



CNEL EP - UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL

CONSTRUCCION DE LA LINEA DE 69 KV SUBTRANSMISION ELECTROQUIL - SALITRAL

**DIRECCION DE DISTRIBUCIÓN
ESTUDIOS ELECTRICOS**

MEMORIA TÉCNICA

CONTENIDO

1. DATOS INICIALES DEL PROYECTO.....	3
1.1. NOMBRE DEL PROYECTO.....	3
1.2. ANTECEDENTES	3
2. ESTUDIOS PRELIMINARES.....	4
2.1. RUTA DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN	4
2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	6
3. DISEÑO ELÉCTRICO.....	6
3.1. BASE TÉCNICA.....	6
3.2. ESTIMACIÓN DE CARGA	6
3.3. SELECCIÓN DE VOLTAJE.....	6
3.4. SELECCIÓN DE CONDUCTOR	7
3.5. IMPEDANCIAS.....	7
3.6. CABLE DE GUARDA	8
3.7. AISLADORES.....	10
3.8. PERFORMANCE.....	10
4. PLANEAMIENTO PRELIMINAR DE LA RUTA.....	10
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	10
4.1.1 ALTURA.....	10
4.1.2 NIVEL DE CONTAMINACIÓN.....	10
4.1.3 DERECHO DE VÍA	10
4.1.4 CRUCES	10
4.1.5 DISTANCIA DE SEGURIDAD VERTICALES DE CONDUCTORES SOBRE EL SUELO.....	11
4.1.6 RIESGOS.....	11
5. DISEÑO DETALLADO	11
5.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	11
5.1.1 Gestión de permisos especiales.	11
5.2. POSTES Y ESTRUCTURAS	12
5.2.1 NORMALIZACION DE POSTES	12
5.2.2 VANOS	12
5.2.3 CLAROS	12
5.2.4 LIBRAMIENTOS AL SUELO.....	13
5.2.5 LIBRAMIENTOS A OTRAS LINEAS	13

5.2.6	OTROS LIBRAMIENTOS	13
5.2.7	DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES	13
5.2.8	DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES A LA ESTRUCTURA.	13
5.2.9	NIVEL DE AISLAMIENTO	14
5.2.10	TIPOS DE ESTRUCTURAS.....	14
5.3.	AISLAMIENTO	15
5.3.1	DISTANCIA DE FUGA.....	15
5.3.2	AISLADORES.....	15
5.3.3	ACCESORIOS	16
5.4.	APANTALLAMIENTO	16
5.5.	CÁLCULO DE FLECHAS Y TENSIONES	16
5.6.	PUESTA A TIERRA	16
5.7.	SECCIONAMIENTO.....	17
5.8.	PLANOS.....	17
6.	NORMAS DE CONSTRUCCIÓN	24
6.1.	FUNDICIONES	24
7.	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	24

CONSTRUCCION DE LA LINEA DE 69 KV SUBTRANSMISION ELECTROQUIL - SALITRAL

1. DATOS INICIALES DEL PROYECTO

1.1. NOMBRE DEL PROYECTO

Construcción de la línea de 69 kV Subtransmisión Electroquil – Salitral.

1.2. ANTECEDENTES

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP - Unidad De Negocio Guayaquil requiere obras para el año 2015 en su sistema de subtransmisión (69 kV), tomando en consideración el crecimiento de la ciudad y de la demanda eléctrica.

El estudio eléctrico realizado, tienen como objetivo principal precautelar la vida útil de los equipos, disminuir las pérdidas técnicas, dar continuidad al servicio, mantener niveles de calidad de producto, niveles bajos de frecuencia y duración de las interrupciones y tener un sistema flexible que permita realizar transferencia entre líneas de un mismo o diferente subsistema. Adicionalmente se trata de realizar ampliaciones y mejoramientos del sistema de Subtransmisión para satisfacer toda la demanda de electricidad requerida por los actuales o futuros clientes.

Como parte de las obras prioritarias en el sistema de subtransmisión que debe ejecutar la CNEL EP - Unidad de Negocio Guayaquil en el año 2015, se ha diseñado la construcción de la línea de 69 kV Subtransmisión Electroquil – Salitral.

Dentro de su planificación ha considerado necesario la construcción de una línea de subtransmisión a 69,000 Voltios que vaya desde la Subestación Salitral de Transelectric hasta la Planta de Generación de Electroquil, para esto la Dirección Técnica ha contemplado utilizar una de las salidas de la antigua interconexión entre Electroquil y Salitral, hoy desmontada casi en su totalidad, hasta un poste ubicado en la vía Perimetral que aún contiene un tramo de línea que entra al Salitral.

El requerimiento de CNEL EP – Unidad de Negocio Guayaquil, EP para el diseño y posterior construcción del tramo de la línea de 69.000 voltios desde la Subestación Salitral de Transelectric hasta la Planta de Generación de Electroquil, se basa en que la Unidad de Negocios necesita poder servir la creciente demanda de energía a lo largo de la vía a la Costa y tener la posibilidad de tomar la carga de la línea de subtransmisión Cemento, para que a futuro se pueda cambiar el conductor de esta, que actualmente se compone de 3 # 4/0 AWG Al 5005 de 33 MVA de capacidad por un 3 # 477 MCM 26/7 ACSR (Hawk) de 72 MVA de capacidad en aproximadamente 9.412 Km. sin interrumpir el servicio eléctrico a los clientes de la zona de la vía a la Costa y así poder transferir carga, para cuando existan mantenimientos programados y como resultado tener confiabilidad en el sistema eléctrico y brindar de manera continua el servicio eléctrico a sus usuarios mejorando de esta forma los indicadores de calidad TTIK (Tiempo total de Interrupción por KVA instalado) y FMIK (Frecuencia media de interrupción por KVA instalado).

La ruta del diseño de la línea de Subtransmisión de 69 kV ha sido definida por la CNEL EP – Unidad de Negocio Guayaquil, EP en concordancia con los actuales trabajos de ampliación de la vía (construcción de vías de servicio y ciclo vía) realizados por el MTOP.

Este documento contiene las especificaciones técnicas, memoria de cálculo y demás información relacionada con los diseños de las líneas.

2. ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1. RUTA DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN

En el diseño se ha seleccionado la ruta más adecuada, el trazado se ha realizado paralelamente a las vías existentes, utilizando las aceras existentes y proyectadas de acuerdo a los trabajos de ampliación de la Vía a la Costa. Se analizaron los factores técnicos más importantes entre los cuales la necesidad de utilizar estructuras tipo suspensión urbana con ángulo de deflexión urbana de 1°, circuito simple y con cable de guarda de fibra óptica OPGW, lo cual incluye aisladores line post en un solo lado para alejar el conductor de la línea de fábrica establecida por el municipio en el sector del cruce del perímetro urbano, de manera de facilitar la etapa de construcción para llevar los equipos y herramientas requeridos para su ejecución; de igual manera el construir la línea junto a la vía facilitará el mantenimiento de la misma.

La ruta se ubica en la Parroquia Chongón, Circuito 03 del Distrito Administrativa 9: Tarqui 3, de la Zona Planificación 8 de la SENPLADES; El trayecto de la línea inicia desde la planta ELECTROQUIL ubicada en el km 19 de la Vía a la Costa, cruza la Vía a la Costa y desde aquí del lado Sur de la Vía a la Costa y paralelamente a ésta, recorre en dirección Este hasta llegar al intercambiador de tránsito Vía a la Costa – Perimetral. Luego tomando la acera Este de la Vía Perimetral recorre en dirección SO hasta llegar a un poste ubicado en la vía Perimetral que aún contiene un tramo de línea que entra a la Subestación Salitral de Transelectric, con una longitud aproximada de 12,07 km. El trazado se indica en los planos respectivos.

Las coordenadas UTM-WGS84 del trayecto de la Línea de Subtransmisión, se listan a continuación:

Tabla No. 1. Coordenadas de Localización

PUNTO	COORDENADAS DE ELECTROQUIL – CERRO BLANCO	
	Este (X)	Norte (Y)
1	606156.89	9757846.81
2	606179.77	9757704.63
3	616045.28	9758140.22
4	615833.19	9757459.26

Ilustración 1. Ubicación del proyecto



Cda. Garzota, Sector 3, Mz.47
Guayaquil-Ecuador. Telf.: 04-2628600 / 3801900

2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

No se presentan condiciones especiales de topografía en la trayectoria determinada para la construcción de la línea de subtransmisión.

3. DISEÑO ELÉCTRICO

El diseño eléctrico de las líneas tiene la particularidad de que algunos parámetros ya han sido determinados previamente por Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP - Unidad de Negocio Guayaquil.

La determinación de estos parámetros por parte de la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP - Unidad de Negocio Guayaquil responde al sistema estandarizado de sus redes de Subtransmisión, siendo esta una práctica que hasta la fecha le ha dado muy buenos resultados a la Distribuidora.

3.1. BASE TÉCNICA

Para la elaboración del diseño de la línea 69 kV se han tomado como base los siguientes documentos:

- 3.1.1 National Electrical Safety Code (2007), publicado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- 3.1.2 Manual de Diseño para Líneas de Transmisión de Alto Voltaje (Boletín 1724E-200) de la Administración de Electrificación Rural (REA) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- 3.1.3 Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión de México.
- 3.1.4 Estructuras Tipo para Líneas de Subtransmisión 69 kV de la Distribución y Comercialización de INECEL.
- 3.1.5 Proyecto de Normalización de Líneas y Subestaciones a 69 kV de la Dirección Ejecutiva de Distribución y Comercialización de INECEL.

3.2. ESTIMACIÓN DE CARGA

El calibre del conductor es una condición preexistente.

Para los efectos prácticos, cuando sea necesario, se asumirá una carga del 75% de la capacidad nominal del conductor.

3.3. SELECCIÓN DE VOLTAJE.

Según la estandarización de CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL, y tratándose de la interconexión entre dos líneas, se establecen los siguientes parámetros de diseño para el voltaje:

- Voltaje nominal línea a línea 69 kV.

- Voltaje máximo línea a línea 72.5 kV.

3.4. SELECCIÓN DE CONDUCTOR

El conductor seleccionado para el diseño de esta línea es 477 MCM, aluminio reforzado con acero ACSR, 26/7, código HAWK, si no se indica lo contrario.

Tomando como referencia el catálogo de General Cable, las características físicas del conductor HAWK son las siguientes:

- 26 hilos de aluminio, 3.44 mm de diámetro.
- 7 hilos de acero, 2.68 mm de diámetro.
- Sección total del conductor: 281.13 mm².
- Sección total de aluminio: 242.31 mm².
- Diámetro exterior: 21.80 mm.
- Peso nominal por cada 1,000 m: 671.83 kg de aluminio, 303.23 kg de acero y 975.06 kg en total.
- Tensión de ruptura: 6,844.6 kg.
- Resistencia óhmica por cada 1,000 m: 0.1171 OHMS a 20°C DC.
- Capacidad nominal de transporte de corriente: 540 amperios

3.5. IMPEDANCIAS

Las impedancias de la línea bajo diseño se han calculado sobre la base de lo indicado en "Transmission and Distribution Electrical Reference Book" de Westinghouse y tomando en cuenta una longitud aproximada de 12.07 Km.

Como se trata de una línea aérea con conductor desnudo y de una longitud considerablemente menor a 80 km, el efecto de la capacitancia se considera despreciable. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

IMPEDANCIAS DE LA LÍNEA 69 kV			
Longitud de la línea 69 kV (metros)	12067	(aproximada)	
Factor de conversión a millas	0.0006214		
Longitud de la línea 69 kV (millas)	7.50		
Espaciamiento entre conductores d (metros)	1.500		
Espaciamiento entre conductores d (pies)	4.92		
Características típicas del conductor			
Calibre KCMIL	477		
Código	HAWK		
Número de hebras (aluminio/acero)	26/7		
Ra resistencia (ohmios/milla)	0.216	Considerando 75% capacidad	
Xa reactancia inductiva a 1 pie de espaciamento (ohmios por milla)	0.43		
Xd reactancia inductiva factor de espaciamento (ohmios por milla)	0.1933		
Otras características			
Resistividad del suelo (ohmios - metro)	100		
Re factor de resistencia de secuencia cero	0.2858		
Xe factor de reactancia inductiva de secuencia cero	2.8879		
Resultados obtenidos			
Z1 Impedancia de secuencia positiva Ra + j (Xa + Xd) (ohm)	1.6197	+j	4.6740
Z2 Impedancia de secuencia negativa = Z1 (ohms)	1.6197	+j	4.6740
Zo Impedancia de secuencia cero (Ra + Re) + j (Xa + Xe - 2Xd)	3.7627	+j	21.9797

3.6. CABLE DE GUARDA

Para proteger (apantallamiento) y mejorar la confiabilidad de la línea de subtransmisión se ha previsto la instalación de un hilo de guarda, que irá colocado en la parte superior de los conductores de las fases, de manera que el ángulo vertical que se forme entre éste y los conductores (ángulo de protección) esté entre los 30° a 35°.

El cable de guarda será del tipo OPGW 19B38Z (con capacidad para 24 fibras ópticas). El núcleo óptico se compone de fibras ópticas cubiertas por un tubo PBT que protege las fibras contra altas temperaturas al tiempo que dejan las fibras libres de alargamientos, incluso a la máxima tracción especificada, además de un gel absorbente de hidrógeno que protege a la fibra contra la degradación óptica producida por el hidrógeno, tendrá hilos de aramida y

fajadura que protegen al núcleo. Luego de esto contiene un tubo de aluminio que brinda al cable un nivel adecuado de protección de cortocircuito, mejor solución para evitar la corrosión, una alta resistencia de aplastamiento y una perfecta estanqueidad del núcleo.

Asimismo está conformado por 6 hilos de acero recubierto de aluminio y 7 hilos de aleación de aluminio, las características del conductor son las siguientes.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
1	Fabricante	-
2	Normas de construcción del OPGW	IEEE Std. 1138 o IEC 60794
3	Referencia del fabricante	-
4	Número de fibras	24
5	Máximo número de fibras por grupo	12
6	Norma de las fibras ópticas	ITU-T G.652
7	Máxima atenuación a 1310nm (dB/km)	0,35
8	Máxima atenuación a 1550nm (dB/km)	0,22
9	Tensión última de rotura (UTS) kgf	Mínimo 5.000
10	Fuerza de tracción máxima durante condiciones de mayor carga de hielo/viento	~ 40% UTS
11	I ² t (kA ² .s)	> 40
12	Resistencia máxima de corriente continua a 20°C (0/km)	< 0,519
13	Módulo de elasticidad (kgf/mm ²)	Informar
14	Coefficiente de dilatación (1/°C)	Informar
15	Temperatura máxima de operación bajo condiciones de corto-circuito (0,5s)	180°C
16	Temperatura normal de operación (°C)	-30 a +70
17	Radio mínimo de curvatura (cm)	15 x diámetro del cable
18	Diámetro (mm)	Máximo 12,0
19	Material de la unidad óptica	Según diseño
20	Material de los hilos de la corona del cable	ACS 20,3% IACS
21	Diámetro de los hilos	> 2,4mm
22	Norma de los hilos	ASTM B-41 5 IEC 61232
23	Sección transversal del cable OPGW (mm ²)	Informar
24	Peso máximo del cable OPGW (kg/m)	0,380
25	Longitud mínima por carrete (m)	4.000
26	Longitud máxima por carrete (m)	Informar
27	Vida útil (instalado)	~ 25 años
28	Años de experiencia fabricando OPGW	> 15 años
29	Certificación de calidad por diseño	ISO 9000

3.7. AISLADORES

Por requerimiento de CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL, los aisladores a utilizarse en esta línea 69 kV serán de polímeros (goma de silicón) tanto para las cadenas de suspensión y retención como para los aisladores tipo poste (line post).

3.8. PERFORMANCE

Para la estimación del desempeño de la línea, se han asumido condiciones extremas con una carga de 72 MVA a un factor de potencia 0.8 en el terminal de recepción. Bajo estas condiciones se obtienen los siguientes resultados que están dentro de rangos aceptables:

- Regulación de voltaje entre ambos extremos de la línea bajo diseño: 1.67%.
- Eficiencia de la línea medida sobre la relación entre potencia entregada y potencia recibida: 99.2%, lo que da un nivel de pérdidas de potencia menor a 1%.

4. PLANEAMIENTO PRELIMINAR DE LA RUTA

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

4.1.1 ALTURA

No existen consideraciones especiales respecto a diferentes alturas en el recorrido de la línea. Estando ubicado en la zona urbana del Cantón Guayaquil, la línea se construirá a 4 metros de altura sobre el nivel del mar, en todo su recorrido.

4.1.2 NIVEL DE CONTAMINACIÓN.

Tomando como base las prácticas de Administración de Electrificación Rural (REA) de Estados Unidos de América, la ruta de la línea se puede considerar como de contaminación moderada, entendiéndose como tal áreas con alta densidad de población, emisión de polvo y cercanas a un estero de agua salada pero lejos del mar.

4.1.3 DERECHO DE VÍA

Es responsabilidad de CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL la obtención de la aprobación por parte de la Municipalidad de Guayaquil en aquellos puntos que no están definidas la línea de fábrica municipal y en otros donde no existen aceras o bordillos.

4.1.4 CRUCES

Las disposiciones del Código Nacional Eléctrico de Seguridad (NESC) de Estados Unidos establece en el Artículo 233 la forma de calcular la separación vertical mínima de este tipo de cruce, la que no debe ser menor a 1.54 metros entre el conductor inferior de la línea 69 kV y el conductor superior de otra línea a 69 kV, según el cálculo mostrado a continuación:

Distanciamiento Vertical (NESC 2007)	
	Distancia (metros)
Tabla 233.1 (Hasta 22 kV)	0.60
Adicional 69 kV ($10^{\text{mm/kV}}$)	0.47
Adicional 69 kV ($10^{\text{mm/kV}}$)	0.47
TOTAL	1.54

4.1.5 DISTANCIA DE SEGURIDAD VERTICALES DE CONDUCTORES SOBRE EL SUELO

La regulación No. CONELEC – 002/10 establece un método para calcular la distancia mínima que deben de guardar los conductores respecto al suelo. Según el cálculo mostrado a continuación, la distancia mínima de la línea deber ser mayor o igual a 6.07 metros:

Distancia mínima al suelo	
	Distancia (metros)
Tabla 232.1 (Hasta 22 kV)	5.60
Adicional 69 kV ($10^{\text{mm/kV}}$)	0.47
TOTAL	6.07

4.1.6 RIESGOS

La Ordenanza Municipal del 16 de abril de 1995, que regula la instalación y normas de seguridad de las estaciones de combustibles, dispuso en el Artículo 10.4 del Capítulo I, que se debe mantener una distancia superior a 25 metros desde líneas eléctricas de alta tensión hasta los linderos de las estaciones de servicio.

5. DISEÑO DETALLADO

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES

5.1.1 Gestión de permisos especiales.

En el caso de requerirse serán gestionados por la CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL.

5.2. POSTES Y ESTRUCTURAS

5.2.1 NORMALIZACION DE POSTES

Según la función que desempeñen, se clasifican los postes de acuerdo a las Estructuras a utilizarse es decir: Suspensión, Retención y Angular.

Los postes a ser utilizados para la estructura de suspensión y retención, serán de hormigón armado y vibrado que tienen una geometría exterior tronco piramidal con alvéolos a lo largo de los mismos. Las caras del poste tienen una conicidad constante desde la parte superior hasta la base.

En el análisis de los postes se ha considerado las diferentes cargas que actúan sobre los mismos, en varias hipótesis de cálculo. Entre estas cargas tenemos: cargas verticales, sobrecarga vertical, cargas de viento, efecto de ángulo, sobrecarga longitudinal y desequilibrio longitudinal. Para el diseño, se ha considerado un factor de seguridad igual o superior a 2.

Las cantidades, altura y carga nominal de los postes se encuentran indicadas en los planos de planta, así como en el presupuesto referencial. Para este proyecto se ha considerado utilizar postes de 21m.

Las cimentaciones deberán ser del tipo monobloque, siendo obligatorio un hormigonado con la utilización de hormigón con calidad no menor a P-250 y dosificación no menor a 200 kilogramos por metro cúbico.

En términos generales, y salvo que se presenten condiciones de terreno especiales, la profundidad de empotramiento deberá ser la décima parte de la altura del poste más cincuenta centímetros, con un mínimo de 2.60 metros.

Los postes a utilizarse deberán ser suministrados con todas las perforaciones necesarias que garanticen la instalación de cualquier estructura tipo.

5.2.2 VANOS

De acuerdo al levantamiento realizado y a la ubicación de estructuras acordadas, resultan vanos para las rutas de la línea con un promedio de 80 metros por vano.

Este vano promedio está en correspondencia con la práctica utilizada por CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL de ubicar los postes cada 80 a 100 metros.

5.2.3 CLAROS

La base de diseño para la conservación de distancias mínimas o claros es el Boletín REA 1724E-200 “Manual de Diseño para Líneas de Transmisión de Alto Voltaje”, edición revisada de septiembre de 1992, que aunque dedicada para el diseño de líneas con postes de madera, se considera aplicable también para postes de hormigón.

La información contenida en el Boletín 1724E-200 está basada en los requerimientos del Código de Seguridad Nacional Eléctrico (NESC).

5.2.4 LIBRAMIENTOS AL SUELO

La mínima distancia vertical al suelo recomendada para líneas con voltaje nominal entre fases desde 34.5 hasta 69 kV es 6.07 metros para caminos y calles.

Para espacios utilizados solamente por peatones es 5.1 metros, aunque para este diseño no se considerará esta categoría.

A pesar de lo estipulado por estos estándares, por CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL tiene la práctica de garantizar una distancia mínima al suelo no menor a 8 metros.

En el caso de esta línea, con postes de 21 metros hincados a una profundidad de 2.60 metros, con una estructura tipo SESU (V) y asumiendo, en el peor de los casos, una flecha de 1,50 metros, se obtiene un claro mínimo sobre el suelo de 11 metros en la mitad del vano.

5.2.5 LIBRAMIENTOS A OTRAS LINEAS

Para el caso de cruce entre líneas de 230 y 69 kV, se establece una distancia mínima recomendada de 2.5 metros. En el caso de cruces con líneas de CELEC - TRANSELECTRIC se respetará la exigencia del NESC que establece una distancia mínima de 3,15 metros.

Con relación a líneas primarias de 13,8 kV, el distanciamiento mínimo a guardar por el conductor más cercano de la línea de 69 kV, será de 1,5 metros. Este requerimiento se cumple con exceso para el caso de las líneas existentes que van a ser reubicadas a los postes 69 kV.

5.2.6 OTROS LIBRAMIENTOS

Aunque no existen cruces deliberados sobre edificaciones existentes, la distancia mínima a guardar sobre techos de edificios o proyecciones no accesibles a peatones, es 4,5 metros.

Para el caso de techos de edificios o balcones accesibles a personas, el distanciamiento vertical mínimo del conductor más bajo de la línea deberá ser 5,1 metros.

Específicamente, en los diseños no existen condiciones de este tipo que se deban tener en cuenta.

5.2.7 DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES

Según el Boletín REA 1724E-200, para fases del mismo circuito cuando el voltaje nominal línea a línea es 69 kV, la mínima separación vertical deber ser 1,54 metros; habiéndose respetado esta exigencia en todas las estructuras tipo utilizadas para el diseño.

5.2.8 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES A LA ESTRUCTURA.

Bajo condiciones sin viento, la distancia mínima requerida desde el conductor hasta la estructura o templador debe ser 0.94 metros, considerando cadenas de 6 aisladores de disco

según REA. En el diseño de esta línea se ha respetado este mismo requerimiento, aún cuando los aisladores son de polímeros con características indicadas en la sección correspondiente.

5.2.9 NIVEL DE AISLAMIENTO

Según los requerimientos de CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL, su estándar en el sistema 69 kV tiene un nivel básico de aislamiento de 350 kV, parámetro que será considerado como fundamental para el diseño.

El Boletín REA 1724E-200 recomienda los siguientes niveles de aislamiento para cadenas en suspensión tangente y pequeños ángulos:

- Tensión de descarga a 60 Hertz (seco): 270 kV.
- Tensión de descarga a 60 Hertz (húmedo): 170 kV.
- Tensión de descarga a tensión de impulso positiva: 440 kV.
- Tensión de descarga a tensión de impulso negativa: 415 kV.

Para estructuras tangentes y pequeños ángulos con aisladores tipo poste, los siguientes niveles de aislamiento son los recomendados:

- Tensión de descarga a 60 Hertz (seco): 200 kV.
- Tensión de descarga a 60 Hertz (húmedo): 180 kV.
- Tensión de descarga a tensión de impulso positiva: 330 kV.
- Tensión de descarga a tensión de impulso negativa: 425 kV.

Se puede concluir que el requerimiento de CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL es similar al de REA, por lo que ambos han sido considerados en la selección de aisladores.

5.2.10 TIPOS DE ESTRUCTURAS

Se seleccionaron 5 tipos de estructuras o tipos de torres; dos de suspensión y cuatro de amarre para retención y angular cuya denominación y utilización específica se indican a continuación:

- a) Tipo **TU-1-G**: Estructura Tipo Terminal Urbana, Circuito Simple y con Cable de Guarda Tipo Fibra Óptica OPGW. Estructura utilizada como terminal de línea y que usa tensores para contrarrestar el esfuerzo mecánico ocasionado por la línea.
- b) Tipo **SU-1-G**: Estructura Tipo Suspensión Urbana con Ángulo de Deflexión de 1°, Circuito Simple y con Cable de Guarda Tipo Fibra Óptica OPGW. Estructura utilizada con aisladores line post y con vanos máximos de 120mts.
- c) Tipo **AU-1-90°-G**: Estructura Tipo Angular Urbana a 90°, Circuito Simple y con Cable de Guarda Tipo Fibra Óptica OPGW. Estructura utilizada para cambios o giros drásticos de línea de 90°, con aisladores de suspensión y haciéndose el uso indispensable de tensores simples o dobles.
- d) Tipo **RU**: Estructura Tipo Retención Lineal, Circuito Simple y con Cable de Guarda Tipo Fibra Óptica OPGW. Estructura utilizada para retención sin ángulo°, requiere aisladores line post y suspensión.

- e) Tipo **SESU**: Estructura Tipo Suspensión con aisladores line post montados sobre un extremo de chanel o cruceta metálica con la finalidad de separar o alejar línea de edificaciones.

Se muestran detalle de los diagramas de las estructuras en los planos del proyecto y en los anexos, en las que se visualizan las disposiciones de los conductores.

5.3. AISLAMIENTO

5.3.1 DISTANCIA DE FUGA

Para el tipo de contaminación que se ha considerado para la ruta de la línea, se sugiere una distancia de fuga de $40^{mm/kV}$ línea a tierra, lo que resulta en 1,60 metros.

Como se puede observar en el numeral 5.3.2, se han seleccionado aisladores que cumplen en exceso con este requerimiento porque son aquellos que están siendo utilizados por CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL para lograr un mayor alejamiento hacia la calle.

5.3.2 AISLADORES

Los parámetros aquí descritos cumplen con las normas ANSI de fabricación, y son referenciales, pudiendo utilizarse estos, similares o mejores, sujeto siempre a la aprobación por CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL.

Según las exigencias del numeral 5.2.9, los tipos de aisladores que han sido considerados para el diseño de la línea son los siguientes:

- Aisladores tipo poste para estructuras tangentes y pequeños ángulos, que representan la gran mayoría de la línea. Se ha seleccionado como referencia el aislador de polímero (goma de silicón – Line post) MCLEAN POWER SYSTEM.

Los aisladores tienen su base propia para ser fijados al poste.

Estos aisladores tienen que cumplir con las normas de fabricación que se dispone para líneas 69 kV. que actualmente utiliza CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL.

El aislador seleccionado tendrá un terminal del tipo “TRUNNION” horizontal que permite la utilización de abrazaderas de suspensión tipo “mariposa” para cable 477 ACSR, con resortes en ambas “trunnions” y “hardware” de acero inoxidable.

La sujeción del conductor al aislador se hará por medio de una grapa de suspensión de aluminio, tipo empernado, para conductor 477 ACSR, con 25,000 libras de esfuerzo último, cuyas características físicas se encuentra en la especificación técnica de materiales.

- Aisladores en cadena de discos para retención en los cortes, se ha seleccionado como referencia el aislador de polímero (goma de silicón) MCLEAN POWER SYSTEM, cuyas características están indicadas en el párrafo anterior.

La sujeción del conductor en las retenciones se hará por medio de una grapa terminal de aluminio con 25,000 libras de último esfuerzo para sujetarse al ojo del aislador polímero tipo cadena.

La sujeción del conductor en la estructura tangente de ángulo mayor a 15° se hará por medio de una grapa de suspensión de aluminio con 25,000 libras de último esfuerzo, igual o similar a HUBBELL, para sujetarse al ojo del aislador polímero tipo cadena.

5.3.3 ACCESORIOS

Los accesorios de montaje como varillas de armar y conectores de compresión, así como el hardware necesario deberán ser de marcas y calidades garantizadas.

5.4. APANTALLAMIENTO

En vista de que ninguna de las estructuras utilizadas supera los 28 metros de altura y de acuerdo a las recomendaciones técnicas estándares, se utilizará un ángulo de apantallamiento que no supere los 35°.

Para el caso de las estructuras tangentes SU (V), el ángulo de pantalla será de 32°.

5.5. CÁLCULO DE FLECHAS Y TENSIONES

Los cálculos de flechas y tensiones han sido realizados para las siguientes condiciones de carga en el conductor, aplicables comúnmente en la zona de la costa:

- Temperatura Mínima: 5° C, sin viento, 25% inicial de tensión de rotura y 33.33% final de tensión de rotura.
- Carga Máxima: 18° C, viento 90 kph, 40% inicial de tensión de rotura y 33.33% final de tensión de rotura.
- Promedio de todos los días: 25° C, sin viento, 25% inicial de tensión de rotura y 20% final de tensión de rotura.
- Temperatura Máxima: 60° C, sin viento, 40% inicial de tensión de rotura y 33.33% final de tensión de rotura.

5.6. PUESTA A TIERRA

Para el cálculo de la resistencia de pie de estructura se ha considerado que el nivel isoceraúnico medio de la zona es de 15 días de tormenta al año y de acuerdo a las recomendaciones de las normas del EX - INECEL, se admite la posibilidad de 2 fallas de aislamiento por descargas atmosféricas por cien kilómetros de línea y por año.

Los conductores de conexión a tierra serán de cobre N° 4 AWG y las varillas de puesta a tierra serán de $\frac{3}{4}$ " x 10'.

Se deberán aterrizar todos los postes de la línea.

El cable de tierra será el cable OPGW que es compuesto por fibras ópticas para telecomunicaciones, contenidas en una o varias unidades ópticas dieléctricas, protegidas por un revestimiento metálico que, a su vez, es envuelto por hilos metálicos cableados en capas concéntricas.

El cable debe estar diseñado para funcionar en líneas de alta tensión y debe poseer características eléctricas y mecánicas adecuadas al diseño de la línea de subtransmisión,

garantizando total protección a las fibras ópticas. El cable debe ser longitudinalmente sellado contra agua.

Deberán ser suministrados el tipo de cable OPGW, de acuerdo a la capacidad mecánica y capacidad térmica.

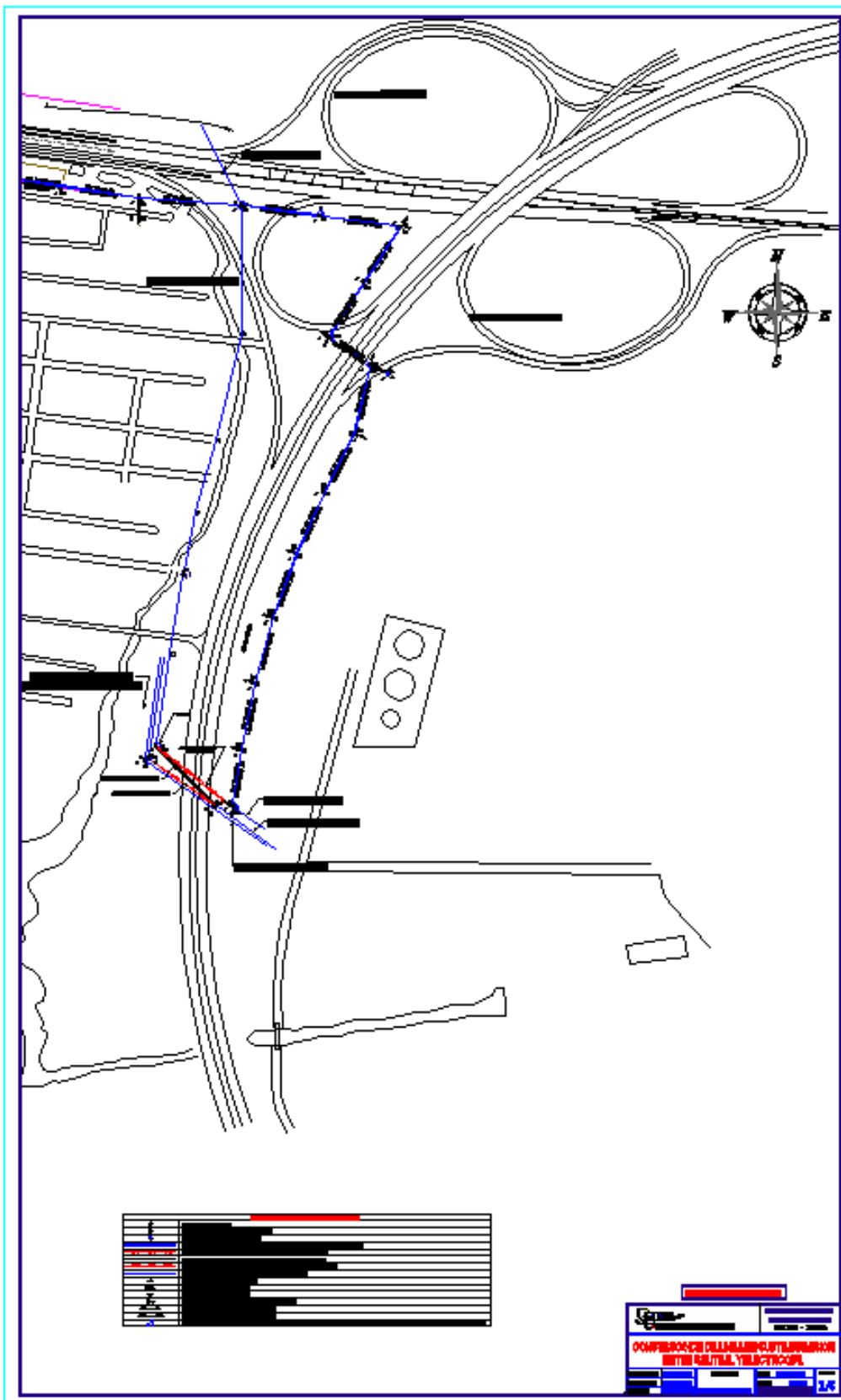
5.7. SECCIONAMIENTO

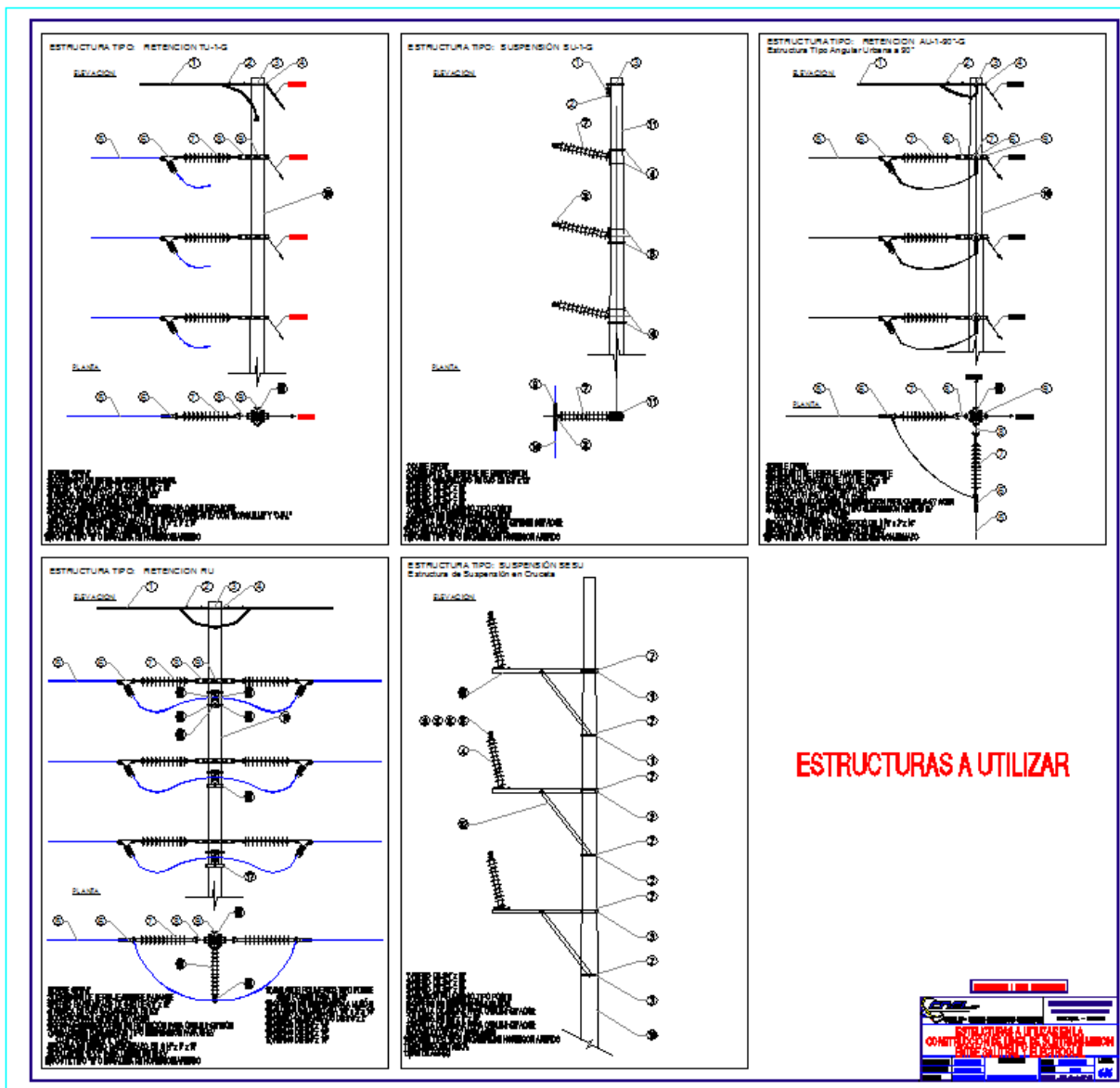
Seccionador trifásico, montaje en líneas de transmisión, 69kV, 1200 amp, 38kA, 350kV BIL, operación en grupo, apertura lateral, montaje fase sobre fase con rompecarga, que incluye lo siguiente:

- Tres Interruptores tipo Tepco-Rupter , uno por fase
- Seis aisladores tipo TR-216.
- Estructura para montaje en poste de concreto.
- Mecanismo de operación manual.

5.8. PLANOS

Los planos de esta línea de subtransmisión tiene código EEL-F-0251y está en los archivos adjuntos.





6. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN

La mayoría de las normas de construcción han sido tomadas del Proyecto de Normalización de Líneas y Subestación a 69 kV de EX - INECEL. Al no existir estándares nacionales actualizados, los trabajos deberán basarse en lo indicado en los anexos correspondientes, en las prácticas comunes de CNELEP – UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL para construcción de este tipo de líneas y en la experiencia del Contratista.

6.1. FUNDICIONES

La construcción del pilotaje y los cimientos de hormigón deberán regirse por las prácticas estándares de ingeniería civil, según los datos de diseño.

7. PRESUPUESTO REFERENCIAL.

El presupuesto referencial es de: \$1'378,194.20 (U.S.D.) más IVA.

Se lo puede observar en el archivo adjunto PROYECTO 2014-093, suministrado para efectuar esta obra.

Guayaquil, Julio del 2015