DISEÑO ELECTROMECÁNICO LINEA DE TRANSMISIÓN 138 KV S/E BABAHOYO-S/E CALUMA

MEMORIA DEL DISEÑO

TABLA DE CONTENIDOS

[1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO 2](#_Toc408496328)

[2 OBJETIVO DEL DISEÑO 2](#_Toc408496329)

[3 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE RUTAS 2](#_Toc408496330)

[3.1. ALTERNATIVA DE RUTA No. 1 (RUTA ÓPTIMA) 3](#_Toc408496334)

[3.2. ALTERNATIVA DE RUTA No. 2 4](#_Toc408496335)

[3.3. ALTERNATIVA DE RUTA No. 3 5](#_Toc408496336)

[3.4. MATRIZ DE ANÁLISIS DE RUTAS 5](#_Toc408496337)

[4 CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO ELECTROMECANICO 6](#_Toc408496338)

[5 CARACTERISTICAS GENERALES TECNICAS DEL PROYECTO 7](#_Toc408496339)

[6 DISEÑO MECANICO 7](#_Toc408496340)

[6.1. Condicionamiento Mecánico 7](#_Toc408496344)

[6.1.1. Determinación de tensiones en conductores e hilo de guardia. 8](#_Toc408496345)

[6.1.2. Tipo y geometría de las estructuras 9](#_Toc408496346)

[6.1.3. Esfuerzos en los conductores 10](#_Toc408496347)

[6.1.4. FACTORES DE SOBRECARGA 12](#_Toc408496348)

[6.1.5. CARGAS FINALES EN LAS ESTRUCTURAS 12](#_Toc408496349)

[6.1.6. Determinación del esfuerzo útil de los postes 13](#_Toc408496350)

[6.1.7. Vano Medio o vano viento 13](#_Toc408496351)

[6.1.8. Vano Regulador 13](#_Toc408496352)

[6.1.9. Vano Gravante o Vano Peso 13](#_Toc408496353)

[6.1.10. Peso de los conductores en los puntos de sujeción de los conductores y cable de guarda (Vc, Vcg). 14](#_Toc408496354)

[6.1.11. Angulo de desviación de las Cadenas de aisladores 14](#_Toc408496355)

[6.1.12. Tensiones y flechas de tendido de conductores, cable de guardia OPGW. 14](#_Toc408496356)

[6.1.13. Determinación de la longitud de carretes de cable de fibra óptica tipo OPGW. 15](#_Toc408496357)

[6.1.14. Amortiguadores 15](#_Toc408496358)

[7 CONDICIONAMIENTO ELECTRICO 16](#_Toc408496359)

[7.1. Distancias mínimas de seguridad a masa, entre conductores y al suelo 16](#_Toc408496361)

[7.2. Distancia vertical de separación en cruces con líneas eléctricas 17](#_Toc408496362)

[7.3. Resistencia de puesta a tierra de las estructuras 17](#_Toc408496363)

[7.4. CALCULO DEL NIVEL DE AISLAMIENTO 19](#_Toc408496364)

[7.4.1. Voltaje pico: 20](#_Toc408496365)

[7.4.2. Voltaje RMS: 20](#_Toc408496366)

[7.4.3. Sobre voltaje a frecuencia industrial: 20](#_Toc408496367)

[7.4.4. Sobre voltaje de origen atmosférico. 21](#_Toc408496368)

[7.4.5. Aisladores por contaminación 23](#_Toc408496369)

[8 BRECHA FORESTAL 25](#_Toc408496370)

[9 TABLA RESUMEN DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS 25](#_Toc408496371)

[10 RESUMEN DE MATERIALES 26](#_Toc408496372)

[11 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA CONSTRUCCIÓN CIVIL Y ELECTROMECÁNICA Y PRESUPUESTOS REFERENCIALES DE SUMINISTRO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. 26](#_Toc408496373)

[12 DISEÑO DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS 27](#_Toc408496374)

[13 CALCULO DEL CONDUCTOR ECONÓMICO 27](#_Toc408496375)

[14 ESTUDIO DE DESAGREGACIÓN TECNOLOGICA 27](#_Toc408496376)

[15 PROPIETARIOS AFECTADOS POR EL PASO DE LA LÍNEA ELÉCTRICA 27](#_Toc408496377)

[16 DEFINICION DE PATAS EN LAS ESTRUCTURAS 28](#_Toc408496378)

[17 REPLANTEO DE ESTRUCTURAS 28](#_Toc408496379)

[18 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 28](#_Toc408496380)

# DATOS GENERALES DEL PROYECTO

La Empresa Eléctrica Ambato, con la finalidad de mejorar la calidad de la energía eléctrica a la Provincia de Bolívar y su área de influencia, ha previsto construir una nueva línea eléctrica aislada a 138 KV que parte desde la nueva S/E Babahoyo de propiedad de TRANSELECTRIC hasta la Subestación-Caluma de 69 KV de propiedad de la Empresa Eléctrica Ambato, la misma que permitirá dotar de un nuevo punto de alimentación de energía eléctrica a la Provincia de Bolívar y reforzar el único punto de alimentación de energía eléctrica que actualmente se alimenta desde la subestación Riobamba a 69 KV.

# OBJETIVO DEL DISEÑO

Objetivo General.

Elaborar los diseños electromecánicos para la construcción de la línea de 138 KV S/E Babahoyo-S/E Caluma.

Objetivos Específicos o Componentes.-

* Análisis de alternativas de rutas
* Determinación de estructuras tipo
* Diseño de ubicación de estructuras
* Estudio de coordinación del aislamiento
* Cálculo del conductor económico.
* Esfuerzos mecánicos de conductores de fase e hilo de guardia
* Esfuerzos mecánicos de carga finales sobre las estructuras tipo para su fabricación
* Esfuerzos mecánicos de carga de trabajo, para el diseño de cimentaciones
* Tabla resumen de estructuras georeferenciadas en el sistema WGS 84
* Tensiones y flechas de tendido de conductores e hilo de guarda
* Diseño de puesta a tierra
* Cantidad de materiales por estructura y totales
* Presupuesto referencial del suministro y construcción
* Análisis de precios unitarios montaje electromecánico
* Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y herrajes

# ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE RUTAS

Para el trazado de la línea de transmisión Babahoyo-Caluma y su análisis de alternativas de rutas, se ha tomado en consideración entre otros lo siguiente:

* La línea se considera aislada para 138 KV.
* Para el trazado de la línea, se ha considerado de acuerdo a lo previsto por la EEASA, como punto de inicio la posición de salida a 69 KV, más próxima a la construida, en la subestación Babahoyo de TRANSELECTRIC; y, de llegada el pórtico de la subestación Caluma a 69 KV de propiedad de la EEASA.
* Se considera que la línea se proyectará con torres metálicas de suspensión y retención.
* Por minimizar el impacto ambiental por la construcción de la nueva línea a 138 KV Babahoyo-Caluma, en el tramo V2-V5 y, en cumplimiento a lo dispuesto por la EEASA, en dicho tramo la línea se ha proyectado en doble circuito, siguiendo la franja de servidumbre de la actual línea existente de propiedad de CNEL Los Ríos, que alimenta a 69 KV, desde la subestación Nelson Mera a la subestación Centro Industrial, tramo en el que se proyecta uno de los circuitos destinado a la línea de transmisión Babahoyo-Caluma y el segundo circuito destinado a CNEL Los Ríos. El calibre de conductor considerado en el circuito de CNEL Los Ríos es el ACAR 500 MCM.
* De igual manera la línea se ha proyectado en doble circuito entre los vértices V16 y la Subestación Caluma, de tal manera de considerar la futura salida de la línea de 69 KV, hacia la subestación Echeandía. Conductor utilizado ACAR 500 MCM.
* Proyectar la línea en lo posible evitando bosques o cultivos costosos.
* Tener el menor número de vértices y la menor longitud de línea posible
* Que el trazado se proyecte por zonas estables geológicamente
* Que vaya por lugares accesibles, lo más cercano a caminos existentes
* Mantener distancias mínimas normalizadas a instalaciones existentes.
* Evitar que el trazado de la línea se proyecte por zonas pobladas o construcciones existentes.
* El trazado de la línea se ha proyectado considerando en lo posible, que el impacto ambiental sea el mínimo posible.
* Que el trazado de la línea sea tanto técnicamente como económicamente favorable a los intereses de la EEASA.



## ALTERNATIVA DE RUTA No. 1 (RUTA ÓPTIMA)

La ruta No.1, parte desde la futura posición a 69 KV más próxima a la posición existente de 69 KV en la subestación Babahoyo de propiedad de TRANSELECTRIC. Implantándose el vértice V 01, en el eje de salida de dicho pórtico, proyectado junto al cerramiento de dicha subestación.

El vértice V 02, se ha implantado en la estructura E-41 tipo suspensión “S1G”, de la L/ST a 69 KV S/E Nelson Mera-S/E centro Industrial, existente, de propiedad de CNEL Los Ríos; estructura en la cual se bifurcan los conductores del doble circuito hacia la S/E Caluma y hacia la S/E Centro Industrial.

El vértice V 03 al V 04, se han implantado de tal manera que dicho tramo recorra dentro de la franja de servidumbre de la línea existente de 69 KV de propiedad de CNEL los Ríos, de tal manera de minimizar el impacto ambiental en dicho tramo por la presencia en su recorrido de dos líneas eléctricas de 69 KV y 138 KV existentes.

El vértice V-5, se ha ubicado en el sitio de implantación de la estructura No. E-3, tipo retención “AVGP” de la L/ST a 69 KV S/E Nelson Mera-S/E centro Industrial, existente, de propiedad de CNEL Los Ríos; estructura desde la cual se bifurcan los conductores del doble circuito hacia la S/E Caluma y hacia la S/E Nelson Mera.

El vértice V 06, se ha implantado, de tal manera de evitar el cruce de la línea de 69 KV, por sobre la vía principal asfaltada. El tramo V5-V6, recorre terrenos cultivables de arroz.

El vértice V 07, se ha implantado de tal manera que posibilite el cruce de la línea de sub-transmisión a 69 KV hacia San Juan de propiedad de CNEL Los Ríos, por sobre la línea existente. El tramo V6-V7, recorre sitios despejados con la presencia de cultivos de arroz.

El tramo V7-V8, recorre paralelo a la línea existente de 69 KV, para en el V8 separarse de dicha línea y continuar su recorrido hacia la S/E Caluma.

El V 09, se ha ubicado, de tal manera de evitar las instalaciones de empacadoras de banano de la hacienda San Luis; el tramo V8-V9, se caracteriza por atravesar zonas de cultivos de banano de una altura no mayor a los tres metros.

El V10, V11 y V12, están ubicados de tal manera de evitar zonas pobladas en los sectores de El Panigón y Tandaguillo, evitar instalaciones de empacadoras de banano junto al vértice V12 y, que su trazado se proyecte evitando la formación de varios ángulos debido al trazado de la vía que en este tramo forma una U. La línea en ciertos tramos de este trazado atraviesa zonas de cultivos de banano.

El V13, se ha ubicado, de tal manera de proyectar el trazado de tal manera de evitar zonas pobladas del sector La Unión.

Desde el vértice V13 hasta el V16, la línea se proyecta lo más cercano a la vía existente, evitando viviendas esporádicas del sector. Este trazado se caracteriza por cruzar por huertos propios del sector.

Los vértices V16 y V17, se han ubicado de tal manera que el trazado permita el cruce del río Caluma y no proyectar la línea por sobre las viviendas existentes en el sector. La vegetación existente son huertos en su gran mayoría.

El tramo V17-S/E Caluma, se ha proyectado, de tal manera de no atravesar zonas pobladas o de proyección urbanas de la ciudad de Caluma. Este sector se caracteriza por ser una zona de topografía irregular, estables, con vías intermedias que facilitan la construcción.

A la llegada a la S/E Caluma, la línea se ha proyectado, de tal manera de retener antes de la entrada a la S/E Caluma en una torre de retención, vértice V20, para a continuación, mediante la utilización de dos estructuras con postes de hormigón armado formando ángulos de deflexión de la línea de 90°, ingresar al pórtico de la S/E Caluma, el mismo que está ubicado al lado contrario de las posiciones de salida a los transformadores de potencia en dicha subestación.

Entre el vértice V21 y V22, la línea se proyecta por sobre la línea de 69 KV existente.

El vértice V22, de ingreso a la S/E Caluma, se ha implantado en el eje del pórtico de llegada a 69 KV definido por la EEASA, desde el cual se han implantado dos estructuras en postes de hormigón armado tipo AVGP, los cuales reciben cada uno de los circuitos de entrada al pórtico de la S/E Caluma.

## ALTERNATIVA DE RUTA No. 2

La alternativa de ruta No.2, se ha estudiado, sobre la base de la ruta preliminar proyectada por parte de CNEl Bolívar.

La ruta No.2, se proyecta igualmente desde el pórtico de 69 KV de la S/E Babahoyo, para continuar su recorrido por sobre los cultivos de caña existentes.

En el tramo VB3-VB4, VB7 a VB11 la línea se proyecta por zonas pobladas y de expansión urbanas especialmente de las poblaciones de El Panigón y Caracol.

En el tramo B11-B12-VB13, la línea se ha proyecta muy lejana de la vía existente atravesando por la parte intermedia plantaciones de banano existentes.

Entre el VB14 al VB20, la línea se proyecta similar al de la ruta No. 1,

En el tramo VB20-VB21, la línea se proyecta por zonas pobladas.

En el tramo VB21-S/E Caluma, la ruta se proyecta similar al trazado de la ruta No. 1

Con los antecedentes anotados, la ruta No.2 no ha sido seleccionada como una ruta óptima.

## ALTERNATIVA DE RUTA No. 3

La alternativa de ruta No. 3, se ha proyectado, tratando de conseguir una menor longitud de la línea.

En el tramo de línea entre la S/E Babahoyo y el VA1, la ruta sigue similar trayectoria al de la ruta No.1.

A partir del VA1 al VA6, la línea se proyecta por zonas pobladas y de proyección urbana de la ciudad de Babahoyo, en este tramo de línea se tiene la dificultad de evitar proyectar el trazado evitando dichas zonas pobladas. La única posibilidad sería circunvalando la ciudad de Babahoyo, con el consiguiente incremento en la longitud de la línea y su proyección por zonas pantanosas e inundables.

El tramo VA6 al vértice VA8, el trazado se caracteriza por proyectarse por zonas inundables cuyos costos se incrementan y la construcción del proyecto se dificulta.

El VA10, para mantener el trazado de la ruta cercano a la vía existente, obliga a implantarse dentro de áreas pobladas de la población de la Unión.

En el tramo V13 hasta la S/E Caluma, la línea se proyecta por igual trayectoria de la ruta No. 1.

Esta alternativa de ruta no ha sido escogida, básicamente por:

- La dificultad de cruzar con la línea de transmisión por áreas pobladas de la ciudad de Babahoyo.

- Proyectar la línea por zonas inundables y distantes de la vía existente

- Proyectar la línea por zonas pobladas de las poblaciones La Pinela, El Cuatro y la Unión.

## MATRIZ DE ANÁLISIS DE RUTAS

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| DESCRIPCIÓN | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 3 |
| Nivel de aislamiento | 138 KV | 138 KV | 138 KV |
| Tipo estructuras | Torres metálicas | Torres metálicas | Torres metálicas |
| Tipo Trazado | Rural | Rural | Rural |
| Longitud Aprox. (Km) | 52.8 | 52.5 | 50.2 |
| Afectación trazado a viviendas | No | Si | Si |
| Trazado por zonas inundables | Medio | Medio | Alto |
| Facilidad acceso | Medio | Medio | Difícil |
| Afectación cultivos | Bajo | Medio | Alto |
| Facilidad mantenimiento | Bajo | Medio | Alto |
| Impacto ambiental | Menor | Medio | Alto |

Del análisis de las alternativas de rutas, se concluye que la alternativa de ruta No. 1, es la más conveniente, tanto para los intereses técnicos, económicos y de menor impacto ambiental para la EEASA.

En el plano No. LT-BC-E-P-01, se presentan las alternativas de rutas en referencia; y, en el plano No. LT-BC-E-P-02, el trazado y la planimetría de la ruta definitiva.

# CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO ELECTROMECANICO

* Para el diseño se ha tomado en consideración las normas y especificaciones técnicas para el diseño y construcción de líneas de transmisión del EX-INECEL. Y TRANSELECTRIC
* Las líneas están ubicada a una altura inferior a los 1.000 m. sobre el nivel del mar, definiéndose como líneas de la Zona 1, según la clasificación indicada en las normas correspondientes.
* Para el diseño de esfuerzos en los conductores de la línea de 138 KV, se ha considerado, una tensión mecánica para una tensión EDS de los conductores de fase, de todos los días (Every Day Stress), del 21% de la tensión de rotura de los conductores de fase.
* Para el apantallamiento de la línea de 138 KV, se ha considerado un cable de guarda de fibra óptica tipo OPGW de 24 fibras.
* En los tramos de doble circuito a la salida de la S/E Babahoyo de TRANSELECTRIC y llegada a la S/E Caluma de la EEASA, se ha previsto la instalación de doble guarda OPGW.
* El ángulo de apantallamiento, considerado es no mayor a los 30 grados; y, una resistencia de puesta a tierra al pie de cada estructura no mayor de los 10 ohmios.
* La distancia mínima de seguridad del conductor al suelo a lo largo de su recorrido considerada en la parte rural es de 8 m, zonas inundables 8.50m y, en cruces con carreteros y vías principales de 10 m.
* Los parámetros de ubicación de las estructuras que definen las flechas finales del conductor y con la cual se ha diseñado la ubicación de estructuras, es aquel calculado para el vano regulador del tramo considerado, a una temperatura de 60ºC para la zona 1, con módulo de elasticidad final.
* La catenaria ha sido calculada, considerando la función coseno hiperbólico, para cada vano regulador de los tramos de la línea, comprendidos entre retenciones.
* Los vanos máximos calculados para cada una de las estructuras tipo se han determinado sobre la base de la distancia entre conductores por la geometría de diseño de las mismas y de las estructuras adyacentes, el factor de separación mínima especificada en medio vano, el ángulo de inclinación de los conductores debidos al viento y el vano regulador correspondiente.
* Para el diseño de la línea se ha considerado una línea tipo rural, instalada en torres metálicas, ensamblada con aisladores polímeros tipo suspensión y retención, en disposición triangular para simple circuito y en disposición vertical para doble circuito.
* Conductor utilizado, ACAR 500 MCM
* La línea Babahoyo-Caluma, en el tramo entre la S/E Babahoyo de propiedad de TRANSELECTRIC y el vértice V 05, se ha proyectado un doble circuito, de acuerdo a lo solicitado por la EEASA, un circuito para ser utilizado en la salida de la L/T Babahoyo-Caluma de propiedad de la EEASA y el segundo circuito para ser utilizado por CNEL Los Ríos. Igualmente, en el tramo final entre el vértice V16 y la llegada a la S/E Caluma de propiedad de la EEASA, se ha proyectado la línea con doble circuito, el primer circuito ara ser utiliz ado con la llegada de la L/T Babahoyo-Caluma y el segundo circuito para la salida a futuro de la L/ST Caluma-Echeandía, de propiedad de la EEASA.
* Los esfuerzos mecánicos sobre las estructuras y los diseños de las cimentaciones de las estructuras, se han determinado sobre la base de la utilización del conductor ACAR 500 MCM.

# CARACTERISTICAS GENERALES TECNICAS DEL PROYECTO

**Características técnicas generales de la línea:**

Voltaje de aislamiento: 138 KV

Numero de circuitos: 1 (Tramo V5-V16)

2 (Tramo S/E Babahoyo-V5; V 16-S/E Caluma)

Conductor: ACAR 500 MCM (EEASA)

Material conductor: Alambres de aluminio reforzados con alambres de aleación de aluminio

Cable de guarda: OPGW 24 fibras

Longitud aproximada: 53 Km.

Tipo de estructuras: Estructuras en torres metálicas de suspensión y retención.

Tipo de aislamiento: Aisladores de suspensión y retención tipo polímeros.

Angulo apantallamiento: Máximo 32º

Trazado de la ruta: Rural

Res. Puesta a tierra: 10 Ohm

Franja de servidumbre: 20 m de ancho, 10 m a cada lado del eje de la línea.

# DISEÑO MECANICO

En los planos No. LT-BC-E-P-05, se presentan los diseños de ubicación de estructuras de la línea eléctrica a 138 KV S/E Babahoyo-S/E Caluma.



## Condicionamiento Mecánico

**Características del conductor ACAR 500 MCM:**

Clave: ACAR 500 MCM

Número de hilos de Al 12

Número de hilos de Aleación de Al 7

Peso: 0.697 kg/m

Sección transversal: 253.35 mm2

Diámetro: 20.60 mm

Tensión de rotura: 5.352 kg

Módulo de elasticidad final: 6.400 kg/mm2

Módulo de elasticidad inicial: 5.650 kg/mm2

Coeficiente de dilatación: 0.000023 1/ºC

Capacidad de corriente: 633 Amp.

Resistencia eléctrica: 0.1198 Ω / km.

**Características cable de guardia de fibra óptica OPGW**

Numero hilos de aluminio: 12

Número hilos aleación de aluminio: 6

Peso Mínimo: 0.371 kg/m

Sección transversal: 89.82 mm2

Diámetro: 12-13 mm

Tensión de rotura Mín.: 4.900 kgf

Tensión de diseño Máx.: 750 Kgf

Módulo de elasticidad final: 10.700 kg/mm2

Módulo de elasticidad inicial: 8.780 kg/mm2

Coeficiente de dilatación: 0.0000172 1/ºC

### Determinación de tensiones en conductores e hilo de guardia.

**Tensión normal de conductores e hilo de guarda**

Temperatura Viento

Zona I 22 ºC Sin viento

**Tensión de temperatura mínima de los conductores e hilo de guarda**

Temperatura Viento

Zona I 5 ºC Sin viento

**Tensión máxima de viento en conductores e hilo de guarda**

Se considera una presión de viento efectiva sobre la superficie diametral de los conductores y cable de guardia de 20 kg/m2.

Temperatura Viento

Zona I 15 ºC 60 km/h

**Flecha máxima final en conductores e hilo de guarda**

Se considera las condiciones que determinan las correspondientes flechas finales de los conductores al transmitir la potencia nominal máxima de la línea.

Temperatura Viento

Zona I 60 ºC Sin viento

**Máximo porcentaje admisible de la tensión mecánica de rotura.**

**Porcentaje de la tensión de rotura**

**Inicial Final**

Conductores 33% 21.0%

Cable de guarda OPGW 20% 14.75%

**Cálculo de los esfuerzos en los conductores para los diferentes estados de carga, mediante la aplicación de la ecuación de cambio de estado.**

S’2 [S’+ K \* m2\* a2**/** S2 + K’ \* (Tf-Ti) - S] = K \* m’2  \*L2

K= We2 \*Ef / 24

K’= a\*Ef

We= Peso específico del conductor (Kg/m/mm2)

Ef = Módulo de elasticidad del conductor (Kg/mm2)

a = Coeficiente de dilatación lineal

L = Vano regulador

m = (Wh2 + CV2 / W2) ½

m’ = (W’h2  + C’V2 / W2) ½

CV = PV\*D

W = Peso unitario del conductor (Kg/m)

Wh = Peso unitario del conductor con o sin hielo para el estado inicial (Kg/m)

CV = carga unitaria de viento sobre el conductor con o sin hielo para el estado inicial ( Kg/m)

PV = Presión de viento sobre el conductor (Kg/m2)

D = Diámetro del conductor (m)

W’h = Peso unitario del conductor con o sin hielo para el estado final (Kg/m)

C’V = carga unitaria de viento sobre el conductor con o sin hielo para el estado final (Kg/m).

Sobre la base de lo indicado, se procedió a realizar el cálculo de los esfuerzos para cada uno de los conductores de fase e hilo de guarda, para diferentes estados de carga, módulo de elasticidad final y tensiones EDS especificados.

Los esfuerzos para el cable de guarda OPGW, se han determinado sobre la base de mantener una flecha del cable de guarda del 90% de la del conductor de fase.

Para el caso de entradas y salidas de pórticos de subestaciones y tramos muy cortos (<100m), se deberá considerar tensiones reducidas de acuerdo al detalle presentado en las observaciones de la tabla resumen de estructuras.

En el anexo No. LT-BC-E-A-01, se detallan las diferentes tensiones mecánicas en los conductores de fase ACAR 500 MCM y en el anexo No. LT-BC-E-A-02, las tensiones mecánicas del cable de guarda de fibra óptica OPGW de 24 fibras.

### Tipo y geometría de las estructuras

Los tipos de estructuras han sido seleccionados considerando la distancia mínima de seguridad al suelo, los esfuerzos producidos sobre cada estructura, alturas del punto de amarre, los límites de utilización para el cual son diseñadas dichas estructuras, levantamiento topográfico del perfil longitudinal del terreno, vanos de diseño y los ángulos de deflexión de la línea. Definiéndose en forma general los siguientes tipos de estructuras:

ESTRUCTURAS SIMPLE CIRCUITO

* Torre de suspensión liviana, tipo monobloque TSL+0, TSL+3, TSL+6, para ángulos de deflexión de línea de hasta 1º, con alturas al punto de amarre de 13.15m, 16.15m y 19.15m respectivamente.
* Torre de suspensión-retención pasante, simple circuito, monobloque tipo TSR, para ángulos de deflexión de línea de hasta 3º, con alturas al punto de amarre de 20.75m.
* Torre de retención pasante simple circuito de cuatro patas tipo A-10, para ángulos de deflexión de la línea de 0-11°, de altura al punto de amarre de 13.5 m.
* Torre de retención pasante simple circuito de cuatro patas tipo A-30, para ángulos de deflexión de la línea de 0-32°, de altura al punto de amarre de 13.5 m.
* Torre de retención pasante simple circuito de cuatro patas tipo A-60, A60+3, para ángulos de deflexión de la línea de 0-63°, de altura al punto de amarre de 13.5 m y 16.50 m, respectivamente.

ESTRUCTURAS DOBLE CIRCUITO

* Torre de suspensión liviana doble circuito tipo SL2, SL2+3, cuatro patas, para ángulos de deflexión de línea de hasta 1º, con alturas al punto de amarre de 14.15m y 17.15m respectivamente.
* Torre de suspensión pesada doble circuito tipo SP2, cuatro patas, para ángulos de deflexión de línea de hasta 4º, con alturas al punto de amarre de 14.15m
* Torre de retención pasante, doble circuito tipo AL2, cuatro patas, para ángulos de deflexión de línea de hasta 10º, con alturas al punto de amarre de 14.50m.
* Torre de retención y terminal doble circuito tipo AR2, AR2+3, para ángulos de deflexión de línea de hasta 73º, con alturas al punto de amarre de 14.50m Y 17.5m, respectivamente.
* Estructura en postes de hormigón armado tipo retención AVGP, simple circuito, con altura del poste de 20m, para ángulos de la línea de hasta 90° (Entrada L/T S/E Caluma)

En los planos No. LT-BC-E-P-03 y No. LT-BC-E-.P-04, se detallan las características geométricas de las estructuras tipo para simple circuito y doble circuito respectivamente, utilizados en el proyecto; y, en el plano No. LT-BC-E-P-11, el detalle de las perforaciones en los postes de hormigón armado de la estructura tipo AVGP.

### Esfuerzos en los conductores

La condición de máxima tensión del conductor depende del valor del vano regulador para un tramo definido, si este es reducido la condición de máxima tensión del conductor se presenta para condiciones de temperatura mínima, mientras si dicho vano es grande, la tensión máxima se presentará para viento máximo.

En condiciones de viento máximo o temperatura mínima la condicionante es no superar el límite elástico del conductor, evitándose de esta manera las deformaciones permanentes.

Se ha considerado para el diseño de la línea Babahoyo-Caluma, simple circuito, una tensión mecánica EDS de los conductores de fase, del 21% de la tensión mecánica de rotura del conductor (TR) y para el cable de guarda OPGW, una tensión EDS del 14.00% TR; Para tramos cortos inferiores a los 40m, se considera tensiones reducidas.

**Cargas verticales.**

Se ha considerado, peso del conductor, accesorios y amortiguadores, aplicados en los puntos de suspensión o retención de cada fase o hilo de guardia más el factor de seguridad para cargas normales. Adicionalmente se ha considerado para estructuras de suspensión un peso adicional en los conductores de 100 kg, correspondiente a un operario ubicado en los puntos considerados con sus herramientas, y 200 kg. para estructuras de retenida y terminal; para el caso del cable de guardia se ha considerado un valor de 100 kg, tanto para suspensión como retención.

**Sobre carga vertical.**

Se considera una sobrecarga vertical igual al peso del conductor, empleando el vano peso correspondiente, aplicados en los puntos de suspensión o anclaje de las fases correspondientes, o igual al peso del cable de guardia aplicado en el punto de sujeción de este más el factor de seguridad para cargas eventuales. Para este efecto se considera la influencia del viento sobre los conductores en un valor de ¼ del valor del viento máximo.

**Cargas transversales.**

En forma general se ha considerado el efecto de viento sobre los conductores, cables de guardia, aisladores; y, el ángulo de deflexión de la línea.

Se consideran las siguientes presiones de viento:

Conductores y cables de guardia: 20 kg/m2

Aisladores: 23 kg/m2

El viento se considera a 90º con respecto al eje de la línea o a la normal de la bisectriz del ángulo de la línea.

Se considera un factor de ráfaga de 0.9 del valor total de la carga de viento.

La carga de viento, se considera normal al plano vertical que contiene el vano y actuando en el punto de suspensión o anclaje de los conductores.

El efecto de ángulo se considera para el cual la estructura ha sido diseñada, el valor considerado es aquel valor resultante de las tensiones mecánicas producidas a ambos vanos adyacentes de las estructuras de los conductores no cortados.

H= (Pv x d x Vm x Fr)Fs + (2To Sen A/2) x Fr

En donde:

H= Esfuerzo transversal

Pv= Presión de viento

D= Diámetro del conductor

Vm= Vano medio

To= Tensión máxima del conductor

A= Angulo de deflexión de la línea

Fr Factor de ráfaga

Fs= factor de seguridad

Sobre carga longitudinal para estructuras de suspensión

Se considera el esfuerzo producido en las estructuras simple circuito, por la rotura de un solo conductor o cable de guardia, aplicado en el punto de suspensión más desfavorable de dicho conductor; para estructuras de doble circuito, se considera la rotura de dos

Puesto que esta condición de rotura de un conductor es excepcional considerándose adicionalmente la reducción de este esfuerzo debido a la desviación de las cadenas de suspensión producida por la rotura de un conductor, el valor de esta carga considerada en los conductores de fase es del 50% de la tensión máxima del cable roto y en el cable de guarda el 60%, más el factor de seguridad correspondiente para cargas eventuales.

Para este efecto se considera la influencia del viento sobre los conductores en un valor de un cuarto del viento máximo.

**Sobre carga longitudinal para estructuras de retención**

Para estructuras de un solo circuito, se considera el esfuerzo correspondiente a la rotura de un cable de guardia o de un conductor de fase; para estructuras de doble circuito se considera el esfuerzo correspondiente a la rotura de un cable de guardia y de un conductor de fase o la rotura de dos conductores de fase, sin reducción alguna de su tensión mecánica máxima, aplicada en forma similar al de la estructura de suspensión más el factor de seguridad correspondiente para cargas eventuales.

**Desequilibrio longitudinal para estructuras de suspensión.**

Este valor se ha obtenido considerando la mayor diferencia de tensiones en vanos adyacentes, aplicadas en los puntos de suspensión de los conductores y cable de guardia, considerándose el valor del 20% de la tensión mecánica final de los conductores y cables de guardia. Este esfuerzo se considera distribuido en cada uno de los puntos de sujeción de los conductores de fase e hilo de guardia.

**Desequilibrio longitudinal para estructuras de retención terminales.**

Se considera un esfuerzo igual a las tracciones unilaterales máximas de todos los conductores e hilo de guardia, considerándose cada esfuerzo aplicados en cada uno de los puntos de sujeción de los conductores y cable de guardia.

### FACTORES DE SOBRECARGA

Para la determinación de los árboles de carga de las estructuras, se consideran cargas finales máximas, que incluyen factores de seguridad o sobrecarga, las mismas que obligadamente deben ser consideradas en el cálculo estructural para el suministro de las estructuras metálicas.

Se considera los siguientes factores de sobrecarga:

Cargas verticales: 1.40

Sobrecarga vertical: 1.20

Viento: 1.50

Efecto de ángulo: 1.40

Sobrecarga longitudinal: 1.20

Desequilibrio longitudinal: 1.20

Terminal: 1.40

### CARGAS FINALES EN LAS ESTRUCTURAS

Con todas las consideraciones indicadas en los numerales anteriores, se han determinado las cargas finales, que incluyen los factores de seguridad para cada una de las estructuras y que servirán de base para los cálculos estructurales de fabricación de las mismas, cuyo detalle se presenta en el anexo No LT-BC-E-A-05.

En el Anexo No. LT-BC-E-A-04, se presenta el detalle de los esfuerzos de trabajo máximos, que NO incluyen factores de seguridad, para cada una de las estructuras metálicas de la línea proyectada, los mismos que han sido considerados para el diseño de las cimentaciones de las mismas; de tal manera que, los factores de seguridad que se consideran en los diseños electromecánicos, no se dupliquen con aquellos considerados por el diseño de las cimentaciones de las estructuras y por lo tanto evitar el sobredimensionamiento de las bases de las estructuras.

Tomando en consideración el cálculo de las cargas finales de los conductores, se han determinado los árboles de carga finales para cada una de las estructuras metálicas tipo, presentándose dichos valores en los planos No. LT-BC-E-P-06. Arboles de carga que consideran factores de seguridad y esfuerzos últimos o finales, los mismos que permitirán el diseño estructural correspondiente para el suministro y fabricación de dichas torres.

En los planos No. LT-BC-E-P-07, se presentan los árboles de carga de trabajo, que NO consideran factores de seguridad, sobre la base de los cuales, se ha realizado los diseños de las cimentaciones de las estructuras.

### Determinación del esfuerzo útil de los postes

Los postes a la llegada de la línea de 69 KV a la S/E Caluma, se han determinado sobre la base que los esfuerzo mecánicos de los conductores, sean absorbidos por la instalación de tensores en alineación a la resultante de los esfuerzos producidos en la cara ancha; en la cara angosta, los esfuerzos de los conductores serán absorbidos por la resistencia del poste en su cara ancha, considerando la entrada a la subestación vanos flojos.

### Vano Medio o vano viento

Es la media aritmética de los vanos adyacentes.

### Vano Regulador

Generalmente entre dos soporte de retención o anclaje se ubican otras estructuras de suspensión, formando un tramo de línea.

Es posible encontrar un vano regulador teórico, que empleado en el cálculo, permite que las tensiones horizontales del conductor, en cada una de las estructuras de suspensión, tiendan a ser iguales, de tal manera que en dichas estructuras de suspensión se mantengan verticales las cadenas de suspensión.

El vano regulador viene dado por la expresión:

Vr² = (V13 + V23 + ... + Vn3)/(V1 + V2 + ... + Vn)

En donde V1, V2, ..... Vn, son los vanos del tramo considerado.

En las tablas resumen de ubicación de estructuras para cada una de las líneas, se detallan los vanos reguladores para cada uno de los tramos de línea correspondientes.

### Vano Gravante o Vano Peso

Es la longitud del conductor o cable de guardia que debe considerarse para determinar el efecto de su peso sobre el soporte; esto es, el soporte carga una longitud determinada de conductor en ambos vanos contiguos a la estructura

Usualmente se considera que el vano peso es la distancia horizontal entre los vértices de las catenarias contiguas al soporte considerado.

El cálculo del vano gravante se realiza considerando la tensión de mínima temperatura.

Vg= Vm – P(Ha/Sa+Hb/Sb)

Vg= Vano gravante

Vm= Vano medio

Ha= Desnivel entre estructuras hacia atrás

Sa= Vano atrás

Hb= Desnivel estructuras adelante

Sb= Vano adelante

El detalle de los vanos medio, regulador y peso en cada una de las estructuras se tabulan en la tabla resumen de ubicación de estructuras, Anexos No. 3.

### Peso de los conductores en los puntos de sujeción de los conductores y cable de guarda (Vc, Vcg).

El peso del conductor en los puntos de sujeción de los conductores es determinado mediante la relación entre el vano gravante o peso del conductor y el peso unitario de los mismos.

### Angulo de desviación de las Cadenas de aisladores

El ángulo de desviación de la cadena de aisladores en las estructuras de suspensión, se han determinado mediante la relación entre el esfuerzo transversal máximo por acción del viento y el peso de los conductores, valor que permite determinar la utilización de pesos adicionales en caso requerirse, de tal manera de mantener las distancias a masa de los conductores de fase de acuerdo a lo estipulado en el numeral 7.1 más adelante indicado.

|  |  |
| --- | --- |
| ESTRUCTURA TIPO | ANGULO MAXIMO DE DESVIACION |
| Estructura metálica de suspensión liviana | 59º |
| Estructura metálica de suspensión pesada | 70º |

En la tabla resumen de ubicación de estructuras, se detallan los ángulos de desviación de las cadenas de aisladores finales, determinándose la necesidad de instalación de pesas, para ángulos que superan los valores de desviación de la cadena calculados.

### Tensiones y flechas de tendido de conductores, cable de guardia OPGW.

**Tensiones de tendido.**

Las tensiones y flechas de tendido de los conductores de fase, se han calculado, sobre la base de la tensión de todos los días EDS considerados tanto para la zona rural como urbana, sin viento, módulo de elasticidad inicial y Creep del conductor, para diferentes temperaturas de tendido, vanos reguladores, vanos entre estructuras; y, aplicando las ecuaciones de cambio de estado.

Para el caso de las tensiones y flechas de tendido del cable de guarda OPGW, se ha considerado la tensión EDS estipuladas, sin viento, módulo de elasticidad inicial, para diferentes temperaturas de tendido.

En el anexo No. LT-BC-E-A-09, se detallan las tensiones y flechas de tendido para cada uno de los tramos, vanos y temperaturas de tendido para los conductores ACAR 500 MCM y en el anexo No. LT-BC-E-A-10, para el cable de guardia OPGW.

Se debe prever la reducción de tensiones en las entradas y salidas de los pórticos de las subestaciones proyectadas y en tramos inferiores a 50m de longitud, de tal manera de no sobrecargar los mismos.

Las tensiones de tendido se han calculado mediante la utilización de la ecuación de cambio de estado y sobre la base de la tensión de rotura considerada del cable OPGW.

### Determinación de la longitud de carretes de cable de fibra óptica tipo OPGW.

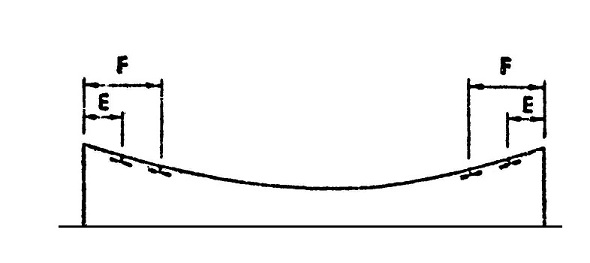
En el anexo No. LT-BC-E-A-07, se detalla las longitudes de los carretes de cable de guarda de fibra óptica tipo OPGW, para la línea proyectada, longitud que se ha determinado considerando la longitud real desarrollada del cable OPGW, para una condición de temperatura de máxima flecha a los 60ºC, más una cantidad adicional de cable (1.5 veces la altura de la estructura) para la realización de empalmes de fibra óptica a nivel del piso de las estructuras.

### Amortiguadores

Los conductores de fase e hilo de guarda, serán protegidos contra vibraciones debidas al viento, mediante la utilización de amortiguadores tipo STOCKBRIDGE para conductores de fase y tipo preformados para el cable OPGW, los mismos que de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes, se han previsto su instalación de acuerdo a la tabla abajo indicada por conductor y vano, cuyo detalle se presenta en la tabla resumen de estructuras, para cada una de las líneas proyectadas.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Vano**  **(m)** | **Número Amortiguadores Conductores** | **Número Amortiguadores Cable OPGW** |
| 1. – 180 | 1 | 1 |
| 180 – 360 | 2 | 2 |
| 360 - 670 | 4 | 4 |
| > 670 | 6 | 6 |

Las distancias consideradas a las que deberán instalarse los amortiguadores, serán las siguientes:



|  |  |
| --- | --- |
| Diámetro del conductor (mm) | Distancia amortiguador “E “ (m) |
| 12-13 (OPGW) | 0.762 |
| 20.60 (ACAR 500 MCM) | 1.14 |

Las distancias, deberán ser consideradas, para estructuras de suspensión, desde el punto de engrape de la grapa de suspensión, y para estructuras de retención, desde el final de la grapa de retención.

El segundo amortiguador se deberá considerar a igual distancia de las estipuladas en dicha tabla, medidas desde el punto de engrape del último amortiguador instalado.

# CONDICIONAMIENTO ELECTRICO



## Distancias mínimas de seguridad a masa, entre conductores y al suelo

**DISTANCIAS A MASA**

Los conductores bajo tensión deben mantener, desde los elementos constitutivos de la estructura puestos a tierra, las siguientes distancias mínimas:

L/T 138 KV

1. Condición normal de la cadena inclinada 30º con relación a la vertical.

Zona I 1.30 m.

1. Condición de ángulo máximo

Zona I 60 cm.

**DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES**

Los conductores de un mismo vano deberán mantener entre si una distancia definida por la siguiente expresión:

a = k1  + k2

Donde:

a = Separación entre conductores en metros.

Fe= Flecha final del conductor en metros, para la condición de máxima flecha

Le= Longitud de la cadena de aisladores en metros.

K1= Factor que depende del ángulo de inclinación del conductor debido al viento (0.6 a 0.65).

K2= Separación mínima en medio vano: 0.92 para la zona I (138 KV).

Vmax ady= VR\*

En donde:

V max ady= Vano máximo adyacente

VR= Vano regulador

fmax= Flecha máxima

fr= Flecha máxima para el vano regulador

Sobre la base de lo expuesto, se han calculado los vanos máximos para cada uno de los tipos de estructuras, detallándose los límites de utilización de las estructuras en el plano que se presentan los tipos de estructuras.

**DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL SUELO**

La altura de las estructuras están diseñadas para que los conductores con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, a una altura de:

138 KV

* Cruce de carreteros y/o calles principales: 10.0 m
* Caminos de primer orden: 9.00 m
* Cruce Áreas rurales: 8.00 m
* Cruce Bananeras: 8.50 m
* Cruce cultivos de Caña: 9.00 m
* Cruce zonas inundables: 8.50 m

## Distancia vertical de separación en cruces con líneas eléctricas

La distancia mínima vertical entre los conductores de las líneas en el punto de cruce, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

Dv = 1.5 + (KVs + KVi)/170 [m]

Dv= Distancia vertical entre conductores en el cruce

KVs= Voltaje de la línea superior (KV)

KVi= Voltaje de la línea inferior (KV)

La distancia vertical para las condiciones más desfavorables, se considera para el cable superior, la flecha para máxima temperatura; y para el cable inferior, la flecha de mínima temperatura.

En aplicación a lo indicado, en cruces de la línea de 138 KV con líneas de 69 KV, el valor mínimo considerado es de 2.75 m. Para cruces con líneas de distribución de 13.8 KV, la distancia mínima de seguridad aplicada es de 2.40 m.

En los casos que no se cumpla, en los cruces de los alimentadores de 13.8 KV y líneas de baja tensión, con la distancia mínima de seguridad especificada, la EEASA, deberá realizar las adecuaciones correspondientes en dichos alimentadores, para que se cumplan las distancias de seguridad correspondientes.

## Resistencia de puesta a tierra de las estructuras

En el anexo No.LT-BC-E-A-12, se presenta un detalle de las mediciones de resistividad del suelo realizadas a lo largo de la línea Babahoyo-Caluma.

Sobre la base de las mediciones de resistividad del terreno realizada a lo largo de la línea, mediante la utilización del equipo de medición de resistividad del suelo, de marca LEM-SATURN GEO, se ha determinado el tipo de puesta a tierra a ser utilizado en la línea, de acuerdo a la tabla más adelante detallada. Sin embargo de lo cual y si en las mediciones de la resistencia de puesta a tierra no se alcanza el valor especificado de 10 ohmios, se deberá utilizar contrapesos o incrementar la longitud de los mismos.

Las expresiones que a continuación se detallan, han sido aplicadas para el cálculo de las puestas a tierra:

UNA VARILLA DE PUESTA A TIERRA (TIPO I)

Siendo:

= Resistividad del suelo (Ω-m)

= Longitud de la varilla (m)

A = Radio de la varilla

R = Resistencia de puesta a tierra

Una varilla de puesta a tierra para resistividad=70 Ohmios- metro

DOS VARILLAS DE PUESTA A TIERRA (TIPO II)

En donde:

A= Radio equivalente

a = Radio de la varilla (m)

S = Separación entre varillas

Dos varillas de puesta a tierra para resistividad=95 Ohmios- metro

CONTRAPESOS (TIPO III)

En donde:

= Longitud del contrapeso

A= Radio del cable

d = Profundidad de enterramiento del contrapeso (0.5 m)

Las puestas a tierra se han clasificado de acuerdo a la zona en:

TIPO DE PUESTA A TIERRA

DESCRIPCION RESISTIVIDAD OBSERVACIONES

Zona 1 0-70 Ω –m (Una varilla de puesta a tierra)

Zona 2 70-95 Ω –m (Dos varillas de puesta a tierra)

Zona 3 230-650 Ω –m (Contrapeso)

LONGITUD DEL CONTRAPESO

(R=10 OHMIOS)

(m) (Ω –m)

20 140

40 220

60 300

80 380

100 445

120 515

140 590

160 660

180 720

En la determinación de la resistividad del terreno, la resistividad del concreto de las estructuras, se considera como un factor que reduce a los valores reales de la resistividad del suelo en aproximadamente 35 (Ω–m).

El tipo de puesta a tierra para cada estructura, se detalla en el anexo del resumen de ubicación de estructuras No. LT-BC-E-A-03.

En el plano No. LT-BC-E-P-08, se detalla la instalación de puestas a tierra en las estructuras metálicas y postes de hormigón armado.

## CALCULO DEL NIVEL DE AISLAMIENTO

Zona: 1

Voltaje nominal: 138 KV

Altura sobre el nivel del mar: 5 m - 500 m

Número de estructuras: 203

Temperatura ambiente: 25°C

Nivel Ceráunico (N): 20

Número de fallas aceptables (F): 1 por 50 km de L/T por año

Longitud de la L/T: 53 km

Resistencia de puesta a tierra: 10 ohm

Densidad relativa:

 b: presión atmosférica (cm de Hg)

t: temperatura ambiente (°C)

 h: altura sobre el nivel del mar (m)





### Voltaje pico:



### Voltaje RMS:



### Sobre voltaje a frecuencia industrial:

Se considera un sobre voltaje por fallas de 1.43 y un voltaje de operación máximo del 5% del voltaje nominal.



A). Corrección probabilística

“El aislamiento debe resistir con una probabilidad del 97%, considerando el número total de estructuras y para una desviación estándar del 5% del voltaje crítico”.











B). Corrección para condiciones atmosféricas



CFO = voltaje crítico probabilístico

H = factor de corrección de la humedad

K = factor de corrección de lluvia

M = factor que depende de la longitud de la

cadena



El número de aisladores requeridos para soportar esta condición, bajo lluvia, es de 4 aisladores de 10”x 5 ¾”, según norma ANSI C29.1.

C). Espaciamiento en aire

“El aislamiento debe resistir con una probabilidad del 99.8%, considerando el número total de estructuras y para una desviación estándar del 3% del voltaje crítico” en condiciones secas.











CFO = 160.747 kV



Vc = 176.63 KV

El número de aisladores requeridos para soportar esta condición, bajo lluvia, es de 5 aisladores 10” x 5 ¾”, según norma ANSI C29.1.

Sobre voltaje de maniobra

Considerando un sobre voltaje por unidad de 3.5 Zona I



A). Corrección Probabilística

Para 1 estructura (P = 97,7%) k = 2

Para 203 estructuras k = 3.70



B). Corrección por condiciones atmosféricas





El número de aisladores requerido por voltaje de impulso son 6 aisladores de 10” x 5 ¾”.

### Sobre voltaje de origen atmosférico.

Ng = Número de descargas atmosféricas por km y por año

Ns = Número de descargas atmosféricas por 100 km por año

N= Nivel ceráunico = 20

h= Altura promedio del cable de guarda : 19.27 m

α= Angulo de apantallamiento: 30°

P1= Probabilidad que falle el aislamiento

F= Número de fallas en la L/ST

I= Corriente del rayo

C= Factor de acoplamiento

Zn= Impedancia característica del cable de guarda aprox. 500 ohmios

a= Distancia entre el conductor y el cable de guardia

b= Distancia entre el conductor y la imagen del cable de guardia

R= Resistencia de pie de torre: 10 ohmios

L= Longitud de la línea =53 km

Ng = 0,025 (N) 1.3

Ng = 1.228



h= ht-0.66 x (ht-hc)

h= 23.89-0.66 x (23.89-16.89)

h= 19.27



P1= se obtiene sobre la base del ángulo de protección del cable de guarda (30°) y la altura de la estructura (23.90)= 0.010

F1 = P1 x Ns = 0.01 x 5.0166 = 0.0501

F = F1 + F2

F = 1.0 (A nivel de 138 KV)

F2 = F – F1 = 0.999



I max= 40 KA





Vm = (1 – C) x R x I x1.6+

Vm= (1-0.2259)x10x40x1.6+112.676 = 608.04 KV

F.1 Corrección probabilística



Para 203 estructuras P (97%) = 3.70



F.2 Corrección por condiciones atmosféricas



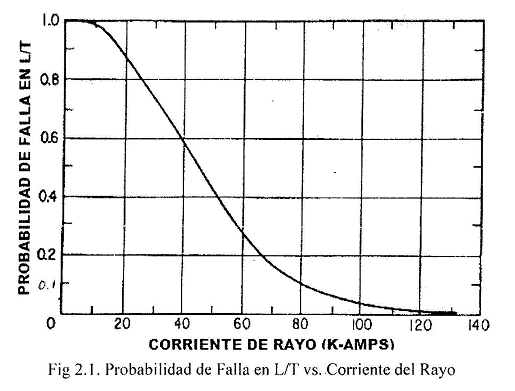
El número de aisladores requeridos para soportar este voltaje de impulso positivo o negativo es de: 8 aisladores de 10” de diámetro y 5 ¾” de altura tipo estándar, equivalente a una distancia de fuga del aislador de 2.336,80 mm.

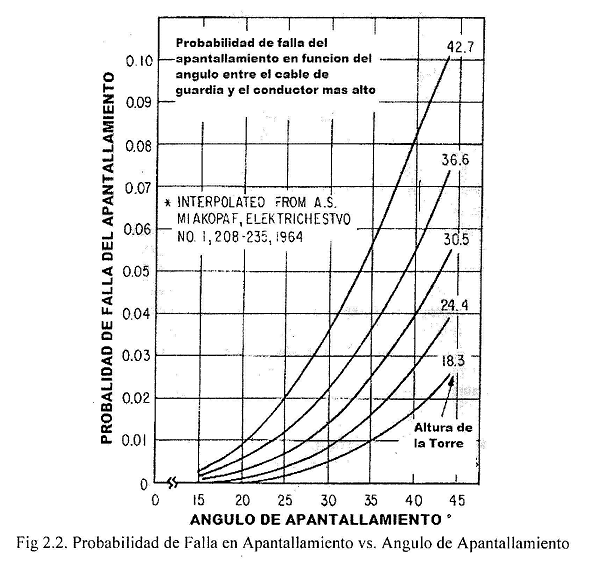
### Aisladores por contaminación

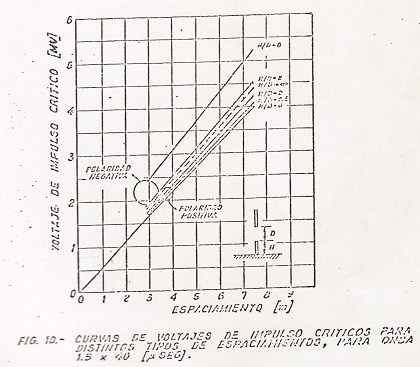
Voltaje RMS f-N = 79.67 KV

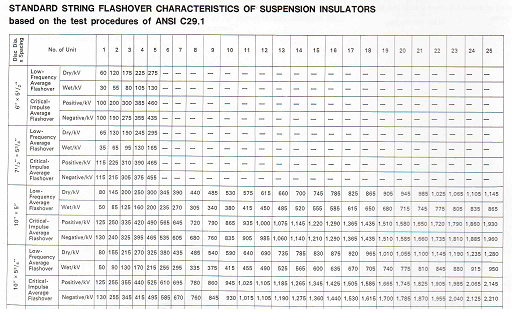
De acuerdo a las normas del Ex- INECEL, considerando un nivel de contaminación medio, el valor determinado es de 29.8 mm/KV f-T, equivalente a una distancia de fuga mínima del aislador de 2.374,16 mm.

Para el caso de utilización de aisladores tipo ANSI 52.3, con una distancia de fuga de 292.1 mm/KV, el número de aisladores será de 9 para cadenas de suspensión y 11 aisladores para cadenas de retención.









# BRECHA FORESTAL

DEFINICIONES

* Derecho de vía.

Franja de terreno que se ubica a lo largo de la línea de transmisión, cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea, con un ancho definido de 20 m, 10 m a cada lado del eje de la línea para zonas rurales.

* Área de maniobra.

Que corresponde al área circundante a las estructuras de 4m x 4m. (simple circuito) y 6x6 (Doble circuito)

* Brecha de maniobras y patrullaje.

Franja de terreno ubicada sobre el eje central del derecho de vía a lo largo de la trayectoria de la línea de transmisión, utilizada para el paso del personal y el tendido de conductores, con un ancho que dependerá del tipo de vegetación

* Brecha forestal.

Área restante del derecho de vía a los costados de la brecha de maniobras y patrullaje.

Para la brecha forestal, se deberá tomar en cuenta las dimensiones de acuerdo a las distancias determinadas en el plano No. LT-BC-E-P-10.

# TABLA RESUMEN DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

En el anexo No. LT-BC-E-A-03, se detalla la tabla resumen de ubicación de estructuras de la línea de transmisión a 138 KV Babahoyo-Caluma; tabla resumen en las que se detallan:

* Número de estructuras
* Georeferenciación en el sistema WGS 84 de cada una de las estructuras
* Tipo de estructura
* Altura de las estructuras
* Cotas del terreno
* Vanos entre estructuras
* Tensiones de máxima y mínima temperatura del conductor
* Vano peso
* Vano medio
* Vano regulador
* Parámetro de ubicación de estructuras
* Angulo de deflexión de la línea
* Amortiguadores
* Orientación de instalación de las estructuras
* Puestas a tierra

# RESUMEN DE MATERIALES

En el anexo No. LT-BC-E-A-11, se detalla el peso estimado de las estructuras metálicas

En el plano No. LT-BC-E-P-09, se detallan los ensamblajes de los conjuntos de suspensión y retención para los conductores de fase y cable OPGW.

En el anexo No. LT-BC-E-A-06, se detallan la cantidad de materiales y herrajes por estructura y totales para la línea proyectada.

# ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA CONSTRUCCIÓN CIVIL Y ELECTROMECÁNICA Y PRESUPUESTOS REFERENCIALES DE SUMINISTRO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.

En el Anexo No. LT-BC-E-A-14, se detalla el presupuesto referencial del costo del suministro de las estructuras, conductores, herrajes y materiales para la línea proyectada; en el Anexo No. LT-BC-E-A-15, se detalla el presupuesto referencial para la construcción electromecánico y civil de la línea proyectada, realizada sobre la base de un análisis de precios unitarios; y, en el Anexo No.LT-BC-E-A-16, el presupuesto referencial total de la construcción de la línea.

En el Anexo No. LT-BC-E-A-17, se presenta el cronograma de actividades para el suministro y construcción del proyecto, en el que se detallan los rubros correspondientes y su costo, para cada una de las actividades y los tiempos estimados tanto para la adquisición de estructuras, conductores, herrajes y materiales; y, la construcción de obras civiles y montaje electromecánico.

# DISEÑO DE UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

Con las consideraciones de las geometrías de las estructuras tipo, alturas mínimas de los conductores al suelo, ángulos de deflexión de la línea, distancias eléctricas entre conductores y a masa, alturas de las estructuras al punto de amarre, esfuerzos mecánicos considerados en el diseño (cuyo detalle se presentan en las observaciones de las tablas resumen de ubicación de estructuras), vanos reguladores, planos topográficos del levantamiento longitudinal a lo largo del eje de las líneas eléctricas, consideraciones de viento y temperatura máxima, distancias mínimas de seguridad en cruces con líneas eléctricas existentes y árboles de carga de las estructuras, se ha procedido a realizar mediante la utilización de la ecuación de cambio de estado, el diseño de ubicación de estructuras, cuyo detalle, se presenta en los planos No. LT-BC-E-P-05.

En el plano No. LT-BC-E-P-02, se presenta el detalle del levantamiento planimétrico de la línea con la ubicación de cada una de las estructuras, debida mente georeferenciados en el sistema WGS 84.

# CALCULO DEL CONDUCTOR ECONÓMICO

El Cálculo del conductor económico, que se presenta en el Anexo No. LT-BC-E-A-08, se ha realizado considerando la utilización en el proyecto de los conductores ACAR 300 MCM, ACAR 500 MCM y ACAR 700 MCM.

El período de tiempo considerado a 69 KV es de 15 años, a partir del cual se considera que la línea operará a 138 KV.

La potencia inicial considerada es de 17.5 MVA

La longitud de la línea de 52.8 km.

El crecimiento de la demanda de un 5% anual

Factor de potencia del proyecto 0.9

Costo del KWH de 0.05 USD

Con los valores considerados, se han realizado cálculos para cada año y dichos valores se han traído a valor presente para ser comparados.

Dentro de los cálculos, se considera el costo del suministro y construcción utilizando cada uno de los conductores previstos en el cálculo.

Del análisis realizado, se concluye que el conductor ACAR 500 MCM, es el más conveniente económicamente a los intereses de la EEASA.

# ESTUDIO DE DESAGREGACIÓN TECNOLOGICA

En el anexo No. LT-BC-E-A-19, Se presenta el análisis de desagregación tecnológica, considerado como base los formatos disponibles en el Instituto de Contratación Pública INCOP.

# PROPIETARIOS AFECTADOS POR EL PASO DE LA LÍNEA ELÉCTRICA

En los planos del levantamiento topográfico del perfil longitudinal de la línea LT-BC-E-P-05 y planimétrico No. LT-BC-E-P-02, se detallan debidamente georeferenciados, los linderos y propietarios afectados por el paso de la línea eléctrica Babahoyo-Caluma. Adicionalmente en el Anexo No. LT-BC-E-A-13, se presenta el listado de propietarios con linderos georeferenciados, afectaciones, identificación de propietarios y restricción del uso del suelo por la implantación de estructuras.

# DEFINICION DE PATAS EN LAS ESTRUCTURAS

El diseño presenta un detalle en Autocad, de la definición de las patas de cada una de las estructuras de doble circuito y vértices de la línea, sobre la base de los perfiles diagonales tomados en el terreno y una silueta preliminar considerada para cada una de las estructuras; por lo que, en la construcción y sobre la base de la silueta real de las estructuras proporcionadas por los fabricantes de las mismas, el replanteo de las áreas de implantación de las bases de cada una de las torres y las patas a ser utilizadas definitivamente, se deberán determinar las explanaciones y/o extensiones de columnas a ser construidos y por lo tanto el diseño definitivo de las cimentaciones de las estructuras. En la definición de materiales, se ha considerado extensiones de patas, de acuerdo al detalle manifestado para los tipos de torres correspondientes, de tal manera que las mismas permitan, al momento de la construcción, realizar modificaciones al diseño de las cimentaciones presentadas. En los planos No. LT-BC-E-P-12, se presenta el detalle de los perfiles diagonales y las extensiones de pata requeridas preliminarmente para cada una de las estructuras.

# REPLANTEO DE ESTRUCTURAS

Sobre la base del levantamiento topográfico del perfil longitudinal de la línea de transmisión, el diseño de ubicación de estructuras y la tabla resumen de estructuras, se ha procedido en el terreno, a replantear cada uno de los sitios de implantación de las estructuras, mediante mojones de hormigón armado, con sus referencias correspondientes

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

* 1. **CONCLUSIONES**



* En el diseño se han utilizado los más recientes conocimientos y criterios técnicos y económicos aplicados en proyectos de construcción de líneas de sub-transmisión eléctricos de 138 KV.
* Por requerimientos técnicos de la EEASA, la línea se ha proyectado aislada para 138 KV, por lo que su diseño se ha realizado considerando dicho nivel de voltaje.
* Por convenir a los intereses técnicos de la EEASA, la línea se ha proyectado en doble circuito desde la subestación Babahoyo de TRANSELECTRIC hasta el vértice V5, de tal manera de permitir en el futuro que uno de los circuitos sea utilizado por CNEL Los Ríos. De igual manera se ha proyectado en doble circuito desde el vértice V16 hasta la subestación Caluma, de tal manera de permitir en el futuro a la EEASA, proyectar la nueva línea de 69 KV S/E Caluma-S/E Echeandía.
* Las torres de doble circuito se han proyectado para instalar doble cable OPGW de 24 fibras.
* En la longitud de los tramos de cable OPGW, se ha considerado que los empalmes se realicen en el piso, por lo que el diseño considera en el programa de utilización de los carretes de dicho cable, una longitud adicional de 1.5, veces la altura de la estructura correspondiente.
* Las estructuras de entrada y salida de subestaciones, se han implantado, de acuerdo a lo previsto en coordinación con la EEASA; y, sobre la base del levantamiento topográfico realizados.
* Se ha considerado para la protección contra descargas atmosféricas, comunicaciones y control, la utilización de cable de fibra óptica OPGW
* En la tabla de cantidades y precios se ha considerado valores fijos para las actividades de caminos de acceso, desbroce e impacto ambiental; por considerarse conveniente a los intereses de la EEASA.
* Las estructuras de retención tipo TSR, A-10, A-30, A-60 y AL2, se han diseñado como estructuras de retención NO Terminales, por lo que al momento del tendido y regulado de conductores deberán instalarse tensores provisionales que absorban los esfuerzos mecánicos de los conductores.
* La torre tipo TSR, se ha proyectado del tipo suspensión-retención, para lo cual en el regulado de dicho tramo, dicha torre se considera como suspensión, luego de lo cual y cuando los esfuerzos estén igualados a cada lado de la torre, se deberá retener dichos conductores.
* Las torres tipo AR2, se han diseñado como torres de retención de anclaje pasante y de retención terminal.
* Cada una de las estructuras se han georefenciado en el sistema WGS 84 y se han mojonado en el terreno con las referencias correspondientes en cada uno de los puntos de implantación de las mismas.
* Se ha considerado para la protección contra descargas atmosféricas, comunicaciones y control, la utilización de cable de fibra óptica OPGW de 24 fibras, de acuerdo a los requerimientos de la EEASA.
* El conductor utilizado ACAR 500 MCM, se ha definido sobre la base de los requerimientos técnicos de la EEASA y sobre la base del estudio del conductor económico del proyecto.
* Para la definición de las cantidades de materiales del proyecto, se ha considerado solamente la instalación de uno de los circuitos de la L/T Babaho-Caluma.
* De igual manera para la definición de presupuestos y estudio del conductor económico, se ha considerado de la instalación de uno de los circuitos de la línea de transmisión Babahoyo-Caluma.
* En los tramos de entradas y llegadas a subestaciones, el tendido de conductores se considera con tensiones reducidas (vanos flojos)
* Se considera la instalación de aisladores de suspensión y retención tipo Polímeros para 138 KV.
* Se considera para la orientación de la estructura de retención terminal tipo AR2, No. E4 (V2), orientada transversalmente al eje de la línea E4-V5; estructura No. E29 (V5), orientada en la bisectriz del ángulo formado; estructura No. E176 (V16), orientada en la bisectriz del ángulo formado de la línea; y, estructura No. E202 orientada en la bisectriz del ángulo formado de la línea. El resto de estructuras AR”, se han orientado en la bisectriz del ángulo formado por la línea.
* El cruce de la línea de transmisión. a la llegada a la S/E Caluma, con la línea existente de 69 KV a la entrada a dicha subestación, se ha proyectado por encima de dicha línea, para lo cual el diseño considera que el cable de guarda de la línea existente debe reubicarse y la altura de los conductores bajados en su flecha, de tal manera que permita dicho cruce, manteniendo las distancias de seguridad correspondiente.
* En las observaciones de la tabla resumen de estructuras, se detalla el porcentaje de la tensión de rotura considerada (Tensión de todos los días TEDS), en el proyecto, que básicamente, salvo tramos especiales, es del 21% TR.
* En la estructura No. E-190, tipo AL2, con la finalidad de incrementar el valor de la altura de seguridad de los conductores al suelo, se ha considerado que la cimentación de dicha estructura, se proyecte con una extensión de columna de hormigón armado de 0.50 cm. Adicionales a lo normal, de tal manera de evitar una torre especial.
  1. **RECOMENDACIONES**

Las siguientes recomendaciones deberán ser tomadas en cuenta tanto para la construcción y el suministro de estructuras y materiales de la línea:

* Las estructuras deberán ser instaladas de acuerdo a las especificaciones técnicas correspondientes, especialmente en referencia a la orientación de las mismas, detalladas en los planos de los tipos de estructuras y tabla resumen de estructuras, lo cual garantizará la estabilidad de las mismas.
* Con relación a la cantidad y distancias de ubicación de los amortiguadores, especialmente en el cable de guarda OPGW, deberán ser considerados adicionalmente las especificaciones técnicas del fabricante de dichos elementos.
* Las estructuras deberán ser instaladas de acuerdo al detalle de la tabla resumen de ubicación de estructuras y planos de las estructuras tipo, en la que de forma general, salvo implantaciones específicas de la torre tipo AR2, sus crucetas queden en la bisectriz del ángulo de deflexión que forma la línea eléctrica, el no cumplimiento de esta recomendación ocasionaría que las estructuras trabajen en forma distinta a lo diseñado y por lo tanto queden expuestas a un posible colapso.
* El diseño considera para el suministro de postes de hormigón armado, las cargas de rotura de los mismos, los cuales deben ser considerados obligadamente en la construcción del proyecto, de tal manera de garantizar la estabilidad de la línea.
* Es importante no sobretensionar el cable de fibra óptica OPGW, de tal manera de garantizar la vida útil del mismo, de igual manera se deberá evitar en el tendido del mismo la no rotación del cable, para lo cual deberán utilizarse contrapesos en el inicio del cable, que permitan el cumplimiento de dicha especificación.
* Por seguridad de las estructuras metálicas de retención, es obligatorio que previo al tendido y regulado de conductores, en dichas estructuras instalar tensores que permitan absorber los esfuerzos producidos en el tendido y regulado de conductores.
* En la instalación de la fibra óptica y sus accesorios, a parte de las especificaciones técnicas dadas en el presente estudio, se deberán tomar en consideración las especificaciones y recomendaciones de instalación dadas por los fabricantes del cable y sus accesorios.
* Es importante, previo al montaje electromecánico, realizar una prueba de la instalación de la puesta a tierra en las estructuras seleccionadas, mediante la instalación de una puesta a tierra en al menos el 30% de las estructuras del proyecto; y, sobre esta base realizar las mediciones de resistencia de puesta a tierra; de tal manera, de comprobar que los valores de resistencia de puesta a tierra están dentro de lo especificado (10 ohmios) y en caso necesario realizar ajustes, mediante la instalación de varillas de puesta a tierra adicionales y/o contrapesos.
* La entidad contratante, deberá tomar en consideración la obligación de cumplir en la construcción de este proyecto con el plan de manejo ambiental, determinado por los estudios de impacto ambiental realizados para esta línea.
* Previo el tendido de conductores la entidad contratante, deberá exigir al contratista se entregue con la debida anticipación, para su aprobación los diferentes programas de tendido, en los que claramente deberán estar detalladas las obras de protección para cruces de líneas eléctricas y otros obstáculos de importancia; y, de ser el caso realizar las protecciones correspondientes y suspensiones del servicio que sean necesarias, de tal manera de salvaguardar el proyecto, las instalaciones eléctricas existentes y la seguridad de personas y la propiedad privada.
* En el tramo entre las estructuras terminales y los pórticos de la S/E y vanos inferiores a los 40 m, deberán instalarse los conductores con la menor tensión mecánica posible (Vanos flojos), de tal manera de evitar sobrecargar las estructuras y pórticos de las subestaciones.
* Las tensiones y flechas de tendido de los conductores y cable OPGW, se han realizado sobre las características técnicas detalladas en esta memoria de diseño, en caso dichas características cambien, es necesario mantener los esfuerzos de diseño considerados en el presente estudio, caso contrario, deberán realizarse ajustes en las tablas de tendido y árboles de carga de las estructuras.
* El fabricante de las estructuras metálicas deberá obligadamente en sus cálculos estructurales considerar los árboles de carga finales de dichas estructuras, las mismas que se han determinado considerando esfuerzos de diseño máximos finales, esto es considerando factores de seguridad; y, la orientación de instalación de las estructuras, en la bisectriz del ángulo formado por la línea.
* En la construcción de las obras civiles, sobre la base de la observación física al momento de las excavaciones de los cimientos, del tipo de suelo de la cimentación observado en cada una de las estructuras, la geometría real de las bases de las estructuras y estudios de suelos adicionales en caso ser necesario, el constructor de las cimentaciones de las estructuras, deberá proponer para aprobación de la fiscalización los planos de diseño definitivos de las cimentaciones de las estructuras, los mismos que deberán ser elaborados sobre la base de los diseños de las cimentaciones, entregados para las estructuras tipo.