados y cálculos matemáticos manuales, que nos lleven a comprender mejor los criterios de ingeniería aplicados a una línea de transmisión para cualquier nivel de tensión.
9. Cuando se analizo de las pérdidas por efecto Joule, se ha considerado las cargas máximas del “Estudio de Peajes y Compensación para el Sistema Secundario y Complementario de Transmisión”, emitidos por el Osinergmin correspondiente a la subestación Motil; de estos valores se obtienen las corrientes máximas tomas en un periodo de tiempo y proyectadas hasta el año 2018. Empleando los cálculos matemáticos correspondiente se obtiene las pérdidas máximas por efecto Joule,

concluyendo que si esta pérdida esta dentro de los rangos aceptables, si se podría garantizar que las pérdidas Joule son aceptables para la línea.

***ANEXO A***  
***CALCULOS ELECTRICOS***

**ANEXO A.1**

**Correlación entre las tensiones soportadas a impulsos tipo rayo normalizadas y las distancias en el aire mínimas**

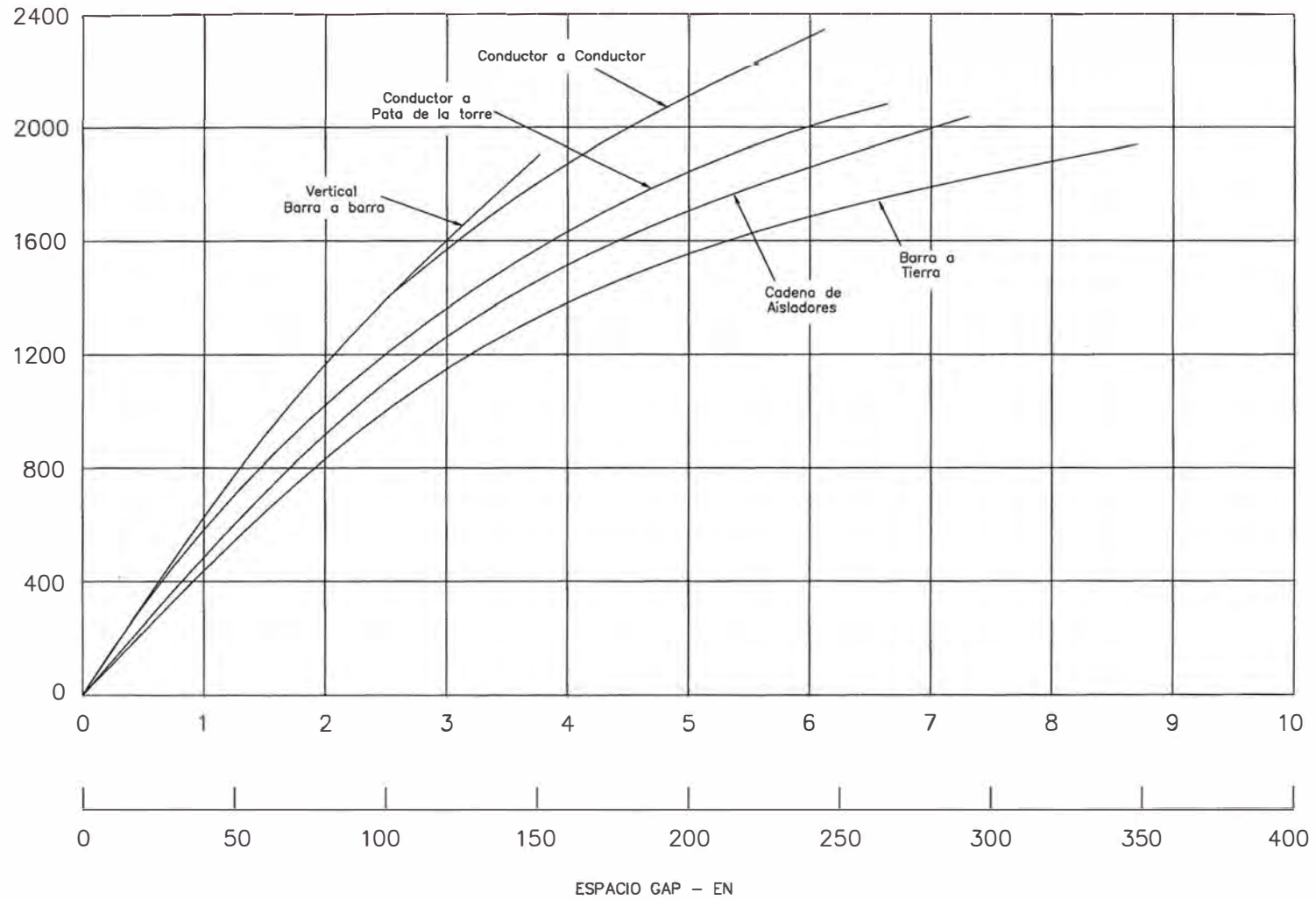
Tensión soportada a impulso tipo rayo normalizada kV	Distancia en el aire mínima mm	
	Punta-estructura	Conductor-estructura
20	60	
40	60	
60	90	
75	120	
95	160	
125	220	
145	270	
170	320	
250	480	
325	630	
450	900	
550	1 100	
650	1 300	
750	1 500	
850	1 700	1 600
950	1 900	1 700
1 050	2 100	1 900
1 175	2 350	2 200
1 300	2 600	2 400
1 425	2 850	2 600
1 550	3 100	2 900
1 675	3 350	3 100
1 800	3 600	3 300
1 950	3 900	3 600
2 100	4 200	3 900

**NOT. A** – El impulso tipo rayo normalizado es aplicable a los aislamientos fase-fase y fase-tierra.

Para los aislamientos fase-tierra, la distancia en el aire mínima para las configuraciones conductor-estructura y punta-estructura es aplicable.

Para los aislamientos fase-fase, la distancia en el aire mínima para la configuración punta-estructura es aplicable.

## ANEXO A.2



FLASHOVER DE TENSIÓN DE GRANDES ESPACIOS DE AIRE Y CADENAS DE AISLADORES  
SEGÚN LO INFORMADO POR ALEKSANDROV

***ANEXO B***  
***CALCULOS MECANICOS***

## ANEXO B.1

### CALCULO DEL ALARGAMIENTO DEL CONDUCTOR (CREEP)

**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel  
Campos Mosquera

N° de Páginas: 01

Para el cálculo se ha utilizado la metodología descrita en "Permanent Elongation of Conductors - Predictor Equation and Evaluations Methods" - Electra N° 75.

**FORMULA EMPLEADA :**

$$\epsilon = k \tau^{\phi} \sigma^{\alpha} t^{\mu}$$

TEMP = Temperatura de templado = 20 °C  
ESF : Esfuerzo de cada día (ESF<sub>E.D.S.</sub>) = 5.51 kg/mm<sup>2</sup>

**VALORES DE LAS 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 E<sub>o</sub> = 106.82  
Temperatura Equivalente Teq = E-E<sub>o</sub>/(Coef. Dilat.)  
Coeficiente de dilatación 23 x10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>

**CALCULO DEL CREEP DESPUES DEL ENGRAPADO**

AÑOS	HORAS	ALARGAM.	Teq (°C)
0.0	0	0.00	0.0
8.0	70080	438.09	19.0
8.5	74460	443.40	19.3
9.0	78840	448.46	19.5
9.5	83220	453.28	19.7
10.0	87600	457.90	19.9
10.5	91980	462.32	20.1
11.0	96360	466.57	20.3
11.5	100740	470.67	20.5
12.0	105120	474.61	20.6
12.5	109500	478.42	20.8
13.0	113880	482.11	21.0
13.5	118260	485.67	21.1
14.0	122640	489.13	21.3
14.5	127020	492.49	21.4
15.0	131400	495.75	21.6
15.5	135780	498.92	21.7
16.0	140160	502.00	21.8
16.5	144540	505.01	22.0
17.0	148920	507.94	22.1
17.5	153300	510.79	22.2
18.0	157680	513.58	22.3
18.5	162060	516.31	22.4
19.0	166440	518.97	22.6
19.5	170820	521.58	22.7
20.0	175200	524.13	22.8
20.5	179580	526.63	22.9
21.0	183960	529.08	23.0
21.5	188340	531.47	23.1
22.0	192720	533.83	23.2
22.5	197100	536.13	23.3

**CONCLUSION :** Para tomar en cuenta el alargamiento del conductor durante su vida útil se considerará un incremento de temperatura de 22 °C, con un horizonte de 20 años.

## ANEXO B.2

### CALCULO DE DISTANCIAS HORIZONTALES ENTRE CONDUCTORES A MEDIO VANO

Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel  
Campos Mosquera

Nº de Páginas: 01

Tensión Nominal	138	kV	Longitud de cadena	2.0	m
Máxima tensión de operación	138	kV	Factor k (VDE)	0.65	
Altitud	120	m.s.n.m.	Factor k (VDE)	0.85	
Factor de altitud	1.0		Conductor AAAC	150	mm2

Vano (m)	Flecha a 25°C (m)	CNE S horizontal (m) en estructura	VDE 210 S Verticalo (m)	Flecha a 58°C (m)	VDE 210 S horizontal (m) mitad de vano
100.0	0.62	1.34	2.30	1.37	2.11
110.0	0.75	1.37	2.33	1.58	2.15
120.0	0.90	1.40	2.37	1.79	2.19
130.0	1.05	1.43	2.40	2.02	2.22
140.0	1.22	1.46	2.45	2.25	2.26
150.0	1.40	1.48	2.49	2.49	2.30
160.0	1.59	1.51	2.53	2.75	2.34
170.0	1.80	1.54	2.58	3.01	2.37
180.0	2.02	1.57	2.62	3.29	2.42
190.0	2.25	1.60	2.67	3.57	2.45
200.0	2.49	1.63	2.72	3.87	2.49
210.0	2.75	1.66	2.77	4.17	2.53
220.0	3.02	1.69	2.82	4.49	2.58
230.0	3.30	1.72	2.88	4.82	2.62
240.0	3.59	1.75	2.93	5.15	2.66
250.0	3.89	1.78	2.98	5.50	2.70
260.0	4.21	1.80	3.04	5.86	2.74
270.0	4.54	1.83	3.09	6.23	2.78
280.0	4.89	1.86	3.15	6.61	2.83
290.0	5.24	1.89	3.21	7.00	2.87
300.0	5.61	1.92	3.26	7.40	2.91
310.0	5.99	1.95	3.32	7.82	2.96
320.0	6.38	1.98	3.38	8.24	3.00
330.0	6.79	2.01	3.44	8.68	3.04
340.0	7.21	2.04	3.50	9.12	3.09
350.0	7.64	2.07	3.56	9.58	3.13
360.0	8.08	2.10	3.62	10.05	3.18
370.0	8.53	2.12	3.68	10.53	3.22
380.0	9.00	2.15	3.74	11.03	3.27
390.0	9.48	2.18	3.80	11.53	3.31
400.0	9.98	2.21	3.86	12.05	3.36

Vano (m)	Flecha a 25°C (m)	CNE S horizontal (m) en estructura	VDE 210 S Verticalo (m)	Flecha a 58°C (m)	VDE 210 S horizontal (m) mitad de vano
410.0	10.48	2.24	3.92	12.57	3.40
420.0	11.00	2.27	3.98	13.11	3.45
430.0	11.53	2.30	4.05	13.66	3.49
440.0	12.07	2.33	4.11	14.23	3.54
450.0	12.63	2.36	4.17	14.80	3.58
460.0	13.20	2.39	4.23	15.39	3.63
470.0	13.78	2.42	4.30	15.99	3.68
480.0	14.37	2.45	4.36	16.60	3.72
490.0	14.98	2.47	4.42	17.22	3.77
500.0	15.59	2.50	4.48	17.85	3.82
510.0	16.22	2.53	4.55	18.50	3.86
520.0	16.87	2.56	4.61	19.16	3.91
530.0	17.52	2.59	4.68	19.83	3.96
540.0	18.19	2.62	4.74	20.51	4.00
550.0	18.87	2.65	4.80	21.20	4.05
560.0	19.57	2.68	4.87	21.91	4.10
570.0	20.27	2.71	4.93	22.63	4.15
580.0	20.99	2.74	5.00	23.36	4.19
590.0	21.72	2.77	5.06	24.10	4.24
600.0	22.47	2.79	5.12	24.85	4.29
610.0	23.22	2.82	5.19	25.62	4.34
620.0	23.99	2.85	5.25	26.40	4.38
630.0	24.77	2.88	5.32	27.19	4.43
640.0	25.57	2.91	5.38	28.00	4.48
650.0	26.38	2.94	5.45	28.81	4.53
660.0	27.20	2.97	5.51	29.64	4.58
670.0	28.03	3.00	5.58	30.48	4.62
680.0	28.87	3.03	5.64	31.34	4.67
690.0	29.73	3.06	5.71	32.20	4.72
700.0	30.60	3.09	5.77	33.08	4.77



**ANEXO B.3**

**CÁLCULO MECÁNICO DE CRUCETA - ESTRUCTURA HS (Sin Riostras)**

**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
Nº de Páginas: 02

Grado de Construcción de la Línea de transmisión: **C**

Tipo de conductor: **AAAC de 150 mm<sup>2</sup>**

<b>DATOS GENERALES :</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Vano viento :	420	m
Vano peso :	800	m
<b>CRUCETA:</b>		
Material :	Madera	
Esf. Máximo de flexión:	5400	N/cm <sup>2</sup>
Esf. Max estimado , cruceta usada (FR 0,74)	4050	N/cm <sup>2</sup>
Altura (h):	24.42	cm
Ancho (b)::	9.21	cm
Longitud:	9.75	m
Brazo de cruceta libre:	240.00	cm
Agujero en la cruceta:	2.41	cm
E madera:	1240	kN/cm <sup>2</sup>

<b>CONDUCTOR:</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Material :	AAAC	
Sección :	150	mm <sup>2</sup>
Diámetro :	0.0159	m
Peso :	4.038	N/m
Tiro máximo :	10681.2	N

**A) CONDICIONES NORMALES :**

En condiciones normales, las cargas impuestas a la cruceta son:

**Cargas verticales transmitidas a la cruceta**

<b>CRUCETA:</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Peso de aisladores :	836.33	N
Peso de un hombre con herramientas :	1000.00	N
Peso del conductor :	3230.40	N
Carga vertical total (Incluye F.Sobrecarga)	7600.10	N

**Cálculo del modulo de sección (W)**

$$W.= 1830.36 \text{ cm}^3$$

**Momento actuante con la cruceta (M)**

$$M.= 1824022.80 \text{ N-cm}$$

**Esfuerzo en la base de arriestre de la cruceta debido a la flexión (RH1)**

$$EA_1 = 996.54 \text{ N/cm}^2$$

**Esfuerzo máximo en la base de arriestre de la cruceta debido a la flexión (RH2)**

$$EA_2 = 3037.50 \text{ N/cm}^2$$

**Factor de seguridad (f.s.)**

$$f.s. = 3.05 \text{ (Cumple con requerimiento del CNE suministro 2001 : >1)}$$

**ANEXO B.3**

**CÁLCULO MECÁNICO DE CRUCETA - ESTRUCTURA HS (Sin Riostras)**

**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 02

Grado de Construcción de la Línea de transmisión: **C**

Tipo de conductor: **AAAC de 150 mm<sup>2</sup>**

<b>DATOS GENERALES :</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Vano viento :	420	m
Vano peso :	800	m
<b>CRUCETA:</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Material :	Madera	
Esf. Máximo de flexión:	5400	N/cm <sup>2</sup>
Esf. Max estimado , cruceta usada (FR 0,7):	4050	N/cm <sup>2</sup>
Altura (h):	24.42	cm
Ancho (b)::	9.21	cm
Longitud:	9.75	m
Brazo de cruceta libre:	240.00	cm
Agujero en la cruceta:	2.41	cm
E madera:	1240	kN/cm <sup>2</sup>

<b>CONDUCTOR:</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Material :	AAAC	
Sección :	150	mm <sup>2</sup>
Diámetro :	0.0159	m
Peso :	4.038	N/m
Tiro máximo :	10681.2	N

**B) CONDICIONES DE ROTURA DEL CONDUCTOR :**

**Momento actuante con cruceta (M):**

$$M = 1281744.00 \quad \text{N-cm}$$

**Cálculo del módulo de sección (W)**

$$W = 690.17 \quad \text{cm}^3$$

**Esfuerzo en la base de arriestre de la cruceta debido a la flexión (RH1)**

$$EA_1 = 1857.15 \quad \text{N/cm}^2$$

**Esfuerzo máximo en la base de arriestre de la cruceta debido a la flexión (RH2)**

$$EA_2 = 4050.00 \quad \text{N/cm}^2$$

**Factor de Seguridad (f.s.)**

$$f.s. = 2.18 \quad (\text{Cumple con requerimiento del CNE suministro 2001 : } >1)$$

**ANEXO B.4****CÁLCULO MECÁNICO DE CRUCETA - ESTRUCTURA HR (Sin Riostras)**

Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel  
Campos Mosquera

N° de Páginas: 01

Grado de Construcción de la Línea de transmisión: C

Tipo de conductor: **AAAC de 150 mm<sup>2</sup>**

<b>DATOS GENERALES :</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Vano viento :	510	m
Vano peso :	800	m
<b>CRUCETA:</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Material :	Madera	
Esf. Máximo de flexión:	5100	N/cm <sup>2</sup>
Altura (h):	19.05	cm
Ancho (b)::	14.29	cm
Longitud:	8.13	m
Brazo de cruceta libre:	220.00	cm
Agujero en la cruceta:	2.10	cm
E madera:	1240	kN/cm <sup>2</sup>

<b>CONDUCTOR:</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Material :	AAAC	
Sección :	150	mm <sup>2</sup>
Diámetro :	0.0159	m
Peso :	4.038	N/m
Tiro máximo :	10681.2	N
70% Tiro máximo :	7476.84	N

**A) CONDICIONES NORMALES :**

En condiciones normales, las cargas impuestas a la cruceta son:

**Cargas verticales transmitidas a la cruceta**

<b>CRUCETA:</b>	<b>Valor</b>	<b>Un.</b>
Peso de aisladores :	836.33	N
Tensión del conductor caso crítico (70%T <sub>n</sub> )	7476.84	N
Presión del viento :	86.25	N
Carga Longitudinal por brazo :	20998.55	N

**Cálculo del modulo de sección (W)**

$$W = 1728.32 \text{ cm}^3$$

**Momento actuante con la cruceta (M)**

$$M = 4619681.43 \text{ N-cm}$$

**Esfuerzo en la base de arriostre de la cruceta debido a la flexión (RH1)**

$$EA_1 = 2672.93 \text{ N/cm}^2$$

**Esfuerzo máximo en la base de arriostre de la cruceta debido a la flexión (RH2)**

$$EA_2 = 3825.00 \text{ N/cm}^2$$

**Factor de seguridad (f.s.)**

$$f.s. = 1.43 \text{ (Cumple con requerimiento del CNE suministro 2001 : } > 1)$$

**ANEXO B.5**

**CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTOR AAAC 150 MM2**

**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 03

HIPÓTESIS I      TEMPLADO                      T=20°C, S/V, EDS=18% Trotura  
 HIPÓTESIS II      VIENTO MAXIMO                  T=14°C, V=92 km/h, Tmax=40% Trotura  
 HIPÓTESIS III      FLECHA MAXIMA                  T= 58°C, Hielo=0mm, V=0 km/h, Tmax=40% Trotura  
 HIPÓTESIS IV      FLECHA MINIMA                  T= 10°C, S/V, Tmax=40% Trotura

Conductor: AL                      Sección: 150 mm<sup>2</sup>                      Peso: 4,04 N/m                      Diametro: 15,9 mm                      T. Ruptura(N) 45057.33

Vano (m)	Desnivel (m)	Hipótesis I			Hipótesis II			Hipótesis III			Hipótesis IV		
		TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)
10.00	0.00	8,110.32	8,110.34	0.01	9,302.49	9,302.57	0.01	1,111.97	1,112.16	0.05	10,070.20	10,070.20	0.01
20.00	0.00	8,110.32	8,110.42	0.02	9,344.80	9,345.11	0.04	1,564.74	1,565.26	0.13	10,060.90	10,061.00	0.02
30.00	0.00	8,110.32	8,110.55	0.06	9,412.70	9,413.37	0.09	1,948.55	1,949.49	0.23	10,045.60	10,045.80	0.05
40.00	0.00	8,110.32	8,110.72	0.10	9,502.76	9,503.95	0.16	2,286.93	2,288.35	0.35	10,024.50	10,024.80	0.08
50.00	0.00	8,110.32	8,110.95	0.16	9,611.04	9,612.87	0.24	2,591.98	2,593.95	0.49	9,997.81	9,998.32	0.13
60.00	0.00	8,110.32	8,111.23	0.22	9,733.54	9,736.15	0.35	2,870.76	2,873.32	0.63	9,965.93	9,966.67	0.18
70.00	0.00	8,110.32	8,111.55	0.31	9,866.56	9,870.07	0.47	3,127.86	3,131.06	0.79	9,929.28	9,930.29	0.25
80.00	0.00	8,110.32	8,111.93	0.40	10,006.90	10,011.40	0.60	3,366.47	3,370.35	0.96	9,888.32	9,889.64	0.33
90.00	0.00	8,110.32	8,112.36	0.50	10,151.70	10,157.40	0.75	3,588.94	3,593.55	1.14	9,843.57	9,845.25	0.42
100.00	0.00	8,110.32	8,112.84	0.62	10,299.00	10,305.80	0.91	3,797.11	3,802.49	1.33	9,795.58	9,797.66	0.52
110.00	0.00	8,110.32	8,113.37	0.75	10,446.80	10,455.00	1.09	3,992.43	3,998.62	1.53	9,744.90	9,747.43	0.63
120.00	0.00	8,110.32	8,113.95	0.90	10,594.00	10,603.60	1.28	4,176.08	4,183.13	1.74	9,692.10	9,695.13	0.75
130.00	0.00	8,110.32	8,114.58	1.05	10,739.30	10,750.40	1.48	4,349.09	4,357.02	1.96	9,637.75	9,641.33	0.89
140.00	0.00	8,110.32	8,115.25	1.22	10,882.10	10,894.90	1.69	4,512.29	4,521.16	2.20	9,582.37	9,586.55	1.03
150.00	0.00	8,110.32	8,115.99	1.40	11,021.80	11,036.30	1.92	4,666.44	4,676.29	2.44	9,526.49	9,531.31	1.19
160.00	0.00	8,110.32	8,116.77	1.59	11,158.00	11,174.20	2.16	4,812.19	4,823.06	2.69	9,470.57	9,476.09	1.37
170.00	0.00	8,110.32	8,117.60	1.80	11,290.40	11,308.40	2.41	4,950.13	4,962.06	2.95	9,415.03	9,421.30	1.55
180.00	0.00	8,110.32	8,118.48	2.02	11,418.70	11,438.70	2.67	5,080.78	5,093.81	3.22	9,360.24	9,367.31	1.75
190.00	0.00	8,110.32	8,119.41	2.25	11,542.90	11,565.00	2.94	5,204.62	5,218.79	3.51	9,306.53	9,314.45	1.96
200.00	0.00	8,110.32	8,120.39	2.49	11,663.00	11,687.20	3.22	5,322.07	5,337.42	3.80	9,254.16	9,262.98	2.18
210.00	0.00	8,110.32	8,121.43	2.75	11,778.80	11,805.30	3.52	5,433.53	5,450.11	4.10	9,203.33	9,213.12	2.42
220.00	0.00	8,110.32	8,122.51	3.02	11,890.60	11,919.30	3.83	5,539.36	5,557.21	4.42	9,154.23	9,165.02	2.67
230.00	0.00	8,110.32	8,123.64	3.30	11,998.20	12,029.40	4.14	5,639.91	5,659.07	4.74	9,106.95	9,118.82	2.94
240.00	0.00	8,110.32	8,124.83	3.59	12,101.90	12,135.50	4.47	5,735.47	5,755.99	5.08	9,061.60	9,074.58	3.21
250.00	0.00	8,110.32	8,126.06	3.89	12,201.60	12,237.80	4.81	5,826.34	5,848.26	5.42	9,018.20	9,032.36	3.50
260.00	0.00	8,110.32	8,127.35	4.21	12,297.60	12,336.40	5.17	5,912.79	5,936.15	5.78	8,976.78	8,992.16	3.81
270.00	0.00	8,110.32	8,128.68	4.54	12,389.80	12,431.40	5.53	5,995.06	6,019.91	6.15	8,937.32	8,953.98	4.12
280.00	0.00	8,110.32	8,130.07	4.89	12,478.50	12,522.90	5.91	6,073.40	6,099.78	6.53	8,899.81	8,917.80	4.45
290.00	0.00	8,110.32	8,131.50	5.24	12,563.70	12,611.00	6.29	6,148.02	6,175.97	6.92	8,864.18	8,883.56	4.80

## ANEXO B.5

### CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTOR AAAC 150 MM2

**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 03

HIPÓTESIS I	TEMPLADO	T=20°C, S/V, EDS=18%Trotura
HIPÓTESIS II	VIENTO MAXIMO	T=14°C, V=92 km/h, Tmax=40%Trotura
HIPÓTESIS III	FLECHA MAXIMA	T= 58°C,Hielo=0mm, V=0 km/h, TMax=40% Trotura
HIPÓTESIS IV	FLECHA MINIMA	T= 10°C,S/V, TMax=40% Trotura

Conductor:	AL	Sección:	150	mm <sup>2</sup>	Peso: 4,04 N/m	Diametro: 15,9 mm					T. Ruptura( N)		45057.33
300.00	0.00	8,110.32	8,132.99	5.61	12,645.60	12,695.90	6.69	6,219.12	6,248.69	7.32	8,830.39	8,851.21	5.15
310.00	0.00	8,110.32	8,134.53	5.99	12,724.30	12,777.60	7.10	6,286.90	6,318.14	7.73	8,798.37	8,820.68	5.52
320.00	0.00	8,110.32	8,136.11	6.38	12,799.90	12,856.40	7.52	6,351.53	6,384.48	8.15	8,768.04	8,791.90	5.90
330.00	0.00	8,110.32	8,137.75	6.79	12,872.50	12,932.30	7.95	6,413.20	6,447.90	8.59	8,739.34	8,764.80	6.30
340.00	0.00	8,110.32	8,139.44	7.21	12,942.30	13,005.40	8.40	6,472.05	6,508.56	9.03	8,712.18	8,739.29	6.71
350.00	0.00	8,110.32	8,141.18	7.64	13,009.30	13,075.90	8.85	6,528.24	6,566.59	9.49	8,686.49	8,715.30	7.13
360.00	0.00	8,110.32	8,142.97	8.08	13,073.70	13,143.80	9.32	6,581.91	6,622.15	9.96	8,662.19	8,692.76	7.56
370.00	0.00	8,110.32	8,144.81	8.53	13,135.60	13,209.30	9.80	6,633.18	6,675.37	10.44	8,639.20	8,671.58	8.01
380.00	0.00	8,110.32	8,146.70	9.00	13,195.10	13,272.50	10.29	6,682.19	6,726.37	10.93	8,617.45	8,651.69	8.47
390.00	0.00	8,110.32	8,148.64	9.48	13,252.30	13,333.40	10.79	6,729.06	6,775.27	11.43	8,596.87	8,633.02	8.94
400.00	0.00	8,110.32	8,150.64	9.98	13,307.20	13,392.20	11.31	6,773.89	6,822.17	11.95	8,577.38	8,615.50	9.43
410.00	0.00	8,110.32	8,152.68	10.48	13,360.10	13,449.00	11.83	6,816.78	6,867.20	12.47	8,558.94	8,599.07	9.93
420.00	0.00	8,110.32	8,154.77	11.00	13,410.90	13,503.90	12.37	6,857.85	6,910.44	13.01	8,541.47	8,583.67	10.44
430.00	0.00	8,110.32	8,156.92	11.53	13,459.80	13,556.90	12.92	6,897.17	6,951.98	13.56	8,524.91	8,569.23	10.97
440.00	0.00	8,110.32	8,159.11	12.07	13,506.80	13,608.20	13.48	6,934.84	6,991.92	14.12	8,509.21	8,555.71	11.51
450.00	0.00	8,110.32	8,161.36	12.63	13,552.10	13,657.70	14.06	6,970.94	7,030.34	14.70	8,494.32	8,543.05	12.06
460.00	0.00	8,110.32	8,163.65	13.20	13,595.60	13,705.70	14.64	7,005.55	7,067.32	15.28	8,480.19	8,531.19	12.62
470.00	0.00	8,110.32	8,166.00	13.78	13,637.50	13,752.10	15.24	7,038.74	7,102.92	15.88	8,466.78	8,520.11	13.19
480.00	0.00	8,110.32	8,168.40	14.37	13,677.90	13,797.00	15.85	7,070.59	7,137.23	16.49	8,454.03	8,509.74	13.78
490.00	0.00	8,110.32	8,170.84	14.98	13,716.70	13,840.50	16.47	7,101.15	7,170.30	17.11	8,441.92	8,500.06	14.39
500.00	0.00	8,110.32	8,173.34	15.59	13,754.20	13,882.70	17.10	7,130.49	7,202.21	17.74	8,430.40	8,491.02	15.00
510.00	0.00	8,110.32	8,175.89	16.22	13,790.20	13,923.60	17.75	7,158.67	7,232.99	18.39	8,419.43	8,482.59	15.63
520.00	0.00	8,110.32	8,178.49	16.87	13,825.00	13,963.30	18.41	7,185.75	7,262.73	19.05	8,409.00	8,474.74	16.27
530.00	0.00	8,110.32	8,181.14	17.52	13,858.50	14,001.90	19.08	7,211.77	7,291.45	19.71	8,399.05	8,467.44	16.92
540.00	0.00	8,110.32	8,183.85	18.19	13,890.80	14,039.30	19.76	7,236.79	7,319.23	20.40	8,389.57	8,460.65	17.58
550.00	0.00	8,110.32	8,186.60	18.87	13,922.00	14,075.70	20.45	7,260.86	7,346.09	21.09	8,380.53	8,454.35	18.26
560.00	0.00	8,110.32	8,189.40	19.57	13,952.00	14,111.10	21.16	7,284.01	7,372.10	21.79	8,371.91	8,448.51	18.95
570.00	0.00	8,110.32	8,192.26	20.27	13,981.00	14,145.50	21.88	7,306.29	7,397.28	22.51	8,363.67	8,443.12	19.66
580.00	0.00	8,110.32	8,195.16	20.99	14,009.00	14,179.00	22.61	7,327.75	7,421.69	23.24	8,355.80	8,438.15	20.37
590.00	0.00	8,110.32	8,198.12	21.72	14,036.10	14,211.60	23.35	7,348.41	7,445.35	23.98	8,348.28	8,433.57	21.10
600.00	0.00	8,110.32	8,201.13	22.47	14,062.20	14,243.30	24.10	7,368.31	7,468.30	24.74	8,341.09	8,429.38	21.84
610.00	0.00	8,110.32	8,204.18	23.22	14,087.40	14,274.30	24.87	7,387.50	7,490.59	25.51	8,334.21	8,425.54	22.60

## ANEXO B.5

### CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTOR AAAC 150 MM2

**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 03

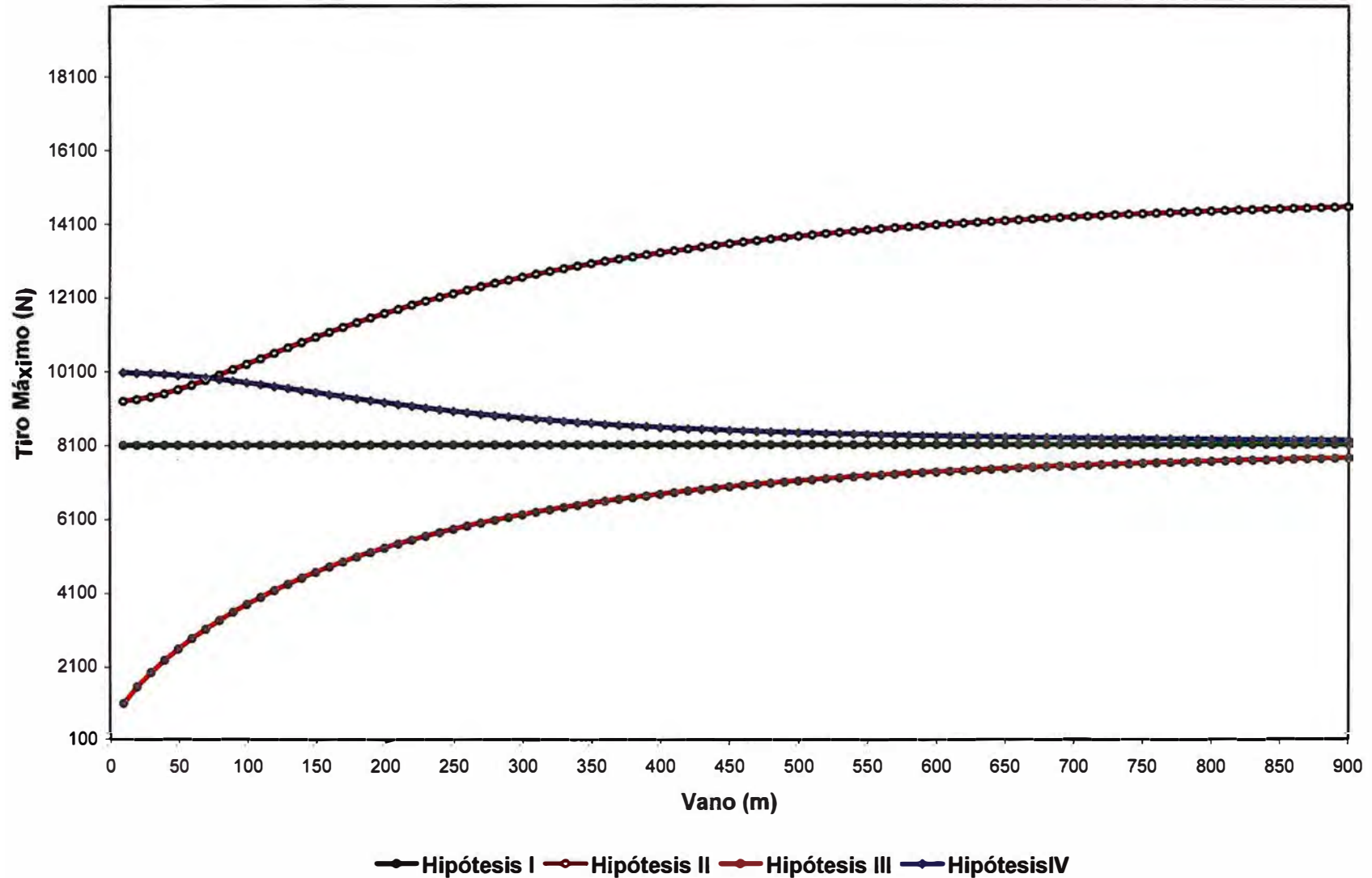
HIPÓTESIS I	TEMPLADO	T=20°C, S/V, EDS=18%Trotura
HIPÓTESIS II	VIENTO MAXIMO	T=14°C, V=92 km/h, Tmax=40%Trotura
HIPÓTESIS III	FLECHA MAXIMA	T= 58°C,Hielo=0mm, V=0 km/h, TMax=40% Trotura
HIPÓTESIS IV	FLECHA MINIMA	T= 10°C,S/V, TMax=40% Trotura

Conductor:	AL	Sección:	150	mm <sup>2</sup>	Peso: 4,04 N/m	Diametro: 15,9 mm					T. Ruptura( N) 45057.33		
620.00	0.00	8,110.32	8,207.29	23.99	14,111.70	14,304.50	25.65	7,405.99	7,512.23	26.29	8,327.62	8,422.05	23.36
630.00	0.00	8,110.32	8,210.45	24.77	14,135.30	14,334.00	26.44	7,423.83	7,533.27	27.08	8,321.31	8,418.89	24.14
640.00	0.00	8,110.32	8,213.66	25.57	14,158.00	14,362.80	27.25	7,441.04	7,553.72	27.88	8,315.26	8,416.05	24.94
650.00	0.00	8,110.32	8,216.93	26.38	14,180.00	14,391.00	28.06	7,457.64	7,573.62	28.70	8,309.46	8,413.50	25.74
660.00	0.00	8,110.32	8,220.24	27.20	14,201.30	14,418.50	28.89	7,473.67	7,593.00	29.52	8,303.90	8,411.24	26.56
670.00	0.00	8,110.32	8,223.60	28.03	14,221.90	14,445.40	29.73	7,489.15	7,611.88	30.37	8,298.56	8,409.26	27.39
680.00	0.00	8,110.32	8,227.02	28.87	14,241.80	14,471.70	30.59	7,504.10	7,630.27	31.22	8,293.43	8,407.54	28.23
690.00	0.00	8,110.32	8,230.48	29.73	14,261.10	14,497.50	31.45	7,518.54	7,648.21	32.08	8,288.51	8,406.08	29.09
700.00	0.00	8,110.32	8,234.00	30.60	14,279.80	14,522.80	32.33	7,532.50	7,665.72	32.96	8,283.77	8,404.85	29.96
710.00	0.00	8,110.32	8,237.57	31.48	14,297.90	14,547.60	33.22	7,546.00	7,682.82	33.85	8,279.22	8,403.86	30.84
720.00	0.00	8,110.32	8,241.19	32.38	14,315.40	14,571.90	34.12	7,559.05	7,699.52	34.75	8,274.84	8,403.10	31.73
730.00	0.00	8,110.32	8,244.86	33.29	14,332.30	14,595.70	35.04	7,571.67	7,715.84	35.67	8,270.63	8,402.55	32.64
740.00	0.00	8,110.32	8,248.58	34.21	14,348.80	14,619.10	35.97	7,583.89	7,731.81	36.60	8,266.57	8,402.20	33.56
750.00	0.00	8,110.32	8,252.35	35.14	14,364.70	14,642.10	36.91	7,595.72	7,747.43	37.54	8,262.66	8,402.06	34.49
760.00	0.00	8,110.32	8,256.18	36.09	14,380.20	14,664.70	37.86	7,607.16	7,762.73	38.49	8,258.90	8,402.12	35.44
770.00	0.00	8,110.32	8,260.05	37.05	14,395.10	14,687.00	38.83	7,618.25	7,777.72	39.46	8,255.27	8,402.35	36.39
780.00	0.00	8,110.32	8,263.98	38.02	14,409.70	14,708.90	39.81	7,628.99	7,792.41	40.43	8,251.77	8,402.77	37.36
790.00	0.00	8,110.32	8,267.96	39.00	14,423.80	14,730.40	40.80	7,639.40	7,806.82	41.42	8,248.39	8,403.37	38.35
800.00	0.00	8,110.32	8,271.99	40.00	14,437.50	14,751.60	41.80	7,649.48	7,820.96	42.43	8,245.13	8,404.13	39.34
810.00	0.00	8,110.32	8,276.07	41.01	14,450.80	14,772.60	42.81	7,659.26	7,834.84	43.44	8,241.98	8,405.06	40.35
820.00	0.00	8,110.32	8,280.20	42.03	14,463.60	14,793.20	43.84	7,668.75	7,848.48	44.47	8,238.94	8,406.15	41.37
830.00	0.00	8,110.32	8,284.38	43.07	14,476.20	14,813.50	44.88	7,677.94	7,861.89	45.51	8,236.00	8,407.39	42.40
840.00	0.00	8,110.32	8,288.62	44.11	14,488.30	14,833.60	45.94	7,686.87	7,875.07	46.56	8,233.16	8,408.78	43.45
850.00	0.00	8,110.32	8,292.90	45.18	14,500.20	14,853.40	47.00	7,695.53	7,888.04	47.63	8,230.41	8,410.32	44.51
860.00	0.00	8,110.32	8,297.24	46.25	14,511.60	14,873.00	48.08	7,703.94	7,900.80	48.71	8,227.76	8,411.99	45.58
870.00	0.00	8,110.32	8,301.63	47.33	14,522.80	14,892.40	49.17	7,712.10	7,913.38	49.80	8,225.19	8,413.81	46.67
880.00	0.00	8,110.32	8,306.07	48.43	14,533.70	14,911.60	50.28	7,720.03	7,925.76	50.90	8,222.70	8,415.76	47.77
890.00	0.00	8,110.32	8,310.57	49.54	14,544.20	14,930.50	51.39	7,727.73	7,937.98	52.02	8,220.29	8,417.84	48.88
900.00	0.00	8,110.32	8,315.11	50.67	14,554.50	14,949.20	52.52	7,735.21	7,950.02	53.15	8,217.96	8,420.05	50.00

# Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Héctor Daniel Campos Mosquera



## ANEXO B.6

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HS"

Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera

N° de Páginas: 03

#### Datos del conductor:

Material: Aleación de Aluminio  
Denominación: AAAC (6201-T81)  
Sección: 150 mm<sup>2</sup>  
Diámetro: 15.9 mm  
Peso unitario: 4.0380 N/m  
Mínima carga de rotura: 45060 N

#### Consideraciones:

Peso operario con herramientas: 981 N  
Peso cadena de aisladores: 836 N  
Velocidad del viento máxima: 92 km/h  
Presión del viento: 400.34 N/m<sup>2</sup>

	Condición normal del conductor	Condición de rotura del conductor
Tiro Izquierdo( N ):	14200	0
Tiro Derecho( N ):	14200	14200
Ángulo ( ° ):	5	5
Vano viento ( m ):	450	225
Vano peso ( m ):	850	425
<b>Fuerza Vertical ( N ):</b>	<b>5250</b>	<b>3533</b>
<b>Fuerza Longitudinal ( N ):</b>	<b>14</b>	<b>7100</b>
<b>Fuerza Transversal ( N ):</b>	<b>4101</b>	<b>2050</b>

#### Nota:

$$FV = FV_{COND} + FV_{AISL} + FV_{OPER}$$

$$FL = FL_{TIRO}$$

$$FT = FT_{TIRO} + FT_{COND}$$

#### Donde:

FV<sub>COND</sub>: Fuerza vertical debida al peso del conductor

FV<sub>AISL</sub>: Fuerza vertical debida al peso de la cadena de aisladores

FV<sub>OPER</sub>: Fuerza vertical debida al peso del operario

FL<sub>TIRO</sub>: Fuerza longitudinal debido al tiro sobre el conductor

FT<sub>COND</sub>: Fuerza transversal debido a la presión del viento sobre el conductor

FT<sub>TIRO</sub>: Fuerza transversal debido al tiro sobre el conductor



## ANEXO B.6

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HS"

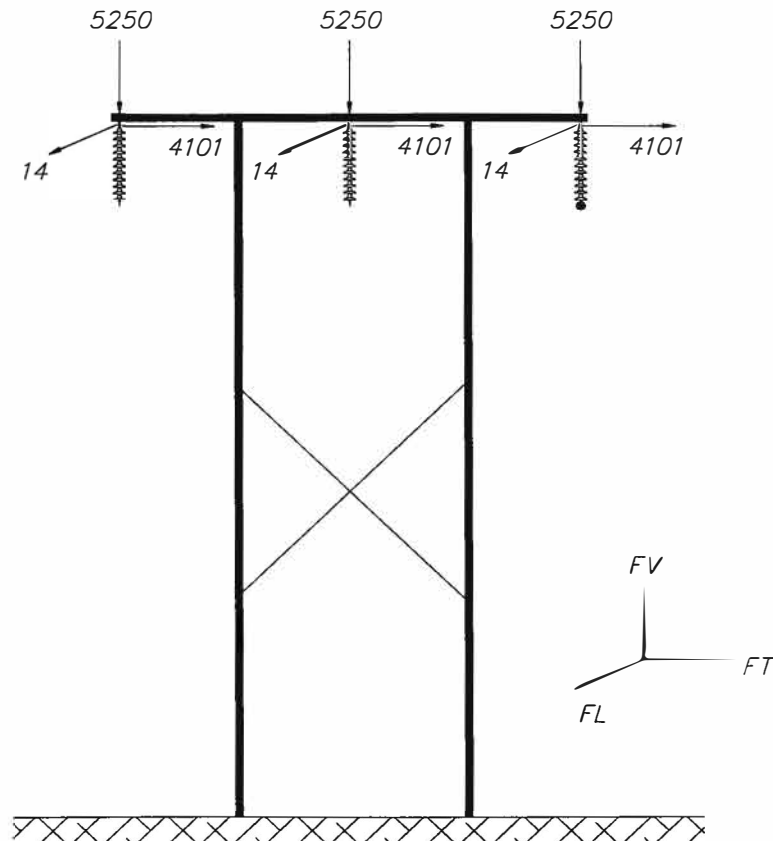
Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera

N° de Páginas: 03

#### HIPÓTESIS I (Estructura): CONDICIONES NORMALES



FV = Fuerza Vertical  
FL = Fuerza Longitudinal  
FT = Fuerza Transversal

#### Notas:

- (1) Todas las magnitudes en N
- (2) Valores de carga sin mayorar

## ANEXO B.6

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HS"

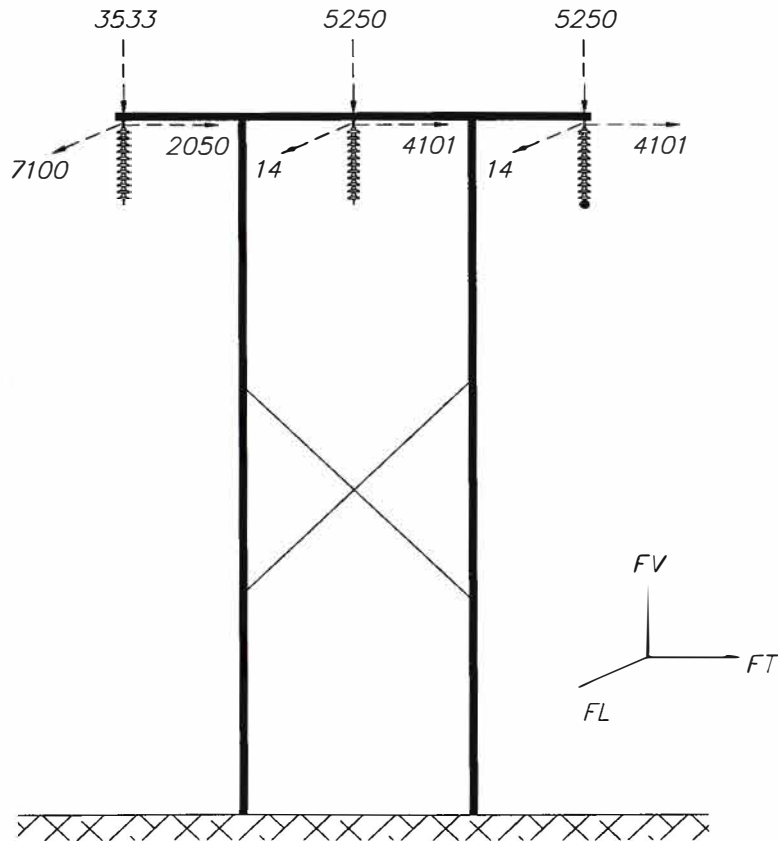
Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera

Nº de Páginas: 03

HIPÓTESIS II, III Y IV: ROTURA DEL CONDUCTOR DE UNA FASE



FV = Fuerza Vertical  
FL = Fuerza Longitudinal  
FT = Fuerza Transversal

Notas:

- (1) Todas las magnitudes en N
- (2) Valores de carga sin mayorar

## ANEXO B.7

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HR"

**Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 03

**Datos del conductor:**

Material:	Aleación de Aluminio	
Denominación:	AAAC (6201-T81)	
Sección:	150	mm <sup>2</sup>
Diámetro:	15.9	mm
Peso unitario:	4.0380	N/m
Mínima carga de rotura:	45060	N

**Consideraciones:**

Peso operario con herramientas:	981	N
Peso cadena de aisladores:	836	N
 Velocidad del viento máxima:	 92	 km/h
Presión del viento:	400.34	N/m <sup>2</sup>

	Condición normal del conductor	Condición de rotura del conductor
Tiro Izquierdo ( N ):	14100	0
Tiro Derecho ( N ):	14100	14100
Angulo ( ° ):	10	10
Vano viento ( m ):	600	300
Vano peso ( m ):	800	400
<b>Fuerza Vertical ( N ):</b>	<b>5048</b>	<b>3433</b>
<b>Fuerza Longitudinal ( N ):</b>	<b>9400</b>	<b>14100</b>
<b>Fuerza Transversal ( N ):</b>	<b>6263</b>	<b>3124</b>

**Nota:**

$$FV = FV_{COND} + FV_{AISL} + FV_{OPER}$$

$$FL = FL_{TIRO}$$

$$FT = FT_{TIRO} + FT_{COND}$$

donde:

FV<sub>COND</sub>: Fuerza vertical debida al peso del conductor

FV<sub>AISL</sub>: Fuerza vertical debida al peso de la cadena de aisladores

FV<sub>OPER</sub>: Fuerza vertical debida al peso del operario

FL<sub>TIRO</sub>: Fuerza longitudinal debido al tiro sobre el conductor

FT<sub>COND</sub>: Fuerza transversal debido a la presión del viento sobre el conductor

FT<sub>TIRO</sub>: Fuerza transversal debido al tiro sobre el conductor

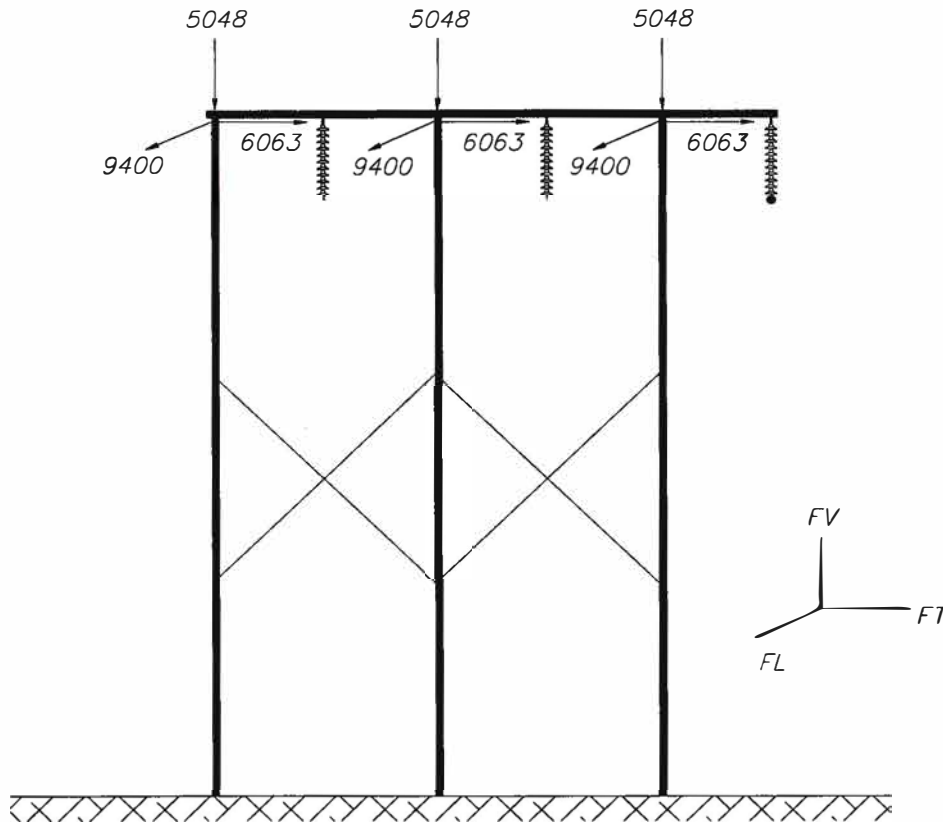
## ANEXO B.7

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HR"

Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 03

#### HIPÓTESIS I: CONDICIONES NORMALES



FV = Fuerza Vertical  
FL = Fuerza Longitudinal  
FT = Fuerza Transversal

#### Notas:

- (1) Todas las magnitudes en N
- (2) Valores de carga sin mayorar

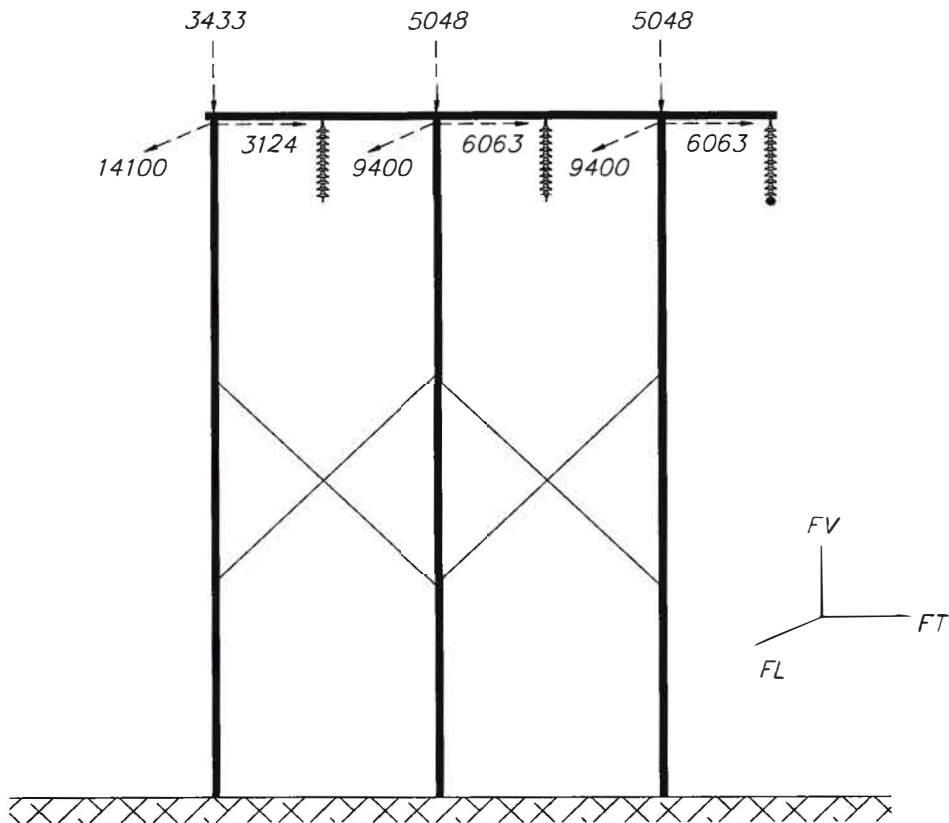
## ANEXO B.7

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HR"

Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 03

#### HIPÓTESIS II, III Y IV: ROTURA DEL CONDUCTOR DE UNA FASE



$FV$  = Fuerza Vertical  
 $FL$  = Fuerza Longitudinal  
 $FT$  = Fuerza Transversal

#### Notas:

- (1) Todas las magnitudes en N
- (2) Valores de carga sin mayorar

## ANEXO B.8

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HA1"

**Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 03

**Datos del conductor:**

Material:	Aleación de Aluminio	
Denominación:	AAAC (6201-T81)	
Sección:	150	mm <sup>2</sup>
Diámetro:	15.9	mm
Peso unitario:	4.0380	N/m
Mínima carga de rotura:	45060	N

**Consideraciones:**

Peso operario con herramientas:	981	N
Peso cadena de aisladores:	836	N
Velocidad del viento máxima:	92	km/h
Presión del viento:	400.34	N/m <sup>2</sup>

	Condición normal del conductor	Condición de rotura del conductor
Tiro Izquierdo( N ):	14200	0
Tiro Derecho( N ):	14200	14200
Angulo ( ° ):	30	30
Vano viento ( m ):	200	100
Vano peso ( m ):	200	100
<b>Fuerza Vertical ( N ):</b>	<b>2625</b>	<b>2221</b>
<b>Fuerza Longitudinal ( N ):</b>	<b>0</b>	<b>7100</b>
<b>Fuerza Transversal ( N ):</b>	<b>8580</b>	<b>4290</b>
<b>FT debido al viento en el poste (N)</b>	<b>1893.72</b>	

<b>Fuerza retenida horiz. (N)</b>	27865.06
<b>a</b>	0.79
<b>h1(m)</b>	8.32
<b>h2(m)</b>	18.30
<b>h3(m)</b>	18.60
<b>Fuerza retenida(N)</b>	39407.14

**Nota:**

$$FV = FV_{COND} + FV_{AISL} + FV_{OPER}$$

$$FL = FL_{TIRO}$$

$$FT = FT_{TIRO} + FT_{COND}$$

**Donde:**

FV<sub>COND</sub>: Fuerza vertical debida al peso del conductor

FV<sub>AISL</sub>: Fuerza vertical debida al peso de la cadena de aisladores

FV<sub>OPER</sub>: Fuerza vertical debida al peso del operario

FL<sub>TIRO</sub>: Fuerza longitudinal debido al tiro sobre el conductor

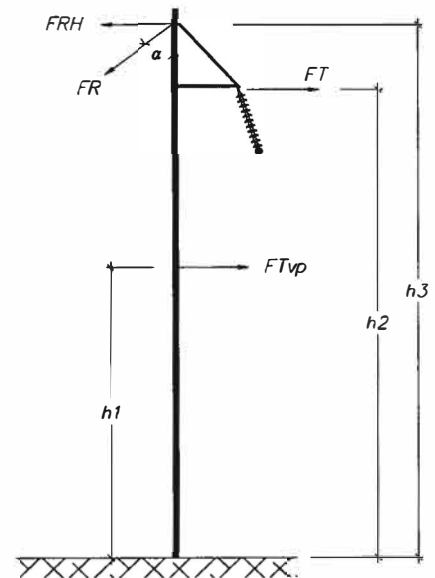
FT<sub>COND</sub>: Fuerza transversal debido a la presión del viento sobre el conductor

FT<sub>TIRO</sub>: Fuerza transversal debido al tiro sobre el conductor

FR: Fuerza transversal de la retenida

FT<sub>vp</sub>: Fuerza debido al viento sobre el poste

FT: Fuerza transversal



## ANEXO B.8

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HA1"

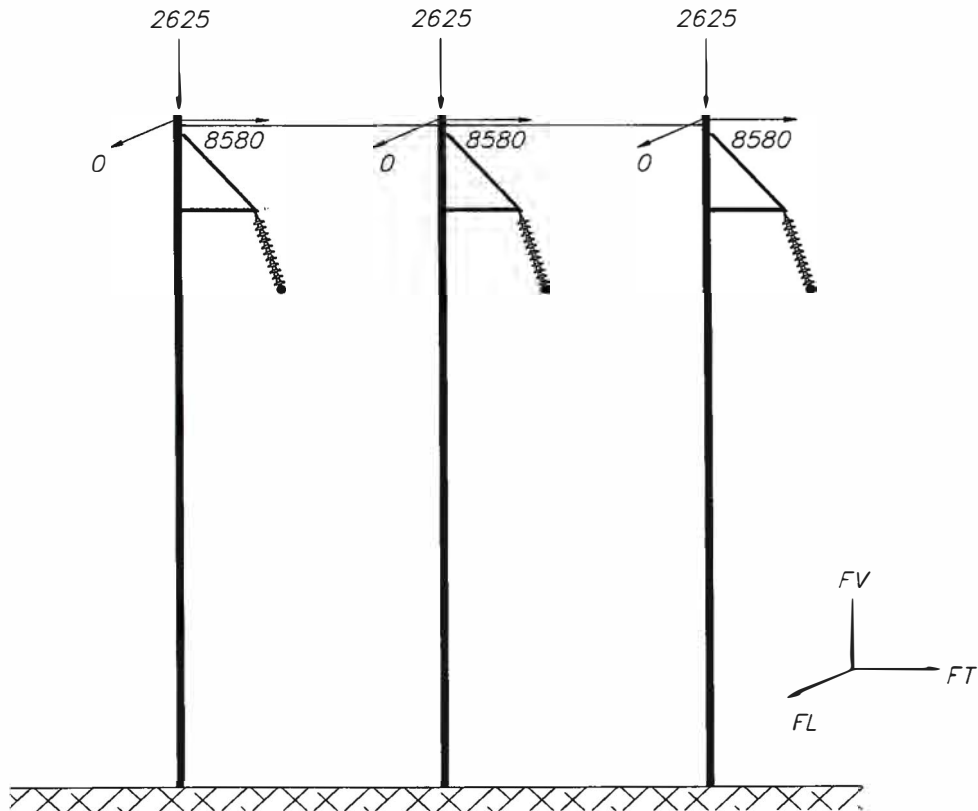
Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera

N° de Páginas: 03

#### HIPÓTESIS I: CONDICIONES NORMALES



FV = Fuerza Vertical  
FL = Fuerza Longitudinal  
FT = Fuerza Transversal

#### Notas:

- (1) Todas las magnitudes en N
- (2) Valores de carga sin mayorar

## ANEXO B.8

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HA1"

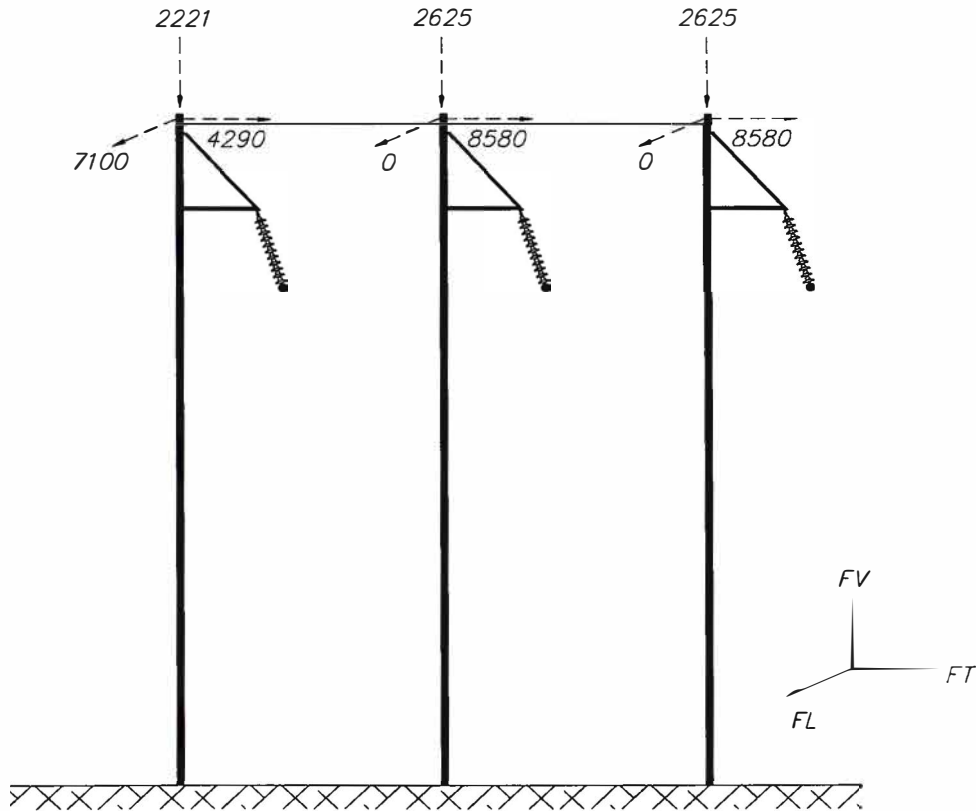
Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel  
Campos Mosquera

N° de Páginas: 03

#### HIPÓTESIS II, III Y IV: ROTURA DEL CONDUCTOR DE UNA FASE



FV = Fuerza Vertical  
FL = Fuerza Longitudinal  
FT = Fuerza Transversal

#### Notas:

- (1) Todas las magnitudes en N
- (2) Valores de carga sin mayorar



## ANEXO B.9

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HS" (ANGULO: 3°)

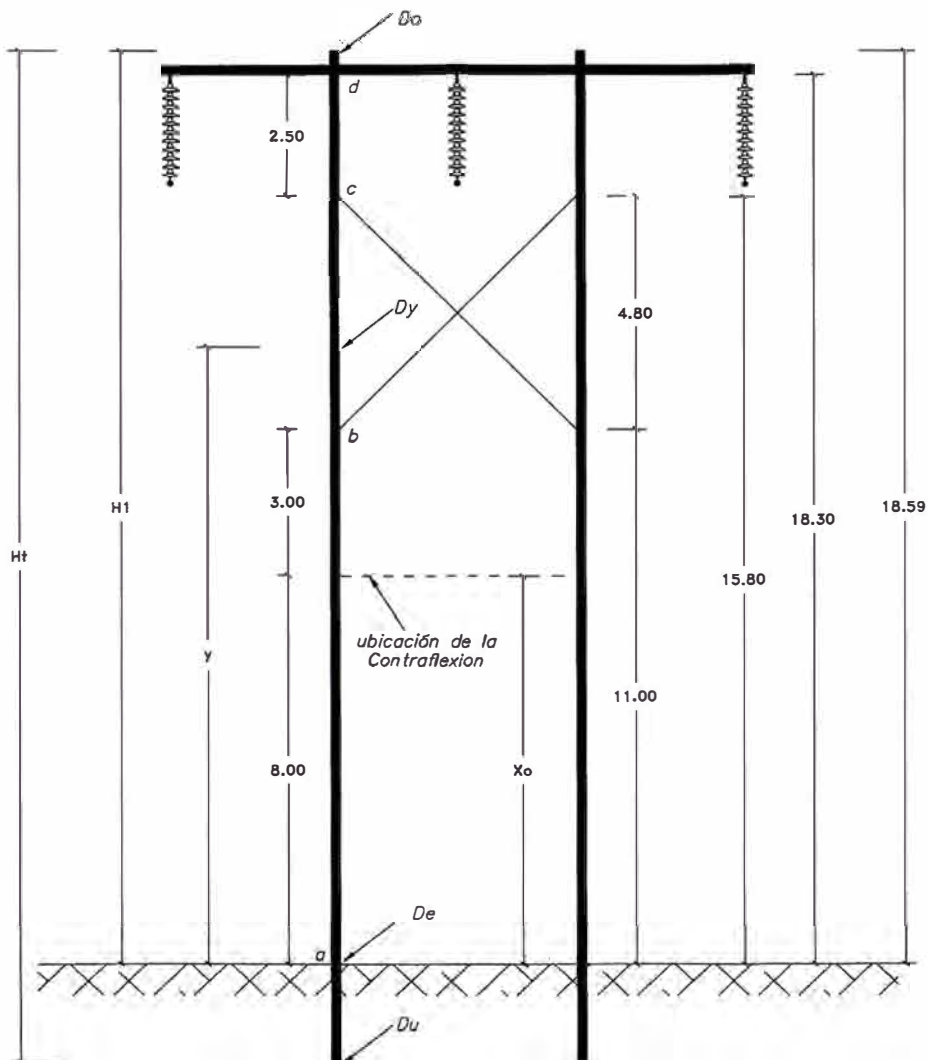
**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera

N° de Páginas: 02

Datos del Poste :			Datos del conductor :		
Altura de poste :	21.34	m	Conductor Tipo :	AAAC150	
Poste (Hp) :	70		Sección :	150	mm <sup>2</sup>
Clase :	2		Dia.Cond.(Dc) :	15.9	mm.
Carga de Rotura a 0.30 m. punta (F) :	1681	kg	Peso :	0.413	kg/m
Esfuerzo a la flexión (Rc) :	490	kg/cm <sup>2</sup>	Tiro conductor :	1272.02	kg
Factor de Depreciación para Poste Usado :	0.6		Vano Equivalente :	280	m.
Esfuerzo Flexion Estimado :	294	kg/cm <sup>2</sup>	Altura del conductor de fase a tierra :	18.29	m
Diámetro línea empotram. (De) :	0.38	mt.	Carga debido al viento :	0.649	kg/m
Diámetro en la punta (Do) :	0.202	mt.	Peso resultante :	0.769	kg/m
Circunferencia de línea ( C ) :	1.194	mt.			
Longitud empotramiento (He) :	2.754	mt.			
Modulo de elasticidad del poste (E) :	100062	kg/cm <sup>2</sup>			
Velocidad del viento ( v ) :	92	km/h			



**ANEXO B.9**

**DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HS" (ANGULO: 3°)**

Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 02

**Cálculo de los Momentos**

Punto	Diámetro (m)	Circunf. (m)	Momento (Kg.m)
Base	0.406	1.28	32162.85
a	0.380	1.19	26304.37
b	0.275	0.86	9960.96
c	0.229	0.72	5757.58
d	0.205	0.64	4135.82
Punta	0.202	0.64	3964.65

**A. Cálculo de la Distancia de Contraflexión (x<sub>o</sub>)**

$$x_o = \frac{xM_a}{M_a + M_b} = 7.97 \text{ m}$$

**B. Cálculo del valor de Tiro Máximo Transversal (P)**

A nivel del punto a:  $P_x = \frac{2M_a}{D_{(a)}} = 6602.10 \text{ kg}$

A nivel del punto b:  $P_x = \frac{2M_b}{D_{(b)}} = 6602.10 \text{ kg}$

A nivel del punto c:  $P_x = \frac{2M_c}{D_{(c)}} = 4606.7 \text{ kg}$

El valor máximo permitido P se obtiene de estos tres valores, se toma el menor valor y se derratea un 15% por las uniones de los pernos, obteniendo finalmente:

**P = 3915.16 kg**

**C. Cálculo del Vano Viento Máximo (Ángulo topográfico: 3°)**

Presión del viento del poste y conductor  $P_{vp} = P_{vc} = \frac{Kv^2}{g}(s_f) = 40.81 \text{ kg/m}^2$

Área del poste de Aplicación de la fuerza del viento  $A = \left(\frac{D_o + D_e}{2}\right)(H_i - H_1) = 5.41 \text{ m}^2$

Altura equivalente de aplicación Presión del viento  $z = \frac{(H_p - H_e)\left(\frac{D_e + 2D_o}{D_e + D_o}\right)}{3} = 8.34 \text{ m}$

Fuerza sobre el poste por la presión del viento  $F_{vp} = P_{vp} A f_s = 441.54 \text{ kg}$

Fuerza debido a la presión viento por conductor  $F_{vc} = P_{vc} f_s (3D_{C(fase)}) = 5.84 \text{ kg/m}$

Fuerza debido al Tiro máximo por conductor  $F_{max(Cond)} = f_s \left[ 2(3T_{MAX(Cond-fase)}) \operatorname{Ser}\left(\frac{\alpha_{max}}{2}\right) \right] = 599.36 \text{ kg}$

Vano viento máximo  $\alpha_{v(max)} = \left( \frac{P - 2F_{vp} - F_{MAX(Cond)}}{F_{vc}} \right) = 417 \text{ m}$

**ANEXO B.10**

**DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HR" (ANGULO: 10°)**

**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

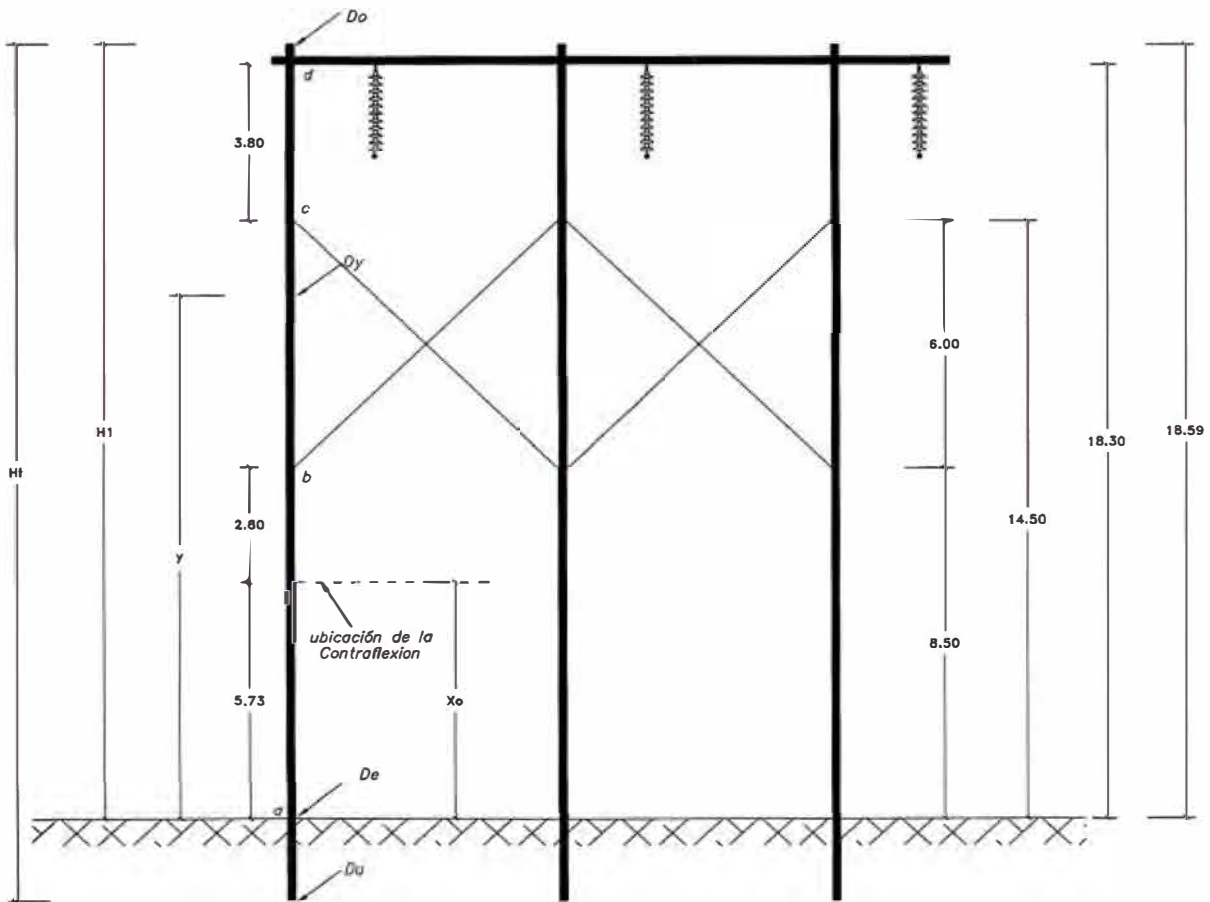
Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel

Campos Mosquera

N° de Páginas: 02

Datos del Poste :			Datos del conductor :		
Altura de poste :	21.34	m	Conductor Tipo :	AAAC150	
Poste (Hp) :	70		Sección :	150	mm <sup>2</sup>
Clase :	2		Dia.Cond.(Dc) :	15.9	mm.
Carga de Rotura a 0.30 m. punta (F) :	1681	kg	Peso :	0.413	kg/m
Esfuerzo a la flexión (Rc) :	490	kg/cm <sup>2</sup>	Tiro conductor :	1272.02	kg
Factor de Depreciación para Poste Usado :	0.6		Vano Equivalente :	280	m.
Esfuerzo Flexión Estimado :	294	kg/cm <sup>2</sup>	Altura del conductor de fase a tierra :	18.29	m
Diámetro línea empotram. (De) :	0.38	mt.	Carga debido al viento :	0.649	kg/m
Diámetro en la punta (Do) :	0.202	mt.	Peso resultante :	0.769	kg/m
Circunferencia de línea (C) :	1.194	mt.			
Longitud empotramiento (He) :	2.754	mt.			
Modulo de elasticidad del poste (E) :	100062	kg/cm <sup>2</sup>			
Velocidad del viento (v) :	92	km/h			



## ANEXO B.10

### DIAGRAMA DE CARGAS DE ESTRUCTURA "HR" (ANGULO: 10°)

**Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera

N° de Páginas: 02

#### Cálculo de los Momentos

Punto	Diámetro (m)	Circunf. (m)	Momento (Kg-m)
Base	0.406	1.28	32162.85
a	0.380	1.19	26304.37
b	0.275	0.86	12792.72
c	0.229	0.72	6747.26
d	0.205	0.64	4078.22
Punta	0.202	0.64	3964.65

#### A. Cálculo de la Distancia de Contraflexión ( $x_o$ )

$$x_o = \frac{xM_a}{M_a + M_b} = 5.71 \text{ m}$$

#### B. Cálculo del valor de Tiro Máximo Transversal (P)

$$\text{A nivel del punto a: } P_x = \frac{2M_a}{D_{(a)}} = 9214.49 \text{ kg}$$

$$\text{A nivel del punto b: } P_x = \frac{2M_b}{D_{(b)}} = 9214.49 \text{ kg}$$

$$\text{A nivel del punto c: } P_x = \frac{2M_b}{D_{(b)}} = 3460.13 \text{ kg}$$

El valor máximo permitido P se obtiene de estos tres valores, se toma el menor valor y se derratea un 15% por las uniones de los pernos, obteniendo finalmente:

$$P = 3460.13 \text{ kg}$$

#### C. Cálculo del Vano Viento Máximo (Ángulo topográfico: 3°)

$$\text{Presión del viento del poste y conductor} \quad P_{vp} = P_{vc} = \frac{Kv^3}{g} (s_f) = 40.81 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área del poste de Aplicación de la fuerza del viento} \quad A = \left( \frac{D_o + D_e}{2} \right) (H_t - H_1) = 5.41 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura equivalente de aplicación Presión del viento} \quad z = \frac{(H_p - H_e) \left( \frac{D_e + 2D_o}{D_e + D_o} \right)}{3} = 8.34 \text{ m}$$

$$\text{Fuerza sobre el poste por la presión del viento} \quad F_{vp} = P_{vp} A f_s = 441.54 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza debido a la presión viento por conductor} \quad F_{vc} = P_{vc} f_s (3D_{C(fase)}) = 3.89 \text{ kg/m}$$

$$\text{Fuerza debido al Tiro máximo por conductor} \quad F_{max(Cond)} = f_s \left[ 2(3T_{MAX(Cond-fase)}) \text{Sen} \left( \frac{\alpha_{max}}{2} \right) \right] = 1330.37 \text{ kg}$$

$$\text{Vano viento máximo} \quad \alpha_{v(max)} = \left( \frac{P - 2F_{vp} - F_{MAX(Cond)}}{F_{vc}} \right) = 320 \text{ m}$$

***ANEXO C***  
***PLANILLA DE ESTRUCTURAS***

ANEXO C

PLANILLA DE ESTRUCTURAS

Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 01

Hipotesis : FLECHA MAXIMA

N°	Tipo Estructura	Tipo conductor	Progresiva (m)	Cota (m)	Vértice	Ángulo Deflexión	Vano Adelante	N° Soportes	Tipo Soporte	Vano Peso (m)	Vano Viento (m)	N° y Tipo Retenidas	N° Contrapeso	Amortiguador CP	Puesta a Tierra	Anillo CPW	Observaciones
0	Portico	AAAC-150	0	142.46			262	1	Port	101.76	131	-	0	0			-
1	HR	AAAC-150	262	144.92			255.39	3	60/1D	227.33	258.7	3RI	0	6	PTA	1	Existente (Solo se cambia ferreteria)
2	HS	AAAC-150	517.39	156.39			165.71	2	60/1D	195.21	210.55	-	0	6	PTA	1	Existente (Solo se cambia ferreteria)
3	HA1	AAAC-150	683.1	164.56	V1-Proy	-10°32'42,98"	135.71	3	70/2	178.08	150.71	2RI	0	6	PTA	3	-
4	HA1	AAAC-150	818.81	170.21	V2-Proy	-24°0'15,00"	186.11	3	70/2	131.66	160.91	2RI	0	6	PTA	3	-
5	HS	AAAC-150	1004.92	180.57			236.65	2	70/2	230.55	211.38	-	0	6	PTA	1	-
6	HS	AAAC-150	1241.57	191.24			372.45	2	70/2	378.12	304.55	-	0	6	PTA	1	-
7	HR	AAAC-150	1614.02	188.17			399.79	3	70/2	27.27	386.12	6RI	0	6	PTA	1	-
8	HS	AAAC-150	2013.81	278.93			396.53	2	70/2	737.12	398.16	-	0	6	PTA		-
9	HS	AAAC-150	2410.34	284.18			225.08	2	70/2	295.28	310.8	-	0	6	PTA		-
10	HS	AAAC-150	2635.42	289.81			179.37	2	70/2	154.78	202.23	-	1	6	PTA		-
11	HS	AAAC-150	2814.79	300.43			342.69	2	70/2	437.07	261.03	-	0	6	PTA		-
12	HS	AAAC-150	3157.48	280.28			344.79	2	70/2	392.1	343.74	-	0	6	PTA		-
13	HS	AAAC-150	3502.27	249.56			336.74	2	70/2	253.54	340.77	-	0	6	PTB		-
14	HS	AAAC-150	3839.01	238.93			395.55	2	70/2	316.97	366.15	-	0	6	PTB		-
15	HR	AAAC-150	4234.56	239.35			142.25	3	70/2	399.26	268.9	6RI	0	6	PTB		-
16	HS	AAAC-150	4376.81	225.06			329.7	2	70/2	270.56	235.98	-	0	6	PTB		-
17	HS	AAAC-150	4706.51	188.79			283.77	2	70/2	128.88	306.73	-	2	6	PTB		-
18	HS	AAAC-150	4990.28	192.5			321.9	2	70/2	384.68	302.83	-	0	6	PTB		-
19	HS	AAAC-150	5312.18	178.74			328.43	2	70/2	278.68	325.17	-	0	6	PTB		-
20	HS	AAAC-150	5640.61	175.37			280	2	70/2	322.79	304.22	-	0	6	PTB		-
21	HS	AAAC-150	5920.61	168.96			317.2	2	70/2	338.56	298.6	-	0	6	PTB		-
22	HS	AAAC-150	6237.81	153.24			298.08	2	70/2	329.68	307.64	-	0	6	PTB		-
23	HS	AAAC-150	6535.89	134.07			382.87	2	70/2	205.63	340.48	-	1	6	PTB		-
24	HS	AAAC-150	6918.76	145.2			237.8	2	70/2	360.18	310.33	-	0	6	PTB		-
25	HS	AAAC-150	7156.56	144.17			237.8	2	70/2	202.97	237.8	-	0	6	PTB		-
26	HS	AAAC-150	7394.36	149.05			213.45	2	70/2	283.54	225.63	-	0	6	PTB		-
27	HR	AAAC-150	7607.81	144.68			406.5	3	70/2	273.48	309.98	6RI	0	9	PTB		-
28	HS	AAAC-150	8014.31	147.01			268.76	2	70/2	321.2	337.63	-	0	9	PTB		-
29	HS	AAAC-150	8283.07	151.81			311.74	2	70/2	325.02	290.25	-	0	6	PTB		-
30	HS	AAAC-150	8594.81	150.04			280	2	70/2	291.36	295.87	-	0	6	PTB		-
31	HS	AAAC-150	8874.81	149.4			330	2	70/2	290.58	305	-	0	6	PTB		-
32	HS	AAAC-150	9204.81	152			315	2	70/2	346.7	322.5	-	0	6	PTB		-
33	HS	AAAC-150	9519.81	149.47			294.26	2	70/2	304.15	304.63	-	0	6	PTB		-
34	HS	AAAC-150	9814.07	147.29	V3-PROY	1°50'9,98"	270	2	70/2	299.04	282.13	-	1	6	PTB		-
35	HS	AAAC-150	10084.07	142.22			260	2	70/2	268.97	265	-	0	6	PTB		-
36	HS	AAAC-150	10344.07	136.69			302.15	2	70/2	146.94	281.07	-	2	6	PTA		-
37	HR	AAAC-150	10646.22	158.12	Nuevo	7°8'43,00"	325	3	70/2	512.6	313.57	7RI	0	6	PTB		-
38	HS	AAAC-150	10971.22	137.02			280	2	70/2	185.1	302.5	-	0	6	PTA		-
39	HS	AAAC-150	11251.22	141.91			310	2	70/2	285.88	295	-	0	6	PTA		-
40	HS	AAAC-150	11561.22	149.37			265	2	70/2	311.95	287.5	-	0	6	PTA		-
41	HS	AAAC-150	11826.22	151.37			270	2	70/2	246.64	267.5	-	0	6	PTB		-
42	HS	AAAC-150	12096.22	157.45			252	2	70/2	273.53	261	-	0	6	PTB		-
43	HS	AAAC-150	12348.22	161			284	2	70/2	267.79	268	-	0	6	PTB		-
44	HS	AAAC-150	12632.22	165.08			242	2	70/2	284.59	263	-	0	6	PTB		-
45	HS	AAAC-150	12874.22	164.95			228	2	70/2	226.45	235	-	0	6	PTB		-
46	HS	AAAC-150	13102.22	166.28			245	2	70/2	240	236.5	-	0	6	PTB		-
47	HS	AAAC-150	13347.22	167.14			375.38	2	70/2	293.09	310.19	-	0	6	PTA		-
48	HR	AAAC-150	13722.6	172.98			203.62	3	70/2	372.98	289.5	6RI	0	6	PTA		-
49	HS	AAAC-150	13926.22	164.09			332.63	2	70/2	210.26	268.13	-	0	6	PTA		-
50	SS1		14258.85	159.81			0	1	S1+0	165.13	166.32	-	0	3	PTA		Existente (Torre de Celosia, suspensión)

## ***ANEXO D***

### ***TABLA DE FECHADO SOBRE POLEAS***

**ANEXO D**

**TABLA DE OFFSET Y FLECHADO SOBRE POLEAS DEL CONDUCTOR PRINCIPAL (AAAC 150 MM2)**

**Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel  
Campos Mosquera

N° de Páginas: 05

HIPOTESIS I	Vel.Viento (Km/h):	Temperatura (°C):	% Tiro EDS:
TEMPLADO	0	20	18

N°	Armado	VIR (m)	Vano (m)	Desnivel (m)	Temp(°C)	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
0	Portico	262	262	5.66	Corrimiento(cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Flecha(m)	3.87	3.95	4.03	4.11	4.2	4.28	4.36	4.45	4.53	4.61	4.7
					TiroH(N)	914.24	895.54	877.45	859.97	843.07	826.74	810.97	795.75	781.06	766.88	753.19
1	HR	265.18	255.39	11.47	Corrimiento(cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Flecha(m)	3.73	3.81	3.89	3.97	4.05	4.13	4.21	4.29	4.37	4.45	4.53
					TiroH(N)	900.65	882.3	864.55	847.31	830.65	814.63	799.08	784.14	769.64	755.65	742.21
2	HS	265.18	165.71	9.97	Corrimiento(cm)	-8.51	-8.58	-8.64	-8.71	-8.77	-8.84	-8.91	-8.98	-9.05	-9.12	-9.19
					Flecha(m)	1.57	1.6	1.63	1.66	1.7	1.73	1.76	1.8	1.83	1.86	1.9
					TiroH(N)	905.23	886.92	869.2	851.99	835.36	819.37	803.86	788.95	774.48	760.52	747.11
3	HA1	265.18	135.71	5.65	Corrimiento(cm)	0.84	0.88	0.92	0.95	0.99	1.02	1.05	1.09	1.12	1.15	1.18
					Flecha(m)	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17	1.2	1.22	1.24	1.26
					TiroH(N)	909.52	891.19	873.46	856.24	839.59	823.6	808.07	793.15	778.68	764.7	751.29
4	HA1	265.18	186.11	11.26	Corrimiento(cm)	2.19	2.19	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.19	2.19
					Flecha(m)	1.96	2	2.04	2.08	2.12	2.16	2.21	2.25	2.29	2.33	2.37
					TiroH(N)	911.74	893.42	875.7	858.49	841.86	825.87	810.35	795.44	780.97	767	753.59
5	HS	265.18	236.65	10.66	Corrimiento(cm)	-1.77	-1.74	-1.72	-1.7	-1.67	-1.65	-1.63	-1.61	-1.59	-1.57	-1.56
					Flecha(m)	3.15	3.22	3.28	3.35	3.41	3.48	3.54	3.61	3.68	3.74	3.81
					TiroH(N)	916.51	898.16	880.42	863.18	846.52	830.51	814.97	800.04	785.54	771.55	758.12
6	HS	265.18	372.45	-3.07	Corrimiento(cm)	6.32	6.36	6.4	6.43	6.47	6.51	6.55	6.59	6.63	6.67	6.71
					Flecha(m)	7.79	7.95	8.12	8.28	8.44	8.61	8.77	8.93	9.1	9.27	9.43
					TiroH(N)	917.07	898.67	880.87	863.57	846.86	830.79	815.19	800.21	785.66	771.61	758.13
7	HR	352.06	399.79	90.76	Corrimiento(cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Flecha(m)	9.86	10	10.14	10.28	10.42	10.56	10.7	10.84	10.98	11.12	11.26
					TiroH(N)	856.86	844.78	833.04	821.64	810.56	799.79	789.33	779.17	769.28	759.67	750.33
8	HS	352.06	396.53	5.25	Corrimiento(cm)	-24.95	-25.07	-25.19	-25.31	-25.44	-25.57	-25.71	-25.84	-25.98	-26.12	-26.27
					Flecha(m)	9.02	9.14	9.27	9.4	9.52	9.65	9.77	9.9	10.02	10.14	10.27
					TiroH(N)	898.65	886.27	874.23	862.55	851.19	840.16	829.44	819.02	808.9	799.05	789.47
9	HS	352.06	225.08	5.62	Corrimiento(cm)	17.36	17.37	17.38	17.4	17.42	17.44	17.46	17.48	17.5	17.53	17.56
					Flecha(m)	2.89	2.93	2.97	3.01	3.05	3.09	3.13	3.17	3.21	3.25	3.29
					TiroH(N)	903.21	890.87	878.87	867.22	855.91	844.91	834.23	823.85	813.76	803.95	794.41
10	HS	352.06	179.37	10.62	Corrimiento(cm)	0.84	0.87	0.91	0.94	0.98	1.02	1.06	1.09	1.13	1.17	1.22
					Flecha(m)	1.83	1.86	1.88	1.91	1.93	1.96	1.98	2.01	2.03	2.06	2.08
					TiroH(N)	905.69	893.37	881.4	869.77	858.48	847.51	836.85	826.49	816.41	806.63	797.11



**ANEXO D**

**TABLA DE OFFSET Y FLECHADO SOBRE POLEAS DEL CONDUCTOR PRINCIPAL (AAAC 150 MM<sup>2</sup>)**

**Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 05

<b>HIPOTESIS I</b>	<b>Vel.Viento (Km/h):</b>	<b>Temperatura (°C):</b>	<b>% Tiro EDS:</b>
TEMPLADO	0	20	18

N°	Armado	VIR (m)	Vano (m)	Desnivel (m)	Temp(°C)	Temperatura (°C)										
						10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
11	HS	352.06	342.69	-20.15	Corrimiento(cm)	8.68	8.76	8.83	8.91	8.98	9.06	9.13	9.21	9.28	9.36	9.43
					Flecha(m)	6.72	6.82	6.91	7	7.09	7.19	7.28	7.37	7.46	7.55	7.65
					TiroH(N)	901.77	889.42	877.42	865.77	854.45	843.45	832.76	822.37	812.27	802.46	792.91
12	HS	352.06	344.79	-30.72	Corrimiento(cm)	10.26	10.27	10.28	10.29	10.31	10.33	10.35	10.37	10.39	10.42	10.45
					Flecha(m)	6.92	7.01	7.11	7.21	7.3	7.4	7.5	7.59	7.69	7.78	7.88
					TiroH(N)	889.29	876.97	865	853.37	842.07	831.1	820.43	810.07	799.99	790.2	780.67
13	HS	352.06	336.74	-10.62	Corrimiento(cm)	-3.43	-3.39	-3.35	-3.32	-3.28	-3.24	-3.21	-3.17	-3.14	-3.1	-3.06
					Flecha(m)	6.61	6.71	6.8	6.89	6.99	7.08	7.17	7.27	7.36	7.45	7.54
					TiroH(N)	883.99	871.62	859.61	847.95	836.61	825.6	814.9	804.5	794.39	784.57	775.01
14	HS	352.06	395.55	0.42	Corrimiento(cm)	-4.95	-4.96	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.99	-5	-5	-5.01	-5.01
					Flecha(m)	9.15	9.28	9.41	9.54	9.67	9.8	9.93	10.06	10.19	10.32	10.45
					TiroH(N)	881.29	868.9	856.87	845.19	833.83	822.8	812.08	801.66	791.53	781.69	772.11
15	HR	299.93	142.25	-14.29	Corrimiento(cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Flecha(m)	1.13	1.15	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31	1.33
					TiroH(N)	925.44	909.87	894.81	880.23	866.12	852.45	839.23	826.42	814.03	802.03	790.41
16	HS	299.93	329.7	-36.27	Corrimiento(cm)	18.36	18.42	18.47	18.52	18.58	18.63	18.69	18.75	18.8	18.86	18.92
					Flecha(m)	6.18	6.28	6.39	6.5	6.61	6.72	6.82	6.93	7.04	7.15	7.25
					TiroH(N)	912.15	896.57	881.49	866.89	852.75	839.07	825.82	812.99	800.58	788.55	776.91
17	HS	299.93	283.77	3.71	Corrimiento(cm)	-15.17	-14.96	-14.77	-14.59	-14.43	-14.28	-14.14	-14.01	-13.89	-13.78	-13.67
					Flecha(m)	4.55	4.63	4.71	4.79	4.87	4.95	5.03	5.11	5.19	5.27	5.35
					TiroH(N)	911.53	895.86	880.71	866.03	851.82	838.07	824.75	811.86	799.38	787.3	775.6
18	HS	299.93	321.9	-13.76	Corrimiento(cm)	1.33	1.15	1	0.87	0.75	0.65	0.56	0.49	0.42	0.36	0.32
					Flecha(m)	5.88	5.99	6.09	6.19	6.3	6.4	6.51	6.61	6.71	6.82	6.92
					TiroH(N)	908.18	892.51	877.36	862.69	848.48	834.73	821.41	808.52	796.04	783.96	772.27
19	HS	299.93	328.43	-3.37	Corrimiento(cm)	1.34	1.36	1.39	1.42	1.45	1.47	1.5	1.53	1.56	1.6	1.63
					Flecha(m)	6.14	6.25	6.36	6.46	6.57	6.68	6.79	6.9	7.01	7.12	7.23
					TiroH(N)	905.33	889.65	874.48	859.8	845.58	831.81	818.48	805.58	793.09	780.99	769.29
20	HS	299.93	280	-6.41	Corrimiento(cm)	-1.88	-1.89	-1.9	-1.9	-1.9	-1.91	-1.91	-1.91	-1.91	-1.91	-1.91
					Flecha(m)	4.47	4.55	4.63	4.71	4.79	4.87	4.94	5.02	5.1	5.18	5.26
					TiroH(N)	903.82	888.15	873	858.33	844.13	830.38	817.06	804.18	791.7	779.62	767.93
21	HS	299.93	317.2	-15.72	Corrimiento(cm)	4.82	4.85	4.88	4.91	4.95	4.98	5.01	5.05	5.08	5.12	5.16
					Flecha(m)	5.78	5.88	5.99	6.09	6.19	6.3	6.4	6.5	6.61	6.71	6.81
					TiroH(N)	897.87	882.21	867.07	852.4	838.2	824.46	811.15	798.26	785.79	773.71	762.02

**ANEXO D**

**TABLA DE OFFSET Y FLECHADO SOBRE POLEAS DEL CONDUCTOR PRINCIPAL (AAAC 150 MM2)**

**Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel  
Campos Mosquera

Nº de Páginas: 05

HIPOTESIS I	Vel.Viento (Km/h):	Temperatura (°C):	% Tiro EDS:
TEMPLADO	0	20	18

Nº	Armado	VIR (m)	Vano (m)	Desnivel (m)	Temp(°C)	Tiro (m)										
						10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
22	HS	299.93	298.08	-19.17	Corrimiento(cm)	2.01	1.98	1.96	1.93	1.91	1.88	1.86	1.83	1.8	1.78	1.75
					Flecha(m)	5.15	5.25	5.34	5.43	5.52	5.62	5.71	5.8	5.89	5.99	6.08
					TiroH(N)	890.23	874.59	859.46	844.81	830.63	816.9	803.6	790.74	778.28	766.22	754.54
23	HS	299.93	382.87	11.13	Corrimiento(cm)	-5.8	-5.76	-5.73	-5.7	-5.67	-5.64	-5.62	-5.6	-5.58	-5.56	-5.54
					Flecha(m)	8.5	8.66	8.81	8.96	9.12	9.27	9.43	9.58	9.74	9.89	10.05
					TiroH(N)	888.65	872.96	857.79	843.09	828.86	815.08	801.74	788.82	776.32	764.21	752.49
24	HS	299.93	237.8	-1.03	Corrimiento(cm)	-9.2	-9.38	-9.55	-9.73	-9.91	-10.09	-10.28	-10.47	-10.65	-10.85	-11.04
					Flecha(m)	3.26	3.32	3.38	3.44	3.49	3.55	3.61	3.67	3.73	3.79	3.85
					TiroH(N)	893.26	877.6	862.46	847.8	833.6	819.85	806.55	793.67	781.2	769.13	757.44
25	HS	299.93	237.8	4.87	Corrimiento(cm)	3.43	3.46	3.49	3.53	3.56	3.6	3.63	3.66	3.69	3.73	3.76
					Flecha(m)	3.26	3.32	3.38	3.43	3.49	3.55	3.61	3.67	3.73	3.79	3.84
					TiroH(N)	893.88	878.22	863.08	848.42	834.22	820.48	807.18	794.3	781.83	769.77	758.08
26	HS	299.93	213.45	-4.37	Corrimiento(cm)	0.46	0.45	0.43	0.42	0.4	0.39	0.37	0.35	0.34	0.32	0.3
					Flecha(m)	2.62	2.67	2.72	2.77	2.81	2.86	2.91	2.95	3	3.05	3.09
					TiroH(N)	894.24	878.59	863.46	848.8	834.61	820.87	807.57	794.7	782.24	770.18	758.5
27	HR	312.3	406.5	2.33	Corrimiento(cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Flecha(m)	9.52	9.68	9.85	10.01	10.17	10.33	10.49	10.65	10.81	10.97	11.13
					TiroH(N)	894.14	879.35	865.01	851.11	837.65	824.6	811.94	799.71	787.85	776.34	765.18
28	HS	312.3	268.76	4.8	Corrimiento(cm)	-4.51	-4.57	-4.63	-4.7	-4.76	-4.83	-4.9	-4.96	-5.03	-5.1	-5.17
					Flecha(m)	4.15	4.22	4.28	4.35	4.42	4.49	4.56	4.63	4.7	4.77	4.84
					TiroH(N)	897.69	882.95	868.65	854.79	841.36	828.36	815.74	803.55	791.72	780.26	769.13
29	HS	312.3	311.74	-1.77	Corrimiento(cm)	4.11	4.17	4.23	4.29	4.35	4.41	4.47	4.53	4.59	4.65	4.71
					Flecha(m)	5.58	5.67	5.76	5.86	5.95	6.04	6.14	6.23	6.32	6.42	6.51
					TiroH(N)	897.86	883.11	868.79	854.92	841.48	828.47	815.83	803.63	791.8	780.32	769.18
30	HS	312.3	280	-0.64	Corrimiento(cm)	0.33	0.32	0.3	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18
					Flecha(m)	4.5	4.57	4.65	4.72	4.8	4.88	4.95	5.03	5.1	5.18	5.25
					TiroH(N)	897.83	883.08	868.77	854.91	841.48	828.47	815.84	803.65	791.82	780.35	769.22
31	HS	312.3	330	2.6	Corrimiento(cm)	0.46	0.49	0.52	0.54	0.57	0.6	0.63	0.66	0.69	0.72	0.75
					Flecha(m)	6.25	6.36	6.46	6.57	6.67	6.78	6.88	6.99	7.09	7.2	7.3
					TiroH(N)	897.49	882.73	868.41	854.53	841.09	828.07	815.43	803.23	791.39	779.91	768.77
32	HS	312.3	315	-2.54	Corrimiento(cm)	-0.61	-0.62	-0.64	-0.65	-0.66	-0.68	-0.69	-0.71	-0.72	-0.73	-0.75
					Flecha(m)	5.69	5.79	5.89	5.98	6.08	6.17	6.27	6.36	6.46	6.55	6.65
					TiroH(N)	897.73	882.98	868.66	854.79	841.35	828.34	815.71	803.51	791.67	780.19	769.06

**ANEXO D**

**TABLA DE OFFSET Y FLECHADO SOBRE POLEAS DEL CONDUCTOR PRINCIPAL (AAAC 150 MM2)**

**Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera

Nº de Páginas: 05

HIPOTESIS I	Vel. Viento (Km/h):	Temperatura (°C):	% Tiro EDS:
TEMPLADO	0	20	18

Nº	Armado	VIR (m)	Vano (m)	Desnivel (m)	Temp(°C)	Temperatura (°C)										
						10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
33	HS	312.3	294.26	-2.18	Corrimiento(cm)	1.17	1.18	1.18	1.18	1.19	1.19	1.19	1.2	1.2	1.21	1.21
					Flecha(m)	4.97	5.06	5.14	5.22	5.31	5.39	5.47	5.56	5.64	5.72	5.81
					TiroH(N)	897.07	882.32	868.01	854.14	840.71	827.7	815.07	802.88	791.04	779.58	768.44
34	HS	312.3	270	-5.07	Corrimiento(cm)	0.8	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82	0.82
					Flecha(m)	4.19	4.26	4.33	4.4	4.47	4.55	4.62	4.69	4.76	4.83	4.9
					TiroH(N)	895.77	881.03	866.72	852.87	839.44	826.44	813.82	801.63	789.8	778.34	767.22
35	HS	312.3	260	-5.54	Corrimiento(cm)	1.2	1.21	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23	1.24	1.24	1.24	1.25
					Flecha(m)	3.9	3.96	4.03	4.09	4.16	4.23	4.29	4.36	4.42	4.49	4.55
					TiroH(N)	893.67	878.93	864.63	850.77	837.35	824.35	811.73	799.55	787.72	776.27	765.14
36	HS	312.3	302.15	21.44	Corrimiento(cm)	-4.69	-4.72	-4.75	-4.77	-4.8	-4.83	-4.85	-4.87	-4.88	-4.9	-4.91
					Flecha(m)	5.27	5.36	5.45	5.54	5.63	5.72	5.8	5.89	5.98	6.07	6.16
					TiroH(N)	894.33	879.62	865.34	851.51	838.11	825.13	812.53	800.36	788.56	777.12	766.01
37	HR	288.98	325	-21.1	Corrimiento(cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Flecha(m)	6.07	6.19	6.3	6.41	6.53	6.64	6.76	6.87	6.99	7.1	7.22
					TiroH(N)	898.21	881.76	865.83	850.42	835.51	821.11	807.16	793.66	780.61	767.98	755.77
38	HS	288.98	280	4.89	Corrimiento(cm)	1.69	1.69	1.68	1.67	1.65	1.64	1.62	1.6	1.58	1.55	1.53
					Flecha(m)	4.5	4.59	4.67	4.76	4.84	4.93	5.01	5.1	5.18	5.27	5.35
					TiroH(N)	897.27	880.8	864.85	849.42	834.5	820.08	806.11	792.6	779.54	766.9	754.67
39	HS	288.98	310	7.46	Corrimiento(cm)	-4.95	-4.97	-4.99	-5.01	-5.02	-5.04	-5.06	-5.07	-5.09	-5.11	-5.12
					Flecha(m)	5.51	5.61	5.71	5.82	5.92	6.03	6.13	6.23	6.34	6.44	6.55
					TiroH(N)	899.28	882.8	866.85	851.41	836.48	822.06	808.08	794.57	781.5	768.85	756.62
40	HS	288.98	265	1.99	Corrimiento(cm)	-0.92	-0.96	-1	-1.04	-1.08	-1.12	-1.16	-1.2	-1.25	-1.29	-1.34
					Flecha(m)	4.01	4.09	4.16	4.24	4.31	4.39	4.46	4.54	4.61	4.69	4.76
					TiroH(N)	902.08	885.61	869.66	854.24	839.31	824.9	810.93	797.43	784.36	771.73	759.51
41	HS	288.98	270	6.09	Corrimiento(cm)	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.21
					Flecha(m)	4.16	4.24	4.31	4.39	4.47	4.55	4.62	4.7	4.78	4.86	4.94
					TiroH(N)	903.48	887.01	871.07	855.65	840.72	826.31	812.35	798.84	785.78	773.15	760.93
42	HS	288.98	252	3.55	Corrimiento(cm)	-1	-1	-1.01	-1.02	-1.02	-1.03	-1.04	-1.04	-1.05	-1.05	-1.06
					Flecha(m)	3.61	3.68	3.75	3.81	3.88	3.95	4.02	4.08	4.15	4.22	4.29
					TiroH(N)	905.83	889.36	873.42	858	843.08	828.67	814.71	801.21	788.15	775.52	763.3
43	HS	288.98	284	4.08	Corrimiento(cm)	1.53	1.55	1.57	1.59	1.61	1.62	1.64	1.66	1.68	1.7	1.73
					Flecha(m)	4.58	4.67	4.75	4.84	4.92	5.01	5.09	5.18	5.27	5.35	5.44
					TiroH(N)	907	890.52	874.58	859.15	844.22	829.8	815.83	802.32	789.26	776.62	764.4

**ANEXO D**

**TABLA DE OFFSET Y FLECHADO SOBRE POLEAS DEL CONDUCTOR PRINCIPAL (AAAC 150 MM2)**

**Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV**

Fecha: Noviembre 2011
Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera
N° de Páginas: 05

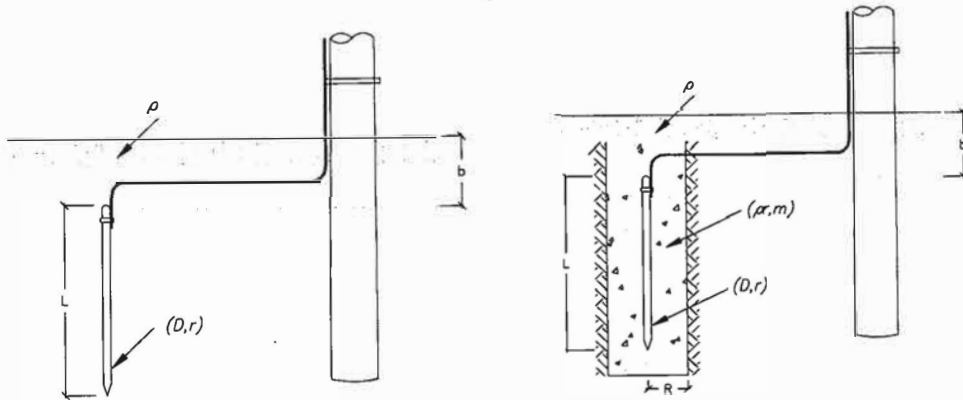
<b>HIPOTESIS I</b>	<b>Vel.Viento (Km/h):</b>	<b>Temperatura (°C):</b>	<b>% Tiro EDS:</b>
TEMPLADO	0	20	18

N°	Armado	VIR (m)	Vano (m)	Desnivel (m)	Temp(°C)	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
44	HS	288.98	242	-0.13	Corrimiento(cm)	-0.08	-0.09	-0.1	-0.12	-0.13	-0.15	-0.16	-0.17	-0.19	-0.2	-0.21
					Flecha(m)	3.32	3.38	3.44	3.51	3.57	3.63	3.69	3.75	3.82	3.88	3.94
					TiroH(N)	908.43	891.96	876.02	860.6	845.68	831.27	817.31	803.81	790.75	778.13	765.91
45	HS	288.98	228	1.33	Corrimiento(cm)	1.3	1.31	1.33	1.34	1.36	1.38	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47
					Flecha(m)	2.95	3	3.06	3.11	3.17	3.22	3.27	3.33	3.38	3.44	3.49
					TiroH(N)	908.81	892.35	876.42	861	846.08	831.67	817.72	804.22	791.17	778.54	766.33
46	HS	288.98	245	0.85	Corrimiento(cm)	0.31	0.33	0.34	0.36	0.37	0.39	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48
					Flecha(m)	3.4	3.46	3.53	3.59	3.65	3.72	3.78	3.84	3.91	3.97	4.03
					TiroH(N)	909.09	892.62	876.68	861.26	846.34	831.93	817.97	804.47	791.41	778.78	766.57
47	HS	288.98	375.38	5.84	Corrimiento(cm)	1.32	1.36	1.41	1.45	1.5	1.54	1.59	1.64	1.69	1.73	1.78
					Flecha(m)	7.99	8.14	8.29	8.44	8.59	8.74	8.89	9.04	9.19	9.34	9.49
					TiroH(N)	908.47	891.97	876	860.55	845.6	831.15	817.16	803.62	790.53	777.87	765.62
48	HR	290.47	203.62	-8.89	Corrimiento(cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					Flecha(m)	2.36	2.4	2.45	2.49	2.53	2.58	2.62	2.67	2.71	2.75	2.8
					TiroH(N)	905.71	889.49	873.61	858.25	843.55	829.16	815.4	801.94	789.07	776.47	764.42
49	HS	290.47	332.63	-0.38	Corrimiento(cm)	4.81	4.86	4.92	4.97	5.02	5.08	5.13	5.18	5.24	5.29	5.34
					Flecha(m)	6.31	6.43	6.55	6.66	6.78	6.9	7.02	7.14	7.25	7.37	7.49
					TiroH(N)	903.04	886.77	870.85	855.44	840.7	826.27	812.47	798.96	786.05	773.4	761.32
50	S1+0				Corrimiento(cm)	-4.81	-4.86	-4.91	-4.98	-5.02	-5.08	-5.13	-5.19	-5.23	-5.29	-5.33

***ANEXO E***  
***PUESTA A TIERRA***

## ANEXO E.1

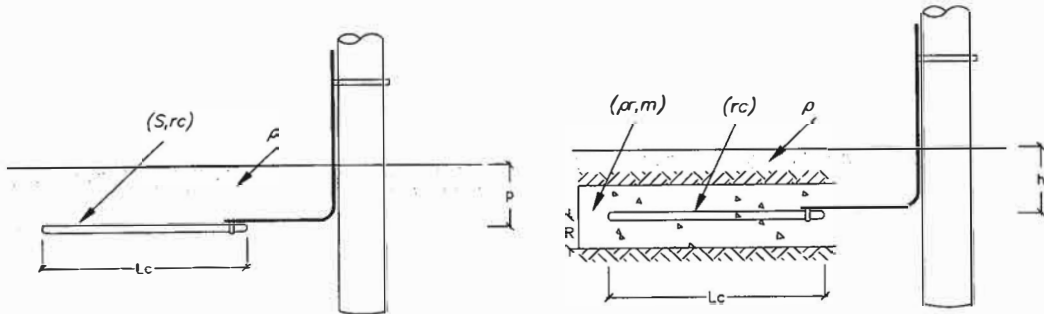
- Resistencia de puesta a tierra de una varilla enterrada verticalmente ( $R_1$ )



$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \text{Ln} \left( \frac{4L}{r} \right) - 1 \right]$$

$$R_1 = \frac{\rho_r}{2\pi L} \text{Ln} \left( \frac{R}{r} \right) + \frac{\rho}{2\pi L m} \text{Ln} \left( \frac{2L}{1.36R} \right)$$

- Resistencia de puesta a tierra de una varilla enterrada horizontalmente ( $R_2$ )



$$R_2 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[ \text{Ln} \left( \frac{2L_c}{\sqrt{2p \cdot r_c}} \right) - 1 \right]$$

$$R_2 = \frac{\rho_r}{2\pi L_c} \text{Ln} \left( \frac{R}{r_c} \right) + \frac{\rho}{2\pi L_c m} \text{Ln} \left( \frac{L_c^2}{3.7hR} \right)$$

Donde

$\rho$	:	Resistividad del terreno en ( $\Omega\text{m}$ )
$\rho_r$	:	Resistividad del relleno en ( $\Omega\text{m}$ )
$L$	:	Longitud de la varilla en (m)
$L_c$	:	Longitud del conductor en (m)
$r$	:	Radio de la varilla en (m)
$R$	:	Radio del pozo del relleno en (m)
$m$	:	Factor de tratamiento del relleno
$r_c$	:	Radio del conductor en (m)
$p-h$	:	Profundidad de enterramiento en (m)

## ANEXO N° E.2

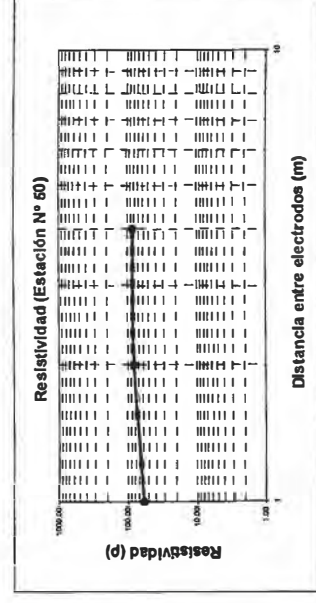
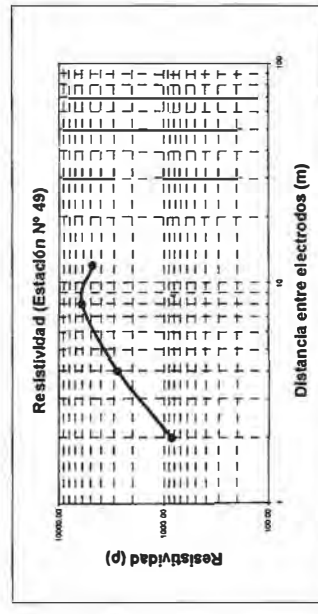
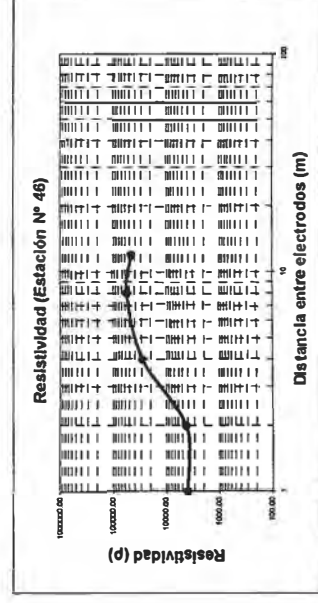
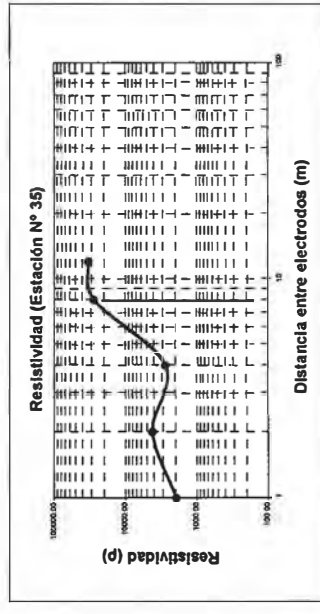
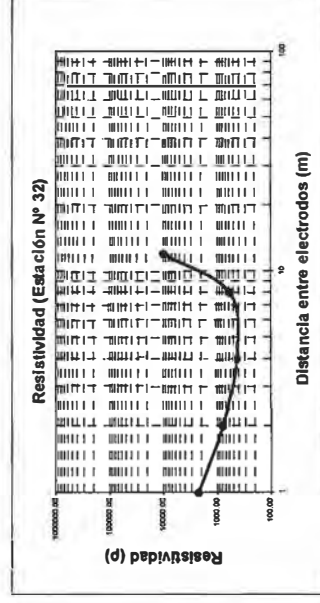
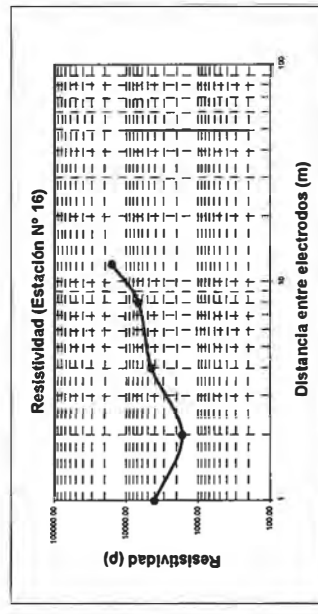
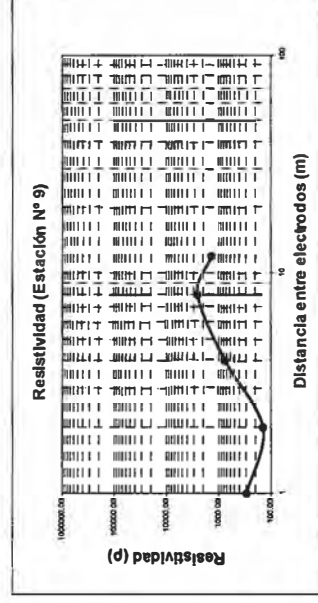
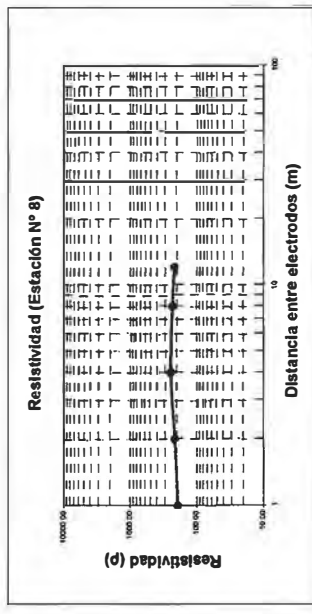
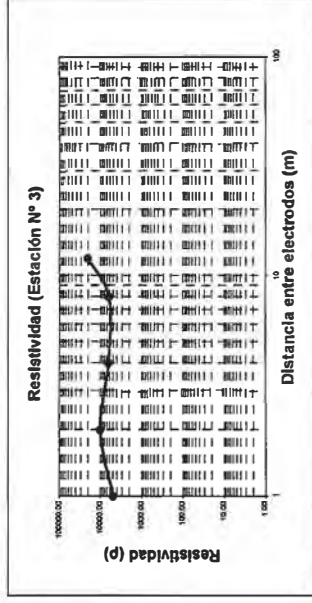
### GRÁFICAS REPRESENTATIVAS DEL SUELO MEDIDO Y COMFORMADA POR PUNTOS SE RESISTIVIDAD PROMEDIO

Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

Elaborado: Bachiller Hector Daniel Campos Mosquera

N° de Páginas: 02



Resistividad promedio

## ANEXO N° E.3

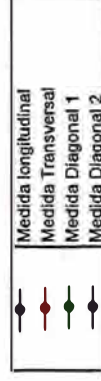
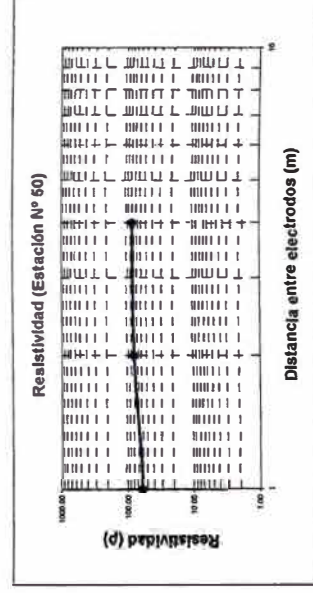
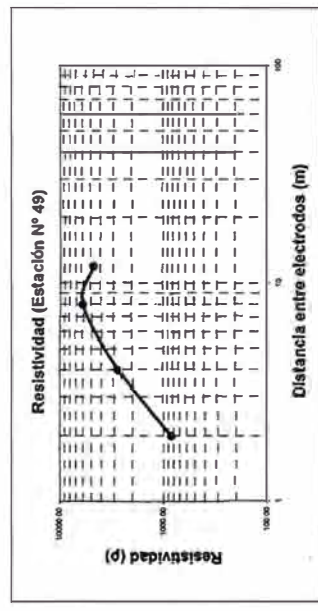
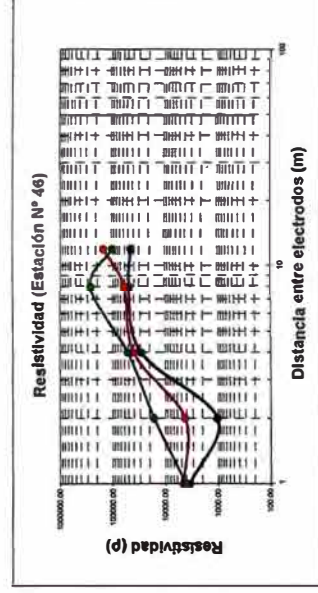
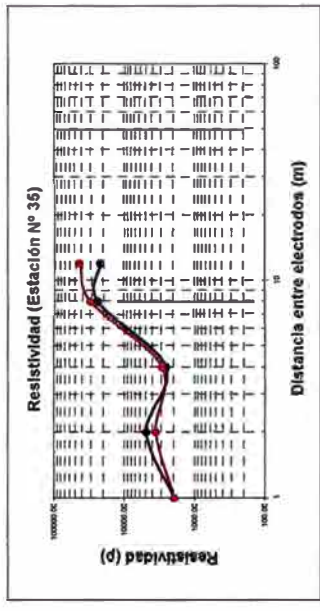
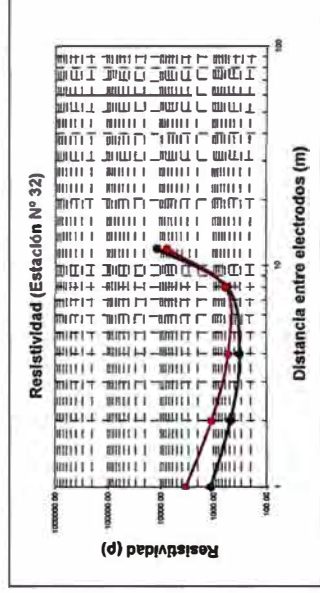
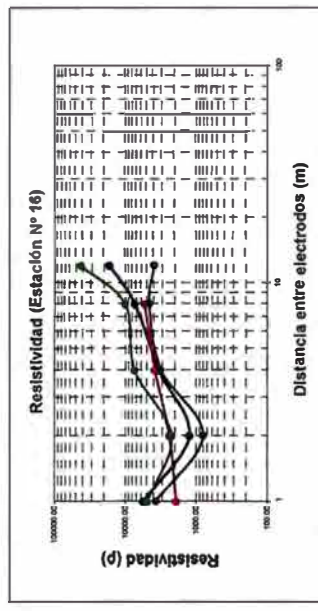
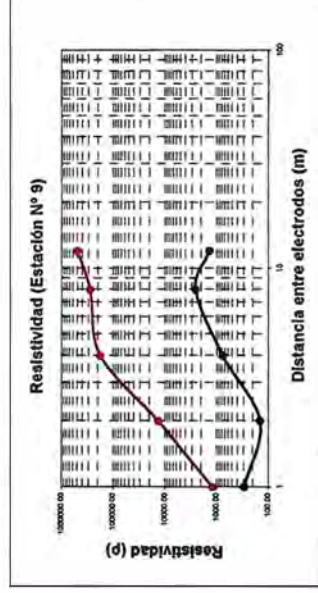
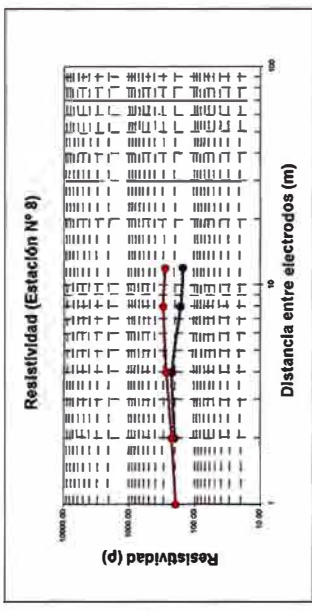
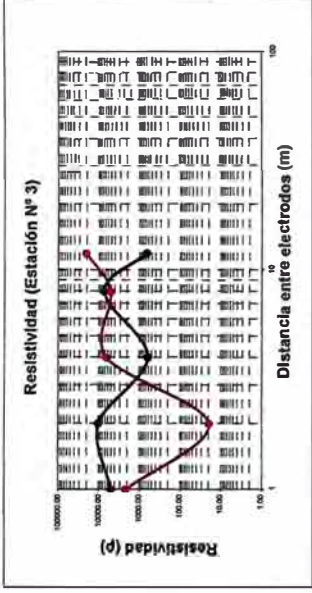
### GRAFICOS DE LAS RESISTIVIDADES CON LOS DATOS PROCESADOS

Proyecto: Elaboración de los Cálculos Justificativos de la Variación del Trazo de Ruta de una Línea de Transmisión en 138 kV

Fecha: Noviembre 2011

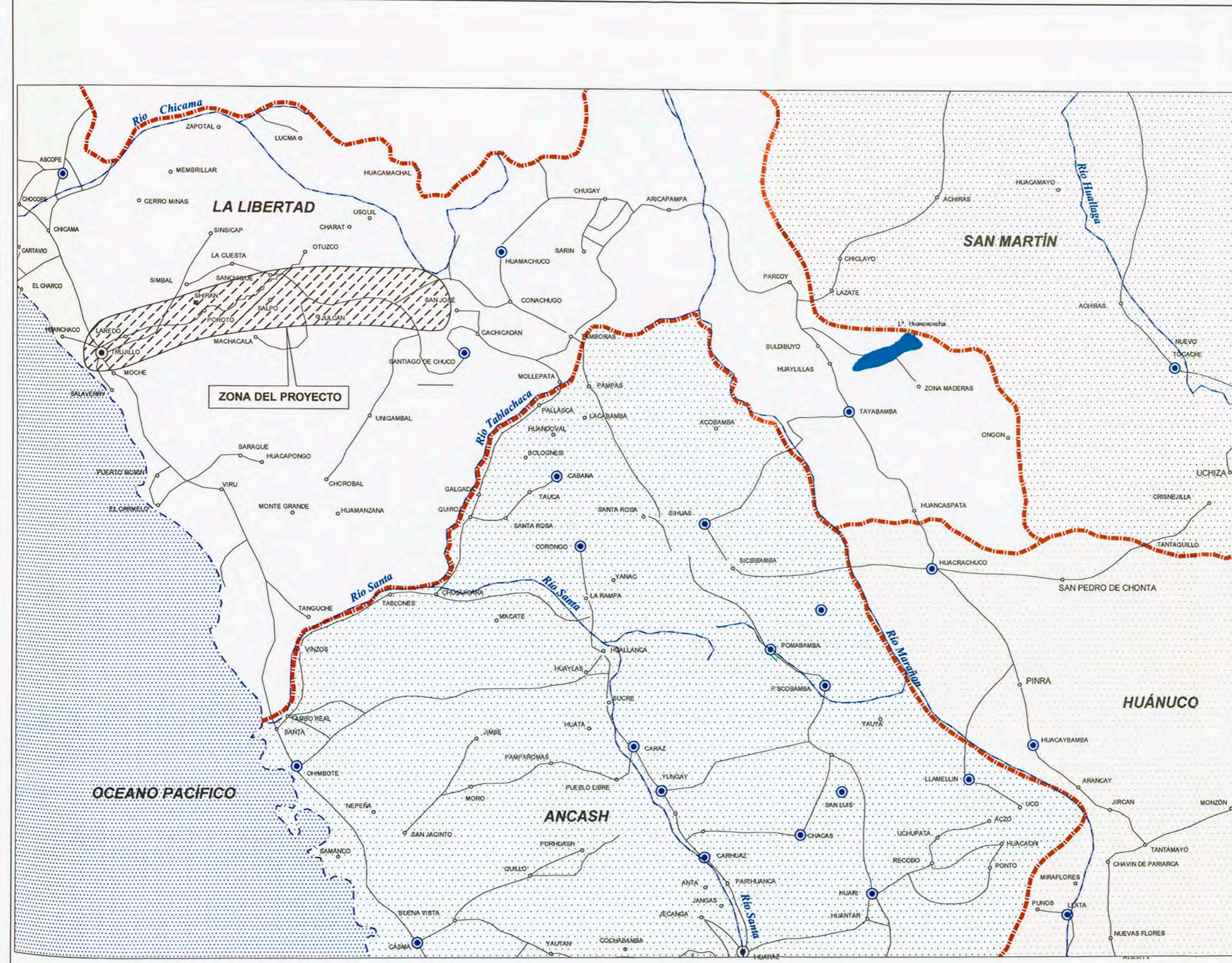
Elaborado: Bachiller Hector Daniel

Campos Mosquera  
N° de Páginas: 02





***ANEXO F***  
***LAMINAS Y PLANOS***



UBICACIÓN S/E

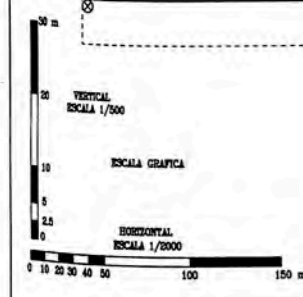
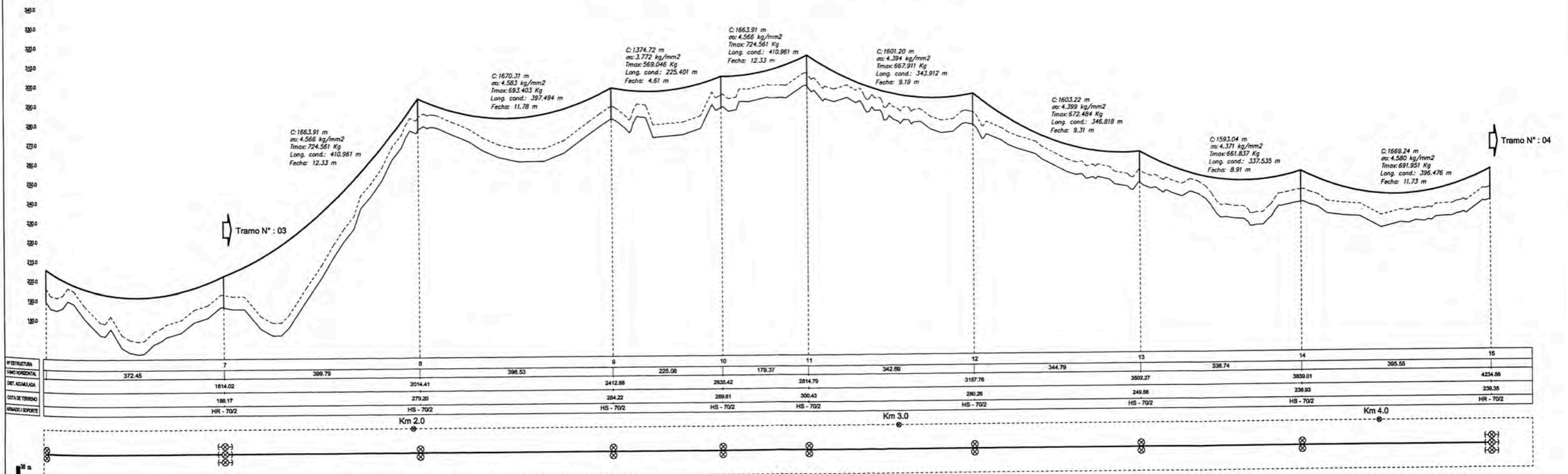
LEYENDA	
	CAPITAL DE PROVINCIA
	DISTRITO
	CIUDAD
	CARRETERA ASFALTADA
	LÍMITE DEPARTAMENTAL
	RÍO
	LÍMITE DE LITORAL

UBICACIÓN DEL PROYECTO S/E

ELABORADO: BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA		FORMADO: A-3		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV PLANO DE UBICACIÓN DISTRITAL DEL PROYECTO		FECHA: NOV - 2011		PLANO Nº: LP-01	
DISTRITO: TRUJILLO		PROV.: LA LIBERTAD		DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD		ESCALA: H = 1/2000 V = 1/500		HOJA: 1/1		DISEÑADO: H.C.M.	

# VANO ANALIZADO PARA EL CÁLCULO MECÁNICOS DEL CONDUCTOR Y DE LAS ESTRUCTURAS

## TRAMO N° 3 (Estructura N° 7 a Estructura N° 15) - Hipótesis III (Máxima Flecha)

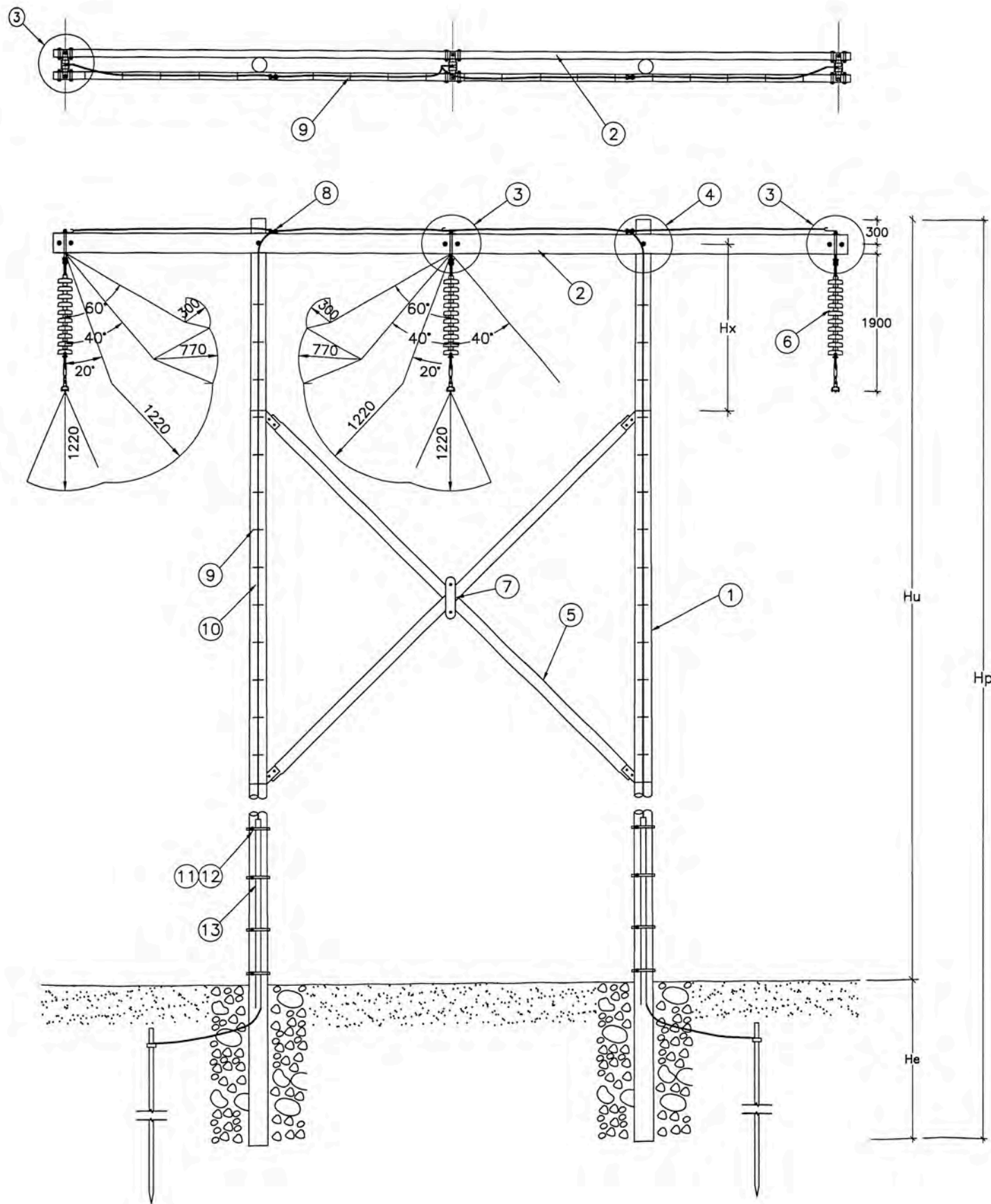


**NOTA:**

- Se ha considerado un EDS<sub>adm</sub> igual al de templado de 18%.
- Se ha graficado los valores referidos a la Hipótesis III (máxima flecha).
- Las condiciones iniciales tomadas para el cálculo fueron:

$\sigma_0 = 5.512 \text{ Kg/mm}^2$   
 $T_0 = 826.74 \text{ Kg}$   
 $w_r = 0.4116 \text{ Kg/m}$

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA DEL TRAMO N° 3		FECHA: NOV - 2011	PLANO N°: LP-01
BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA		A-3		ESCALA: H = 1/2000 V = 1/500	HOJA: 1/1



No	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	POSTE DE MADERA TRATADA DE 70' - CLASE 2D	2
2	CRUCETA DE MADERA TRATADA 3 5/8 x 9 1/2 x 32' - 0 - REF. PLANO DETALLE-04	2
3	ESPACIADOR METALICO DE CRUCETA, REF. PLANO DETALLE-01 (EN ENSAMBLE E-1)	3
4	FIJACION DOBLE CRUCETA - POSTE REF. PLANO DETALLE-01 (EN ENSAMBLE E-4)	2
5	JUEGO DE BRAZOS "X" FORMADO POR 2 TABLONES DE MADERA TRATADA REF: PLANO DETALLE-05 (FERRETERIAS DE SUJECION)	1
6	CADENA AISLADOR SUSPENSION REF. PLANO DETALLE-02	3
7	ABRAZADERA CENTRAL DE BRAZO X, REF. PLANO DETALLE-05	1
8	CONECTOR TIPO PERNO PARTIDO	3
9	GRAPAS TIPO "U" COOPERWELD 1 1/4" x 1/4" x 0,114"	220
10	CONDUCTOR CABLE DESNUDO COOPERWELD DE 35 mm <sup>2</sup>	75m
11	HEBILLA DE A"G" PARA FLEJE DE 3/4"	8
12	FLEJE DE ACERO INOX. 3/4" x 30 m	0,5
13	TUBERIA DE ACERO $\phi$ 3/4" x 3,2 m.	2

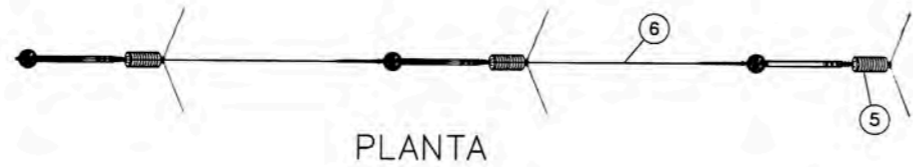
LONG. DE POSTE	Hp m.	He m.	Hu m.	Hx m.
(70')	21.34	2.75	18.60	2.50

**PRESTACIONES DE LA ESTRUCTURA HS**

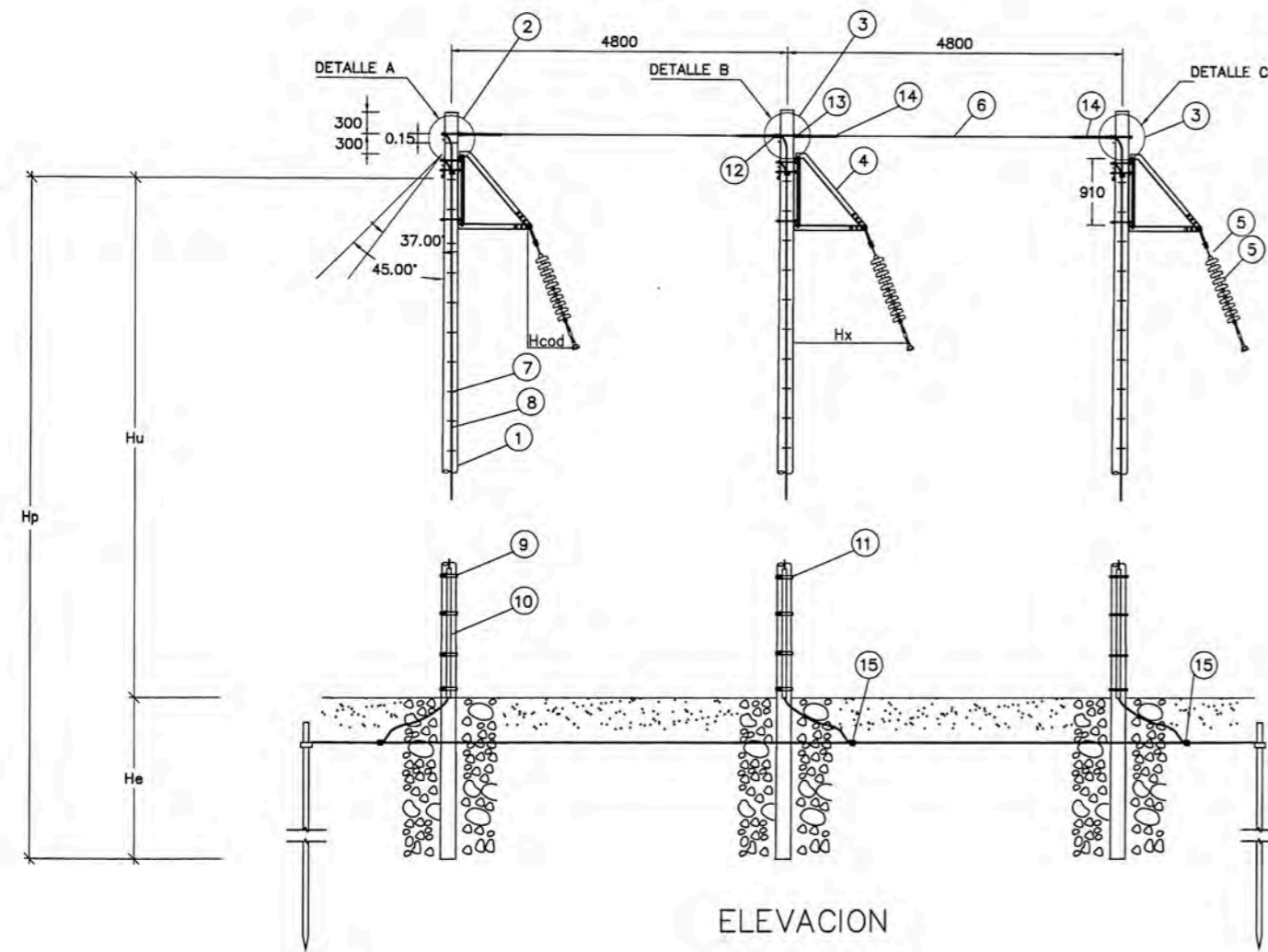
Angulo	: 0-3°
Vano viento	: 416m
Vano peso	: 800m
Vano maximo	: 680m

NOTA:  
- TODAS LAS DISTANCIAS EN mm.

PROYECTO: <b>ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV</b>			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: <b>ESTRUCTURA TIPO "HS"</b>			PLANO N°: <b>ARMADO - 01</b>
ELABORO : BACHILLER HÉCTOR CAMPOS MOSQUERA	REVISÓ : H.C.M.	ESCALA : S/E	REV. : A
APROBO : J.B.R.	FECHA : Noviembre-2011	TRABAJO : <b>INFORME</b>	



PLANTA



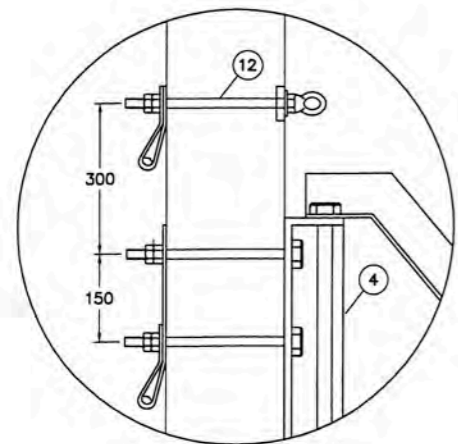
ELEVACION

No	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	POSTE DE MADERA TRATADA DE 70' - CLASE 2D	3
2	DETALLE A (ENSAMBLE E-07)	1
3	DETALLE B (ENSAMBLE E-05)	2
4	FIJACION DE CADENA REF. PLANO DETALLE-01 (ENSAMBLE E-6)	3
5	CADENA DE AISLADORES REF. PLANO DETALLE-02	3
6	TENSOR DE CABLE DE A'G'	12m
7	GRAPAS TIPO "U" COOPERWELD 1 1/4" x 1/4" x 0,114"	240
8	CONDUCTOR CABLE DESNUDO COOPERWELD DE 35 mm2	80m
9	HEBILLA DE A'G' PARA FLEJE DE 3/4"	12
10	TUBO DE ACERO Ø 3/4" x 3,2 m.	3
11	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE 3/4", 30mm	0.75
12	PERNO OJO 19 mm Ø CON TUERCA Y CONTRATUERCA	-
13	TUERCA OJO PARA PERNO DE 19 mm Ø	-
14	MORDAZA PREFORMADA DE A'G' PARA TENSOR	4
15	SOLDADURA TIPO CADWELD (TIPO CAD 1; DET-06)	2

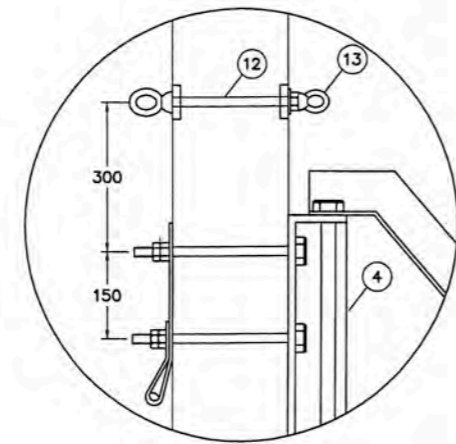
LONG. DE POSTE	Hp m.	He m.	Hu m.
(70')	21.34	2.75	18.60

PRESTACIONES DE LA ESTRUCTURA HA1	
Angulo	: 4-30°
Vano viento	: 450m
a 15°	: 228m
a 30°	: 700m
Vano peso	: 450m
Vano maximo	: 450m

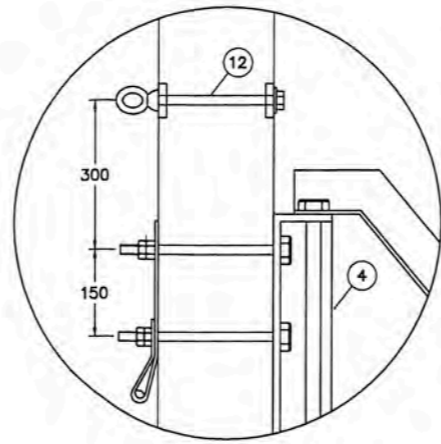
DETALLE A  
(E - 7)



DETALLE B  
(E - 5)



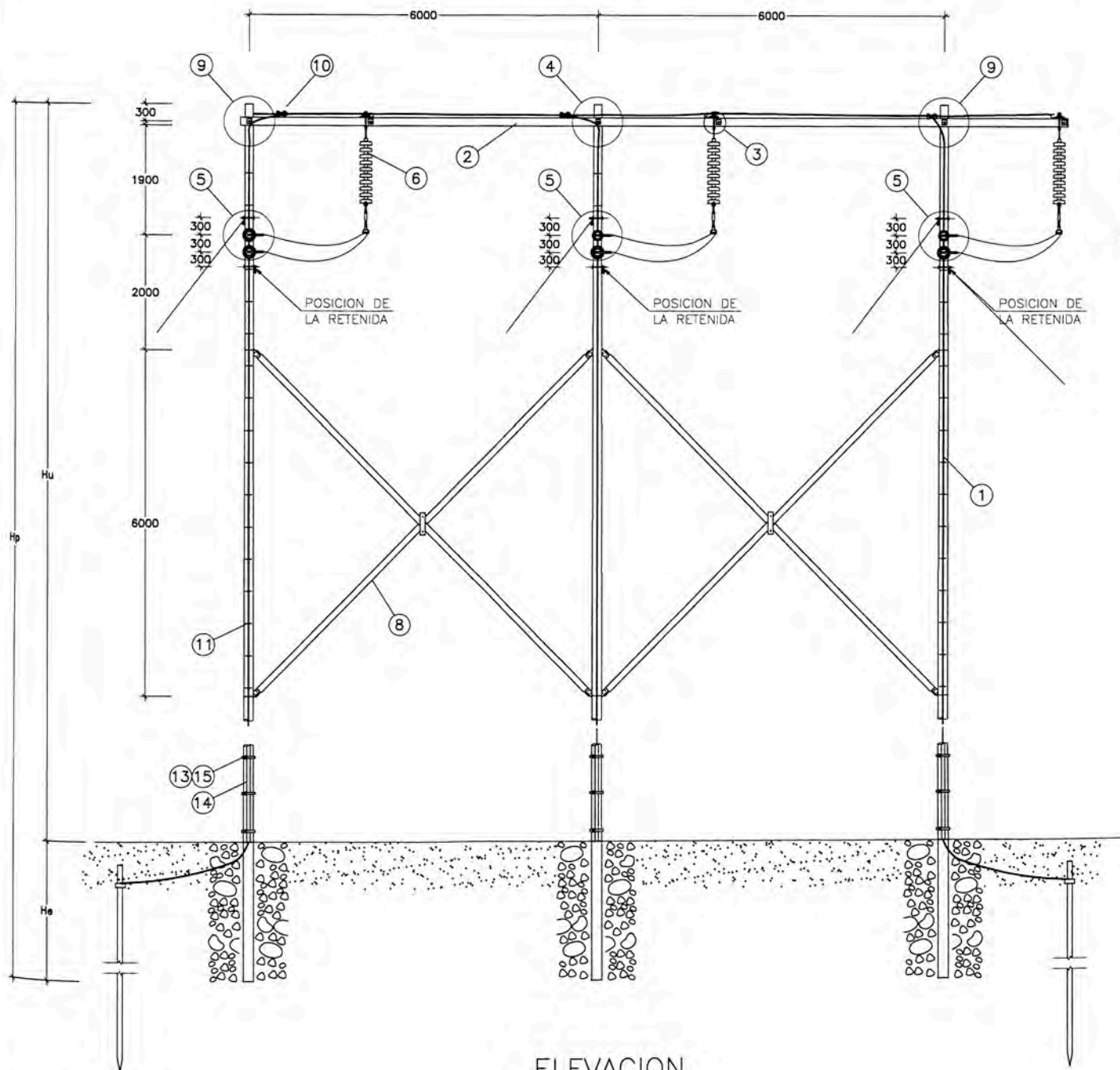
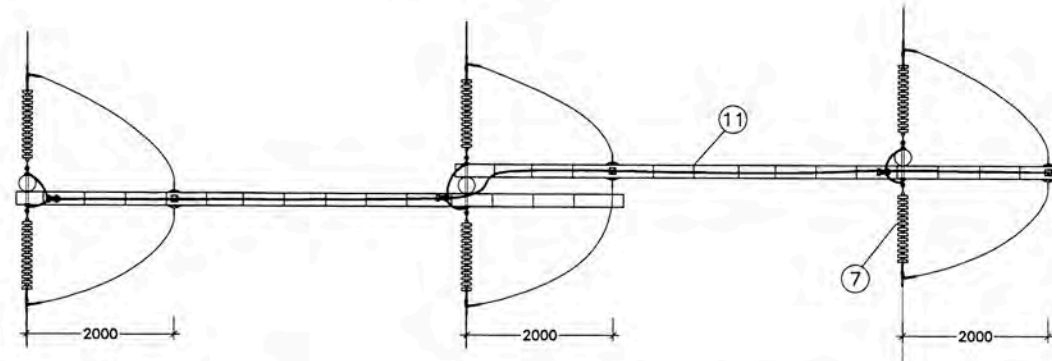
DETALLE C



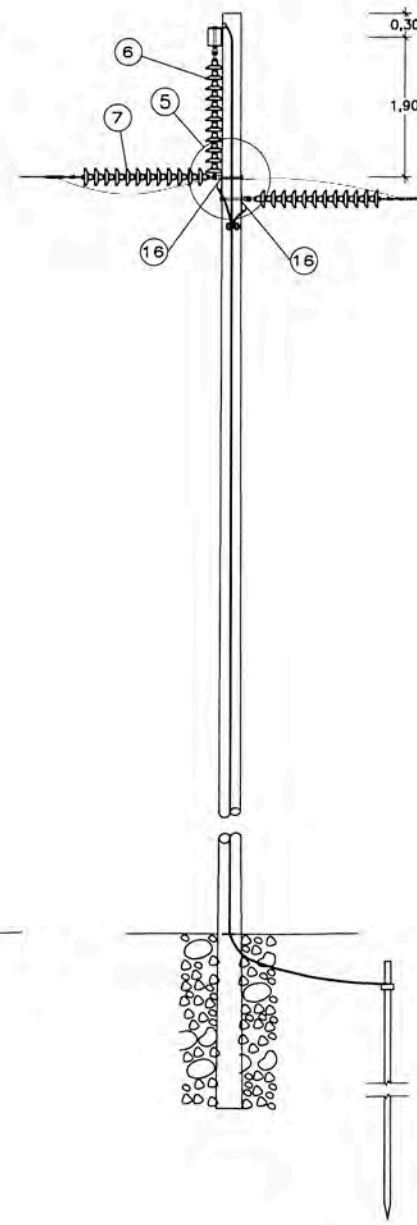
NOTA:  
- TODAS LAS DISTANCIAS EN mm.

PROYECTO: <b>ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV</b>			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: <b>ESTRUCTURA TIPO "HA1"</b>			PLANO N°: <b>ARMADO - 02</b>
ELABORO : BACHILLER HÉCTOR CAMPOS MOSQUERA	REVISO : H.C.M.	ESCALA : S/E	REV. : A
APROBO : J.B.R.	FECHA : Noviembre-2011	TRABAJO : INFORME	

PLANTA



ELEVACION



FRONTAL

N°	DESCRIPCION	CANT
1	POSTE DE MADERA DE 70' - CLASE 2D	03
2	CRUCETA DE MADERA C4 DE 5 5/8" x 7 1/2" x 27' - 3" DOS TABLONES, REF. PLANO DET-04	01
3	FIJACION DE CADENA SUSPENSION ENSAMBLE E-2 REF. PLANO DET-01	03
4	FIJACION DE CRUCETA DOBLE - POSTE, ENSAM. E-4 REF. PLANO DET-01	01
5	FIJACION DE CADENA DE ANCLAJE, EMSAMBLE E-08 REF. PLANO DET-01	03
6	CADENA DE AISLADORES DE SUSPENSION Y ACCESORIOS REF. PLANO DET-02	03
7	CADENA DE AISLADORES DE ANCLAJE REF. PLANO DET-02	06
8	JUEGO DE BRAZOS "X" FORMANDO POR 2 TABLONES DE MADERA TRATADA REF: PLANO DET-05 INCLUYE FERRETERIAS DE SUJECION	02
9	FIJACION POSTE - CRUCETA, ENSAMBLE E-3 REF. PLANO DET-01	02
10	CONECTOR TIPO PERNO PARTIDO	5
11	GRAPAS TIPO "U" COOPERWELD 1 1/4" x 1/4" x 0,114"	280
12	CONDUCTOR CABLE DESNUDO COOPERWELD DE 35 mm2	75m
13	HEBILLA DE A*G* PARA FLEJE DE 3/4"	8
14	TUBO DE ACERO Ø 3/4" x 3,2 m.	2
15	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE 3/4" x 30m	0.5
16	GRAPA DE VIAS PARALELAS P/CONDUCTOR 150 mm2	3

LONGITUD POSTE	Hp m.	He m.	Hu m.
(70')	21.34	2.75	18.60

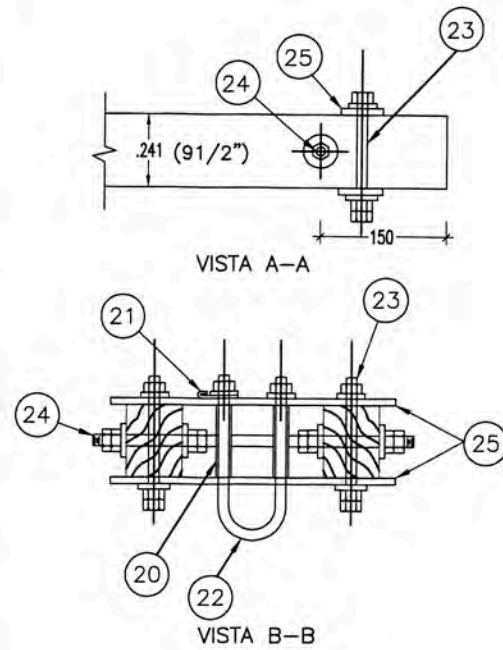
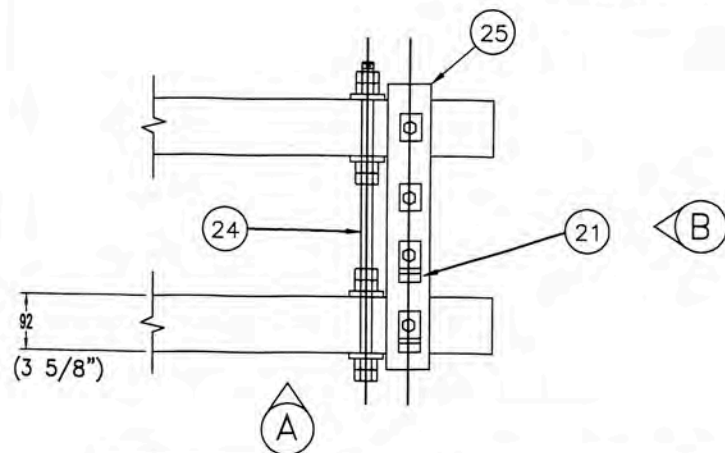
PRESTACIONES DE LA ESTRUCTURA HR	
Angulo	: 0-15°
Vano viento	: 0-15°
a 0°	: 660m
a 10°	: 320m
Vano peso	: 1000m
Vano maximo	: 1040m

NOTA:  
- TODAS LAS DISTANCIAS EN mm.

PROYECTO: <b>ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV</b>			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: <b>ESTRUCTURA TIPO "HR"</b>			PLANO N°: <b>ARMADO - 03</b>
ELABORO : BACHILLER HÉCTOR CAMPOS MOSQUERA	REVISÓ : H.C.M.	ESCALA : S/E	REV. : A
APROBO : J.B.R.	FECHA : Noviembre-2011	TRABAJO : INFORME	

ESPACIADOR AJUSTABLE PARA CRUCETA DOBLE

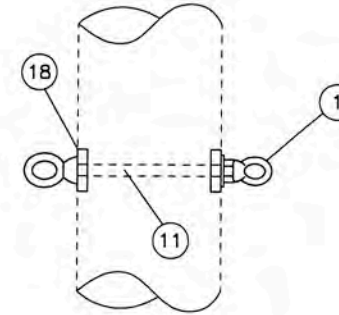
ENSAMBLE E-1



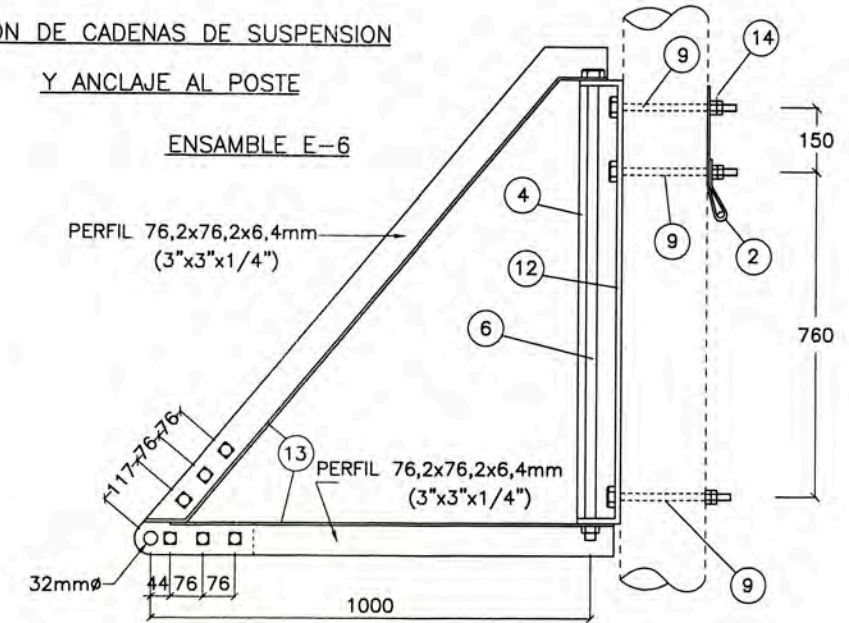
DESCRIPCION	E-1
25 Pletina 2" x 3/8" x 20" long. hueco 11/16"	2
24 Perno doble armado $\phi 16$ x 558mm c/4 tuercas y 2 contratuercas	1
23 Perno maquinado $\phi 16$ x 305mm c/tuerca y contratuerca	2
22 Estribo de suspension $\phi 16$ , tipo "U"	1
21 Plancha tipo J	1
20 Tubo FG 3/4" x 9.5" longitud	2

FIJACION DE CADENAS DE SUSPENSION Y ANCLAJE AL POSTE

ENSAMBLE E-5



ENSAMBLE E-6



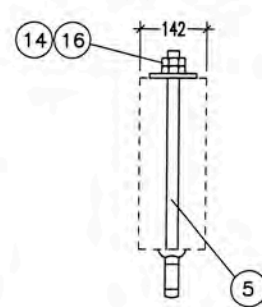
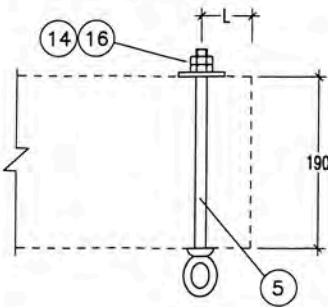
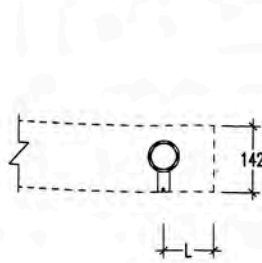
FIJACION DE CADENAS DE SUSPENSION

ENSAMBLE E-2

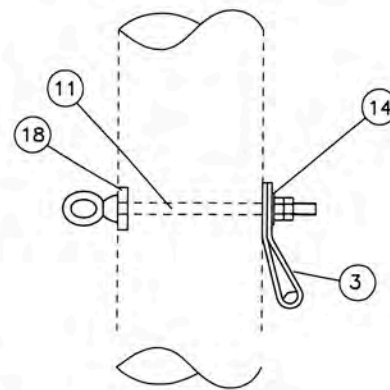
VISTA PLANTA

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL



ENSAMBLE E-7

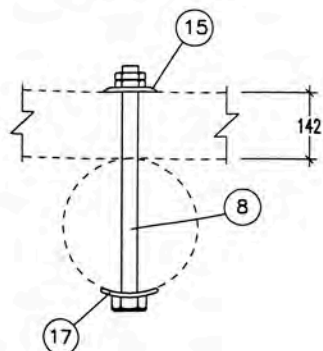


NOTA.-

L = 152mm Para las Estructuras HR

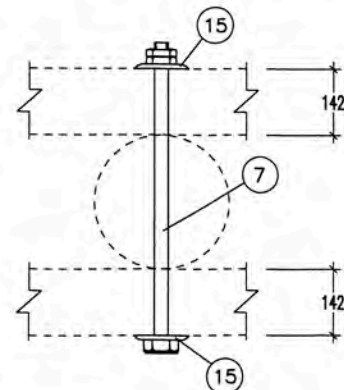
FIJACION DE CRUCETA - POSTE

ENSAMBLE E-3

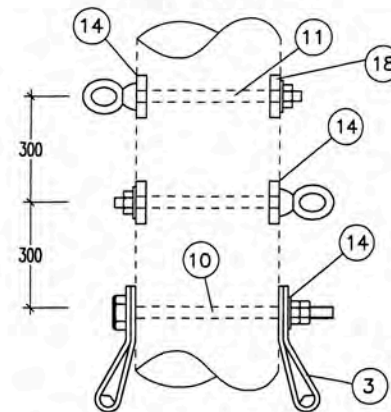


FIJACION POSTE - CRUCETA DOBLE

ENSAMBLE E-4



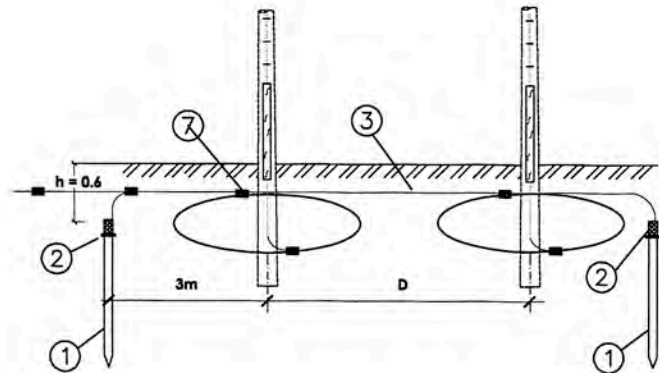
ENSAMBLE E-8



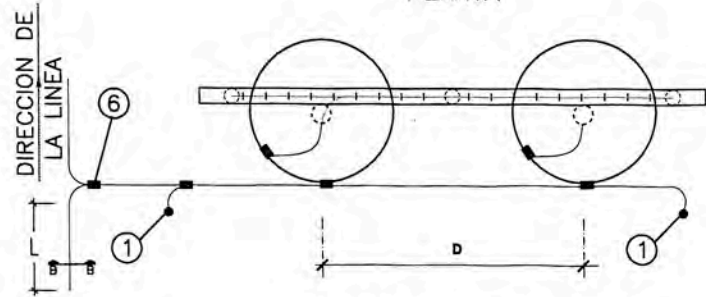
DESCRIPCION	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
18 Arandela cuadrada curvada 76 x 76 x 6mm, hueco $\phi 18$ mm	-	-	-	1	-	1	2
17 Arandela cuadrada curvada 102 x 102 x 6mm, hueco $\phi 24$ mm	-	1	-	-	-	-	-
16 Arandela cuadrada plana 76 x 76 x 6mm, hueco $\phi 18$ mm	1	-	-	-	-	-	-
15 Arandela cuadrada plana 102 x 102 x 6mm, hueco $\phi 24$ mm	-	1	2	-	-	-	-
14 Plancha tipo J	2	-	-	-	2	1	3
13 Ensemble de brazo angular	-	-	-	-	1	-	-
12 Perfil "U" 13 x 38mm	-	-	-	-	1	-	-
11 Perno ojo con hombros $\phi 19$ x 300mm, c/tuerca y contratuerca	-	-	-	1	-	1	2
10 Perno maquinado $\phi 16$ x 305mm, c/tuerca y contratuerca	-	-	-	-	-	-	1
9 Perno maquinado $\phi 19$ x 305mm, c/tuerca y contratuerca	-	-	-	-	3	-	-
8 Perno maquinado $\phi 22$ x 406mm, c/tuerca y contratuerca	-	1	-	-	-	-	-
7 Perno maquinado $\phi 22$ x 558mm, c/tuerca y contratuerca	-	-	1	-	-	-	-
6 Perno maquinado $\phi 25$ x 1070mm, c/tuerca, contratuerca y pasador	-	-	-	-	1	-	-
5 Perno ojo con hombros $\phi 16$ x 305mm, c/tuerca y contratuerca	1	-	-	-	-	-	-
4 Pletina 6 x 19mm soldada a perfil en "U"	-	-	-	-	1	-	-
3 Pletina de retenida forma de guardacabo 51x6mm-1ag. $\phi 21$ mm	-	-	-	-	-	1	2
2 Pletina retenida forma guardacabo 51x6mm-2ag. $\phi 21$ x32mm y $\phi 21$ mm	-	-	-	-	1	-	-
1 Tuerca ojo p/perno $\phi 19$ mm	-	-	-	1	-	-	1

PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: DETALLE DE FIJACIÓN DE POSTE, CRUCETA Y CADENA DE AISLADORES			PLANO N°: DETALLE - 01
ELABORADO: BACHILLER HÉCTOR CAMPOS MOSQUERA	REVISO: H.C.M.	ESCALA: S/E	REV.: A
APROBO: J.B.R.	FECHA: Noviembre-2011	TRABAJO: INFORME	

ELEVACION

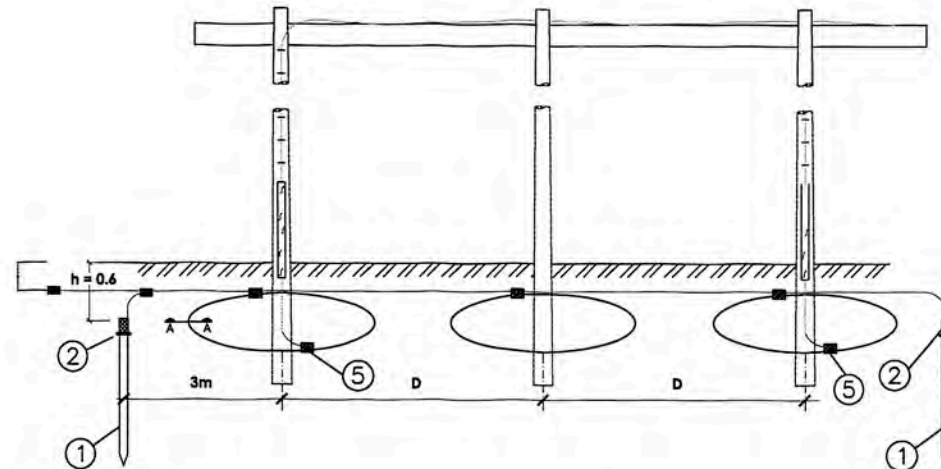


PLANTA

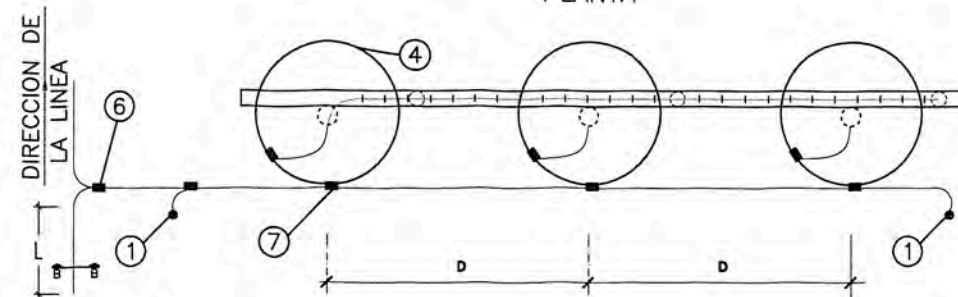


SUSPENSION BIPOSTE ( HS )

ELEVACION

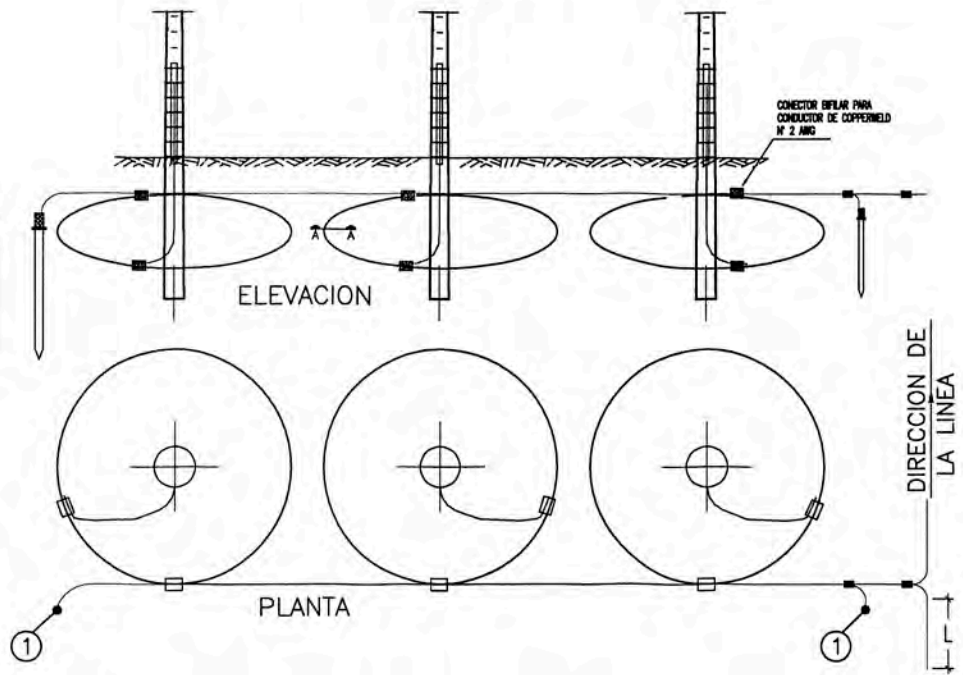


PLANTA

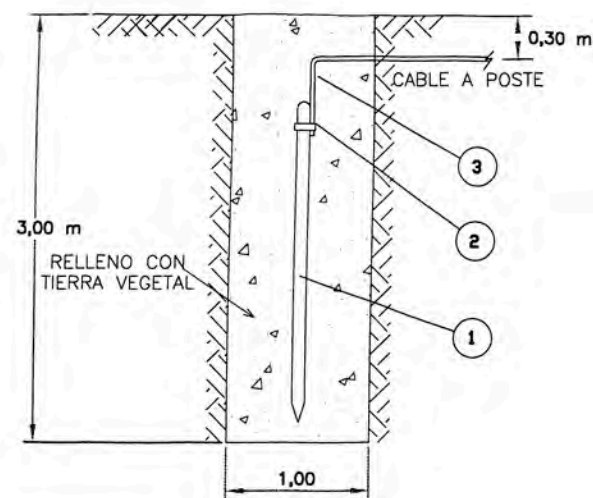


ANCLAJE-SUSPENSION TRIPOSTE ( HR )

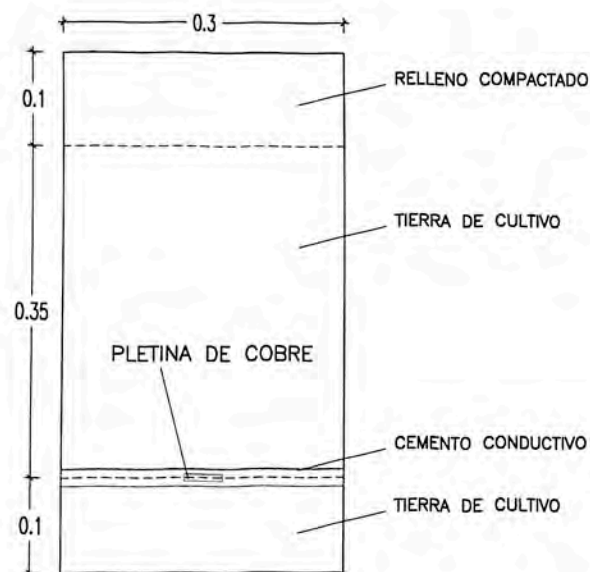
ANGULAR TRIPOSTE ( HA1 )  
ZONA II: TRANSITABLES



POZO DE TIERRA TRATADO

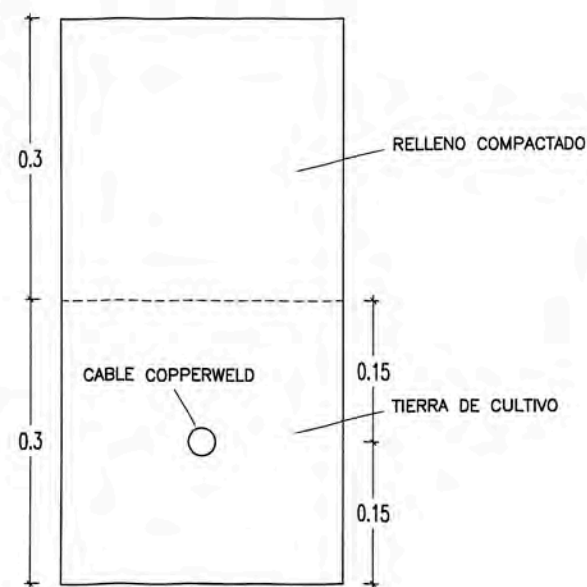


DETALLE DE CONTRAPESO (CON PLETINA)



CORTE B - B

DETALLE DEL ANILLO



CORTE A - A

NOTA:

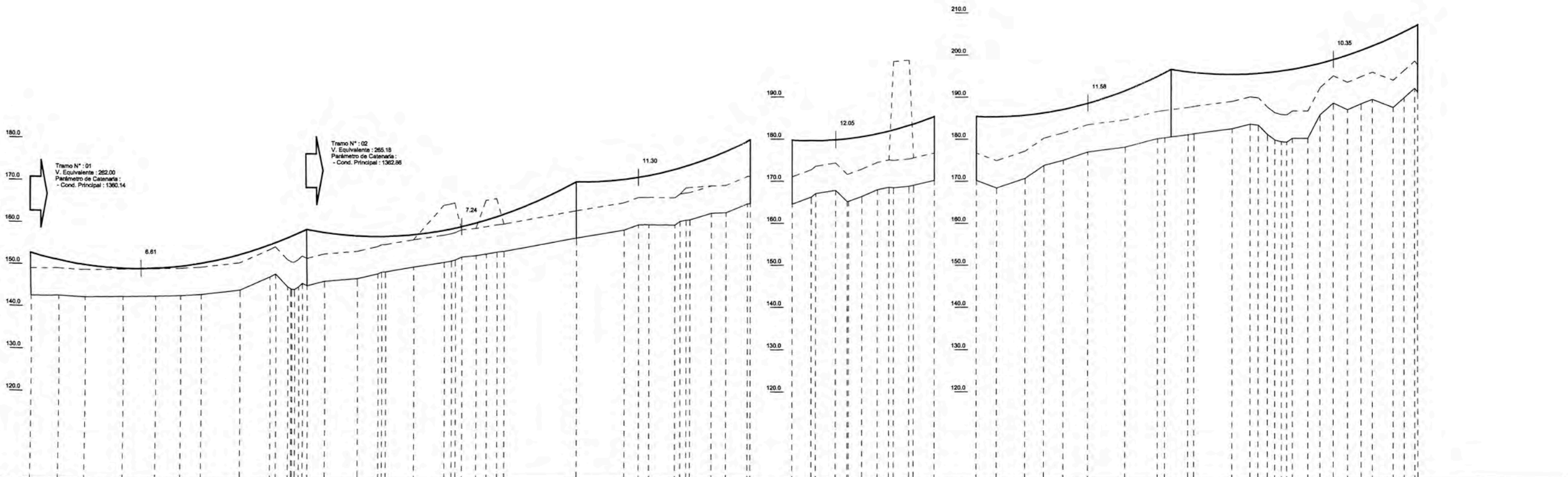
- EL ANILLO SOLO SE COLOCA EN ZONAS TRANSITABLES
- LOS PERNOS DE LAS RETENIDAS SE CONECTARAN A TIERRA (ver lamina DET-01)

POS.	CANT.	DESCRIPCION
7	1	SOLDADURA CADWELL TIPO CAD 4
6	1	SOLDADURA CADWELL TIPO CAD 2
5	1	SOLDADURA CADWELL TIPO CAD 1
4	*	CONDUCTOR COPPERWELD DE 35mm2 EN CIRCULO
3	*	CONDUCTOR COPPERWELD DE 35mm2
2	1	SOLDADURA CADWELL TIPO CAD 3
1	1	VARILLA DE CU. COPPERWELD $\phi$ 5/8"x2.40m

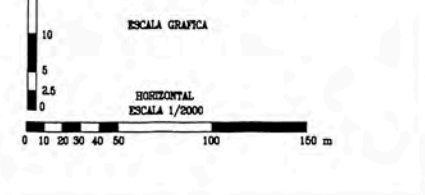
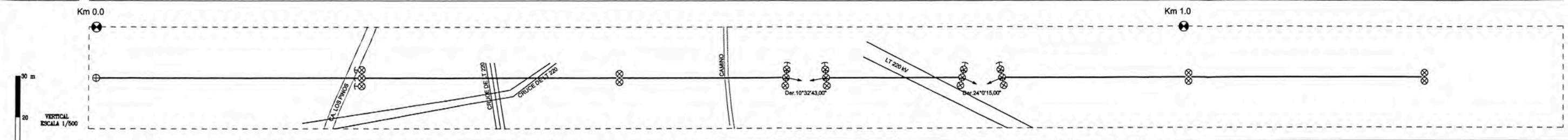
PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: DETALLE DE ENSAMBLE DE LA PUESTA A TIERRA		PLANO Nº: DETALLE - 07	
ELABORO: BACHILLER HÉCTOR CAMPOS MOSQUERA	REVISÓ: H.C.M.	ESCALA: S/E	REV.: A
APROBO: J.B.R.	FECHA: Noviembre-2011	TRABAJO: INFORME	



N° DE ESTRUCTURA	0	1	2	3	3	4	4	5	6
TPO ARMADO	Portico	HR	HS	HA1	HA1	HA1	HA1	HS	HS
POSTE / SOPORTE	Port	601D	601D	702	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)	262.00	255.39	165.71	135.71	135.71	186.11	236.65	236.65	236.65
VANO PESO (m)	101.76	227.33	195.21	178.08	178.08	131.66	131.66	230.55	378.12
VANO VIENTO (m)	131.00	258.70	210.55	190.71	190.71	160.91	160.91	211.38	304.56
PROGRESIVA (m)	0.00	262.00	517.39	683.10	683.10	818.81	818.81	1004.92	1241.57
EDS INICIAL (NTR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDS FINAL (NTR)	18.28%	16.22%	14.85%	13.57%	13.57%	15.41%	15.41%	18.00%	18.00%
N° y Tipo RETENIDAS	-	3R	-	2R	2R	2R	2R	-	-
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150



ESTACIÓN	E-1A																			POSTE		PQZ																			V1-Proy		V1-Proy E-1		V2-PROY		V2-PROY		Eje																							
DISTANCIA PARCIAL	262.00																					255.39																			165.71		135.71		186.11		236.65																									
DISTANCIA ACUMULADA	0.00	28.30	51.20	87.94	117.00	141.25	181.16	198.11	228.70	232.18	243.31	255.70	258.70	278.50	309.82	328.89	333.92	382.81	392.08	408.73	422.27	432.28	442.36	448.83	517.39	562.46	578.05	585.81	610.57	615.63	624.93	645.55	659.57	683.10	702.36	724.35	735.31	736.53	749.31	764.23	794.61	798.76	818.81	818.81	838.23	865.03	882.87	901.25	924.86	940.89	991.77	998.82	1004.92	1021.21	1028.94	1083.44	1087.74	1088.48	1097.16	1104.00	1108.60	1115.53	1121.10	1136.05	1147.75	1160.34	1174.24	1187.36	1198.15	1218.12	1238.75	1241.57
COTA DE TERRENO	142.46	142.46	142.00	142.21	142.27	142.48	142.72	143.82	146.83	147.87	144.63	144.63	144.63	144.63	146.83	147.81	148.26	149.42	150.54	151.81	152.14	152.56	152.89	153.19	156.39	158.30	159.57	159.99	159.93	159.93	160.40	160.76	162.32	162.47	164.56	167.81	165.16	165.25	166.38	167.98	168.96	168.96	168.78	169.07	170.21	170.21	168.41	170.70	173.81	175.04	177.00	178.16	180.15	180.39	181.37	182.53	183.83	183.36	181.16	179.82	178.31	180.25	185.84	188.85	187.07	188.44	189.51	187.80	189.82	192.16	197.24	
TIPO DE TERRENO	Terreno Normal																			Terreno Normal																			Terreno Normal																																	
PROPIETARIO																																																																								



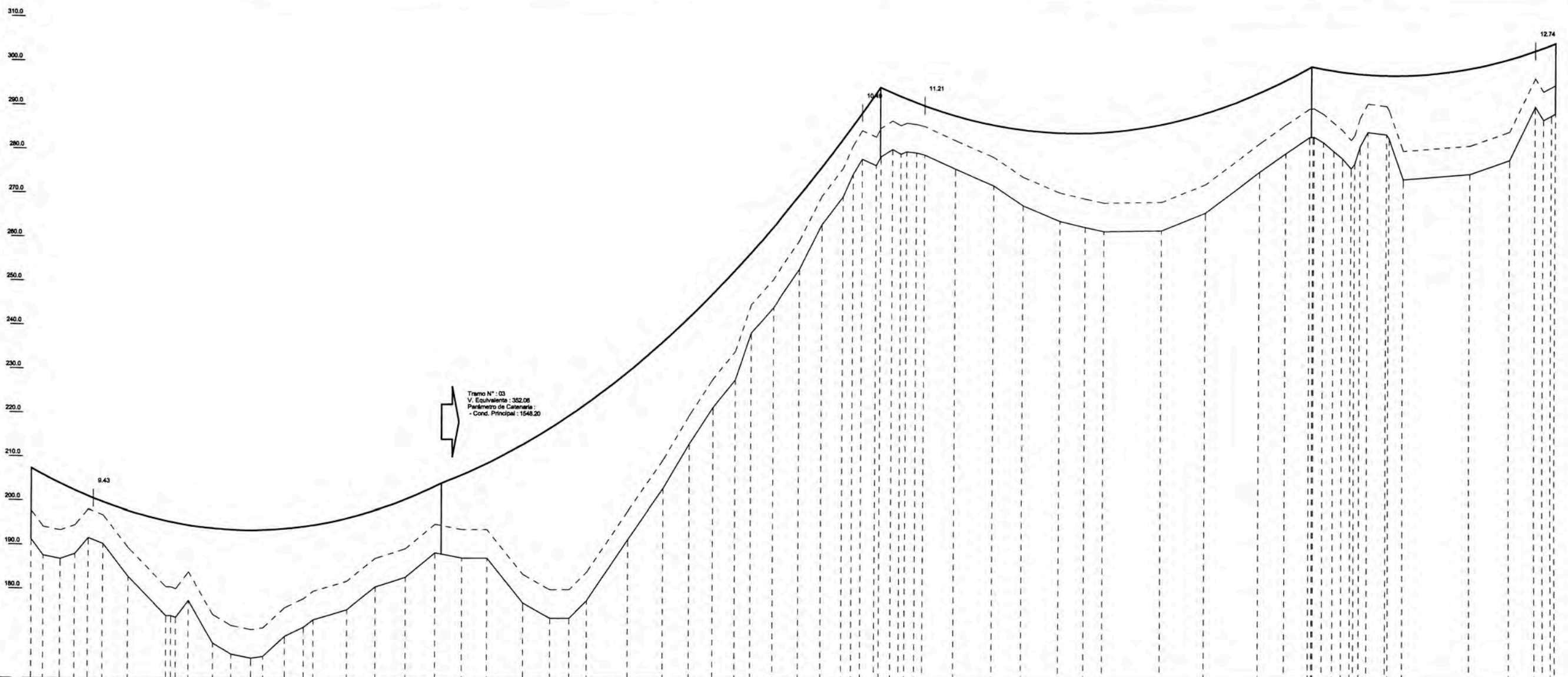
5						
4						
3						
2						
1						
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISÓ	APROBÓ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
 ELABORADO POR:  
**BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**  
 FORMATO:  
**A-3**

**ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV**  
**PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA**  
 REGION: LA LIBERTAD    PROV.: TRUJILLO    DIST.: VARIOS  
 DIS: H. CAMPOS M.    DIB: H.C.M.    REV: H.C.M.    APR: H.C.M.

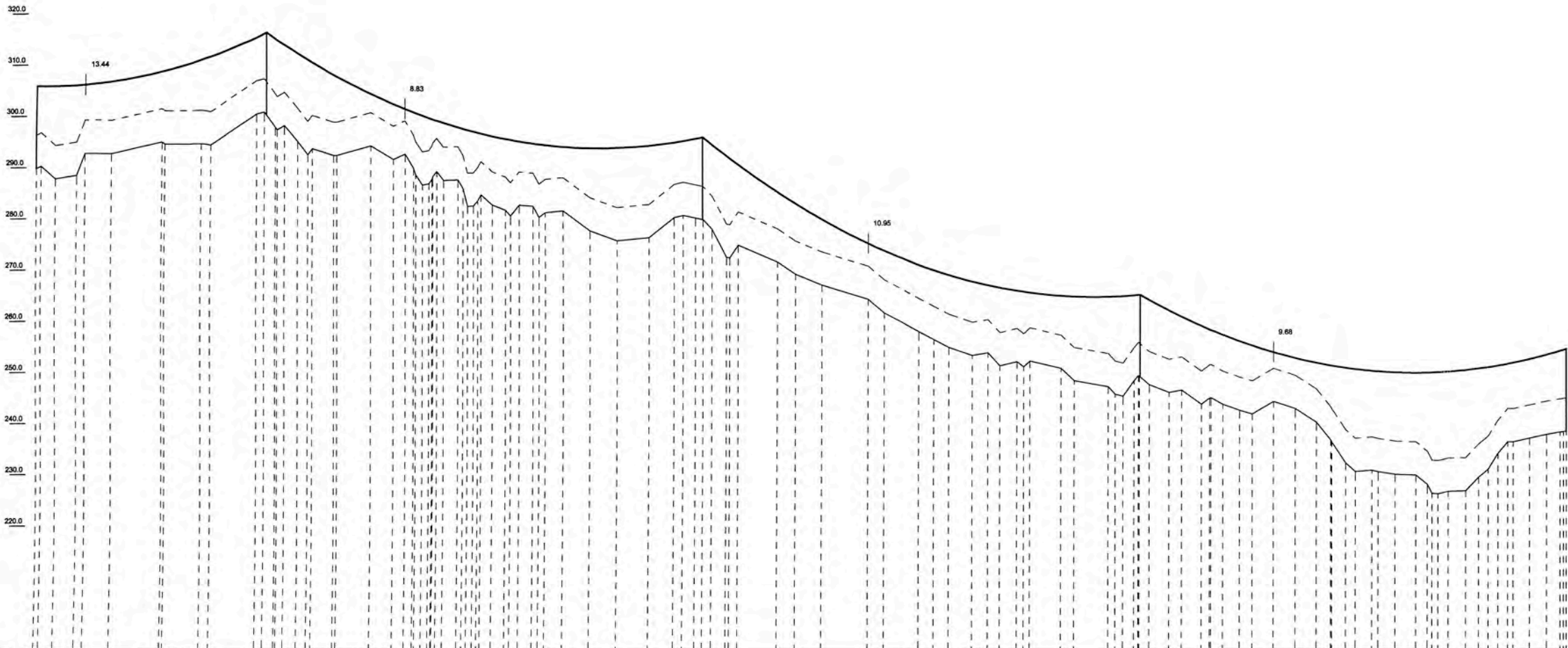
FECHA : NOV. - 2011    PLANO N°: LP-01  
 ESCALA : H = 1/2000    HOJA : 1/12  
                   V = 1/500

N° DE ESTRUCTURA	6	7	8	9	10
TPO ARMADO	H8	H8	H8	H8	H8
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)					
VANO PESO (m)	372.45	399.79	396.53	225.08	702
VANO VIENTO (m)	304.55	306.12	306.16	296.28	154.78
PROGRESIVA (m)	1241.57	1614.02	2013.81	2410.34	2634.42
EDS INICIAL (NTR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDS FINAL (NTR)	16.66%	17.03%	17.04%	15.92%	15.92%
N° y Tipo RETENIDAS	-	6R	-	-	-
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150



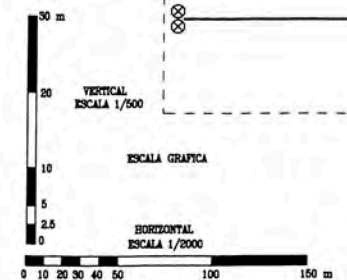
ESTACION	E-4V-3															Eje										E-6										E-6R																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
DISTANCIA PARCIAL	372.45															399.79										396.53										225.08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
DISTANCIA ACUMULADA	1241.57	1252.74	1268.23	1291.42	1306.47	1329.52	1352.57	1375.62	1398.67	1421.72	1444.77	1467.82	1490.87	1513.92	1536.97	1560.02	1583.07	1606.12	1629.17	1652.22	1675.27	1698.32	1721.37	1744.42	1767.47	1790.52	1813.57	1836.62	1859.67	1882.72	1905.77	1928.82	1951.87	1974.92	1997.97	2021.02	2044.07	2067.12	2090.17	2113.22	2136.27	2159.32	2182.37	2205.42	2228.47	2251.52	2274.57	2297.62	2320.67	2343.72	2366.77	2389.82	2412.87	2435.92	2458.97	2482.02	2505.07	2528.12	2551.17	2574.22	2597.27	2620.32	2643.37	2666.42	2689.47	2712.52	2735.57	2758.62	2781.67	2804.72	2827.77	2850.82	2873.87	2896.92	2919.97	2943.02	2966.07	2989.12	3012.17	3035.22	3058.27	3081.32	3104.37	3127.42	3150.47	3173.52	3196.57	3219.62	3242.67	3265.72	3288.77	3311.82	3334.87	3357.92	3380.97	3404.02	3427.07	3450.12	3473.17	3496.22	3519.27	3542.32	3565.37	3588.42	3611.47	3634.52	3657.57	3680.62	3703.67	3726.72	3749.77	3772.82	3795.87	3818.92	3841.97	3865.02	3888.07	3911.12	3934.17	3957.22	3980.27	4003.32	4026.37	4049.42	4072.47	4095.52	4118.57	4141.62	4164.67	4187.72	4210.77	4233.82	4256.87	4279.92	4302.97	4326.02	4349.07	4372.12	4395.17	4418.22	4441.27	4464.32	4487.37	4510.42	4533.47	4556.52	4579.57	4602.62	4625.67	4648.72	4671.77	4694.82	4717.87	4740.92	4763.97	4787.02	4810.07	4833.12	4856.17	4879.22	4902.27	4925.32	4948.37	4971.42	4994.47	5017.52	5040.57	5063.62	5086.67	5109.72	5132.77	5155.82	5178.87	5201.92	5224.97	5248.02	5271.07	5294.12	5317.17	5340.22	5363.27	5386.32	5409.37	5432.42	5455.47	5478.52	5501.57	5524.62	5547.67	5570.72	5593.77	5616.82	5639.87	5662.92	5685.97	5709.02	5732.07	5755.12	5778.17	5801.22	5824.27	5847.32	5870.37	5893.42	5916.47	5939.52	5962.57	5985.62	6008.67	6031.72	6054.77	6077.82	6100.87	6123.92	6146.97	6170.02	6193.07	6216.12	6239.17	6262.22	6285.27	6308.32	6331.37	6354.42	6377.47	6400.52	6423.57	6446.62	6469.67	6492.72	6515.77	6538.82	6561.87	6584.92	6607.97	6631.02	6654.07	6677.12	6700.17	6723.22	6746.27	6769.32	6792.37	6815.42	6838.47	6861.52	6884.57	6907.62	6930.67	6953.72	6976.77	6999.82	7022.87	7045.92	7068.97	7092.02	7115.07	7138.12	7161.17	7184.22	7207.27	7230.32	7253.37	7276.42	7299.47	7322.52	7345.57	7368.62	7391.67	7414.72	7437.77	7460.82	7483.87	7506.92	7529.97	7553.02	7576.07	7599.12	7622.17	7645.22	7668.27	7691.32	7714.37	7737.42	7760.47	7783.52	7806.57	7829.62	7852.67	7875.72	7898.77	7921.82	7944.87	7967.92	7990.97	8014.02	8037.07	8060.12	8083.17	8106.22	8129.27	8152.32	8175.37	8198.42	8221.47	8244.52	8267.57	8290.62	8313.67	8336.72	8359.77	8382.82	8405.87	8428.92	8451.97	8475.02	8498.07	8521.12	8544.17	8567.22	8590.27	8613.32	8636.37	8659.42	8682.47	8705.52	8728.57	8751.62	8774.67	8797.72	8820.77	8843.82	8866.87	8889.92	8912.97	8936.02	8959.07	8982.12	9005.17	9028.22	9051.27	9074.32	9097.37	9120.42	9143.47	9166.52	9189.57	9212.62	9235.67	9258.72	9281.77	9304.82	9327.87	9350.92	9373.97	9397.02	9420.07	9443.12	9466.17	9489.22	9512.27	9535.32	9558.37	9581.42	9604.47	9627.52	9650.57	9673.62	9696.67	9719.72	9742.77	9765.82	9788.87	9811.92	9834.97	9858.02	9881.07	9904.12	9927.17	9950.22	9973.27	9996.32	10019.37	10042.42	10065.47	10088.52	10111.57	10134.62	10157.67	10180.72	10203.77	10226.82	10249.87	10272.92	10295.97	10319.02	10342.07	10365.12	10388.17	10411.22	10434.27	10457.32	10480.37	10503.42	10526.47	10549.52	10572.57	10595.62	10618.67	10641.72	10664.77	10687.82	10710.87	10733.92	10756.97	10780.02	10803.07	10826.12	10849.17	10872.22	10895.27	10918.32	10941.37	10964.42	10987.47	11010.52	11033.57	11056.62	11079.67	11102.72	11125.77	11148.82	11171.87	11194.92	11217.97	11241.02	11264.07	11287.12	11310.17	11333.22	11356.27	11379.32	11402.37	11425.42	11448.47	11471.52	11494.57	11517.62	11540.67	11563.72	11586.77	11609.82	11632.87	11655.92	11678.97	11702.02	11725.07	11748.12	11771.17	11794.22	11817.27	11840.32	11863.37	11886.42	11909.47	11932.52	11955.57	11978.62	12001.67	12024.72	12047.77	12070.82	12093.87	12116.92	12139.97	12163.02	12186.07	12209.12	12232.17	12255.22	12278.27	12301.32	12324.37	12347.42	12370.47	12393.52	12416.57	12439.62	12462.67	12485.72	12508.77	12531.82	12554.87	12577.92	12600.97	12624.02	12647.07	12670.12	12693.17	12716.22	12739.27	12762.32	12785.37	12808.42	12831.47	12854.52	12877.57	12900.62	12923.67	12946.72	12969.77	12992.82	13015.87	13038.92	13061.97	13085.02	13108.07	13131.12	13154.17	13177.22	13200.27	13223.32	13246.37	13269.42	13292.47	13315.52	13338.57	13361.62	13384.67	13407.72	13430.77	13453.82	13476.87	13499.92	13522.97	13546.02	13569.07	13592.12	13615.17	13638.22	13661.27	13684.32	13707.37	13730.42	13753.47	13776.52	13799.57	13822.62	13845.67	13868.72	13891.77	13914.82	13937.87	13960.92	13983.97	14007.02	14030.07	14053.12	14076.17	14099.22	14122.27	14145.32	14168.37	14191.42	14214.47	14237.52	14260.57	14283.62	14306.67	14329.72	14352.77	14375.82	14398.87	14421.92	14444.97	14468.02	14491.07	14514.12	14537.17	14560.22	14583.27	14606.32	14629.37	14652.42	14675.47	14698.52	14721.57	14744.62	14767.67	14790.72	14813.77	14836.82	14859.87	14882.92	14905.97	14929.02	14952.07	14975.12	14998.17	15021.22	15044.27	15067.32	15090.37	15113.42	15136.47	15159.52	15182.57	15205.62	15228.67	15251.72	15274.77	15297.82	15320.87	15343.92	15366.97	15390.02	15413.07	15436.12	15459.17	15482.22	15505.27	15528.32	15551.37	15574.42	15597.47	15620.52	15643.57	15666.62	15689.67	15712.72	15735.77	15758.82	15781.87	15804.92	15827.97	15851.02	15874.07	15897.12	15920.17	15943.22	15966.27	15989.32	16012.37	16035.42	16058.47	16081.52	16104.57	16127.62	16150.67	16173.72	16196.77	16219.82	16242.87	16265.92	16288.97	16312.02	16335.07	16358.12	16381.17	16404.22	16427.27	16450.32	16473.37	16496.42	16519.47	16542.52	16565.57	16588.62	16611.67	16634.72	16657.77	16680.82	16703.87	16726.92	16749.97	16773.02	16796.07	16819.12	16842.17	16865.22	16888.27	16911.32	16934.37	16957.42	16980.47	17003.52	17026.57	17049.62	17072.67	17095.72	17118.77	17141.82	17164.87	17187.92	17210.97	17234.02	17257.07	17280.12	17303.17	17326.22	17349.27	17372.32	17395.37	17418.42	17441.47	17464.52	17487.57	17510.62	17533.67	17556.72	17579.77	17602.82	17625.87	17648.92	17671.97	17695.02	17718.07	17741.12	17764.17	17787.22	17810.27	17833.32	17856.37	17879.42	17902.47	17925.52	17948.57	17971.62	17994.67	18017.72	18040.77	18063.82	18086.87	18109.92	18132.97	18156.02	18179.07	18202.12	18225.17	18248.22	18271.27	18294.32	18317.37	18340.42	18363.47	18386.52	18409.57	18432.62	18455.67	18478.72	18501.77	18524.82	18547.87	18570.92	18593.97	18617.02	18640.07	18663.12	18686.17	18709.22	18732.27	18755.32	18778.37	18801.42	18824.47	18847.52	18870.57	18893.62	18916.67	18939.72	18962.77	18985.82	19008.87	19031.92	19054.97	19078.02	19101.07	19124.12	19147.17	19170.22	19193.27	19216.32	19239.37	19262.42	19285.47	19308.52	19331.57	19354.62	19377.67	19400.72	19423.77	19446.82	19469.87	19492.92	19515.97	19539.02	19562.07	19585.12	19608.17	19631.22	19654.27	19677.32	19700.37	19723.42	19746.47	19769.52	19792.57	19815.62	19838.67	19861.72	19884.77	19907.82	19930.87	19953.92	19976.97	19999.02	20022.07	20045.12	20068.17	20091.22	20114.27	20137.32	20160.37	20183.42	20206.47	20229.52	20252.57	20275.62	20298.67	

N° DE ESTRUCTURA	10	11	12	13	14
TIPO ARMADO	HS	HS	HS	HS	HS
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)	179.37	342.89	344.79	336.74	
VANO PESO (m)	154.78	437.07	392.10	253.54	316.87
VANO VIENTO (m)	202.23	281.03	343.74	340.77	306.15
PROGRESIVA (m)	2635.42	2814.79	3157.48	3502.27	3838.01
EDS INICIAL (NTR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDS FINAL (NTR)	15.29%	16.81%	16.82%	16.78%	16.78%
N° y Tipo RETENIDAS					
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150



ESTACIÓN	E-7R										E-8										E-6										E-10									
DISTANCIA PARCIAL	179.37										342.89										344.79										336.74									
DISTANCIA ACUMULADA	2635.42	2650.20	2666.78	2673.24	2683.61	2704.87	2713.15	2720.68	2730.07	2739.46	2750.00	2760.00	2770.00	2780.00	2790.00	2800.00	2810.00	2820.00	2830.00	2840.00	2850.00	2860.00	2870.00	2880.00	2890.00	2900.00	2910.00	2920.00	2930.00	2940.00	2950.00	2960.00	2970.00	2980.00	2990.00	3000.00				
COTA DE TERRENO	288.00	287.00	286.00	285.00	284.00	283.00	282.00	281.00	280.00	279.00	278.00	277.00	276.00	275.00	274.00	273.00	272.00	271.00	270.00	269.00	268.00	267.00	266.00	265.00	264.00	263.00	262.00	261.00	260.00	259.00	258.00	257.00	256.00	255.00	254.00	253.00				
TIPO DE TERRENO																																								
PROPIETARIO																																								

Km 3.0



5						
4						
3						
2						
1						
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROBO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ELABORADO POR:  
 BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA

FORMATO:  
 A-3

ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV

PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA

REGION: LA LIBERTAD    PROV.: TRUJILLO    DIST.: VARIOS

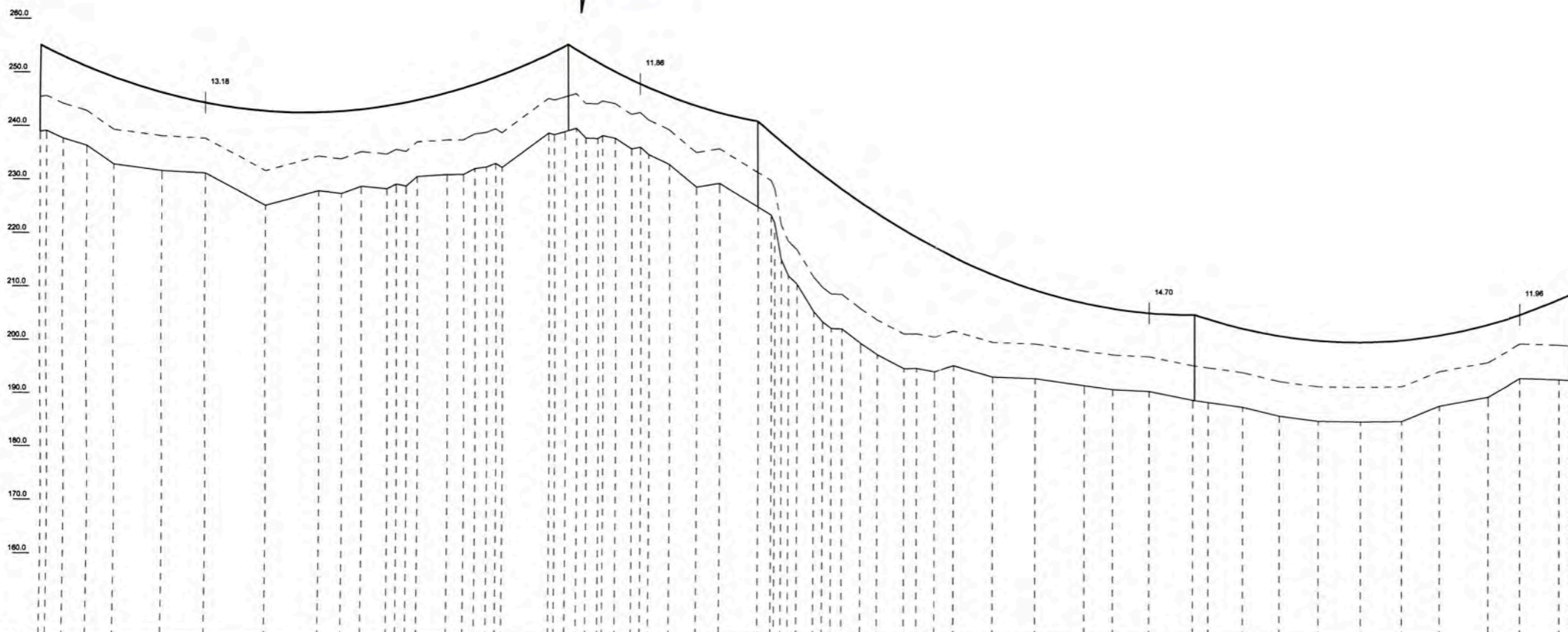
DIS. H. CAMPOS M.    DIB. H.C.M.    REV. H.C.M.    APR. H.C.M.

FECHA : NOV. - 2011    PLANO N°: LP-03

ESCALA : H = 1/2000    HOJA : 3/12  
 V = 1/500

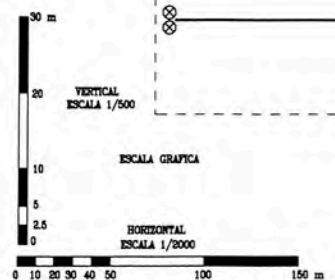
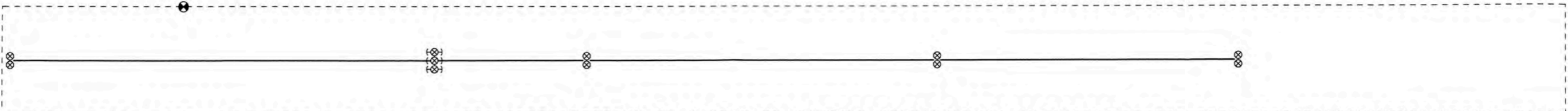
N° DE ESTRUCTURA	14	15	16	17	18
TIPO ARMADO	HS	HR	HS	HS	HS
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)		395.55	142.25	329.70	263.77
VANO PESO (m)	318.97	400.58	271.12		
VANO VIENTO (m)	306.15	208.90	235.98	126.77	385.81
PROGRESIVA (m)	3639.01	4234.56	4378.81	4706.51	4900.28
EDA INICIAL (NTR)		18.00%		18.00%	18.00%
EDA FINAL (NTR)		17.04%	13.86%	16.73%	16.45%
N° y Tipo RETENIDAS		6R			
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	

Tramo N° : 04  
V. Equivalente: 310.81  
Parámetro de Catena :  
- Cond. Principal : 1283.70



ESTACIÓN	POSTE-14	P-TABOALLID																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
DISTANCIA PARCIAL		395.55										142.25										329.70										263.77																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
DISTANCIA ACUMULADA	3639.01	3655.96	3673.57	3693.50	3699.06	3681.44	4006.87	4048.98	4094.09	4079.03	4098.10	4105.02	4112.25	4120.78	4143.04	4155.47	4163.77	4172.63	4181.85	4191.47	4201.50	4212.00	4223.00	4234.50	4246.50	4259.00	4272.00	4285.50	4299.50	4314.00	4329.00	4344.50	4360.50	4377.00	4394.00	4411.50	4430.00	4449.50	4470.00	4491.50	4514.00	4537.50	4562.00	4587.50	4614.00	4641.50	4670.00	4699.50	4730.00	4761.50	4794.00	4827.50	4862.00	4897.50	4934.00	4971.50	5010.00	5050.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
COTA DE TERRENO	238.93	237.66	238.33	232.79	231.63	231.17	225.16	227.83	227.44	228.81	228.34	229.22	228.84	230.94	231.00	231.64	232.17	232.99	233.17	233.36	233.55	233.74	233.93	234.12	234.31	234.50	234.69	234.88	235.07	235.26	235.45	235.64	235.83	236.02	236.21	236.40	236.59	236.78	236.97	237.16	237.35	237.54	237.73	237.92	238.11	238.30	238.49	238.68	238.87	239.06	239.25	239.44	239.63	239.82	240.01	240.20	240.39	240.58	240.77	240.96	241.15	241.34	241.53	241.72	241.91	242.10	242.29	242.48	242.67	242.86	243.05	243.24	243.43	243.62	243.81	244.00	244.19	244.38	244.57	244.76	244.95	245.14	245.33	245.52	245.71	245.90	246.09	246.28	246.47	246.66	246.85	247.04	247.23	247.42	247.61	247.80	247.99	248.18	248.37	248.56	248.75	248.94	249.13	249.32	249.51	249.70	249.89	250.08	250.27	250.46	250.65	250.84	251.03	251.22	251.41	251.60	251.79	251.98	252.17	252.36	252.55	252.74	252.93	253.12	253.31	253.50	253.69	253.88	254.07	254.26	254.45	254.64	254.83	255.02	255.21	255.40	255.59	255.78	255.97	256.16	256.35	256.54	256.73	256.92	257.11	257.30	257.49	257.68	257.87	258.06	258.25	258.44	258.63	258.82	259.01	259.20	259.39	259.58	259.77	259.96	260.15	260.34	260.53	260.72	260.91	261.10	261.29	261.48	261.67	261.86	262.05	262.24	262.43	262.62	262.81	263.00	263.19	263.38	263.57	263.76	263.95	264.14	264.33	264.52	264.71	264.90	265.09	265.28	265.47	265.66	265.85	266.04	266.23	266.42	266.61	266.80	266.99	267.18	267.37	267.56	267.75	267.94	268.13	268.32	268.51	268.70	268.89	269.08	269.27	269.46	269.65	269.84	270.03	270.22	270.41	270.60	270.79	270.98	271.17	271.36	271.55	271.74	271.93	272.12	272.31	272.50	272.69	272.88	273.07	273.26	273.45	273.64	273.83	274.02	274.21	274.40	274.59	274.78	274.97	275.16	275.35	275.54	275.73	275.92	276.11	276.30	276.49	276.68	276.87	277.06	277.25	277.44	277.63	277.82	278.01	278.20	278.39	278.58	278.77	278.96	279.15	279.34	279.53	279.72	279.91	280.10	280.29	280.48	280.67	280.86	281.05	281.24	281.43	281.62	281.81	282.00	282.19	282.38	282.57	282.76	282.95	283.14	283.33	283.52	283.71	283.90	284.09	284.28	284.47	284.66	284.85	285.04	285.23	285.42	285.61	285.80	285.99	286.18	286.37	286.56	286.75	286.94	287.13	287.32	287.51	287.70	287.89	288.08	288.27	288.46	288.65	288.84	289.03	289.22	289.41	289.60	289.79	289.98	290.17	290.36	290.55	290.74	290.93	291.12	291.31	291.50	291.69	291.88	292.07	292.26	292.45	292.64	292.83	293.02	293.21	293.40	293.59	293.78	293.97	294.16	294.35	294.54	294.73	294.92	295.11	295.30	295.49	295.68	295.87	296.06	296.25	296.44	296.63	296.82	297.01	297.20	297.39	297.58	297.77	297.96	298.15	298.34	298.53	298.72	298.91	299.10	299.29	299.48	299.67	299.86	300.05	300.24	300.43	300.62	300.81	301.00	301.19	301.38	301.57	301.76	301.95	302.14	302.33	302.52	302.71	302.90	303.09	303.28	303.47	303.66	303.85	304.04	304.23	304.42	304.61	304.80	304.99	305.18	305.37	305.56	305.75	305.94	306.13	306.32	306.51	306.70	306.89	307.08	307.27	307.46	307.65	307.84	308.03	308.22	308.41	308.60	308.79	308.98	309.17	309.36	309.55	309.74	309.93	310.12	310.31	310.50	310.69	310.88	311.07	311.26	311.45	311.64	311.83	312.02	312.21	312.40	312.59	312.78	312.97	313.16	313.35	313.54	313.73	313.92	314.11	314.30	314.49	314.68	314.87	315.06	315.25	315.44	315.63	315.82	316.01	316.20	316.39	316.58	316.77	316.96	317.15	317.34	317.53	317.72	317.91	318.10	318.29	318.48	318.67	318.86	319.05	319.24	319.43	319.62	319.81	320.00	320.19	320.38	320.57	320.76	320.95	321.14	321.33	321.52	321.71	321.90	322.09	322.28	322.47	322.66	322.85	323.04	323.23	323.42	323.61	323.80	323.99	324.18	324.37	324.56	324.75	324.94	325.13	325.32	325.51	325.70	325.89	326.08	326.27	326.46	326.65	326.84	327.03	327.22	327.41	327.60	327.79	327.98	328.17	328.36	328.55	328.74	328.93	329.12	329.31	329.50	329.69	329.88	330.07	330.26	330.45	330.64	330.83	331.02	331.21	331.40	331.59	331.78	331.97	332.16	332.35	332.54	332.73	332.92	333.11	333.30	333.49	333.68	333.87	334.06	334.25	334.44	334.63	334.82	335.01	335.20	335.39	335.58	335.77	335.96	336.15	336.34	336.53	336.72	336.91	337.10	337.29	337.48	337.67	337.86	338.05	338.24	338.43	338.62	338.81	339.00	339.19	339.38	339.57	339.76	339.95	340.14	340.33	340.52	340.71	340.90	341.09	341.28	341.47	341.66	341.85	342.04	342.23	342.42	342.61	342.80	342.99	343.18	343.37	343.56	343.75	343.94	344.13	344.32	344.51	344.70	344.89	345.08	345.27	345.46	345.65	345.84	346.03	346.22	346.41	346.60	346.79	346.98	347.17	347.36	347.55	347.74	347.93	348.12	348.31	348.50	348.69	348.88	349.07	349.26	349.45	349.64	349.83	350.02	350.21	350.40	350.59	350.78	350.97	351.16	351.35	351.54	351.73	351.92	352.11	352.30	352.49	352.68	352.87	353.06	353.25	353.44	353.63	353.82	354.01	354.20	354.39	354.58	354.77	354.96	355.15	355.34	355.53	355.72	355.91	356.10	356.29	356.48	356.67	356.86	357.05	357.24	357.43	357.62	357.81	358.00	358.19	358.38	358.57	358.76	358.95	359.14	359.33	359.52	359.71	359.90	360.09	360.28	360.47	360.66	360.85	361.04	361.23	361.42	361.61	361.80	361.99	362.18	362.37	362.56	362.75	362.94	363.13	363.32	363.51	363.70	363.89	364.08	364.27	364.46	364.65	364.84	365.03	365.22	365.41	365.60	365.79	365.98	366.17	366.36	366.55	366.74	366.93	367.12	367.31	367.50	367.69	367.88	368.07	368.26	368.45	368.64	368.83	369.02	369.21	369.40	369.59	369.78	369.97	370.16	370.35	370.54	370.73	370.92	371.11	371.30	371.49	371.68	371.87	372.06	372.25	372.44	372.63	372.82	373.01	373.20	373.39	373.58	373.77	373.96	374.15	374.34	374.53	374.72	374.91	375.10	375.29	375.48	375.67	375.86	376.05	376.24	376.43	376.62	376.81	377.00	377.19	377.38	377.57	377.76	377.95	378.14	378.33	378.52	378.71	378.90	379.09	379.28	379.47	379.66	379.85	380.04	380.23	380.42	380.61	380.80	380.99	381.18	381.37	381.56	381.75	381.94	382.13	382.32	382.51	382.70	382.89	383.08	383.27	383.46	383.65	383.84	384.03	384.22	384.41	384.60	384.79	384.98	385.17	385.36	385.55	385.74	385.93	386.12	386.31	386.50	386.69	386.88	387.07	387.26	387.45	387.64	387.83	388.02	388.21	388.40	388.59	388.78	388.97	389.16	389.35	389.54	389.73	389.92	390.11	390.30	390.49	390.68	390.87	391.06	391.25	391.44	391.63	391.82	392.01	392.20	392.39	392.58	392.77	392.96	393.15	393.34	393.53	393.72	393.91	394.10	394.29	394.48	394.67	394.86	395.05	395.24	395.43	395.62	395.81	396.00	396.19	396.38	396.57	396.76	396.95	397.14	397.33	397.52	397.71	397.90	398.09	398.28	398.47	398.66	398.85	399.04	399.23	399.42	399.61	399.80	400.00
TIPO DE TERRENO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
PROPIETARIO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Km 4.0



5						
4						
3						
2						
1						
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISÓ	APROBÓ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ELABORADO POR:  
**BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**

FORMATO:  
**A-3**

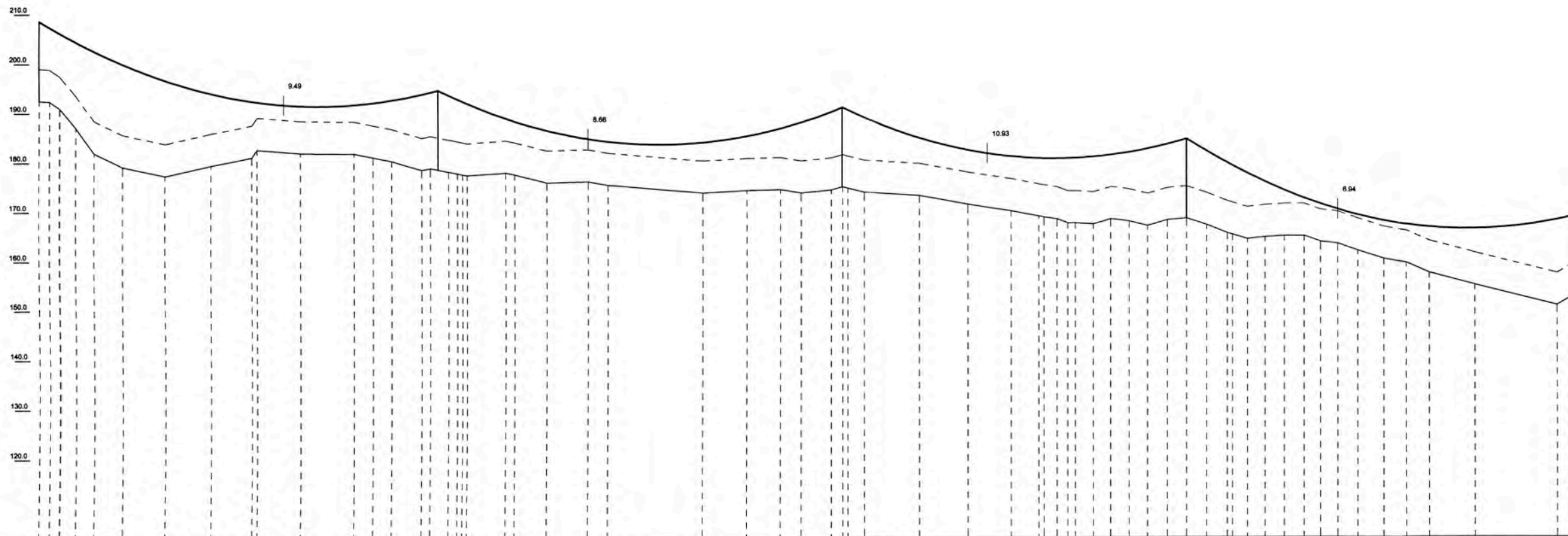
ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV

PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA

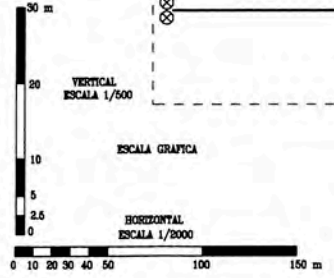
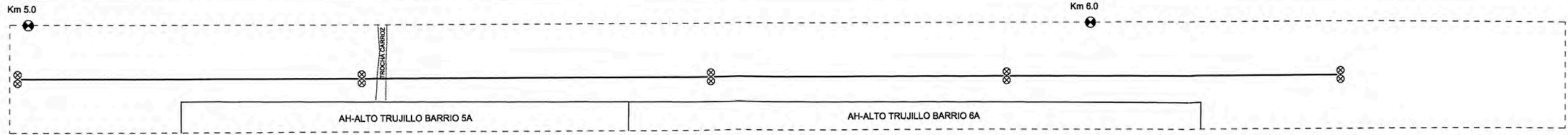
REGION: LA LIBERTAD    PROV.: TRIJILLO    DIST.: VARIOS

DIS.: H. CAMPOS M.

N° DE ESTRUCTURA	18	19	20	21	22
TIPO ARMADO	HS	HS	HS	HS	HS
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)	321.90	328.43	280.00	317.20	317.20
VANO PESO (m)	385.81	278.12	322.98	339.01	296.19
VANO VIENTO (m)	302.83	325.17	304.22	298.00	273.03
PROGRESIVA (m)	4990.28	5312.18	5640.81	5920.81	6237.81
EDS INICIAL (%TR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDS FINAL (%TR)	16.70%	16.73%	16.42%	16.67%	16.67%
N° y Tipo RETENCIONES	-	-	-	-	-
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150



ESTACIÓN																																																										
DISTANCIA PARCIAL	321.90					328.43					280.00					317.20																																										
DISTANCIA ACUMULADA	4990.28	4990.65	5006.83	5019.45	5034.22	5056.96	5090.96	5120.30	5182.97	5201.16	5244.17	5259.45	5274.54	5290.00	5309.86	5312.18	5330.81	5338.65	5367.00	5374.50	5400.48	5434.01	5450.06	5526.44	5562.49	5588.71	5606.86	5631.85	5638.86	5658.80	5703.80	5742.80	5777.97	5800.00	5815.41	5824.16	5830.23	5845.10	5859.16	5874.02	5889.02	5905.15	5920.81	5936.77	5957.82	5970.02	5984.38	6000.13	6016.54	6030.00	6044.33	6060.56	6081.96	6100.05	6119.47	6156.82	6203.06	6237.81
COTA DE TERRENO	192.50	192.37	190.82	187.07	181.97	178.16	177.26	179.45	183.33	182.05	181.94	181.19	180.44	178.87	178.05	178.74	178.33	177.87	178.16	177.77	178.12	178.36	175.87	174.06	174.61	174.81	174.14	174.76	174.76	174.30	172.04	171.85	170.51	168.28	168.86	168.06	167.79	168.84	168.41	167.47	168.82	168.96	167.61	166.84	164.76	165.14	165.41	165.40	164.20	163.81	162.42	160.90	160.73	158.93	157.89	155.41	151.24	153.38
TIPO DE TERRENO																																																										
PROPIETARIO																																																										



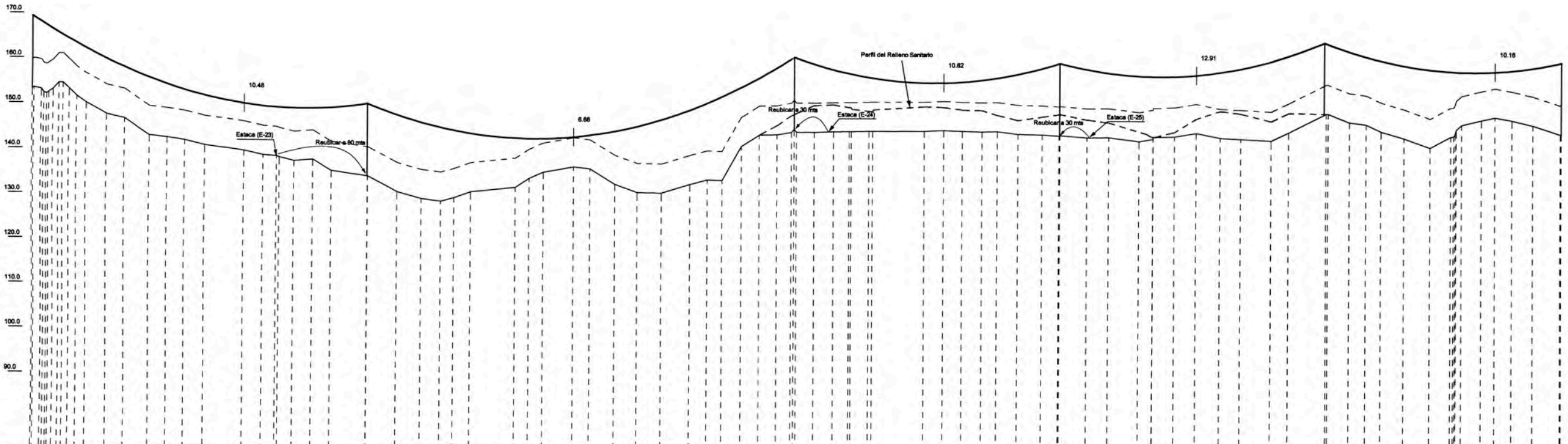
5						
4						
3						
2						
1						
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISÓ	APROBÓ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
 ELABORADO POR:  
**BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**  
 FORMATO:  
**A-3**

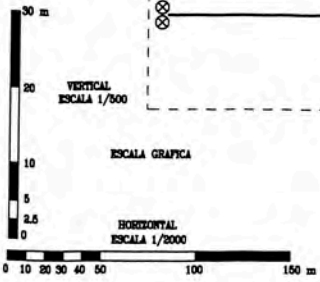
**ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV**  
**PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA**  
 REGION: LA LIBERTAD    PROV.: TRUJILLO    DIST.: VARIOS  
 DIS.: H. CAMPOS M.    DIB.: H.C.M.    REV.: H.C.M.    APR.: H.C.M.

FECHA : NOV. - 2011    PLANO N°: LP-05  
 ESCALA : H = 1/2000    HOJA : 5/12  
           V = 1/500

N° DE ESTRUCTURA	22	23	24	25	26	27
TIPO ARMADO	HB	HB	HB	HB	HB	HB
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)	298.08	382.87	237.80	237.80	213.45	213.45
VANO PESO (m)	329.88	206.83	307.18	202.97	283.54	273.48
VANO VIENTO (m)	307.84	340.48	311.33	237.80	225.83	306.98
PROGRESIVA (m)	8227.81	8535.89	8913.78	7158.58	7364.38	7607.81
EDA INICIAL (NTR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDA FINAL (NTR)	18.50%	18.90%	18.00%	18.00%	18.00%	18.70%
N° y Tipo RETENCIONES	-	-	-	-	-	-
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	8R0



ESTACIÓN	298.08										382.87										237.80										237.80										213.45																						
DISTANCIA PARCIAL	298.08										382.87										237.80										237.80										213.45																						
DISTANCIA ACUMULADA	888.84	889.84	890.84	891.84	892.84	893.84	894.84	895.84	896.84	897.84	898.84	899.84	900.84	901.84	902.84	903.84	904.84	905.84	906.84	907.84	908.84	909.84	910.84	911.84	912.84	913.84	914.84	915.84	916.84	917.84	918.84	919.84	920.84	921.84	922.84	923.84	924.84	925.84	926.84	927.84	928.84	929.84	930.84	931.84	932.84	933.84	934.84	935.84	936.84	937.84	938.84	939.84	940.84	941.84	942.84	943.84	944.84	945.84	946.84	947.84	948.84	949.84	950.84
COTA DE TERRENO	158.25	157.25	156.25	155.25	154.25	153.25	152.25	151.25	150.25	149.25	148.25	147.25	146.25	145.25	144.25	143.25	142.25	141.25	140.25	139.25	138.25	137.25	136.25	135.25	134.25	133.25	132.25	131.25	130.25	129.25	128.25	127.25	126.25	125.25	124.25	123.25	122.25	121.25	120.25	119.25	118.25	117.25	116.25	115.25	114.25	113.25	112.25	111.25	110.25	109.25	108.25	107.25	106.25	105.25									
TIPO DE TERRENO																																																															
PROPIETARIO																																																															



N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROBÓ
5						
4						
3						
2						
1						

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

ELABORADO POR:  
**BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**

FORMATO:  
**A-3**

**ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV**

**PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA**

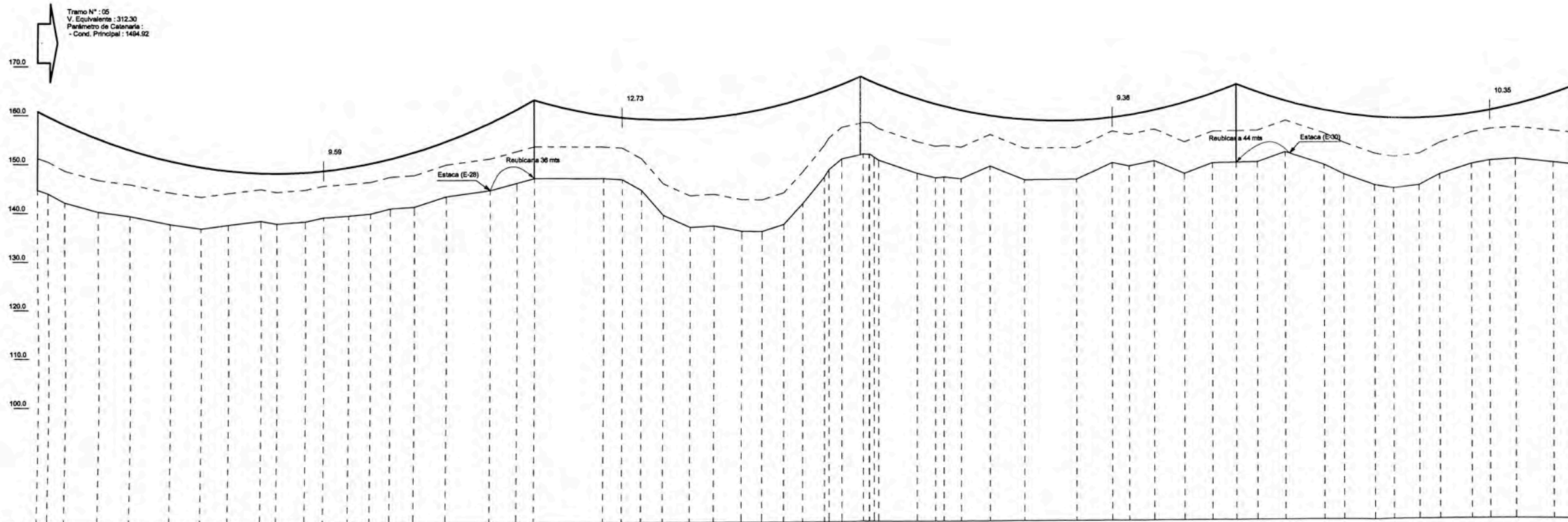
REGION: LA LIBERTAD    PROV.: TRUJILLO    DIST.: VARIOS

DIS. H. CAMPOS M.    DIB. H.C.M.    REV. H.C.M.    APR. H.C.M.

FECHA : NOV. - 2011    PLANO N°: LP-06

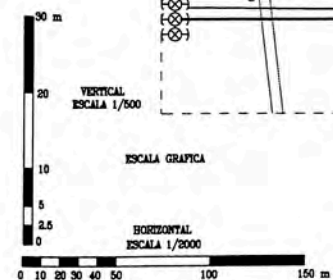
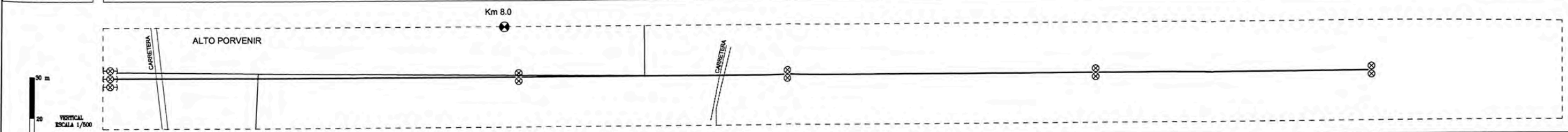
ESCALA : H = 1/2000    HOJA : 6/12  
 V = 1/500

N° DE ESTRUCTURA	27	28	29	30	31
TPO ARMADO	HR	HS	HS	HS	HS
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)	406.50	268.76	311.74	280.00	
VANO PESO (m)	274.28	321.20	325.02	291.38	290.58
VANO VIENTO (m)	308.96	337.63	360.25	290.87	305.00
PROGRESIVA (m)	7807.81	8014.31	8283.07	8564.81	8874.81
EDS INICIAL (N/TR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	
EDS FINAL (N/TR)	17.00%	18.33%	18.64%	18.42%	
N° y Tipo RETENIDAS	6R				
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	



Tramo N° : 05  
V. Equivalente : 312.30  
Perímetro de Catenaria :  
- Cond. Principal : 1484.92

ESTACIÓN	7807.81	7616.43	7630.14	7657.56	7683.46	7715.96	7740.04	7763.26	7790.03	7802.89	7826.53	7841.54	7861.87	7879.98	7896.18	7915.90	7942.06	7977.83	7998.81	8014.31	8071.49	8086.83	8102.93	8120.95	8142.82	8162.37	8185.06	8201.90	8219.87	8235.31	8253.02	8273.81	8293.03	8303.57	8330.57	8345.98	8362.94	8387.05	8390.79	8419.08	8462.11	8481.95	8505.90	8528.99	8551.86	8575.03	8594.81	8612.26	8635.16	8667.45	8683.85	8708.86	8725.87	8747.42	8764.50	8781.10	8806.10	8827.48	8856.89	8874.81
DISTANCIA PARCIAL	406.50					268.76					311.74					280.00																																												
DISTANCIA ACUMULADA	7807.81	7616.43	7630.14	7657.56	7683.46	7715.96	7740.04	7763.26	7790.03	7802.89	7826.53	7841.54	7861.87	7879.98	7896.18	7915.90	7942.06	7977.83	7998.81	8014.31	8071.49	8086.83	8102.93	8120.95	8142.82	8162.37	8185.06	8201.90	8219.87	8235.31	8253.02	8273.81	8293.03	8303.57	8330.57	8345.98	8362.94	8387.05	8390.79	8419.08	8462.11	8481.95	8505.90	8528.99	8551.86	8575.03	8594.81	8612.26	8635.16	8667.45	8683.85	8708.86	8725.87	8747.42	8764.50	8781.10	8806.10	8827.48	8856.89	8874.81
COTA DE TERRENO	144.98	143.87	142.06	140.18	139.29	137.82	136.73	137.52	136.31	137.72	138.21	139.00	138.36	139.74	140.78	141.14	143.30	144.52	146.02	147.01	148.55	148.76	144.54	139.36	138.91	137.22	136.10	136.06	137.52	141.79	141.79	150.97	151.81	152.97	147.96	147.03	141.16	148.78	140.36	146.53	146.65	150.03	149.35	150.44	147.76	149.97	150.04	150.10	152.16	149.53	147.54	146.28	144.80	145.24	147.49	149.59	150.31	150.83	149.83	148.40
TIPO DE TERRENO																																																												
PROPIETARIO																																																												



5					
4					
3					
2					
1					
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISÓ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

ELABORADO POR:  
**BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**

FORMATO:  
**A-3**

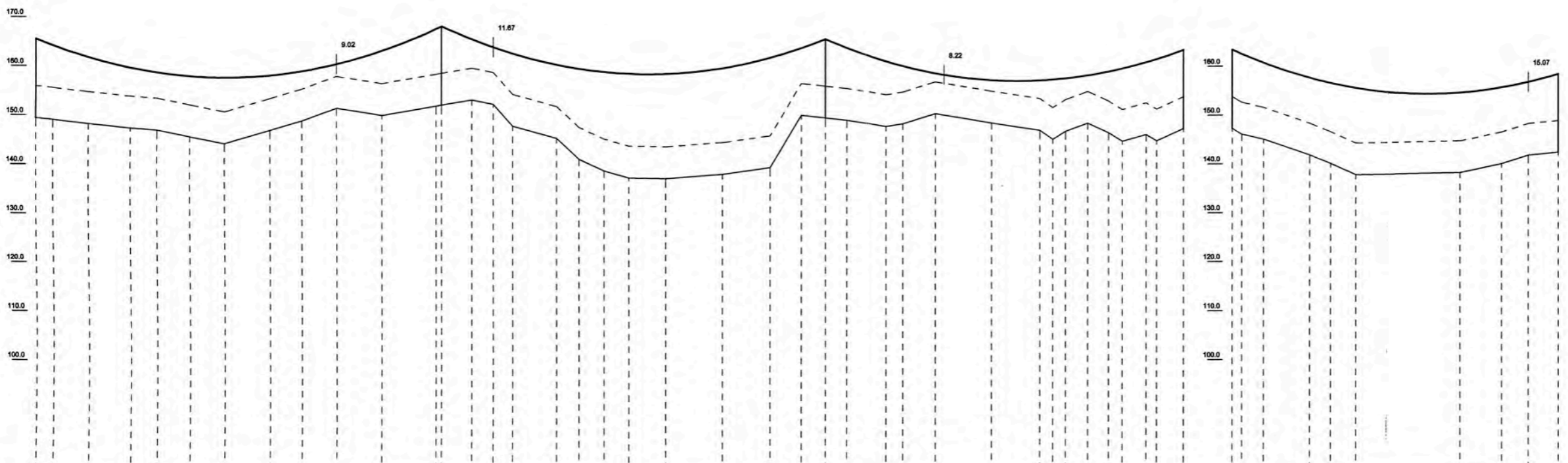
**ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV**

**PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA**

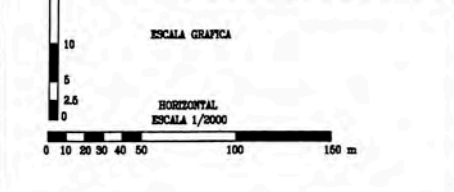
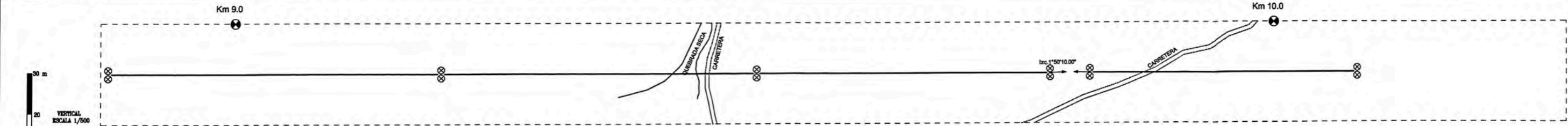
REGION	LA LIBERTAD	PROV.:	TRUJILLO	DIST.:	VARIOS
DIS.	H. CAMPOS M.	DIB.	H.C.M.	REV.	H.C.M.
				APR.	H.C.M.

FECHA :	NOV. - 2011	PLANO N°:	LP-07
ESCALA :	H = 1/2000 V = 1/500	HOJA :	7/12

N° DE ESTRUCTURA	31	32	33	34	34	35
TIPO ARMADO	H8	H8	H8	H8	H8	H8
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)	330.00	315.00	294.26	270.00		
VANO PESO (t)	296.80	348.77	304.14	290.08	290.08	288.98
VANO VIENTO (t)	262.68	322.50	304.63	282.13	282.13	285.00
PROGRESIVA (m)	8874.81	9204.81	9519.81	9814.07	9814.07	10084.07
EDS INICIAL (KTR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDS FINAL (KTR)	18.74%	18.66%	18.52%	18.35%	18.35%	18.35%
N° y Tipo RETENIDAS	-	-	-	-	-	-
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150



ESTACIÓN	330.00												315.00												294.26												V3-PROY												V3-PROY												270.00											
DISTANCIA PARCIAL	330.00												315.00												294.26												V3-PROY												V3-PROY												270.00											
DISTANCIA ACUMULADA	8874.81	8888.87	8917.12	8950.94	8972.47	8999.37	9027.94	9055.26	9091.19	9119.42	9156.00	9204.81	9229.54	9247.27	9263.32	9299.26	9317.70	9337.87	9358.19	9388.33	9434.87	9474.32	9499.87	9519.81	9537.26	9589.73	9593.59	9610.21	9656.40	9696.16	9706.69	9717.33	9735.56	9752.59	9763.87	9783.38	9791.83	9814.07	9814.07	9821.87	9839.87	9878.11	9895.56	9916.42	10002.84	10037.27	10059.31	10084.07																								
COTA DE TERRENO	149.40	149.03	148.18	147.26	146.83	145.49	144.05	146.80	148.74	151.34	149.86	152.00	153.08	152.18	147.70	145.21	140.96	138.57	137.18	137.02	137.63	138.27	150.02	149.47	148.98	147.70	148.25	150.36	148.45	146.04	145.09	146.71	148.38	148.42	144.08	146.04	144.74	147.29	147.29	146.10	145.07	141.81	140.08	137.75	136.13	139.81	141.63	142.22																								
TIPO DE TERRENO																																																																								
PROPIETARIO																																																																								



5						
4						
3						
2						
1						
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISÓ	APROBÓ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
 ELABORADO POR:  
**BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**  
 FORMATO:  
**A-3**

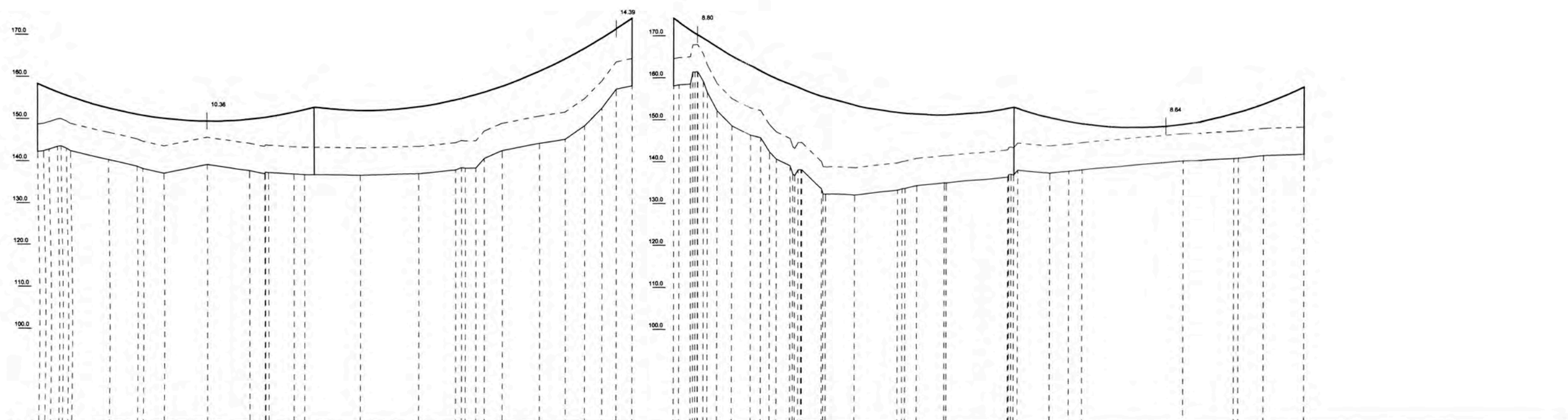
**ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV**  
**PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA**  
 REGION: LA LIBERTAD    PROV.: TRUJILLO    DIST.: VARIOS  
 DIS. H. CAMPOS M.    DIB. H.C.M.    REV. H.C.M.    APR. H.C.M.

FECHA : NOV. - 2011    PLANO N°: LP-08  
 ESCALA : H = 1/2000    V = 1/500    HOJA : 8/12

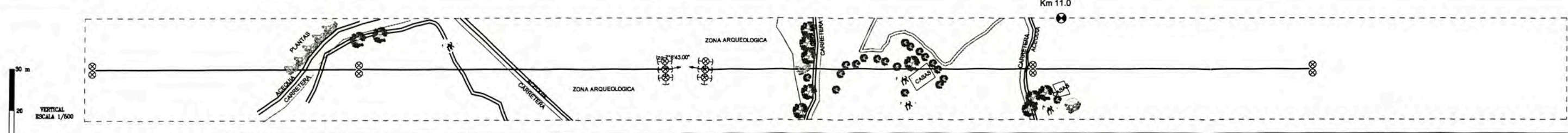


Nº DE ESTRUCTURA	35	36	37	37	38	38
TIPO ARMADO	165	165	165	165	165	165
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)	260.00	302.15	325.00	280.00	280.00	280.00
VANO PESO (m)	265.00	148.52	511.31	511.31	187.18	280.07
VANO VIENTO (m)	265.00	281.07	313.57	313.57	302.50	280.00
PROGRESIVA (m)	10084.07	10344.07	10648.22	10648.22	10971.22	11251.22
EDI INICIAL (L/TS)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDI FINAL (L/TS)	16.26%	16.57%	16.71%	16.71%	16.42%	16.42%
Nº y Tipo RETENCIONES						
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150

Tramo N° : 06  
 V. Equivalente: 274.75  
 Parámetro de Cabriera:  
 - Cond. Principal: 1409.14



ESTACIÓN	E-36		V4-PROY	EMPLEDO	
DISTANCIA PARCIAL	260.00	302.15	325.00	280.00	
DISTANCIA ACUMULADA	10084.07 10084.71 10084.81 10084.87 10084.91 10084.94 10084.96 10084.97	10148.71 10178.50 10181.91 10201.75 10242.87 10283.57 10301.92 10324.81 10334.82 10344.07	10387.70 10443.48 10478.48 10487.85 10497.78 10505.85 10522.80 10558.08 10582.43 10600.00 10617.47 10631.19 10648.22	10648.22 10667.22 10687.37 10701.74 10719.14 10729.02 10741.51 10744.57 10749.81 10758.18 10768.18 10771.74	10819.57 10900.41 10917.22 10935.58 10951.58 11008.25 11024.04 11039.85 11134.30 11188.86 11211.56 11251.22
COTA DE TERRENO	142.26 142.77 143.65 142.89	140.23 138.86 138.11 136.98	138.03 137.85 137.22 136.88 136.70 136.88 136.80	137.01 137.88 138.85 138.38 140.89 142.58 144.30 145.34 148.49 152.78 157.28 158.12	158.12 158.40 158.74 159.24 159.24 159.24 159.24 148.85 148.33 145.74 142.41 140.70 138.18 138.18 132.22 133.35 133.78 134.37 135.54 138.42 137.89 138.22 140.37 140.88 141.58 141.81
TIPO DE TERRENO		Terrand Norm	Terrand Normal	Terrand Normal	Terrand Normal
PROPIETARIO					



5						
4						
3						
2						
1						
Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROBÓ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ELABORADO POR:  
**BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**

FORMATO:  
**A-3**

ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV

PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA

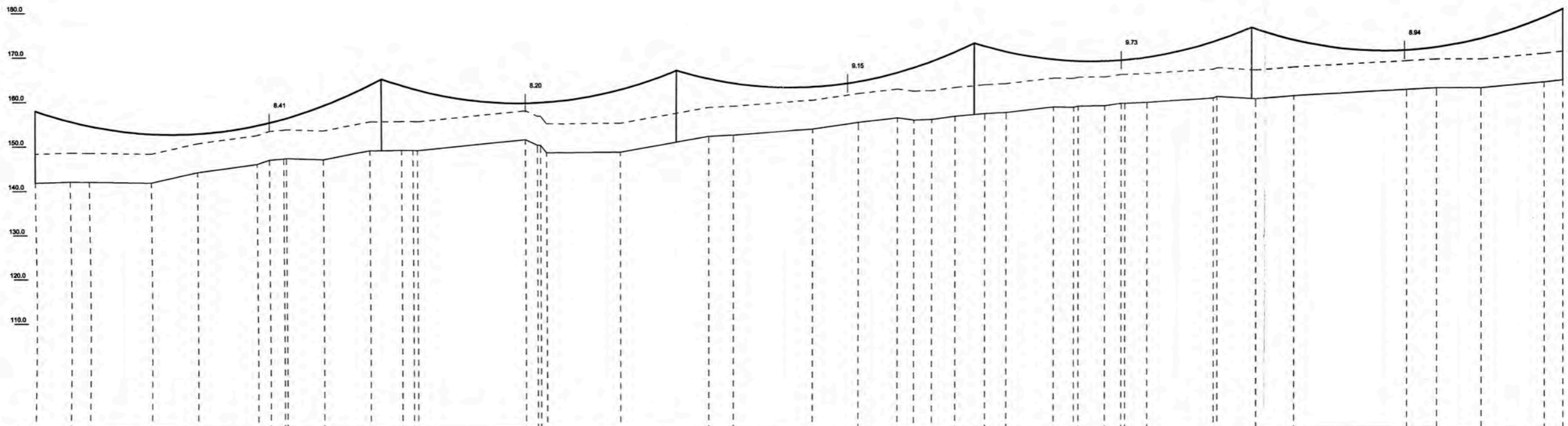
REGION LA LIBERTAD PROV.: TRUJILLO DIST.: VARIOS

DIS. H. CAMPOS M. DIB. H.C.M. REV. H.C.M. APR. H.C.M.

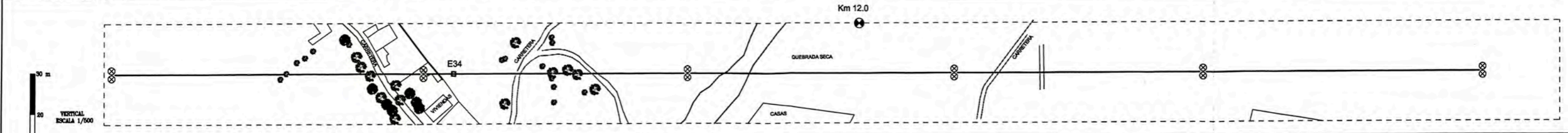
FECHA : NOV. - 2011 PLANO Nº: LP-09

ESCALA : H = 1/2000 V = 1/500 HOJA : 9/12

N° DE ESTRUCTURA	30	40	41	42	43	44
TPO ARMADO	HS	HS	HS	HS	HS	HS
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL(m)	310.00	265.00	270.00	252.00	284.00	
VANO PESO (m)	296.07	311.55	247.03	273.34	267.82	284.24
VANO VIENTO (m)	295.00	287.50	281.00	281.00	268.00	263.00
PROGRESIVA (m)	11281.22	11581.22	11826.22	12066.22	12343.22	12632.22
EDS INICIAL (NTR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDS FINAL (NTR)	16.82%	16.31%	16.35%	16.19%	16.43%	16.43%
N° y Tpo RETENIDAS						
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150



ESTACIÓN	PARED															E-40										E-42 E-41																													
DISTANCIA PARCIAL	310.00															265.00										270.00										252.00										284.00									
DISTANCIA ACUMULADA	11281.22	11291.04	11300.00	11354.24	11365.07	11449.88	11460.78	11473.49	11508.04	11550.35	11581.22	11579.08	11580.31	11600.81	11610.46	11626.53	11775.86	11826.22	11855.51	11877.87	11949.70	11991.04	12026.37	12041.37	12057.68	12078.94	12096.22	12105.71	12125.05	12167.74	12183.87	12213.96	12225.24	12252.56	12318.37	12339.37	12366.06	12400.25	12517.66	12550.05	12615.22	12632.22													
COTA DE TERRENO	141.81	142.17	142.11	141.80	144.27	146.17	147.14	147.55	147.22	149.35	149.37	149.41	148.97	151.01	152.08	152.30	146.14	151.37	152.86	152.82	154.22	155.74	156.72	156.24	156.36	157.07	157.45	157.66	157.65	158.13	158.08	159.37	159.85	160.17	161.28	161.88	161.81	162.86	163.32	163.30	164.80	165.06													
TIPO DE TERRENO																																																							
PROPIETARIO																																																							



5						
4						
3						
2						
1						
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISERÑO	DIBUJO	REVISÓ	APROBÓ

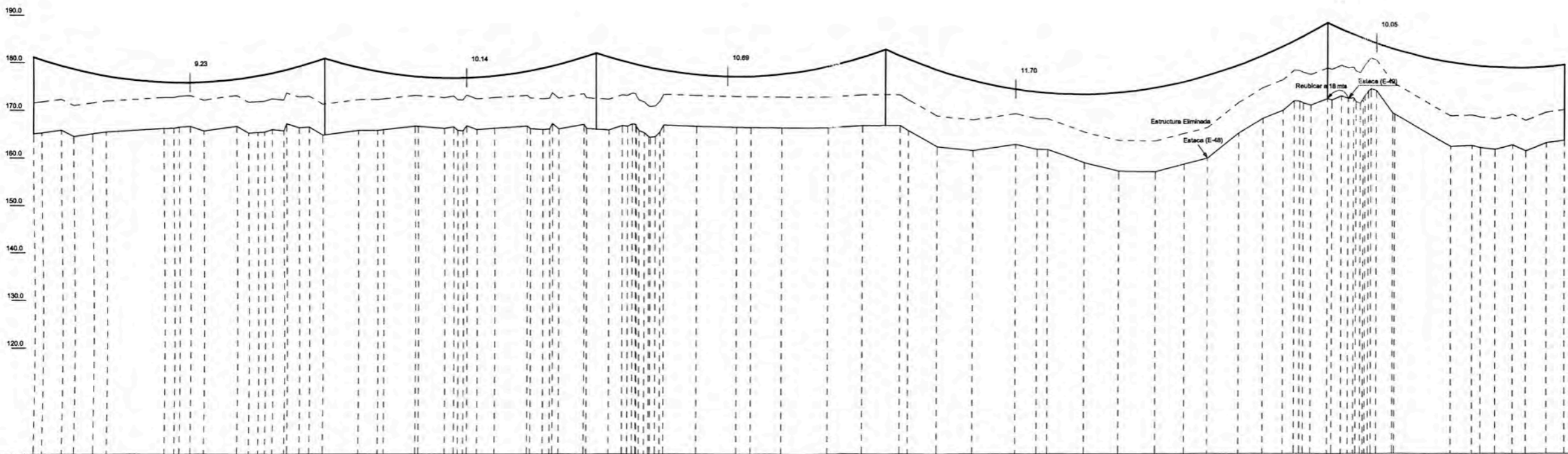
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
 ELABORADO POR:  
**BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA**  
 FORMATO:  
**A-3**

**ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE**  
**DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV**  
**PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA**  
 REGION: LA LIBERTAD    PROV.: TRUJILLO    DIST.: VARIOS  
 DIS. H. CAMPOS M.    DIB. H.C.M.    REV. H.C.M.    APR. H.C.M.

FECHA : NOV. - 2011    PLANO N°: LP-10  
 ESCALA : H = 1/2000    HOJA : 10/12  
           V = 1/500

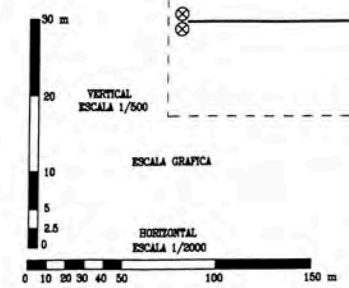
N° DE ESTRUCTURA	44	45	46	47	48	49
TIPO ARMADO	HS	HS	HS	HS	HS	HS
POSTE / SOPORTE	702	702	702	702	702	702
VANO HORIZONTAL (m)	242.00	228.00	245.00	375.38	203.82	210.28
VANO PESO (m)	284.58	228.45	240.00	283.09	290.50	288.13
VANO VIENTO (m)	283.00	235.00	238.50	310.19	290.50	288.13
PROGRESIVA (m)	12832.22	12874.22	13102.22	13347.22	13722.80	13928.22
EDS INICIAL (NTR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDS FINAL (NTR)	16.10%	15.86%	16.13%	16.13%	15.86%	15.86%
N° y Tipo RETENDAS	-	-	-	-	-	-
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150	AAAC-150

Torre N° : 07  
 V. Equivalente : 200.47  
 Parámetro de Catena :  
 - Cond. Principal : 1372.87



ESTACIÓN	E-24															E-25																																																	
DISTANCIA PARCIAL	242.00					228.00					245.00					375.38					203.82																																												
DISTANCIA ACUMULADA	12832.22	12839.22	12855.41	12865.82	12892.58	12740.07	12748.11	12761.52	12772.87	12900.49	12810.39	12818.31	12824.03	12830.35	12847.86	12874.22	12902.49	12918.81	12927.42	12959.09	12874.36	12882.09	12891.74	12901.74	13016.30	13043.28	13067.15	13081.32	13070.42	13084.66	13102.22	13112.81	13124.16	13135.54	13146.04	13300.96	13421.10	13457.20	13475.45	13484.98	13515.78	13545.17	13576.40	13600.89	13620.74	13648.83	13667.33	13684.88	13694.13	13708.30	13722.80	13724.57	13734.88	13744.88	13755.21	13776.12	13780.84	13826.85	13846.82	13854.16	13866.67	13881.47	13892.78	13910.52	13928.22
COTA DE TERRENO	185.08	185.26	185.81	184.51	185.08	186.21	186.81	186.07	185.71	186.74	185.31	185.44	185.54	185.08	187.45	184.88	185.82	185.81	185.94	186.78	186.38	186.72	186.68	186.59	186.59	186.89	186.28	186.13	187.00	186.80	186.90	187.11	187.14	187.15	186.04	182.87	181.84	183.18	182.13	182.08	159.32	157.51	157.40	159.06	160.25	165.85	168.72	170.48	172.51	171.53	172.88	172.88	172.88	172.88	172.88	168.83	168.05	162.78	162.84	162.54	162.15	163.08	161.84	163.00	164.08
TIPO DE TERRENO	Terreno Normal																																																																
PROPIETARIO																																																																	

Km 13.0



5						
4						
3						
2						
1						
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROBÓ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ELABORADO POR:  
 BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA

FORMATO:  
 A-3

ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV

PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA

REGION	LA LIBERTAD	PROV.:	TRUJILLO	DIST.:	VARIOS
DIS.	H. CAMPOS M.	DIB.	H.C.M.	REV.	H.C.M.
		APR.	H.C.M.		

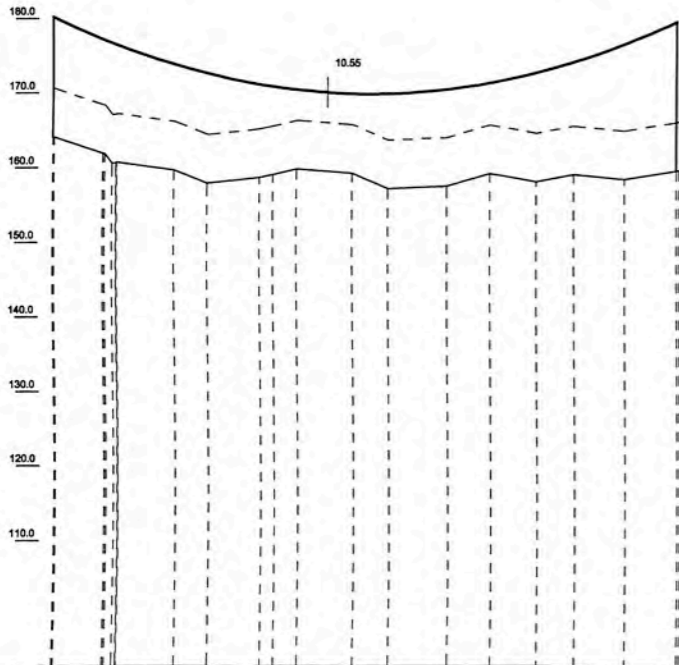
FECHA :  
 NOV. - 2011

PLANO N°:  
 LP-011

ESCALA :  
 H = 1/2000  
 V = 1/500

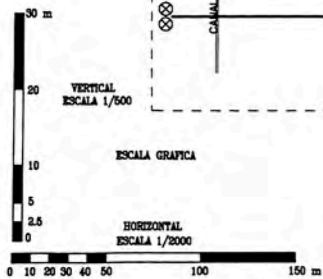
HOJA :  
 11/12

N° DE ESTRUCTURA	49	50
TIPO ARMADO	HS	SS1
POSTE / SOPORTE	702	810
VANO HORIZONTAL(m)	332.83	
VANO PESO (m)	197.50	185.13
VANO VIENTO (m)	258.82	196.32
PROGRESIVA (m)	13628.22	14258.85
EDA INICIAL (NTR)	18.00%	
EDA FINAL (NTR)	18.78%	
N° y Tipo RETENIDAS		
CONDUCTOR PRINCIPAL	AAAC-150	



ESTACIÓN	
DISTANCIA PARCIAL	332.83
DISTANCIA ACUMULADA	13628.22, 13826.05, 14023.88, 14221.71, 14419.54, 14617.37, 14815.20, 15013.03, 15210.86, 15408.69, 15606.52, 15804.35, 16002.18, 16200.01, 16397.84
COTA DE TERRENO	164.89, 162.04, 160.19, 158.78, 158.05, 158.84, 159.24, 159.85, 159.47, 157.41, 157.73, 159.47, 158.36, 159.31, 158.08, 158.87
TIPO DE TERRENO	Terrero Normal
PROPIETARIO	

Km 14.0



5						
4						
3						
2						
1						
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROBÓ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ELABORADO POR: BACHILLER HÉCTOR DANIEL CAMPOS MOSQUERA

FORMATO: A-3

ELABORACION DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIANTE DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV

PLANO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA

REGION	LA LIBERTAD	PROV.	TRUJILLO	DIST.	VARIOS		
DIS.	H. CAMPOS M.	DIB.	H.C.M.	REV.	H.C.M.	APR.	H.C.M.

FECHA : NOV. - 2011

PLANO N°: LP-12

ESCALA : H = 1/2000, V = 1/500

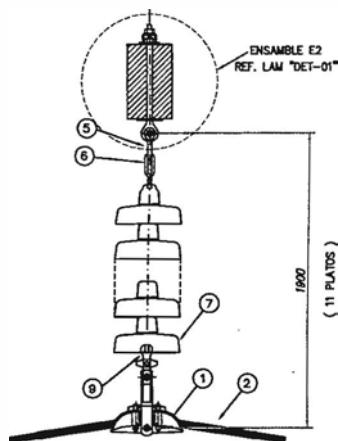
HOJA : 12/12

ENSAMBLE DE SUSPENSION PARA ESTRUCTURA "HR" JUMPER

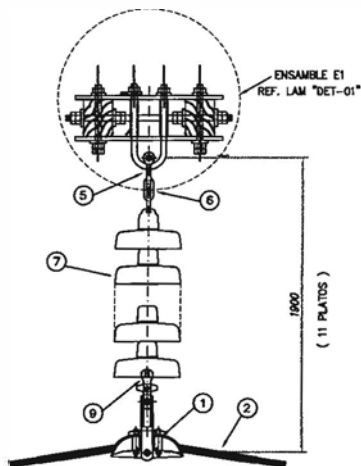
ENSAMBLE DE SUSPENSION PARA ESTRUCTURA "HS"

ENSAMBLE DE SUSPENSION PARA ESTRUCTURA "HA1"

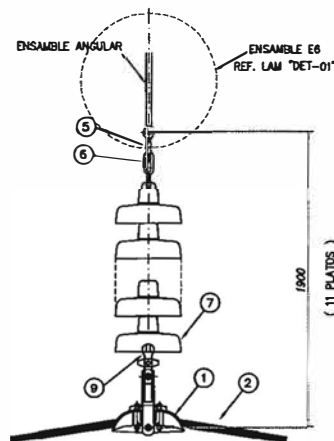
AISLADOR DE PORCELANA



AISLADOR DE PORCELANA

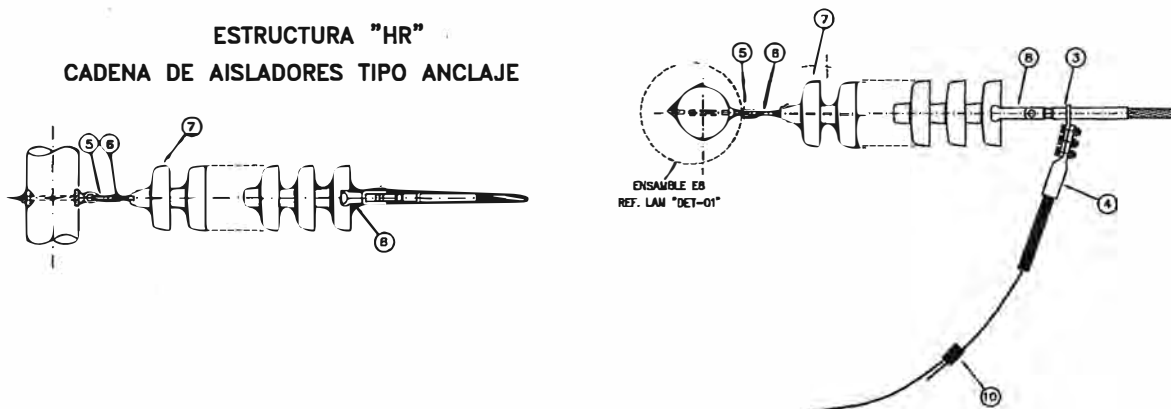


AISLADOR DE PORCELANA



ESTRUCTURA "HR"

CADENA DE AISLADORES TIPO ANCLAJE



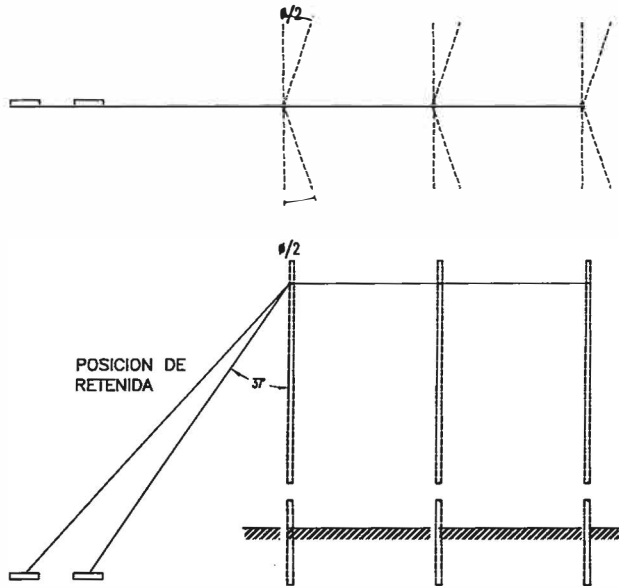
N°	DESCRIPCION	CANTIDAD		
		HS	HR	HA1
1	GRAPA DE SUSPENSION	3	3	3
2	VARILLA DE ARMAR	3	3	3
3	GRAPA DE ANCLAJE TIPO COMPRESION C/3 PERNOS	-	6	-
4	TERMINAL DE DERIVACION TIPO COMPRESION	-	6	-
5	GRILLETE RECTO	3	9	3
6	ANILLO - BOLA	3	9	3
7	AISLADOR TIPO ANTINEBLINA 146 x 254, LF: 432 MM	33	105	33
8	ADAPTADOR CASQUILLO HORQUILLA ALARGADO	3	9	3
9	ADAPTADOR CASQUILLO OJO CORTO	3	9	3
10	GRAMPA DE VIAS PARALELAS	-	3	-

NOTAS:

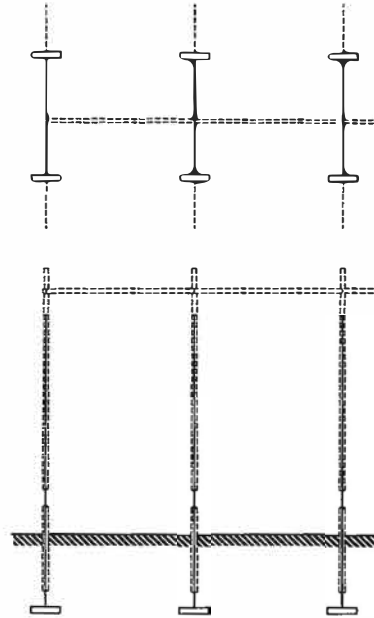
- LA CADENA DE AISLADORES EN SUSPENSION ESTA COMPUESTA DE 11 AISLADORES TIPO ANTIFOG.
- LA CADENA DE AISLADORES EN ANCLAJE ESTA COMPUESTA DE 12 AISLADORES TIPO ANTIFOG.

PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TITULO: DETALLE DE ENSAMBAJE DE AISLADORES Y ACCESORIOS		PLANO N°: DETALLE - 02	
ELABORADO: INGENIERO: BACHILLER HÉCTOR CAMPOS MEDRERA	REVISADO: INGENIERO: J.B.R.	FECHA: E/E Noviembre-2011	REV. N°: 0 INFORME

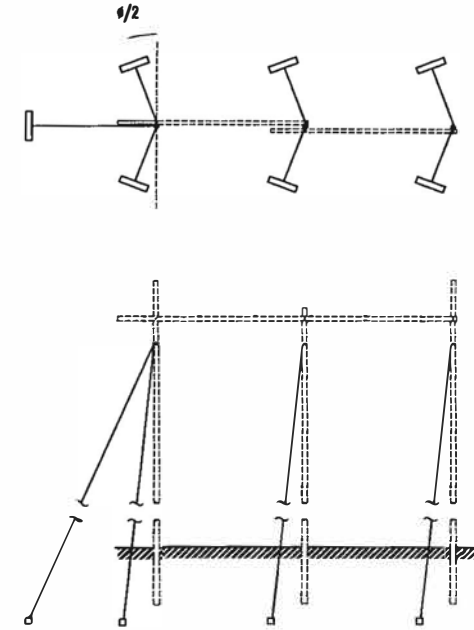
**TIPO R1**  
ESTRUCTURAS HA1  
ESC. S/E



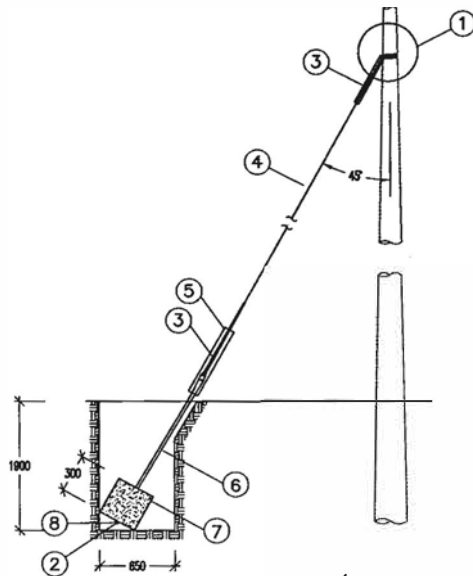
**TIPO R2**  
ESTRUCTURAS HR  
( $\phi < 5^\circ$  ;  $W < 660$  m)  
ESC. S/E



**TIPO R3**  
ESTRUCTURA HR  
( $\phi > 5^\circ$ )  
ESC. S/E



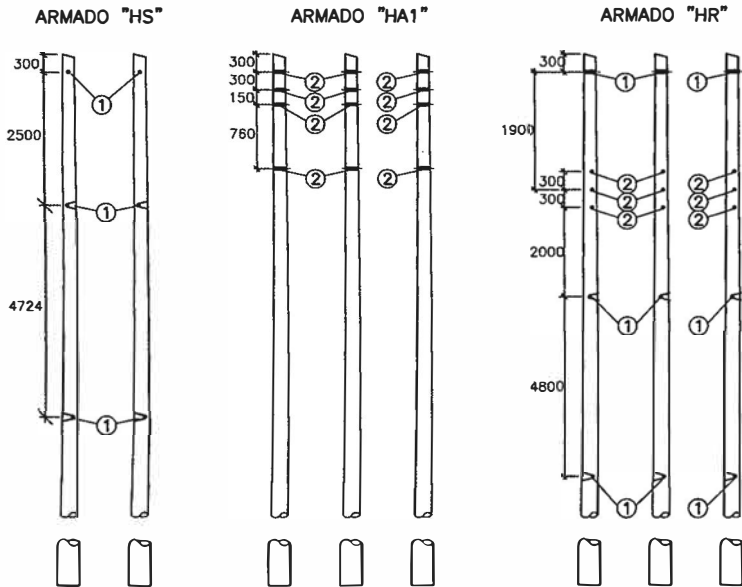
$\phi$  : ANGULO TOPOGRAFICO



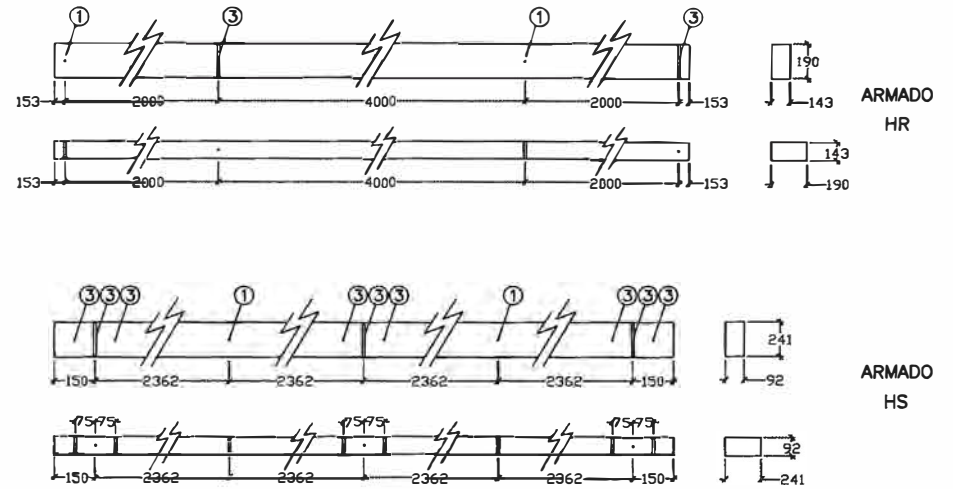
8	ARANDELA CUADRADA A/C 4"x4"x1/2" hueco 13/16"	1
7	BLOQUE DE CONCRETO 1.50x0.30x0.30m	1
6	VARILLA DE ANCLAJE DOBLE CANAL DE A/C 3/4" DIA x 2.40m	1
5	PROTECTOR DE PVC AMARILLO DE 8"	1
4	CABLE ALLIOWELDED 7 N° 9 AWG	30m
3	AMARRE PREFORMADO ALLIOWELDED P/CABLE 7 N° 9 AWG	2
2	CONTRA TUERCA PARA PERNO 3/4"	1
1	DETALLES SEGUN ENSAMBLAJE, VER LAMINA "DET-01"	-
ITEM	DESCRIPCION	CANT.
<b>ACCESORIOS PARA RETENIDA</b>		

PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: DETALLE DE RETENIDAS Y TIPOS DE RETENIDAS		PLANO N°: DETALLE - 03	
ELABORADO: INCHILLER HECTOR CAMPOS MOSQUERA	REVISADO: N.G.M.	ESCALA: S/E	REV.: A
APROBADO: J.B.R.	FECHA: 1 Noviembre-2011	TRABAJO: INFORME	

POSTES DE MADERA TRATADA



CRUCETA DE MADERA TRATADA



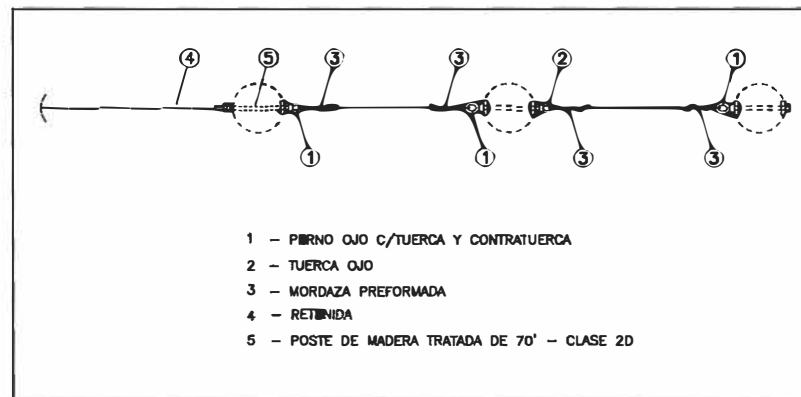
LEYENDA HUECOS

	Ø Agujero (mm)	Ø Perno (mm)
①	24	22
②	21	19
③	18	16

LEYENDA

Planta	
⊙	Agujero perpendicular al plano de corte
⊖	Agujero paralelo al plano de corte
⊗	Agujero a 30° del plano de corte
⊘	Agujero a -30° del plano de corte

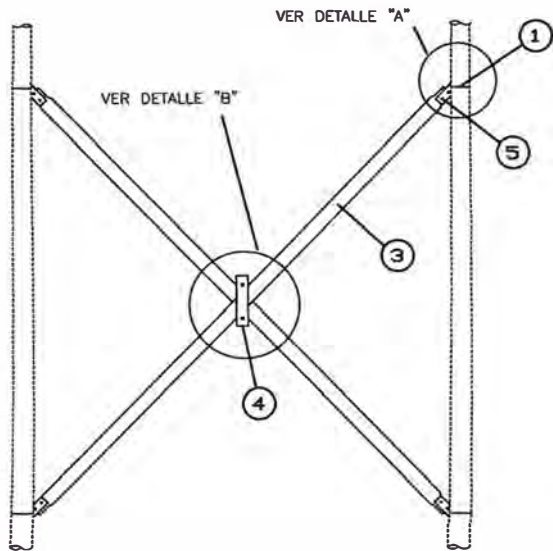
DETALLE DE TENSOR PARA HA1



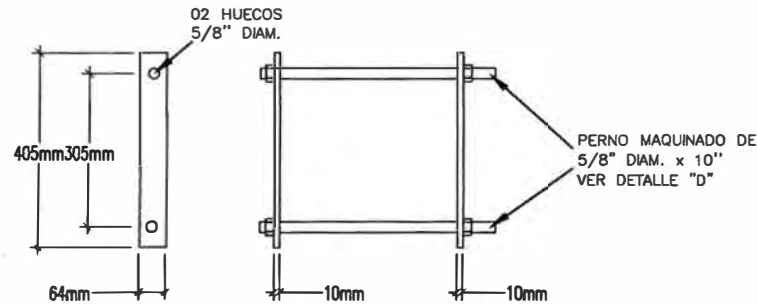
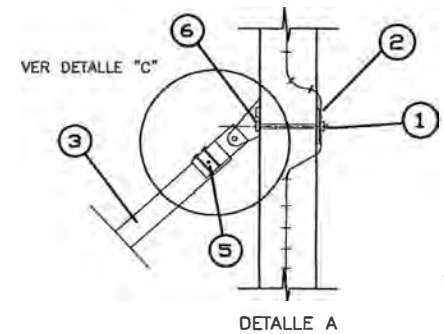
- 1 - PIRNO OJO C/TUERCA Y CONTRATUERCA
- 2 - TUERCA OJO
- 3 - MORDAZA PREFORMADA
- 4 - RETENIDA
- 5 - POSTE DE MADERA TRATADA DE 70' - CLASE 2D

NOTA :  
- La longitud del poste sera de 21336 mm (70 pies)

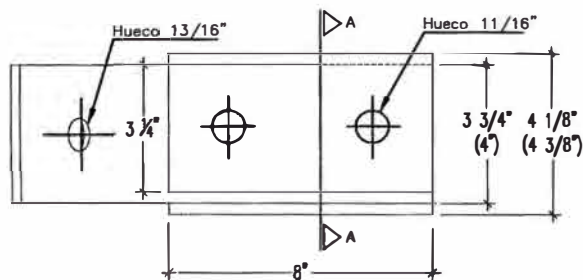
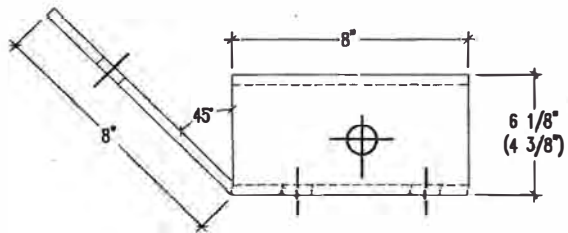
PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: DETALLE DE POSTES, CRUCETAS Y BRAZOS "X" DE MADERA			PLANO N°: DETALLE - 04
ELABORÓ: BACHILLER HECTOR CAMPOS MORALES	REVISÓ: J.B.R.	ESCALA: 3/4"	REV.: A
APROBÓ: J.B.R.	FECHA: Noviembre-2011	TRABAJO: INFORME	



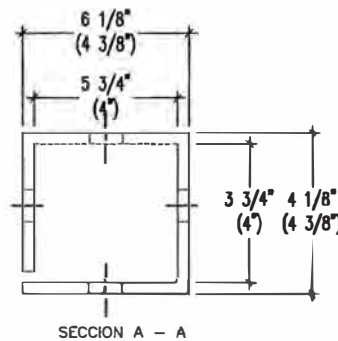
ITEM	DESCRIPCION	CANT.
1	Perno maquinado de A'G' de 5/8"x14"	4
2	Arandela cuadrada curva de 4"x4"x1/4" - 15/16" diametro	4
3	Diagonales "X" de madera tratada de 3 3/4"x5 3/4"x6,5m	2
4	Abrazadera compuesta de 02 pernos maquinados de 5/8" de diametro x 10" long. con tuerca y contratuerca y 02 planchas de 64x305mm entre huecos x 10mm de espesor.	1
5	Perno maquinado de A'G' de 5/8"x8"	12
6	Arandela cuadrada plana de 4"x4"x1/4" - 15/16" diametro	4



DETALLE B



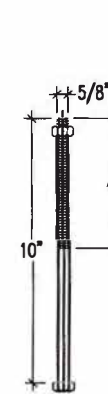
ELEMENTOS DEL DETALLE C  
ACOPLE DIAGONAL - POSTE



SECCION A - A



PARA  
ACOPLE  
DIAGONAL



PARA  
ABRAZADERA  
DE DIAGONAL



PARA  
ACOPLE  
POSTE

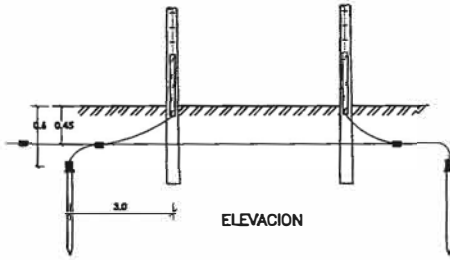
DETALLE D  
PERNOS MAQUINADOS

NOTA:  
LAS DIMENSIONES ENTRE  
PARENTESIS SON PARA LOS  
ACOPLES DE DIAGONALES  
EXISTENTES

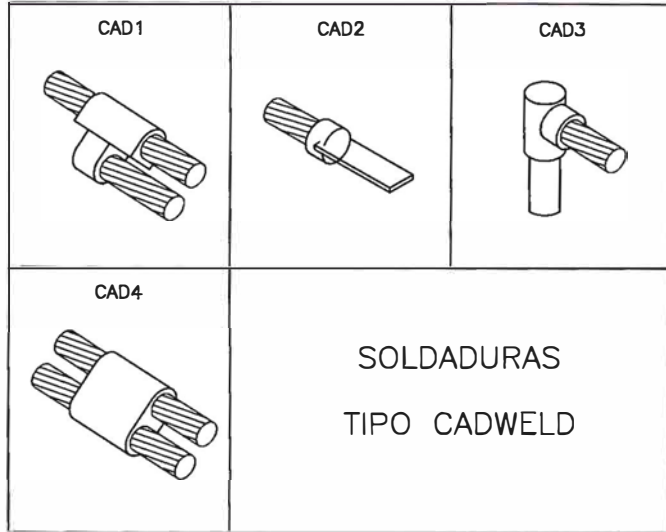
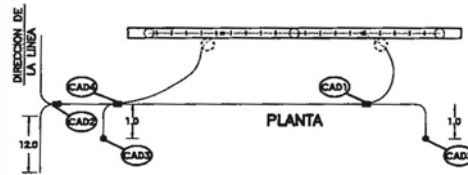
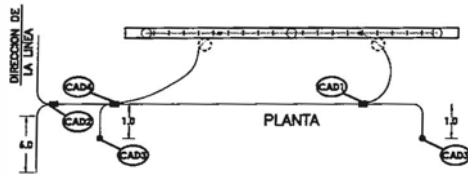
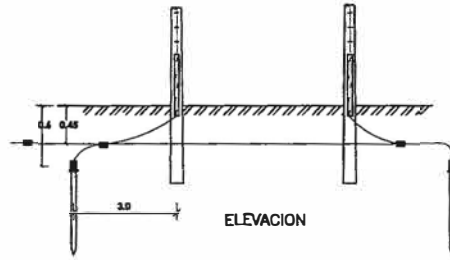
PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 KV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: DETALLE DE ENSAMBLAJE DE DIAGONALES			PLANO N°: DETALLE - 05
ELABORADO: BACHELLER HECTOR CAMPOS MORALES	REVISADO: H.C.M.	ESCALA: 5/8"	REV.: A
APROBADO: J.B.B.	FECHA: Noviembre-2011	TRABAJO: INFORME	



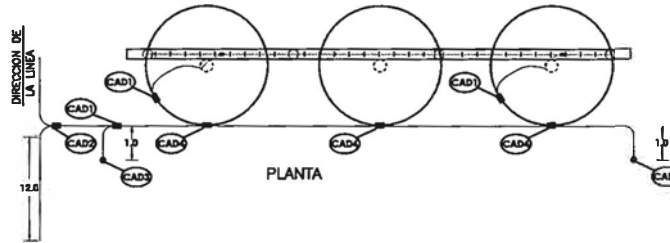
PAT-A



PAT-B



CASO ANILLO EN 3 POSTES



TIPOS DE PUESTA A TIERRA	RESISTIVIDAD
PAT-A	< 2000 Ω
PAT-B	> 2000 Ω
ANILLO	Solo en lugares transitables

N°	DESCRIPCION	CANTIDAD			
		PAT-A		PAT-B	
		C/A	S/A	C/A	S/A
1	VARILLA DE CU. COPPERWELD # 5/8"x2.40m	2	2	2	2
2	PLETINA DE 8 m	1	1	-	-
3	PLETINA DE 10 m	-	-	1	1
4	SOLDADURA CADWELD TIPO CAD1	3	1	3	1
5	SOLDADURA CADWELD TIPO CAD2	1	1	1	1
6	SOLDADURA CADWELD TIPO CAD3	2	2	2	2
7	SOLDADURA CADWELD TIPO CAD4	2	1	2	1
8	SOLDADURA CADWELD TIPO CAD5	-	-	-	-

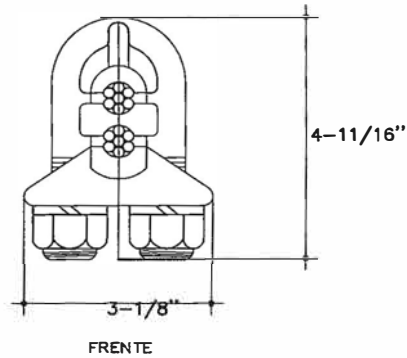
PARA EL CASO DE LLEVAR ANILLO EN LOS TRES POSTES SE ADOICNARA DOS SOLDADURAS TIPO CAD1 y CAD4  
C/A : CON ANILLO  
S/A : SIN ANILLO

APLICACIONES DE LA PUESTA A TIERRA		
ZONA	DESCRIPCION	RESISTENCIA MAXIMA (OHM)
I	ZONAS NO TRANSITABLES - ZONAS DE CULTIVO - ZONAS PARALELAS A CARRETERAS (DISTANCIA MAYOR A 20m) - TODA ZONA DONDE EL TRANSITO DE PERSONAS ES POCO FRECUENTE.	25
II	ZONAS TRANSITABLES - ZONAS URBANAS Y RURALES - ZONAS PARALELAS A CARRETERAS (DISTANCIA MENOR A 20m) - TODA ZONA DONDE ES POSIBLE EL TRANSITO DE PERSONAS.	20

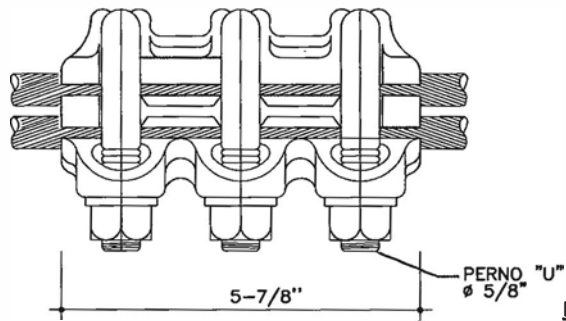
PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: DETALLE DE PUESTA A TIERRA Y SOLDADURAS			PLANO N°: DETALLE - 06
ELABORADO:	REVISÓ:	ESCALA:	REV. 1: A
BACHILLER HECTOR CAMPOS MENDOZA	J.B.R.	5/2	INFORME
FECHA: 11 de Noviembre de 2011		TRABAJOS	

**CONECTOR BIFILAR DE EMPALME  
PARA CONDUCTOR AAAC DE 150 mm<sup>2</sup>**

Escala 1:2



FRENTE



LATERAL

GRILLETE RECTO CON PASADOR  
PARA CONTRAPESO

ANILLO PLANO DE F'G' 50x50x10mm  
CON TUERCA Y CONTRATUERCA

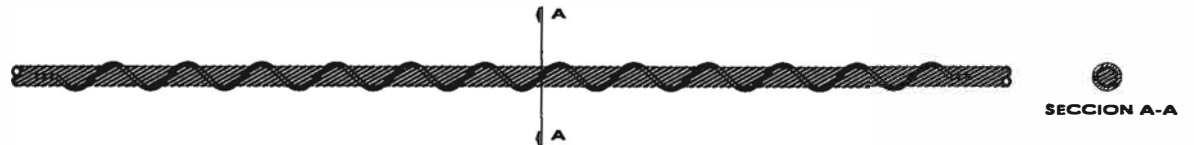
SOPORTE EN "U"

DISCO DE FIERRO FUNDIDO EMBONABLES  
DOBLE GALVANIZADO (25Kg c/u)

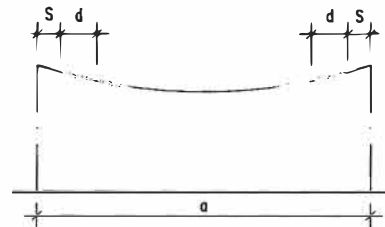
DISCO DE FIERRO FUNDIDO EMBONABLES  
DOBLE GALVANIZADO (25Kg c/u)

**DETALLES DE CONTRAPESO**

**AMORTIGUADOR HELICOIDAL TIPO CLORURO DE POLIVINILO (PVC)  
PARA CONDUCTOR TIPO AAAC DE 150 mm<sup>2</sup>**



SECCION A-A



CUADRO N°1

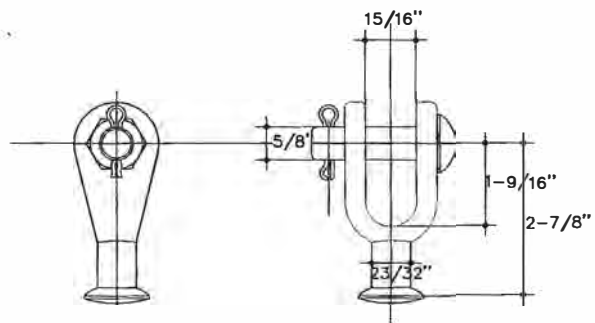
	E.D.S. INICIAL %	S (m.)	d (m.)
CONDUCTOR ACTIVO	18%	1.00 - 1.15	1.88

CUADRO N°2

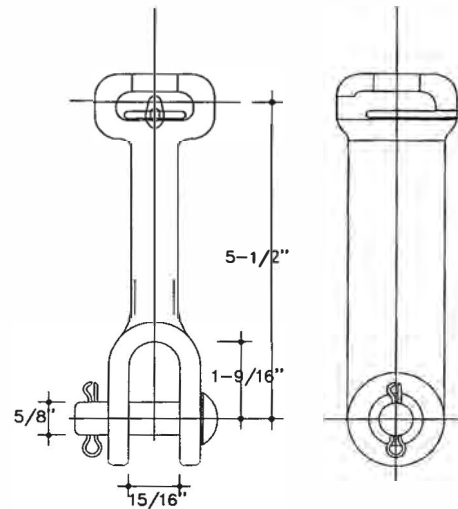
VANO "a" (m.)	N° DE AMORTIG. / VANO
100 < a ≤ 400	1
401 < a ≤ 700	2

DISPOSICION DE AMORTIGUADORES  
SIN ESCALA

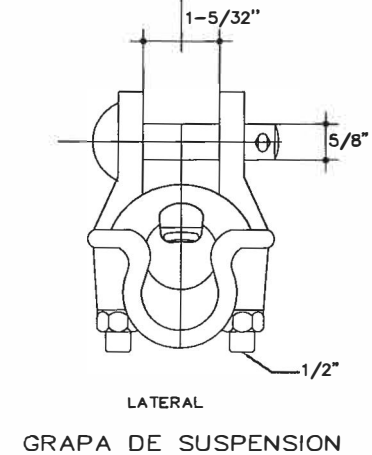
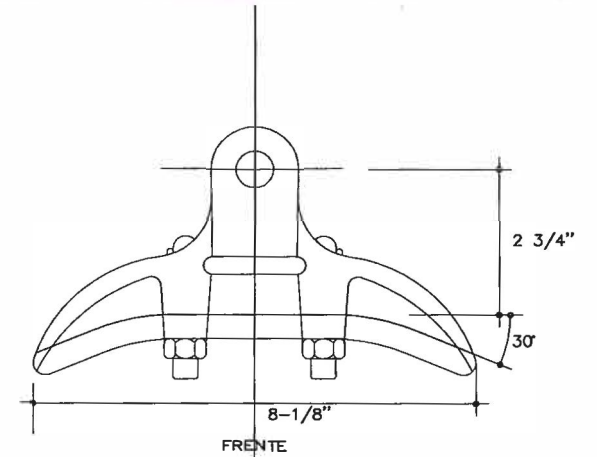
PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: ACCESORIOS DEL CONDUCTOR		PLANO N°: DETALLE - 08	
ELABORADO: BACHELLER HECTOR CAMPOS MISOLEIRA	REVISADO: H.C.M.	ESCALA: S/E	REV.: A
APROBADO: A.B.R.	FECHA: Noviembre-2011	TRABAJADO: INFORME	



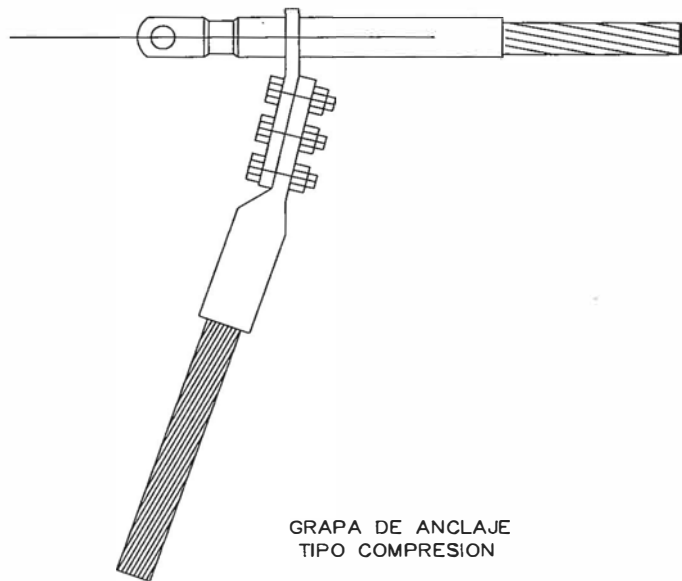
LATERAL  
FRENTE  
ADAPTADOR  
HORQUILLA-BOLA



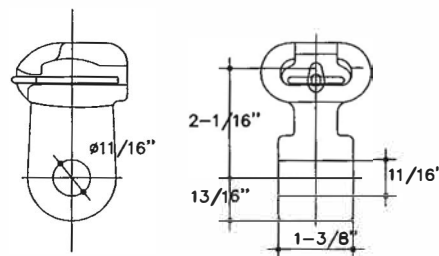
FRENTE LATERAL  
ADAPTADOR  
CASQUILLO-HORQUILLA



LATERAL  
GRAPA DE SUSPENSION



GRAPA DE ANCLAJE  
TIPO COMPRESION



LATERAL FRENTE  
ADAPTADOR  
CASQUILLO-OJO CORTO

PROYECTO: ELABORACIÓN DE LOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA VARIACIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN 138 kV			
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - FAC. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
TÍTULO: GRAPAS Y ADAPTADORES			PLANO N.º: DETALLE - 09
ELABORÓ: DABIELER HÉCTOR CAMPOS MENDOZA	REVISÓ: H.C.M.	ESCALA: 3/4"	REV.: A
APROBÓ: J.B.R.	FECHA: Noviembre-2011	TRABAJO: INFORME	

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Normas empleadas en el informe
  - EIC 60071-1 y EIC 60072-2 “Insulation co-ordinacion Part 2 (Application guide)”
  - IEC 815 “Guide for the selection of Insulators in respect of polluted conditions”
  - RUS “Design Manual for High Voltage Transmisión Lines”
  - IEEE-Std 80-2000 “Guide for Safety in AC Substation Grounding”
  - VDE 0210/12.85 “Construcción de Líneas Aéreas de Energía Eléctrica de tensiones Nominales Mayores de 1 kV”
  - Código Nacional de Suministro 2001
- [2] Norma de la Dirección General de Electricidad (DGE)
  - DGE 025-P-1/1988 – “Norma sobre Imposición se Servidumbres”
  - “Base para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural”
- [3] Ing. Juan Bautista Ríos, “Líneas de Transmisión de Potencia”  
Pre Edición 2009
- [4] Ing. Justo Yanque Montufar , “Técnicas de Aterramiento Eléctrico para Alta Tensión”  
Edición 2009
- [5] Empresa: ABS Ingenieros S.A.C., “Manual de Usuario DLTCAD ver 2010”  
Software Profesional de Líneas de Transmisión – Edición 2010.
- [6] Empresa Hidrandina S.A., “Memoria Anual 2008”  
Elaborado el 2008.
- [7] Empresa Hidrandina S.A.  
“Estudio de Impacto Ambiental de la Línea de Transmisión en 138 kV SET Trujillo Norte Estructura T-30 SET Motil”
- [8] Información de Osinergmin (Portal Web)
- [9] Ing. Walter Sánchez Moyna, “Apuntes de Experiencias en Líneas de Transmisión”