

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



DISEÑO DE LA LINEA DE TRANSMISION "MALACAS- ESTACION DE BOMBEO N° 1 60 KV"

T E S I S

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

FELIX ALFREDO ESPINOZA LOLI

PROMOCION 1978 - 1

Lima - Perú

1984

A mis padres

y

Hermanos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Programa Académico de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

"DISEÑO DE LA LINEA DE TRANSMISION 'MALACAS-
ESTACION DE BOMBEO N°1' 60 KV"

Tesis para optar el Título Profesional de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Presentado por:

FELIX ALFREDO ESPINOZA LOLI

De la Promoción: 1978-1

Lima-Perú

1984

EXTRACTO

El objetivo del presente trabajo es el de exponer los lineamientos y consideraciones adoptadas, que sirvieron de base para desarrollar el diseño de la línea de Transmisión "Malacas-Estación de Bombeo N°1" 60 kv, en el Departamento de Piura, Provincia de Paita, distrito del Arenal.

El estudio efectuado comprende básicamente el diseño electromecánico de una línea de transmisión de 60 kV, para cuya elaboración se han desarrollado las siguientes actividades principales:

- a) Reconocimiento de la zona y evaluación del sistema eléctrico existente.
- b) Datos obtenidos de la Máxima Demanda Eléctrica, efectuado por ELECTROPERU.
- c) Selección (técnica-económica) de materiales de la línea.
- d) Definición del trazo de la línea, y levantamiento topográfico del perfil de la línea.
- e) Diseño electromecánico de la línea.
- f) Elaboración de las Especificaciones Técnicas para el Suministro y Montaje de equipos y materiales.
- g) Preparación del Metrado y Presupuesto.

	Pág.
2.4 Elección de la Ruta de la Línea	15
2.5 Interferencias	16
2.6 Accesos	17
CAPITULO III: SELECCION DE MATERIALES DE LA	
LINEA	18
3.1 Generalidades	18
3.2 Conductor	18
3.2.1 Material del Conductor	18
3.2.2 Selección del Material del Conductor	21
3.2.3 Sección Más Económica del Conductor	24
3.3 Aisladores	26
3.4 Estructuras	26
3.4.1 Material de las Estructuras	26
3.4.2 Longitud de las Estructuras	28
3.4.3 Tiro en la Punta	29
3.4.4 Configuración y Tipos de Estructuras	29
3.4.5 Retenidas y Anclajes	30
3.4.6 Accesorios y Ferreterías	31
CAPITULO IV: CALCULOS ELECTRICOS DE LA LINEA	32
4.1 Parámetros Eléctricos de la Línea	32
4.1.1 Parámetros Unitarios por Fase	32
4.1.2 Parámetros Totales por Fase	33
4.1.3 Las constantes del Cuadrípolo de la línea	33

	Pág.
4.2 Caída de tensión	33
4.3 Pérdida de Potencia	34
4.4 Cadena de Aisladores	34
4.5 Diseño de la puesta a tierra de Estructuras	36
CAPITULO V: CALCULOS MECANICOS DE LA LINEA	37
5.1 Cálculos Mecánicos del Conductor	37
5.1.1 Hipótesis de Cálculo	37
5.1.2 Cálculos de Cambio de Estado	38
5.1.3 Plantilla de flecha Máxima y Mínima	38
5.1.4 Tabla de tensado (o Regulación)	39
5.2 Cálculo Mecánico de la Cadena de Aisladores	40
5.2.1 Cadena de Suspensión	40
5.2.2 Cadena de Anclaje	40
5.3 Cálculos Mecánicos de las Estructuras	41
5.3.1 Hipótesis de Cálculo	41
5.3.2 Esfuerzos Máximos y Coeficientes de Seguridad	42
5.3.3 Cimentación de las Estructuras	42
5.3.4 Anclaje de las Retenidas en el terreno	43
5.4 Ubicación de Estructuras	43
5.4.1 Plantilla de distribución de Apoyos	43
5.4.2 Vano Medio	44

	Pág.
5.4.3 Vano Gravitante	44
5.4.4 Ubicación de las Estructuras	45
5.4.5 Número de Estructuras	45
5.4.6 Planilla de Estructuras	46
5.4.7 Identificación de las Estructuras	47
5.4.8 Servidumbre	47
CAPITULO VI: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES	48
6.1 Especificaciones Técnicas de Suministro	48
6.1.1 Condiciones Generales de Suministro	48
6.1.2 Condiciones de Servicio	49
6.1.3 Materiales y Equipos a Suministrar	50
6.2 Especificaciones Técnicas de Montaje	59
6.2.1 Condiciones Generales de Montaje	59
6.2.2 Montaje de la Línea de Transmisión	60
CAPITULO VII: METRADO Y PRESUPUESTO	65
7.1 Objetivo	65
7.2 Criterios Básicos para el Análisis de Precios	65
7.2.1 Suministro de Materiales y Equipos Electromecánicos	65
7.2.2 Montaje Electromecánico	66
7.3 Resumen de Costos	66
7.3.1 Línea de Transmisión a 60 kV	66
CONCLUSIONES	74

	Pág.
<u>ANEXOS</u>	79
1. CALCULOS ELECTRICOS DE LA LINEA	80
1.1 Sección del Conductor	80
1.2 Determinación de los Parámetros Unitarios de la Línea	80
1.3 Parámetros totales de la Línea	83
1.4 Constantes Auxiliares	84
1.5 Caída de Tensión	84
1.6 Pérdida de Potencia	86
1.7 Determinación de las Característi cas Eléctricas de los Aisladores	88
1.8 Cálculo de la Puesta a Tierra de Estructuras	93
2. CALCULOS MECANICOS DE LA LINEA	106
2.1 Condiciones de Diseño	106
2.2 Cálculos Mecánicos del Conductor	108
2.3 Cálculo Mecánico de la Cadena de Aisladores	124
2.4 Dimensionamiento de Estructuras	126
2.5 Cálculo Mecánico de Estructuras	143
2.6 Cálculo de Cimentaciones	174
2.7 Cálculo del Anclaje de Retenidas	179

RELACION DE PLANOS Y LAMINAS DEL
PROYECTO

<u>Número</u>	<u>Denominación</u>
TG-01	Ubicación del Area del Proyecto, Recorrido Definitivo de la línea de 60 kV.
TG-02	Perfil y Planimetría de la línea con Ubicación de estructuras
TG-03	Plantilla de Flecha Máxima
TG-04	Plantilla de Flecha Mínima
TG-05	Plantilla de Distribución de Apoyos
TG-06	Planilla de Estructuras
TG-07	Señal de Seguridad e Identificación de Estructuras
TG-08	Detalle de Puesta a Tierra
TG-09	Detalle de la Cadena de Suspensión
TG-10	Detalle de la Cadena de Anclaje
TG-11	Estructura de Suspensión "S"
TG-12	Estructura de Angulo "S ₁ "
TG-13	Estructura de Angulo "A ₁ "
TG-14	Estructura de Angulo "A ₂ "
TG-15	Estructura de Angulo "A ₃ "
TG-16	Estructura de Retención "R"
TG-17	Estructura de Retención "R ₁ "
TG-18	Estructura Terminal "T"

<u>Número</u>	<u>Denominación</u>
TG-19	Detalle de Crucetas
TG-20	Diagrama de Cargas - Estructura de Suspensión "S"
TG-21	Diagrama de Cargas - Estructura de Angulo "S ₁ "
TG-22	Diagrama de Cargas - Estructura de Angulo "A ₁ "
TG-23	Diagrama de Cargas - Estructura de Angulo "A ₂ "
TG-24	Diagramas de Cargas - Estructura de Angulo "A ₃ "
TG-25	Diagramas de Cargas - Estructura de Retención "R"
TG-26	Diagramas de Cargas - Estructura de Retención "R ₁ "
TG-27	Diagramas de Cargas - Estructura de Terminal "T"
TG-28	Detalle de Cimentación
TG-29	Detalle de Retenidas y Anclajes.

INTRODUCCION

El actual suministro eléctrico a la Estación de Bombeo de agua potable del "Eje Paita-Talara" se realiza mediante la pequeña central a petróleo, ubicada en el distrito del Arenal, el cual presta un servicio deficiente y restringido debido principalmente a la antigüedad de las instalaciones al elevado costo que demanda su funcionamiento y mantenimiento; además la energía suministrada no cubre la demanda solicitada por la planta de tratamiento de agua potable y las Estaciones de Bombeo N°1 y N°2 por el constante deterioro de sus unidades. Como consecuencia de esto se tiene un mal abastecimiento de agua potable a las localidades de Paita y Talara.

Por estas razones, la Empresa Pública de Electricidad del Perú, ELECTROPERU, en coordinación con el Ministerio de Vivienda, decidió que el suministro de energía eléctrica debía transportarse desde la central térmica de Malacas, ubicado en la Provincia de Talara.

Los estudios del proyecto corrió a cargo de ELECTROPERU. El proyecto completo comprende el diseño de la Línea de Transmisión entre la central térmica de Malacas y la Estación de Bombeo N°1, así como las Subestaciones de salida y llegada de la línea.

El presente trabajo comprende exclusivamente el Diseño de la Línea de Transmisión, entre los puntos de salida y llegada de la línea, en cuya elaboración el autor a tenido participación directa.

Para tal efecto, en el primer capítulo se proporciona la justificación del proyecto y se describe el área del proyecto.

En el segundo capítulo, se dan las características principales del proyecto, los criterios que se han tenido en cuenta para determinar el esquema eléctrico, las bases de diseño del proyecto, la elección de la ruta seguida por la línea, los accesos a esta y las posibles interferencias.

Establecido el esquema eléctrico, a continuación - en el tercer capítulo se realiza la selección técnico - económico de materiales principales de las instalaciones que comprende la línea de transmisión, teniendo como premisas fundamentales la economía y calidad de servicio.

A continuación en el cuarto capítulo se muestran los resultados de los cálculos eléctricos de la línea realizados en el Anexo N°1.

En el quinto capítulo se dan los resultados de los cálculos mecánicos de la línea realizados en detalle en el Anexo N°2.

En el sexto capítulo, se formulan las especificaciones técnicas, tanto para la adquisición como para el montaje de los distintos materiales de la línea.

En el último capítulo, se determinan las cantidades, costos unitarios y totales de los materiales y equipos requeridos para las construcciones de las obras, - incluye el transporte y montaje.

Finalmente, deseo expresar mi sincero reconocimiento a todos mis profesores sin distinción alguna, que han contribuido de una u otra manera en mi formación profesional. Así mismo, mi agradecimiento a todas las personas que colaboraron en la elaboración del presente trabajo.

CAPITULO I

JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.1 Necesidad del Proyecto

El presente proyecto tiene por finalidad suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo de agua potable del "Eje Paita-Talara". El suministro de energía que en la actualidad recibe el sistema proviene de un centro de generación provisional, el cual se halla ubicado en el distrito del Arenal, y está conformado por grupos móviles que funcionan a petróleo.

Debido al alto costo de operación y mantenimiento de este centro de generación, se recomendó reemplazar este suministro mediante la instalación de una línea de transmisión a 60 kV con 45 Km de longitud, materia del presente trabajo.

Dicha línea llegará desde la central térmica a gas de malacas, hasta la Estación de Bombeo de Agua potable N°1 (E.B.N.1).

Además de lo expuesto anteriormente, uno de los aspectos fundamentales que tiene el acueducto "Eje Paita-Talara" es el de abastecer en forma continua el suministro de agua potable a la ciudad de Paita, pueblos en el área de influencia y principalmente a las industrias petroquímicas de Talara, Negritos, etc.; que son puntos im

portantes en la producción de petróleo y sus derivados, generadores de divisas al país.

Esta garantía de la continuidad del servicio eléctrico para el funcionamiento del sistema sólo es posible mediante la instalación de una línea de transmisión como la mejor alternativa, de acuerdo a los subsectores beneficiados, tales como: PETROPERU y el Ministerio de Vivienda, ya que de todo el volumen de agua a ser transportado, el mayor consumidor es PETROPERU.

1.2 Descripción del Area del Proyecto

1.2.1 Ubicación

El área del proyecto se localiza en el distrito del Arenal, provincias de Paita y Talara, departamento de Piura. Está delimitada por los paralelos 4°05' y 5°05' de latitud Sur y los meridianos 79°00' y 81°06' de longitud Oeste de Greenwich.

La ubicación geográfica del proyecto se encuentra en el plano N°TG-01.

1.2.2 Geografía

El área del proyecto posee características propias de la Costa, con una altitud no mayor de 1000 m. s.n.m. la geografía de la zona, es prácticamente plano, con algunos puntos algo accidentados; el terreno se caracteriza por ser áreas desérticas y arenosas, la mayor

parte del recorrido de la línea, aunque también se encuentran zonas de terreno arenoso-arcilloso pero en menor escala.

1.2.3 Características climáticas de la Región

La zona del proyecto se encuentra en la Costa Norte del Perú, el clima de la zona es caluroso y seco, la temperatura varía entre 10°C y 40°C.

Según SENAMHI se tiene los siguientes datos de temperatura:

- temperatura máxima media : 30°C
- temperatura máxima absoluta : 40°C
- temperatura mínima media : 15°C
- temperatura mínima absoluta : 10°C
- temperatura promedio : 20°C

La atmósfera es corrosiva debido a la contaminación por efectos del viento que acarrea arena, ya que en una época esta zona fue lechos de mar y además debido al residuo de aire salino.

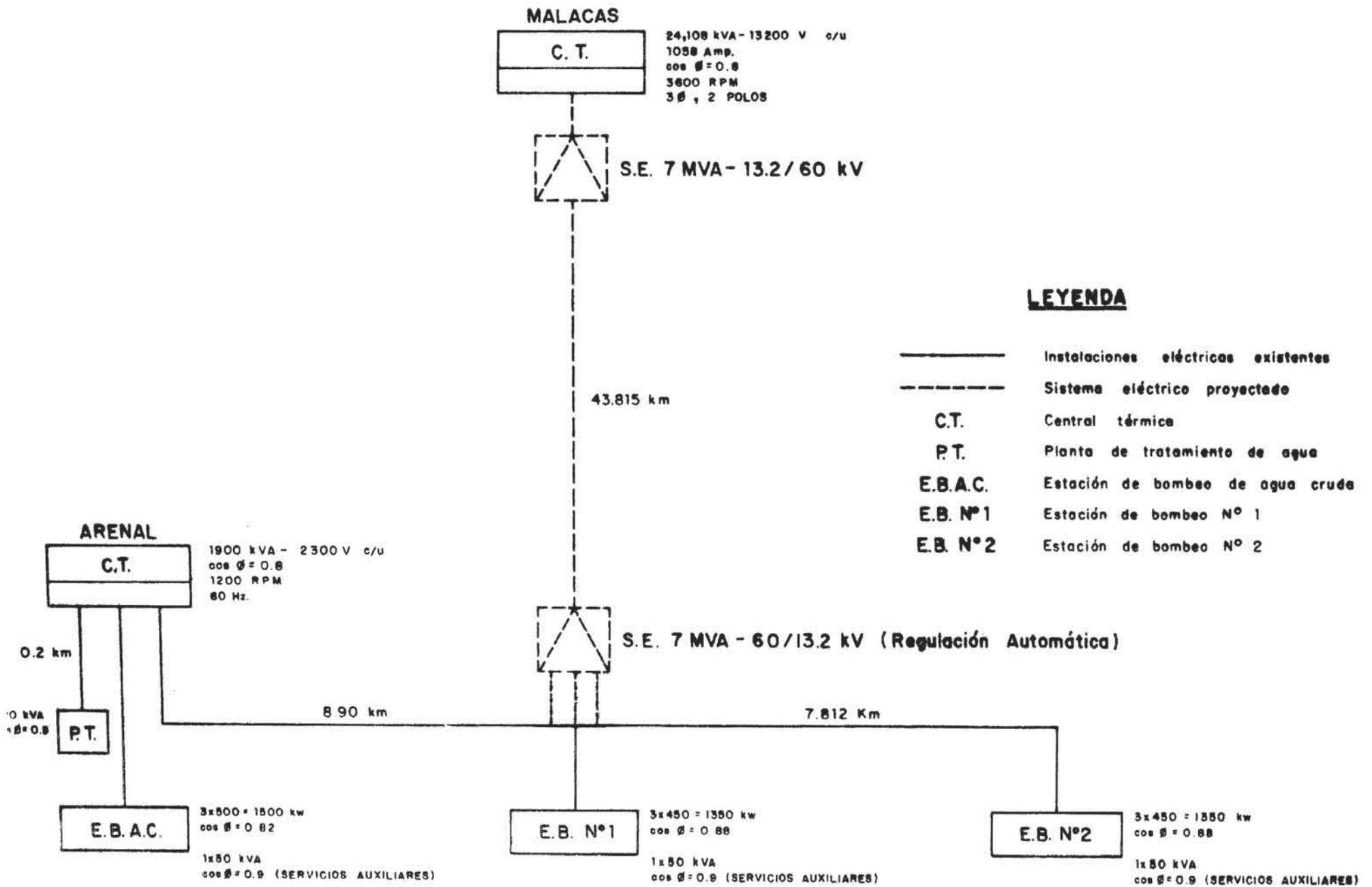
La precipitación anual es prácticamente cero; la humedad relativa muy alta y con frecuencia alcanza valores entre 90 y 100%.

El viento alcanza velocidades de hasta 60 km/h según la zonificación de velocidades de viento, publicado por "El Código Nacional de Electricidad".

No se conoce registro de tormentos eléctricos en el área del proyecto, por lo que hemos asumido que su nivel isocerámico es cero.

1.3 Instalaciones Eléctricas Existentes

Las instalaciones eléctricas existentes en el área del proyecto, tanto en generación, transformación y transmisión, se detallan en el esquema adjunto.



CAPITULO II

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO

2.1 Descripción del Proyecto

Las características principales de la línea de transmisión "MALACAS-EBN1" son:

- longitud : 45 Km
- tensión : 60 kV
- potencia : 7 MVA
- N° ternas : una
- conductor : aleación de aluminio (Aldrey) 2/0 AWG
(67.44 mm² de sección)
- estructuras : las estructuras son de concreto armado centrifugado de 15, 18 y 21 mt.
- N°estructuras: 227
- aisladores: de porcelana tipo anti-fog
- disposición de conductores : una terna a un lado y dos ternas al otro lado en disposición vertical.
- configuración básica : un poste con una cruceta y una mensula (media cruceta).
- cable de guarda : ninguno.

2.2 Criterios que se han tenido en cuenta para determinar el Esquema Eléctrico

2.2.1 Potencia a ser Transmitida

De acuerdo a estudios realizados por ELECTROPERU a través de su división de desarrollo, la máxima demanda en KVA requerida por el Sistema de Bombeo del "Eje Paita-Talara" es de 6,719.4 KVA. Las cargas eléctricas que conforman este sistema son las siguientes:

<u>CARGA</u>	<u>DEMANDA (KVA)</u>
- Estación de Bombeo de Agua cruda (EBAC) y Planta de Tratamiento (P.T.)	2,516.0
- Estación de bombeo N° 1 (EBN1)	2,077.4
- Estación de Bombeo N° 2 (EBN2)	2,126.0
TOTAL:	<u>6,719.4</u>

Considerando la normalización en la fabricación de transformadores y teniendo en cuenta que no habrá incremento de carga en el futuro, la línea deberá ser capaz de transmitir una potencia máxima de 7,000 KVA (7 MVA).

2.2.2 Tensión de Diseño

Se ha escogido la tensión de 60 kV como tensión de diseño de la línea de transmisión, teniendo en cuenta consideraciones de tipo técnico-económico. Además este nivel de tensión corresponde a la standarización que ELECTROPERU está tendiendo a establecer en todo el país.

2.2.3 Número de Ternas

Para determinar el número de ternas de la línea de transmisión se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- seguridad de servicio
- capacidad de transporte

Se ha considerado importante dar seguridad de servicio al Sistema de Bombeo del "Eje Paita-Talara", para de esta manera proveer de agua potable a las localidades que pertenecen al eje y pueblos en el área de influencia, además favorecer al desarrollo de las industrias petroquímicas (PETROPERU) de Talara.

Sabiendo que se va a tener de reserva el centro de generación de energía del Arenal, para casos de mantenimiento y emergencia de la línea y por razones de economía se prefirió emplear una sola terna.

Desde el punto de vista de capacidad de transporte se ha diseñado la línea de manera de hacer posible la transmisión de los 7 MVA de potencia en las más óptimas condiciones; y teniendo en cuenta que la carga en el futuro se mantendrá estacionaria.

2.2.4 Regulación de tensión

Debido a la característica de regulación automática del transformador de 60/13.2 kV que va a ser utilizado en la subestación de la (E.B.N.1) prácticamente

es suficiente llegar a la (E.B.N.1) con 49 kV para poder seguir disponiendo de 13.2 kV en la distribución de energía.

Los transformadores que van a ser utilizados tienen las siguientes características:

YD5 60/13.2 kV 7 MVA
58 kV (tap central)
+9 taps x 0.983 kV
-9 taps x 0.983 kV
con ventilador, puede entregar 9.7 MVA

Por lo tanto, en funcionamiento normal podemos permitir una caída de tensión cercana al 15% sin que hayan problemas de regulación. Se ha chequeado que la pérdida de potencia en funcionamiento normal para la máxima potencia demandada está por debajo del 10%, lo cual es aceptable.

2.3 Bases de Diseño del Proyecto

2.3.1 Normas y Códigos

En los diferentes cálculos realizados en el diseño de la línea de transmisión se ha cumplido con las disposiciones del Código Eléctrico del Perú, el Código Nacional de Electricidad, las normas ITINTEC y en complementación las diferentes normas internacionales y los criterios de Ingeniería.

2.3.2 Distancias Mínimas de Seguridad

Las distancias mínimas de seguridad han sido determinadas de acuerdo a lo establecido en el Código Eléctrico del Perú. Los valores asumidos figuran en los Anexos (1 y 2) cálculos justificativos.

2.3.3 Factores de Seguridad

Para el diseño mecánico de la línea se han asumido factores de seguridad recomendados por el Código Eléctrico del Perú.

Los valores asumidos han sido los siguientes:

- conductor de la línea : 3
- estructura de concreto : 3
- aisladores de la línea : 3
- cimentación de las estructuras: 1.5

2.3.4 Temperatura y Presión del Viento

El diseño mecánico de la línea de transmisión se ha realizado respetando los valores de temperatura máxima y mínima y la presión del viento establecidos en el Código Eléctrico del Perú es decir:

- temperatura máxima : 40°C
- temperatura mínima : 10°C
- presión máxima del viento : 15.12 kg/m²

Los valores reales de acuerdo con la información del SENAEMI no son en ningún caso superiores a estos valores.

2.3.5 Parámetros Eléctricos

- Caída de Tensión

El diseño de la línea se ha realizado para que tenga una caída de tensión no mayor del 15% y no tener problemas en la regulación automática, en nuestro caso no excede del 8% dicha caída.

- Factor de Potencia

Los cálculos han sido realizados asumiendo un factor de potencia de 0.8 inductivo.

- Niveles de Potencia de Cortocircuito

De acuerdo a la información obtenida de ELECTROPERU se tiene que los valores de potencia de cortocircuito en el centro de transformación de Malacas:

- . potencia de cortocircuito trifásico : 71.9 MVA
- . potencia de cortocircuito fase a tierra : 63.56 MVA

En la E.B.N.1 los niveles de potencia de cortocircuito es:

- . potencia de cortocircuito trifásico : 51.0 MVA
- . potencia de cortocircuito fase a tierra : 63.56 MVA

- Niveles de Aislamiento

Se define por las tensiones soportadas bajo lluvia, a 60 Hz, durante un minuto y con onda de impulso: 1.2/50 micro segundos, según normas CEI. Los niveles de aislamiento mínimos corresponderán a la tensión más elevada (máx. tensión de servicio kV) de la línea para nues

tro caso, la tensión de servicio es de 60 KV entonces, su tensión más elevada es 72.5 kV según normas CEI.

Pero se debe tener presente que por el caso del diseño de las subestaciones, tanto el de llegada (E.B.N.1) como el de salida (Malacas), si se trata de tensiones del orden de los 100 kV o menores, se recomienda se emplee aislamiento pleno para todos los equipos de la subestación.

- Grado de Aislamiento

Es la selección entre la longitud de la línea de fuga de un aislador (o la total de la cadena) y la tensión entre fases de la línea.

2.4 Elección de la Ruta de la línea

La ruta seguida por la línea de transmisión se muestra en el plano N°TG-01.

La elección de la ruta se hizo tomando en cuenta los siguientes requerimientos: buena accesibilidad, menor longitud posible, menor número de vértices, menores interferencias con instalaciones existentes (telecomunicaciones, carreteras, otras líneas de transmisión, y con zonas reservadas al Ejército, etc.) evitar expropiaciones, evitar en lo posible pasar por zonas pobladas existentes, utilizar los caminos rurales existentes. En el recorrido de la ruta de la línea, se puede distinguir tres casos, en los cuales se puso una atención especial, para cumplir

con lo estipulado en el Código Eléctrico del Perú, el primero de ellos es el cruce de la línea de 60 kV con la línea de 13.2 kV, que lleva energía entre las localidades de Averdun y Fertilizantes; se les dió la distancia mínima que deben guardar ambas, de acuerdo al Código Eléctrico del Perú; en el segundo caso se encontró que en el recorrido de la línea se tiene el paso entre la base el Pato y la base los Perros (zona militar), que cuentan con un pequeño campo de aviación, motivo por el cual el recorrido de la línea en dicha zona, tuvo que ser desviada para no interferir con el cono de aterrizaje.

Un tercer caso, el paralelismo que se origina con la línea que corre entre Averdun y Fertilizantes, lo mismo que con la línea de transmisión entre el Arenal y la E.B.N2 de 13.2 kV; en ambos casos se respetó lo estipulado por el Código Eléctrico del Perú en cuanto a las distancias mínimas recomendadas. Así mismo, se tuvo presente el paralelismo que se produce con la antigua carretera panamericana, lo cual ocurre en varios tramos.

2.5 Interferencias

En el trazo de la presente línea no se han presentado dificultades en lo referente a las interferencias con líneas telefónicas y telegráficas, ni con ningún otro sistema de comunicación (como antenas de comunicación).

En el plano N°TG-02 se muestra el perfil y planime

tría de la línea con ubicación de estructuras.

2.6 Accesos

En general la línea de transmisión Malacas (Talara)-E.B.N.1 proyectada no tiene problemas de accesibilidad ya que para un tramo comprendido, en unos 35 km, la línea no necesitará prácticamente de la construcción de ninguna trocha de acceso debido a que esta línea pasa muy cerca de la carretera panamericana antigua y la que actualmente se está usando. En la zona militar se tiene un tramo de unos 3 kms en que la línea pasa cerca a la carretera que permite el acceso a dicha zona.

En el tramo en que corre paralela a la línea que va de Averdun y Fertilizantes, se usará la trocha existente para el mantenimiento de dicha línea que cubre una distancia de unos 3 km aproximadamente y por último en el tramo de salida de la línea que es de 3 km aproximadamente será necesario la construcción de una trocha, para facilitar el mantenimiento de línea.

Se debe tener presente que un 85% el terreno es arenoso y con formaciones de dunas y el resto se tiene un terreno arenoso-arcilloso y de cultivo en algunos tramos.

CAPITULO III

SELECCION DE MATERIALES DE LA LINEA

3.1 Generalidades

Con el fin de obtener menores costos de inversión en la implementación de la línea de transmisión es necesario realizar una selección técnico-económico de las principales componentes de la línea. Por lo tanto, esta selección se hará considerando como premisas: economía, calidad de servicio, facilidades de instalación y operación, y utilización en lo posible de materiales de procedencia nacional.

3.2 Selección del conductor

3.2.1 Material

Los conductores podrán ser de cualquier material metálico o combinación de éstos que permitan constituir alambres o cables de características eléctricas adecuadas para su fin e inalterables con el tiempo, debiendo presentar además una resistencia elevada a la corrosión atmosférica. Esta premisa deberá orientarnos en definitiva al escoger el material de los conductores. Sin embargo, revisaremos brevemente las características más resaltantes de los conductores que se usan en líneas de transmisión:

Acero.- Como conductor propiamente, muy raras veces es usado, salvo en tramos excepcionales. Mecánicamente es muy fuerte pero tiene baja conductividad y da lugar a fuerte reactancia conductiva. Por éello provoca fuertes caídas de tensión.

Normalmente es usado como cable de guarda, colocándolo a cierta distancia sobre los conductores, para protegerlos de las descargas atmosféricas y mejorar la conductibilidad hacia tierra.

Cobre.- Es empleado como conductor sólido o cableado concéntrico formado por 7, 19, 37 o 61 hilos de cobre desnudo en temple duro, semiduro o suave.

En su fabricación se emplea cobre refinado electrolíticamente que en temple suave tiene una conductividad mínima de 100%.

Se le utiliza en líneas aéreas de transmisión, subtransmisión y distribución de energía eléctrica. Conductores para conexión a tierra, circuitos aéreos de comunicación telefónica y telegráfica.

Alta resistencia a la corrosión química en zonas con atmósfera salobre como en lugares próximos al mar y en zonas industriales don

de pueden estar sometidos a la acción de los humos y vapores corrosivos.

Aluminio.-Es empleado como conductor de cableado concéntrico de alambres de aluminio con temple duro y tiene una conductividad de 61% con respecto al cobre suave. Se utiliza en líneas aéreas de distribución, generalmente cuando se trate de líneas cortas y con distancias entre postes no muy grandes.

A igualdad de capacidad de corriente, el peso del cable de aluminio puro es, aproximadamente, la mitad del peso del cable de cobre equivalente.

Aldrey.- Es el cable de aleación de aluminio con Silicio y Magnesio, está formado por alambres de aleación de aluminio cableados concéntricamente; la aleación de aluminio con (Si-Mg) tiene una conductividad de aproximadamente 53% de la del Cobre suave, son conductores más duros que los de aluminio, se utiliza en líneas aéreas de transmisión de gran longitud y distribución primaria y secundaria.

Es recomendado su uso en zonas salobres y cercanas al mar y que no presenta los problemas de corrosión electrolítica que tiene los cables de aluminio-acero; carga de rotura

similar a la de los cables aluminio-acero, siendo más ligeros que éstos, en los calibres equivalentes. El más usado es el del tipo AASC.

Aluminio-Acero.- Es un cable de aluminio, reforzado con centro de acero galvanizado, están formados por alambres de aluminio temple duro, colocadas en capas concéntricas sobre un núcleo constituido por uno o más alambres de acero galvanizado.

Se utilizan en líneas aéreas de transmisión y distribución primaria: Su uso no es recomendado en zonas con atmósfera salobre, ni en lugares próximos al mar, pues a causa de la corrosión electroquímica entre el acero y el aluminio se destruyen rápidamente.

El más utilizado es el del tipo ACSR.

Existen algunos otros conductores como son: Aldrey-Acero, bronce, copperweld (alma de acero sobre la cual se adhiere fuertemente una costra de cobre), cobre-acero, etc.; que para nuestro caso no tendría aplicación.

3.2.2 Selección del Material del Conductor

En base a las características de los materiales, expuestas anteriormente los materiales a compararse serán: Cobre, Aleación de Aluminio (Aldrey) del ti-

po AASC y Aluminio con alma de Acero del tipo ACSR; no se tuvo en cuenta los conductores de aluminio, de bido a la falta de dureza en sus hilos exteriores, lo cual traen deterioros al momento del montaje, si no se le pone un cuidado especial.

Para efecto de la comparación se considerarán los siguientes factores:

- a) Efectos de la naturaleza (efectos corrosivos, hu mos y sales)
- b) Costo y disponibilidad en el mercado
- c) Incidencia en el costo de la línea.

a) Efectos de la naturaleza

Se considera:

Efecto corrosivo.- El recorrido de la línea de transmisión como se sabe es por una zona que se caracteriza por tener una alta contaminación, es to debido a residuos de aire salino, por estar cerca del mar, y además efectos del viento que a carrea arena. En base a ésto y de acuerdo a las características mencionadas, de los materiales a compararse, los que se adecuan a las características de la zona son el Cobre, y el de aleación de Aluminio (Aldrey) del tipo AASC, en cuanto al aluminio con alma de acero se descartó debido que su uso no es recomendado por las características que presenta la zona.

b) Costo y Disponibilidad en el Mercado

En líneas de tensión eléctrica elevada el empleo de cobre se reduce sobre todo por su mayor costo en relación a otros materiales; esto sucede debido a que el cobre es el metal que más se utiliza en la conducción eléctrica, dándose el caso que su demanda "sobrepasa" la "producción" y por esto, el precio del cobre varía constantemente, no así el del aluminio que ofrece una mayor estabilidad de precios en el mundo entero.

Esta estabilidad se sustenta en que el aluminio es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre y debido a esto, se ha desarrollado una alta tecnología necesaria para su obtención a precios competitivos.

En cuanto a su disponibilidad en el mercado, se sabe que se puede contar con cualquiera de los 2 conductores en comparación, esto queda garantizado por las existencias de dos fabricantes que se hallan en constante competencia por brindar al mercado conductores de alta calidad a precios razonables.

c) Incidencia en el costo de la línea

El uso del Cobre, como conductor, trae como consecuencia mayores pérdidas por efecto corona, las mismas que podrían ser reducidas; evitando que

alcancen precios prohibitivos; lo cual traería incidencia en el costo de la línea en su etapa de operación. Esta es razón fundamental para convenir el empleo de otro conductor:

Se debe tener presente que estas pérdidas son estimadas como normales alrededor de 1 kW/Km. El Aluminio trasmite el doble de amperios, esto debido a que pesa una tercera parte y su conductividad es $2/3$ de la de cobre.

Debido, asimismo, a su bajo peso, la utilización del aluminio nos permite en un sistema eléctrico otros ahorros (postes más livianos, lo mismo que las crucetas, ferretería y fletes de transporte).

Por todo lo expuesto, se puede concluir que el material a seleccionar como conductor de la línea de transmisión es el de aleación de aluminio denominado Aldrey del tipo AASC.

3.2.3 Sección más económica del Conductor

Para la elección de la sección más económica del conductor se consideraron los siguientes parámetros:

- caída de tensión máxima admitida
- pérdidas por efecto joule a lo largo de la vida útil de la línea
- pérdidas por efecto corona a lo largo de la vida útil de la línea.

La capacidad de conducción de corriente se deberá ajustar efectuando un balance de calor en el conductor, para lo cual se requiere datos estadísticos de los registros meteorológicos de la zona como son:

- velocidad del viento
- temperatura del medio ambiente
- presión barométrica
- cantidad de nubosidad
- día o noche

Sin embargo, en el presente proyecto, no se realizarán estudios específicos de la temperatura alcanzada por los conductores teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de la carga de la línea. En consecuencia, razonablemente se admitirán los valores indicados en los catálogos de fabricantes, asumiendo que los conductores trabajarían continuamente durante las 24 horas del día, a una temperatura de 50°C.

En base a lo expuesto se seleccionó el conductor de calibre N°2/0 AWG (67.44 mm^2) y 7 hilos que permite transportar ampliamente la potencia máxima necesaria.

Esta solución tiene la ventaja de que disminuye las pérdidas por efecto joule reduciéndose los costos de operación de la línea. Además permitirá asumir posibles futuras ampliaciones.

3.3 Aisladores

De acuerdo a las características climáticas de la zona donde se va a desarrollar el proyecto, y por experiencia se recomienda utilizar aisladores de porcelana del tipo suspendidos y conocido como antig fog o anti neblina cuyas dimensiones son: 10" x 5 3/4" ensamblados con acoplamiento bola y casquillo (ball and socket).

Los tipos de ensamble de cadena de aisladores que se han previsto en el proyecto son:

a) De suspensión

Usado en la mayoría de las estructuras (tipo S, S₁, A₁).

b) De anclaje

Usados en las estructuras de retención, terminales y algunos ángulos (tipo A₂, A₃, R, R₁, T₁ y T₂). Todas las cadenas de aisladores están compuestas por 5 unidades.

3.4 Estructuras

3.4.1 Material de las Estructuras

Como material de fabricación de las estructuras se utilizan la madera, el concreto y el fierro, éstos entre los más comunes.

La elección del material es función primordial del tipo y lugar de la instalación.

En nuestro caso el material seleccionado para las estructuras es el concreto armado centrifugado, por las razones siguientes:

- Se cuenta con una industria de fabricación de estructuras de concreto armado centrifugado, el cual debe ser incentivado, para su mayor desarrollo.
- Son estructuras que tienen la ventaja de no necesitar mantenimiento una vez de ser instalados.
- Además en el nivel de tensión, a la cual ha sido diseñada la línea de transmisión, ELECTROPERU está tendiendo a estandarizar dichas estructuras.
- En cuanto al transporte de dichas estructuras no se debe tener ningún inconveniente porque se cuenta con los medios de transportes y las vías de comunicación necesarias para el traslado de dichas estructuras al lugar de su montaje.

Se recomienda que para el montaje de dichas estructuras se debe evitar los riesgos de fisuración que son mayores debido a su fragilidad y posterior corrosión de su estructura interna.

Se descarta la posibilidad del uso de estructuras de madera, ya que para tener confiabilidad tanto en su calidad y eficiencia, sería necesario importar dichas estructuras, con lo cual se elevaría los costos; además se debe tener presente que en nuestro país no se

ha alcanzado desarrollar la fabricación de postes de madera para líneas aéreas de alta tensión.

Donde tienen una gran acogida dichas estructuras es en la electrificación rural a media tensión, teniendo en la presente que su uso con lleva a un mantenimiento periódico elevando los costos en caso contrario se ría la reposición de las unidades de acuerdo a su deterioro.

En cuanto a las estructuras metálicas tronco cónicos no se han tenido en cuenta por su mayor costo (comportamiento con el medio ambiente y mantenimiento).

3.4.2 Longitud de las Estructuras

En la selección de la longitud de las estructuras se ha tratado que estos sean lo más uniformemente posible en la medida que la geografía del terreno lo permita; además esto va a permitir evitar un aumento en los costos, la selección de la longitud de las estructuras, se ha realizado también basado en el criterio que se debe respetar las distancias mínimas recomendadas por el código Eléctrico del Perú, el Código Nacional de Electricidad y en complementación las diferentes normas internacionales.

En base a lo expuesto se optó por seleccionar estructuras de 18mt.; no se tuvo en cuenta las estructuras de 15 mt. por lo que se reduce considerablemente el vano medio, lo cual incide en los costos de la línea.

Por otro lado los postes de 21 mt. no resultan convenientes en vista que el perfil de la línea no permite realizar vanos grandes que justificarían su empleo.

En cuanto a las estructuras de 17mt. no se tuvieron en cuenta debido a que se tenía inconvenientes con las distancias mínimas que se deben respetar.

La preferencia del empleo de estructuras de 18mt. se justifica ya que permite tener un mayor coeficiente de seguridad para el diseño mecánico de los conductores, por tratarse de una línea de simple terna.

3.4.3 Tiro en la Punta de las Estructuras

Se han seleccionado estructuras de 500Kg. de tiro en la punta ya que los esfuerzos mecánicos calculados en las estructuras son del orden de los 400Kg.

3.4.4 Configuración y Tipos de Estructuras

Los tipos de estructuras a usarse han sido seleccionados de acuerdo a la función específica (suspensión, angular, anclaje, etc) que deben cumplir en la ruta de la línea. Los criterios empleados en la selección de las estructuras fueron:

- Necesidad de no contar con muchos tipos de estructuras
- La topografía de la ruta de la línea
- Para ser utilizado en simple terna

En el estudio del diseño se contemplaron los siguientes tipos de estructuras:

TIPO	APLICACION	CRUCETAS	MEDIAS CRUCETAS	RETENIDAS
S	Suspensión (a lín)	1	1	-
S ₁	Suspensión (Ang. 2°- 7°)	1	1	1
A ₁	Angulo de 7° - 25°	-	3	2
A ₂	Angulo de 25° - 45°	-	-	2
A ₃	Angulo de 45° - 90°	-	-	2
R	Retención (amarre)	1	1	2
R ₁	Retención (amarre)	-	3	2
T ₁	Terminal de Salida	1	1	3
T ₂	Terminal de Llegada	1	1	3

3.4.5 Retenidas y Anclajes

Para contrarrestar las sollicitaciones mecánicas debidas a fuerzas desbalanceadas permanentes en las estructuras de ángulo, retención y terminal, se han considerado la utilización de retenidas y anclajes, para lo cual se han previsto bloques de concreto para anclaje de 30 x 30 x 150 cm, colocados aproximadamente a 2 m de profundidad.

Las retenidas serán cables de alumoweld de 7 x 9 AWG, los cuales se sujetarán en el bloque de concreto mediante una varilla de fierro galvanizado de 3/4" x 9. Así mismo, por su facilidad en el armado, se utilizarán mordazas preformadas en los ensambles del cable de retenida.

3.4.6 Accesorios y Ferretería

Se han considerado los accesorios siguientes:

a) Varillas de Armar

En los ensambles de suspensión se ha previsto la instalación de varillas de armar tipo preformadas con el objeto de proporcionar mayor resistencia a la fatiga del conductor en el punto de sujeción de la grapa, así como evitar daños al conductor en el caso de descargas eléctricas en las cadenas de aisladores.

b) Amortiguadores

Se ha considerado la instalación de un amortiguador tipo Stock Bridge a cada lado de las grapas de suspensión con el propósito de disminuir la frecuencia de vibración del conductor, debido a la acción de vientos de velocidades bajas; ya que vientos de velocidades mayores a 24 Km/h. producen grandes amplitudes y bajas frecuencias.

En cuanto a la ferretería, a utilizarse esta compuesta por grapas de suspensión y amarre de aleación de aluminio y pernos, tuercas, contratuercas arandelas, etc. de acero galvanizado.

CAPITULO IV

CALCULOS ELECTRICOS DE LA LINEA

4.1 Parámetros Eléctricos de la Línea

Se han realizado cálculos de las características eléctricas de la línea, los cuales han permitido conocer los parámetros y las características de operación de la línea proyectada los parámetros han sido determinados bajo las consideraciones siguientes:

- El tipo y dimensiones del conductor, la geometría de las estructuras y la longitud real de la línea.
- Se ha despreciado el efecto de la no transposición de la línea por estar considerada como línea corta.
- Se ha supuesto que la corriente se distribuye uniformemente en los conductores.
- Se ha despreciado el efecto pelicular.

4.1.1 Parámetros Unitarios por Fase

Los valores obtenidos han sido los siguientes:

$$r = 0.5807 \text{ ohm/Km a } 70^{\circ}\text{C}$$

$$L = 0.001307 \text{ Hr/Km}$$

$$C = 8.8645 \text{ nF/Km}$$

$$X = 0.4927 \text{ ohm/Km}$$

$$\bar{Z} = 0.7616/40.3 \text{ ohm/Km}$$

$$Y = 0.3419 \times 10^{-6} \text{ mhos/Km}$$

En el Anexo N°1, Acápite 1.2 se muestran los cálculos.

4.1.2 Parámetros totales (L = 45 Km.) Por fase

$$R = 26.1315 \text{ ohm}$$

$$L = 0.0588 \text{ Hr.}$$

$$C = 398.9025 \text{ pf}$$

$$X = 22.1715 \text{ ohm}$$

$$\bar{Z} = 34.2720 \text{ } / \underline{40.31}^\circ \text{ ohm}$$

$$Y = 150.3855 \times 10^{-6} \text{ mhos}$$

En el Anexo N°1, Acápite 1.3 se muestran los cálculos.

4.1.3 Constantes auxiliares: Línea corta

$$\bar{A} = \bar{D} = 1$$

$$\bar{B} = \bar{Z} = 34.2720 \text{ } / \underline{40.31} \text{ ohm}$$

$$\bar{C} = \bar{Y} = 150.3855 \times 10^{-6} \text{ } / \underline{90}^\circ$$

En el Anexo N°1, Acápite 1.4 se muestran los cálculos.

4.2 Caída de Tensión

Como la regulación de tensión va a ser en forma automática, es conveniente que la caída de tensión en línea sea un valor que permita la regulación normalmente, de tal manera que se pueda seguir disponiendo de 13.2 KV en la distribución de energía. De acuerdo a las características dadas del transformador para obtener dicha tensión bastará con llegar con 49 KV a la subestación; por consi

guiente en funcionamiento normal podemos permitir una caída de tensión cercana al 15% sin tener problemas en la regulación, para nuestro caso es menor dicha caída (8%).

En el Anexo N°1, acápite 1.5 se muestran los cálculos.

4.3 Pérdida de Potencia

Pérdidas por Efecto Corona

Para obtener una indicación de la performance de la sección del conductor considerado, respecto al efecto corona, se calculó la tensión crítica disruptiva y se llegó a la conclusión de que las pérdidas de energía por efecto corona no son de consideración. En el Anexo N°1, acápite 1.6 se muestran los cálculos.

Pérdidas por Efecto Joule

La pérdida de potencia en la línea por este efecto en forma porcentual es de 7.58% con una eficiencia de 92.42% evidentemente estos cálculos se han efectuado - despreciando el efecto SKIN.

En el Anexo N°1, acápite 1.6, se muestran dichos cálculos.

4.4 Cadena de Aisladores

4.4.1 Definiciones

Tensión Nominal

Es el valor convencional de la tensión eficaz

entre fases con que se designa la línea y a la cual se refieren determinadas características de funcionamiento.

Tensión más elevada

Es el mayor valor de la tensión eficaz entre fases; que puede presentarse en un instante en un punto cualquiera de la línea, en condiciones normales de explotación, sin considerar las variaciones de tensión de corta duración debidas a defectos o a desconexiones bruscas de cargas importantes.

Nivel de Aislamiento

Definida en el párrafo cuarto de la subsección (2.3.5).

Grado de Aislamiento

Definida en el párrafo quinto de la subsección (2.3.5)

4.4.2 Cálculo de las Cadenas de Aisladores

Para determinar el número de aisladores que debían conformar una cadena, se han tenido en cuenta las sobretensiones de línea y la contaminación ambiental.

A partir de esta se llegó a determinar que el número de aisladores por cadena deben ser cinco (5) unidades.

El tipo de aislador a usar lo mismo que el acoplamiento y ensamble se indican en la sección 3.3.

En el Anexo 1, Acápite 1.7 se dan los cálcu-

los seguidos para la selección de aisladores.

4.5 Diseño de la Puesta a Tierra de Estructuras

Para el diseño del sistema de puesta a tierra, de las estructuras, se consideraron los siguientes factores:

- a) Reducir la resistencia a tierra de las estructuras para proteger al personal de mantenimiento u otra contra tensiones de toque o de paso peligrosas que puedan establecerse por corrientes de fuga o durante fallas a tierra de la línea.
- b) Proporcionar un camino fácil y seguro para las corrientes de fuga que resulten de descargas a través de los aisladores como consecuencia de la elevada contaminación ambiental, para evitar daño a las estructuras.
- c) La reducción de la resistencia a tierra de las estructuras a un valor límite necesario que permita la operación de los dispositivos de protección del sistema.

De los cálculos realizados en el Anexo 1, Acápite 1.8 se llegó a concluir que se utilizaron electrodos de copperweld de 6' (1.82mt.) largo por 5/8" (0.015875 m) de diámetro.

Un electrodo en terreno de cultivo y 2 electrodos en terreno arena húmeda y arena arcillosa.

CAPITULO V

CALCULOS MECANICOS DE LA LINEA

5.1 Cálculos Mecánicos del Conductor

5.1.1 Hipótesis de cálculo

Con el fin de analizar el comportamiento del conductor a diferentes condiciones mecánicas de esfuerzo, fue necesario en primer lugar establecer situaciones posibles de presión de viento y temperatura. No se tomó en cuenta la formación de costra de hielo, por hallarse la zona del proyecto en la Costa Norte del país.

De esta manera, se establecieron tres hipótesis de cálculo:

Primera Hipótesis: Esfuerzos máximos

.....

Temperatura mínima : 10°C

Presión de viento : 15.12 kg/m²

Coefficiente de seguridad : 3.0

Segunda Hipótesis: Tensión de cada día

.....

Temperatura media : 20°C

Tensión de cada día (T.C.D.): 20 % TR

Presión de viento : No se considera

Tercera Hipótesis: flecha máxima

.....

Temperatura máxima : 40°C

Presión de viento : No se considera

5.1.2 Cálculos de cambio de Estado

Los cálculos de cambio de estado se hicieron a base del método de TRUXA.

Empleando la minicomputadora Monroe 1880 se analizaron los comportamientos mecánicos del conductor - para vanos de 140 a 300 m, y diferentes temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40°C, para $h/d = 0$

Teniendo como condición inicial la segunda hipótesis (tensión de cada día 20% TR) se han calculado los esfuerzos y flechas, para las diferentes condiciones indicadas anteriormente.

En el Anexo N°2 acápite 2.2, se muestra el desarrollo seguido para el diseño mecánico del conductor, además los resultados obtenidos están indicados en los cuadros N°A-02 y N°A-03.

5.1.3 Plantilla de flecha máxima y mínima

La plantilla de flecha máxima se emplea para determinar sobre el perfil de la línea, la altura y ubicación más conveniente de las estructuras, teniendo en cuenta las distancias mínimas de seguridad.

La plantilla de flecha máxima se confeccionó calculando la flecha para diferentes vanos, con el tiro a 40°C sin viento, cuyo valor es 306.18 kg; el cual pertenece al vano básico 220 m. En el Anexo N°2, acápite 2.2, se muestra el desarrollo seguido para el cálculo de

la flecha máxima, en el cuadro N°A-04 figuran los resultados en la lámina N°TG-03, se muestran en detalle la plantilla.

La plantilla de flecha mínima sirve para comprobar, una vez replanteadas las estructuras en el perfil, cuales de aquellas pueden quedar sometidas a soliciación ascendente al presentarse las condiciones de flecha mínima.

Esta plantilla de flecha mínima, se emplea siempre entre cada tres apoyos (dos vanos) ya que su finalidad es la de comprobar si el apoyo intermedio, podrá quedar o no, sometido a una soliciación ascendente.

La plantilla de flecha mínima se confeccionó del mismo modo pero utilizando el tiro a 0°C sin viento, cuyo valor es de 435.66 kg, valor que pertenece al vano básico (220 m).

En el Anexo N°2, acápite 2.2 se muestra el desarrollo seguido para el cálculo de la flecha mínima, y en el cuadro N°A-05, se hallan los resultados.

En la lámina N°TG-04, se muestra en detalle la plantilla.

5.1.4 Tabla de Tensado (o Regulación)

La tabla de tensado se prepara, para conocer los esfuerzos y las flechas; a la cual el conductor va a ser sometido realmente en el momento de su montaje, dichos valores son calculados teniendo en cuenta los dife-

rentes vanos reales de la línea, y las diferentes temperaturas que se estime puedan presentarse; para nuestro caso se tomó de 10° á 40°C .

Los cálculos se efectuaron empleando el método de truxa y partiendo de las condiciones iniciales correspondientes a la segunda hipótesis, es decir 20°C y tiro 20% del tiro de ruptura.

En el Anexo N°2, acápite 2.2, se muestra el desarrollo seguido para el cálculo de los valores de tensión; en el cuadro N°A-06 se muestran los resultados.

5.2 Cálculo Mecánico de los Aisladores

Cálculadas las cadenas de aisladores desde el punto de vista eléctrico, es necesario comprobar si desde el mecánico, el coeficiente de seguridad no será inferior a 3 (Normas CEI).

5.2.1 Cadenas de Suspensión

De las condiciones dadas, tanto para cargas normales como anormales se puede concluir que la cadena de aisladores tendrán un trabajo eficiente, ya que para ambas condiciones señaladas, el coeficiente de seguridad no es inferior a 3. En el Anexo N°2, acápite 2.3 se muestra el desarrollo de cálculo seguido.

5.2.2 Cadenas de Anclaje

Tomando las mismas condiciones, que en el caso anterior, se puede concluir que para este tipo de conexión, las cadenas tendrán un trabajo eficiente al ser

sometidos a esfuerzos mecánicos, ya que para ambas condiciones el coeficiente de seguridad no es inferior a 3.

En el Anexo N°2, acápite 2.3 se muestra el desarrollo del cálculo seguido.

5.3 Cálculos Mecánicos de las Estructuras

5.3.1 Hipótesis de Cálculo

Se han verificado los esfuerzos que se producen en las estructuras bajo diferentes condiciones de trabajo que dependen del tipo de estructura considerada.

Se consideró un vano gravante de 220 m.

Las hipótesis de cálculo asumidas han sido las siguientes:

I Hipótesis (viento) (todas las estructuras)

- Presión del viento sobre la estructura, aisladores y conductores.
- Peso de la estructura, aisladores, conductores, etc.
- Resultante de los tiros máximos de los conductores, - debido al ángulo de desvío de la línea.

II Hipótesis (rotura de un conductor)

- Carga del 50% (S, S_1, A_1, A_2) o del 100% (A_3, R, R_1, T_1 y T_2), del tiro máximo en el punto más desfavorable.
- Peso de la estructura, aisladores, conductores, cruces, etc.
- Resultante de los tiros máximos de los conductores debido al ángulo de desvío.

III Hipótesis (rotura de una retenida) A_1, A_2, A_3, T_1, T_2

- Carga del 100% del tiro máximo en el punto más desfavorable.
- Resultante de los tiros máximos de los conductores debido al ángulo de desvío.

5.3.2 Esfuerzos Máximos y Coeficientes Máximos

Para el establecimiento de las hipótesis de carga para el cálculo mecánico de las estructuras, se han tomado como base las prescripciones del código Eléctrico del Perú y las recomendaciones de las normas VDE. El procedimiento seguido para el diseño mecánico de las estructuras se presenta en el Anexo N°2, acápites 2.4 y 2.5.

5.3.3 Cimentación de las Estructuras

El cálculo de la cimentación de las estructuras se hizo aplicando el método suizo de Sulzberger, asumiendo un coeficiente de seguridad de 1.5. La cimentación se realizará con bloques de concreto de sección cuadrada dispuestos en forma diagonal.

Se han determinado diferentes dimensiones de acuerdo con la naturaleza del terreno, y el contratista, aplicará a cada estructura uno de los tipos de cimentación entre los previstos en el proyecto.

En el ANexo N°2, acápite 2.6 se muestra los detalles de cálculo de las cimentaciones.

5.3.4 Anclaje de las retenidas en el terreno

Para contrarrestar las sollicitaciones mecánicas debido a fuerzas desbalanceadas permanentes en las estructuras de ángulo, retención y terminal, se han considerado la utilización de retenidas, las cuales se anclarán en el terreno con bloques de concreto de 30 x 30 x 1.50 m. a una profundidad de 2 m.

Se utilizarán varillas de acero galvanizado de 2.70 m - 3/4 ϕ y cable Alumoweld N°9 AWG-7 hilos.

En el Anexo N°2 - acápite 2.7, se encuentran los cálculos justificativos.

5.4 Ubicación de las Estructuras

5.4.1 Plantilla de distribución de Apoyos

Para la ubicación de las estructuras se construye la plantilla de distribución de apoyos, la cual está constituida por la curva de flecha máxima (previamente calculada en función del tiro máximo a 40°C), la curva de pie de apoyos y la curva de distancia mínima al terreno (7 m). El conjunto de las tres (iguales y paralelas entre sí), es lo que constituye la plantilla de distribución de apoyos.

Una plantilla completa, es la que incluye a la curva de flechas mínimas verticales y a la de distribución de apoyos.

Se debe tener presente que la parábola mínima

se dibuja a una distancia cualquiera de la parábola máxima, puesto que el empleo de ambas curvas no es simultáneo, sino uno después del otro.

En la lámina N°TG-05, se muestra la plantilla completa.

5.4.2 Vano medio

Utilizando las plantillas de distribución de apoyos en terreno plano se observó que el vano máximo obtenible es de 275 m.

Dado que el perfil de la línea ofrece algunos desniveles en algunas partes del recorrido de la línea, el vano real es menor aunque en ciertos lugares favorables se puede llegar a un valor mayor.

Por consiguiente se estimó para los cálculos iniciales el vano promedio en 220 m.

Al concluir el trazo de la línea se efectuó el cómputo exacto determinándose que el vano promedio es de 171 m.

5.4.3 Vano Gravitante

Los vanos gravitantes correspondientes a cada una de las estructuras están indicadas en el perfil de la línea.

El vano gravitante promedio asumido para el diseño de las estructuras ha sido de 220 m (igual al vano medio). El vano gravitante promedio real ha sido de

5.4.4 Ubicación de las Estructuras

Las estructuras se ubicaron en el plano de perfil de la línea utilizando la plantilla de distribución de apoyos.

Las estructuras de ángulo se ubicará previamente en los puntos donde la línea cambia de dirección. En los tramos rectilíneas se ubicaron estructuras de retención cada 6 postes de suspensión.

5.4.5 Número de Estructuras

Concluída la ubicación de las estructuras el número total de postes utilizado fue de 227 unidades, distribuídas de la siguiente forma:

- Postes de 18 m : 222 unidades
- Poste de 21 m : 4 unidades
- Poste de 15 m : 1 unidad

Los postes de 21 m se utilizaron en la salida y llega de la línea, para cruce con otras líneas y en el cruce de carreteras.

Los postes de 15 m se utilizaron en la cima de dos elevaciones existentes en el terreno.

En cuanto al tipo de estructuras utilizando, la distribución ha sido la siguiente:

- Estructura de suspensión : 174 unidades
- Estructura de ángulo : 18 unidades

- Estructura de retención : 33 unidades
- Estructura terminales : 2 unidades

5.4.6 Planilla de Estructuras

Se ha confeccionado la plantilla de estructuras en la que se indican las características completas de la línea.

Puede observarse que se han presentado los siguientes vanos:

Vano Real

- Mínimo : 78 m
- Máximo : 275 m
- Promedio : 193.18 m

Vano Medio

- Mínimo : 135.67 m
- Máximo : 218.43 m
- Promedio : 171.73 m

Vano gravitante

- Mínimo : -149.00 m
- Máximo : 716.00 m

Además se puede observar que el vano predominante ha sido el de 210 m.

En la lámina N°TG-06 se muestra en detalle las planillas.

5.4.7 Identificación de Estructuras

Con el propósito de identificar cada una de las estructuras ubicadas en el perfil, estas han sido numeradas correlativamente desde la Estación de Bombeo N°1, hasta Malacas, el detalle respectivo se halla en la lámina N°TG-07 e incluye señal de seguridad.

5.4.8 Servidumbre

Es el electroducto de aire por el cual tendrá que pagarse indemnizaciones, será de 15 m a cada lado del eje de la línea.

Se recomienda que la obtención de la servidumbre se lleve a cabo con bastante anticipación con el fin de evitar interrupciones innecesarias durante la construcción de la línea.

CAPITULO VI

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS

Y MATERIALES

6.1 Especificaciones Técnicas de Suministro

6.1.1 Condiciones Generales de Suministro

a) Alcance

Estas especificaciones se preparan con el objeto de efectuar la compra de todos los equipos y materiales, que forman parte de las instalaciones proyectadas y cubren las condiciones requeridas para el suministro, describen sus características, calidad mínima aceptable, su fabricación, pruebas y entrega.

b) Normas

Todos los equipos y materiales deberán cumplir y ser probados de acuerdo con las prescripciones de las normas, especificaciones, código y recomendaciones de los organismos.

- Instituto de Investigaciones Tecnológicas Industriales y normas técnicas (ITINTEC).
- Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)

c) Documentación Técnica

El postor entregará junto con su cotización croquis dimensionales de los equipos y materiales propues -

tos, incluyendo además toda la información técnica necesaria, para demostrar que el equipo cumple con las presentes especificaciones.

d) Inspección y pruebas

El propietario podrá inspeccionar y probar la calidad del material utilizado y las partes de los equipos a suministrarse, tanto durante su fabricación como al final de élla.

e) Instrucciones de Embarque y Desembarque

Todos los despachos de equipos y materiales de procedencia extranjera, serán por vía marítima con destino al puerto del Callao. El propietario se encargará del manipuleo y el almacenamiento de los equipos y materiales desembarcados.

En el caso de equipos y materiales fabricados en el Perú, el proveedor podrá elegir el método de transporte que considere más conveniente, debiendo entregar los equipos y/o materiales en los puertos de destino que el propietario señale.

6.1.2 Condiciones de Servicio

a) Frecuencia de la red

Todos los equipos a suministrar serán instalados en un sistema eléctrico que opera a 60 Hz.

b) Temperatura

Todos los equipos y materiales deberán ser diseñados para un trabajo continuo con las siguientes temperaturas.

Temperatura ambiente máximo	40°C
Temperatura ambiente promedio	20°C
Temperatura ambiente mínima	0°C

c) Altitud de operación

Los equipos a suministrarse serán usados en altitudes que van desde el nivel del mar hasta 100 m.s.n.m.

d) Contaminación del aire

Los equipos y materiales a suministrarse serán instalados en zonas cerca del mar, donde el aire es húmedo, contaminado por vapores salinos y con presencia de arena en suspensión.

e) Descargas atmosféricas

Los equipos serán instalados en zonas donde no hay descargas atmosféricas.

6.1.3 Materiales y equipos a suministrarse

Línea de Transmisión de 60 kV

a) Especificaciones Técnicas del conductor de Aluminio

El conductor será de aleación de aluminio, del tipo aluminio magnesio y silicio, cableado y concéntrico, con recubrimiento de grasa.

Las características principales del conductor son las siguientes:

- calibre	2/0 AWG
- sección nominal	67.4 mm ²
- diámetro exterior	10.51 mm
- número de hilos	7
- peso unitario	0.184 kg/m
- carga mínima de rotura	1923 kg
- resistencia c.c. a 20°C	0.4921 ohm/km
- módulo de elasticidad final	6,000 kg/mm ²
- coeficiente de expansión lineal por °C	23 x 10 ⁻⁶ 1°/C

b) Especificaciones Técnicas de Estructuras de Concreto Armado

Los postes serán de concreto armado centrifugado y sus diseños estructurales así como los de las cruces ejecutados de acuerdo a las prestaciones, hipótesis de cargas y coeficientes de seguridad señalados respetándose la configuración y disposición particular de cada tipo de estructura según se muestran en los planos del proyecto.

Las dimensiones y características serán:

- longitud	15 m	18 m	21 m
- esfuerzo en la punta	500 kg	500 kg	700 kg
- coeficiente de seguridad	3	3	3

- diámetro en el vértice	150 mm	225 mm	270 mm
- diámetro en la base	375 mm	495 mm	585 mm
- peso	2200 kg	4600 kg	5200 kg
- conicidad	1.5 cm/m		

Crucetas.- Serán de concreto armado de los siguientes tipos:

- longitud	3.14 m	1.57 m
- tiro horizontal	880 kg	880 kg
- tiro transversal	313 kg	313 kg
- tiro vertical	122 kg	122 kg
- peso	290 kg	145 kg

c) Especificaciones Técnicas de los Aisladores

Los aisladores serán del tipo antineblina (FOG TYPE) con ensamble tipo bola y casquillo (Ball and Socket) y la configuración del dieléctrico similar a la del modelo que se muestra en el catálogo NGK-CA-825 ME.

Los aisladores serán adecuados para ser usados en cadena de aisladores de 5 unidades, con una tensión de servicio de 60 kV.

Características principales del aislador:

- tipo	antineblina (fog type)	
- espaciamiento	5 3/4"	146 mm
- diámetro	10"	254 mm
- longitud de la línea de fuga	17"	432 mm

Características mecánicas:

- carga electromecánica	18,000 lb (8,200 kg)
- resistencia mecánica al impacto	100 lg/pulg (115.2 kg-mm)
- peso neto	7 kg

Características eléctricas:

- tensión de descarga para una onda de impulso positiva 1.5 x 40 us	150 kV
- tensión de descarga para una onda de impulso negativa de 1.5 x 40 us	160 kV
- tensión de descarga mínima a 60 Hz en seco	100 kV
- tensión de descarga mínima a 60 Hz en húmedo	60 kV
- tensión de perforación a 60 Hz	130 kV
- tensión crítica de flameo para una onda de impulso positiva de 1.5 x 40 us	570 kV
- tensión crítica de flameo para una onda de impulso negativa de 1.5 x 40 us	520 kV
- tensión de descarga a 60 Hz en seco	335 kV
- tensión de descarga a 60 Hz en húmedo	200 kV

d) Especificaciones Técnicas de Accesorios para Conductor de Aleación de Aluminio

- Juntas de empalme

Serán del tipo compresión de aluminio, con resistencia de tracción no inferior al 100% de la carga de rotura del conductor. La conductibilidad eléctrica y capacidad de empalme realizado no deben ser inferiores a las del conductor, las juntas de empalme son similares a las fabricadas por ALCAN Cat. N°JAC-6.05.

El empalme será suministrado con pasta inhibidora anticorrosiva necesaria para ejecutar el empalme y debe ser para el cable de calibre N°2/0 AWG, de AASC.

- Manguito de reparación

Será de tipo compresión de Aluminio para el calibre de cable indicado en el párrafo anterior, y será empleado en caso de daño local a la capa externa del conductor durante el montaje. Debe ser similar al fabricado por ALCAN Cat. N°ARS-71 y deberá estar provisto de la cantidad adecuada de pasta inhibidora anticorrosiva para ejecutar la reparación.

- Grampas paralelas para el cuello muerto

Serán de aluminio del tipo de ajuste mecánico pa-

ra conductores de aluminio indicados en el primer párrafo y deben ser similares a los fabricados por Aluminium Company of America (ALCOA) Cat. N°392.6 y deberá estar provisto de la cantidad adecuada de pasta inhibidora anticorrosiva para ejecutar la conexión.

- Varilla de armar
.....

Las varillas de armar (armar rods) serán de aleación de aluminio del tipo premoldeado para ser usados con el conductor AASC # 2/0 AWG, serán similares a los fabricados por ASAHI METAL INDUSTRIES, Ltd., catálogo N°AR-6381 deberán estar libres de corrosión, rajadura, grietas y otros defectos y serán diseñados de modo que protejan efectivamente al conductor de fatigas causadas por vibración.

- Amortiguadores contra Vibración
.....

Serán del tipo "STOCKBRIDGE" similar al fabricado por ASAHI METAL INDUSTRIES Ltd., catálogo N° SD-3011-4.

e) Especificaciones Técnicas de Accesorios para la Cadena de Aisladores

- Grapa de suspensión
.....

Será de aleación de aluminio, del tipo mecánico o empernado, de diámetro adecuado para el conductor de aleación de aluminio 2/0 AWG, similar al que

se muestra en el catálogo NGK 1H-113 AU.

- Grapa de Anclaje
.....

Será de aleación de aluminio, del tipo mecánico o empernado similar al del número de catálogo 2H-970 AU, fabricado por NGK.

- Adaptador Horquilla-Bola (ball-clevis)
.....

Será de acero forjado, galvanizado en caliente y serán similares al del número del catálogo 4H-492C fabricado por NGK, las dimensiones de este adaptador corresponden a la clasificación ANSI tipo B.

- Adaptador Casquillo-Ojo (Socket-eye)
.....

Serán de acero maleable, galvanizados en caliente y serán similares al del N° de catálogo 4H-20493C, fabricado por NGK, las dimensiones de este adaptador corresponden a la clasificación ANSI tipo B.

- Estribos de Suspensión
.....

Será de acero galvanizado en caliente de medidas indicadas en los planos, con diámetro de 5/8" con tuerca, contra tuerca y arandela, la resistencia mínima a la tensión deberá ser de 9,000 kg.

- Extensión Link
.....

Será de aleación de aluminio, similar al que se muestra en el catálogo NGK T₄

- Eslabón de Cadena
.....
Será de aleación de aluminio similar al del N° de catálogo NGK 3H-7D.

- Abrazadera
.....
Será de fierro galvanizado, de 2" x 1/2" x 1/4" ø

f) Especificaciones Técnicas de Accesorios para Anclaje de Retenidas

- Guarda cabo
.....
Será de acero galvanizado en caliente de 1/2" similar al especificado por CHANCE con catálogo N° 6594.

- Varilla para Anclaje
.....
Será de acero galvanizado, en caliente, con ojal para una retenida, similar al fabricado por CHANCE, catálogo N°5328 su longitud es de 9' x 3/4" ø , con rosca en el extremo arandela cuadrada de acero galvanizado de 6' x 6" x 1/2" y tuerca.

- Mordaza para Retenida
.....
Debe ser de Alumoweld capaz de resistir una carga de rotura de 14,00 lbs (6,360 Kg), deben ser similares a los del catálogo N°AWDE-4119 fabricado por PROFORMED LINE PRODUCTOS COMPANY para ser usado con cable alumoweld # 9, 7 hilos.

- Cable para Retenida

El cable a suministrarse será del tipo Alumoweld de 7 hilos, # 9, del tipo 14M, capaz de soportar una carga de rotura mínima de 14,000 lbs (6,360 kg) y será similar al fabricado por la COPPERWELD STEEL COMPANY.

g) Especificaciones Técnicas de Accesorios del Sistema de Puesta a Tierra de las Estructuras

- Varilla de Puesta a Tierra

Será de Copperweld de 5/8" ϕ x 8', similar al que se muestra en el catálogo J8348, fabricado por JOSLYN.

- Grapa para conectar el cable del sistema de Puesta a Tierra con la Varilla

Será de Copperweld, similar al que se muestra en el catálogo J8493 AB, fabricado por JOSLYN.

- Cable para el conexionado

Será de cobre del N°2 AWG, con conector para perno 3/4".

- Placa de Puesta a Tierra

Será de fierro galvanizado 3/8" con huecos roscados para perno 3/16".

6.2 Especificaciones Técnicas de Montaje

6.2.1 Condiciones Generales de Montaje

a) Alcance

Estas especificaciones técnicas de montaje se preparan con la finalidad de definir el trabajo a efectuar por el contratista, su calidad mínima aceptable y recomendar los procedimientos que en casos específicos debe seguir para la construcción y montaje de las diferentes partes del proyecto.

b) Normas y Reglamentos

Para la ejecución de las obras, pruebas y puesta en servicio, el contratista deberá ceñirse a lo prescrito en el:

- Código Nacional de Electricidad
- Reglamento Nacional de Construcciones y demás Disposiciones técnicas y legales vigentes.

c) Planos y Documentos Técnicos

Al contratista se le entregará los planos, las especificaciones técnicas y la tabla de cantidades y precios del proyecto. En caso de existir divergencias entre estos documentos, los planos prevalecen sobre las especificaciones técnicas y estas sobre la tabla de cantidades y precios.

Así mismo, durante el montaje el contratista deberá mantener un registro permanente de todos los cam-

bios que se produzcan con relación a los planos del proyecto.

d) Condiciones de Transporte

El contratista recabará todo el material proporcionado por el propietario de sus almacenes en la zona. El contratista se encargará de transportar dichos materiales y equipos al lugar de las obras, para lo cual deberá adoptar los medios que garanticen la mínima posibilidad de deterioro del material.

6.2.2 Montaje de la línea de Transmisión de 60 kV

a) Distribución de Estructuras en el Terreno

El propietario entregará al contratista los planos de trabajo y perfil longitudinal del terreno en los cuales se ha realizado la distribución teórica de las estructuras. Estas ubicaciones serán controladas en el terreno por el contratista, rectificando su emplazamiento a lo largo del perfil en caso necesario.

b) Excavaciones y fundaciones

El contratista presentará al propietario para su aprobación los diseños de fundaciones que prevea utilizar, considerando los diferentes tipos de estructuras y las diversas características de los terrenos.

c) Servidumbre y Remoción de Obstáculos

El contratista preparará la franja de servidumbre para el tendido de los conductores, cortando los árboles y arbustos a una distancia de 4 m del conductor más bajo, en caso de existir estos y según su ubicación en el perfil. Tomará todas las precauciones del caso para preservar en lo posible la vegetación. El ancho de la franja de servidumbre es de 15 m es decir 7.5 mts. a ambos lados del eje de la línea.

d) Montaje de Postes y Crucetas

El manipuleo de los postes y crucetas deberá realizarse con el mayor cuidado, para evitar posibles fisuras y deterioro del material, lo cual trae como consecuencia una disminución en el tiempo de su vida útil.

El montaje de las crucetas deberá hacerse antes de izar el poste teniendo especial cuidado de respetar las distancias especificadas en los planos.

e) Montaje de Aisladores y Ferretería

El contratista deberá limpiar los aisladores antes de instalarlos. Las partes aislantes deben estar brillantes y las partes metálicas libres de suciedad, corrosión.

El contratista deberá emplear un medio apropiado para elevar las cadenas de aisladores desde el suelo

a las crucetas. Todas las cadenas de suspensión deberán estar verticales, cuando los conductores ha-
yan sido tensados y sujetos.

Todas las conexiones y pasadores deberán ser revisados para constatar su instalación apropiada, antes
que las cadenas sean elevadas a las crucetas.

f) Montaje de conductores

Todos los empalmes serán realizados con juntas de
empalme a compresión. No se permite hacer más de
un empalme por fase en un vano. Ningún empalme de-
berá ser ubicado en algún cruce de carretera princiu
pal, líneas de telecomunicaciones y lugares habita-
dos.

El contratista deberá proponer el método más apro-
piado para el tendido del conductor. Deberá tener-
se cuidado de que el conductor no resulte golpeado,
doblado exageradamente o dañado.

Antes del tesado, la selección de los vanos de con-
trol, y los cálculos respectivos deberán ser someti
dos a aprobación del Ingeniero Inspector.

La realización del Reglaje de los conductores se hau
rá con medios apropiados (taquímetro, medida direc-
ta de la flecha, etc.).

Después del tesado los conductores deberán ser dejau
dos en las roldanas 48 horas como mínimo, antes del
engrape o sujeción.

La temperatura del conductor deberá ser verificada mediante un termómetro adecuado, que mide la temperatura efectiva del conductor en el aire. La temperatura deberá ser leída después de un tiempo prudencial a este valor, deberá ser usado para la temperatura del tensado.

Todas las distancias mínimas a tierra, cruces, etc., deberán estar de acuerdo a las especificaciones.

g) Puesta a tierra de estructuras

Previamente el contratista medirá la resistividad del terreno en el lugar del emplazamiento de cada estructura.

Todas las estructuras serán puestas a tierra, conforme se indica en el plano correspondiente.

h) Montaje de retenidas

Serán tal como se muestran en los planos respectivos; tanto las planillas de las estructuras, así como los planos respectivos indican las estructuras que llevan retenidas, para lo cual se emplearán bloques de anclaje de las dimensiones que se indican en el plano.

i) Limpieza de Vía

El contratista mantendrá limpio el lugar de la construcción, libre de material sobrante y basura resul

tante de los trabajos.

j) Pruebas

- Resistencia a tierra

Después de haber montado todas las estructuras, en contratista deberá efectuar medidas de la resistencia a tierra, con el fin de verificar el valor de cada puesta a tierra.

- Aislamiento de la línea

El contratista deberá también efectuar medidas en los puntos que designe el Ingeniero Inspector, para comprobar el aislamiento de la línea.

k) Entrega de la línea

Una vez terminada la línea a satisfacción del propietario, para que éste emita su aceptación formal deberá haber recibido del contratista todo el juego de planos de la línea, revisada y actualizado con un sello que indique "De acuerdo a Obra".

Así mismo, deberá realizar un balance de los materiales entregados por el propietario y los utilizados en la línea, devolviendo todos los accesorios sobrantes.

CAPITULO VII

METRADO Y PRESUPUESTO

7.1 Objetivo

El presente metrado y presupuesto ha sido elaborado con la finalidad de establecer los costos aproximados de la línea de transmisión a 60 kV de "Malacas a la Estación de Bombeo N°1".

7.2 Criterios Básicos para el Análisis de Precios

7.2.1 Suministro de Materiales y Equipos Electromecánicos

Para establecer los precios correspondientes de los diversos materiales y equipos, se ha tomado como referencia las cotizaciones de los diferentes fabricantes y en ciertos casos se han ajustado algunos precios al mes de Enero de 1980.

En los metrados respectivos de materiales se ha considerado cierto porcentaje de exceso, con el criterio que sirva de stock mínimo, que permita la operación de la línea sin problemas por falta de repuesto. Los porcentajes han sido considerados en todos los materiales - excepto en las estructuras:

- conductor 10%
- accesorios 5%

7.2.2 Montaje Electromecánico

El presupuesto calculado para el montaje electromecánico de los materiales y equipos, ha sido elaborado a base de los precios unitarios de los diferentes trabajos a realizarse.

Los precios indicados en el presupuesto de montaje incluye el transporte y el montaje propiamente dicho de los materiales y equipos.

7.3 Resumen de Costos

De acuerdo a los resultados que se detallan en las tablas de cantidades y precios a Enero de 1980, el resumen de costos es como sigue:

7.3.1 Línea de transmisión a 60 kV

a)	Suministro de materiales y equipos	S/.167'654,345
b)	Transporte y montaje electromecánico	" <u>28'824,140</u>
	Total costo directo	S/.196'478,485
c)	Estudio de Ingeniería	" <u>4'303,460</u>
		S/.200'781,945
	Dirección Técnica (5%)	" 10'039,097
	Gastos Generales (10%)	" 20'078,194
	Utilidad (5%)	" 10'039,097
	D.L. N°21497 (3%)	" <u>6'023,458</u>
	TOTAL GENERAL	S/.246'961.791

LINEA DE TRANSMISION "MALACAS-ESTACION DE BOMBEO

Nº1 60 kv

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	Metrado		Costo	
		Unid	Cant	Unit.	Total
A	ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO				
01	Postes de c.a.c. de 21.00/700-3 270/560	c/u	4	244,100	976,400
02	Postes de c.a.c. de 18.00/500-3 225/495	c/u	222	144,300	32'034,600
03	Postes de c.a.c. de 15.00/500-3 150/375	c/u	1	111,000	111,000
04	Crucetas de c.a. 3.14 m	c/u	206	38,800	7'992,800
05	Media cruceta de c.a. 1.57 mt	c/u	248	21,200	5'257,600
	PARCIAL				46'372,400
B	CONDUCTOR Y ACCESORIOS				
	Según especificaciones técnicas correspondientes:				
01	Conductor de Aluminio Nº 2/0 AWG - 7 hilos	m	149,000	310	46'190,000
02	Juntas de empalme	c/u	115	5,150	592,250
03	Manguito de reparación	c/u	115	2,580	296,700
04	Grapa paralela para cuello muerto	c/u	22	825	18,150
05	Varilla de Armar	c/u	708	3,560	2'520,480
06	Amortiguadores	c/u	1,398	9,680	13'532,640
	PARCIAL				63'150,220

LINEA DE TRANSMISION "MALACAS-ESTACION DE BOMBEO

N°1" 60 kV

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	Medrado		Costo	
		Unid.	Cant.	Unit.	Total
C	AISLADORES Y ACCESORIOS				
	Según especificaciones técnicas correspondientes:				
01	Aisladores de porcelana tipo antifog CAT. NGK 825 MZ	c/u	4,222	9,020	38'082,440
02	Grapa de suspensión según CAT. NGK-1H-1135 AU	c/u	611	5,350	3'268,850
03	Adaptador horquilla-bola según CAT. NGK-4H-492C.	c/u	841	1,150	967,150
04	Grapa de anclaje según CAT. NGK-2H-970 AU	c/u	233	5,770	1'344,410
05	Adaptador casquillo-ojo según CAT. NGK 4H-20493C	c/u	841	1,350	1'135,350
06	Extensión Link según CAT. NGK T ₄	c/u	233	875	203,875
07	Estribo de Anclaje	c/u	233	1,800	419,400
08	Estribo de suspensión	c/u	841	950	798,950
09	Eslabón de cadena de 5/8" ø	c/u	233	450	104,850
	PARCIAL				46'325,275

LINEA DE TRANSMISION "MALACAS-ESTACION DE BOMBEO N°1" 60 KV

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	Metrado		Costo	
		Unid.	Cant.	Unitario	Total
D	RETENIDAS Y ANCLAJES				
	Según especificaciones técnicas correspondientes				
01	Varilla de Anclaje de 3/4"φ x 2.70 m c/tuerca y arandela	c/u	120	2,160	259,200
02	Mordaza preformada de Alumoweld para cable Alumoweld N°9 - 7 hilos	c/u	241	3,500	843,500
03	Arandela cuadrada de 6" x 6" x 1/2" de FoGo	c/u	120	465	55,800
04	Cable para retenida de acero tipo Alumoweld N°9 AWG - 7 hilos	mt	3,935	720	2'833,200
	PARCIAL				3'991,700
E	ACCESORIOS PARA PUESTA A TIERRA				
	Según especificaciones técnicas correspondientes:				
01	Varilla de puesta a tierra de Copperweld de 5/8"φx6'	c/u	464	11,450	5'312,800
02	Grampa para conectar la varilla de 5/8" φ con cable Cu, N°2 AWG	c/u	464	950	440,800
03	Conductor Cu desnudo N°2 AWG cableado	m	2,310	310	716,100
04	Conductor de Aleación de Aluminio N°2 AWG	m	6,405	210	1'345,050
	PARCIAL				7'814,750
	TOTAL SUMINISTRO				167'654,345

LINEA DE TRANSMISION "MALACAS-ESTACION DE BOMBEO N°1" 60 kV

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

MONTAJE ELECTROMECHANICO

ITEM	DESCRIPCION	Metrado		Costo	
		Unid.	Cant.	Unit.	Total
A	REPLANTEO DE LA LINEA Incluye: - Ubicación de estructuras - Tomar secciones transversales - Determinar longitudes y cantidades - Finales de postes	Km	45	14,000	640,000
B	MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE SUSPENSION "S" Incluye: - Armado, erección e instalación de aisladores - Alineamiento de la estructura - Señalización de peligro	c/u	174	24,500	4'263,000
C	MONTAJE DE ESTRUCTURAS TIPO SUSPENSION "S ₁ " Incluye: - Idem al anterior	c/u	2	24,500	49,000
D	MONTAJE DE ESTRUCTURA DE ANGULO TIPO "A ₁ " Incluye: - Armado, erección e instalación de aisladores - Alineamiento de la estructura - Señalización de peligro	c/u	9	27,100	243,900

LINEA DE TRANSMISION "MALACAS-ESTACION DE BOMBEO N°1" 60 kV

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

MONTAJE ELECTROMECHANICO

ITEM	DESCRIPCION	Metrado		Costo	
		Unid.	Cant.	Unit.	Total
E	MONTAJE DE ESTRUCTURA DE ANGULO TIPO "A ₂ " Incluye: Idem al anterior	c/u	5	27,100	135,500
F	MONTAJE DE ESTRUCTURA DE ANGULO TIPO "A ₃ " Incluye: Idem al anterior	c/u	2	28,300	56,600
G	MONTAJE DE ESTRUCTURA DE RETENCION "R" Incluye: - Armado, erección e instalación de aisladores - Alineamiento de la estructura - Señalización de peligro	c/u	31	27,100	840,100
H	MONTAJE DE ESTRUCTURA DE RETENCION "R ₁ " Incluye: Idem al anterior	c/u	2	26,500	53,000
I	MONTAJE DE ESTRUCTURA TERMINAL "T ₁ " Incluye: - Armado erección e instalación de aisladores - Alineamiento de la estructura. - Señalización de peligro	c/u	1	28,300	28,300

LINEA DE TRANSMISION "MALACAS-ESTACION DE BOMBEO N°1"
60 kV

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS
MONTAJE ELECTROMECHANICO

ITEM	DESCRIPCION	Metrado		Costo	
		Unid.	Cant.	Unit.	Total
J	MONTAJE DE ESTRUCTURA TERMINAL "T ₂ " Incluye: Idem al anterior	c/u	1	28,300	28,300
K	INSTALACION Y MEDIDA DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Incluye: - Medición de resistencia a tierra - Colocación de varillas de puesta a tierra	c/u	227	4,630	1'051,010
L	CIMENTACION DE ESTRUCTURAS Incluye: - Excavación - Base de concreto simple	c/u	227	35,200	7'990,400
M	INSTALACION DE RETENIDAS Y ANCLAJES Incluye: - Prueba de la capacidad portante del terreno - Excavación para un bloque de anclaje - Instalación de varilla de anclaje - Relleno compacto mecánicamente - Instalación en su posición final del cable de reten.	c/u	120	11,540	1'384,800

LINEA DE TRANSMISION "MALACAS-ESTACION DE BOMBE N°1"

60 kV

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

MONTAJE ELECTROMECHANICO

ITEM	DESCRIPCION	Metrado		Costo	
		Unid.	Cant.	Unit.	Total
N	INSTALACION DEL CONDUCTOR N°2/0 AWG DE ALEACION DE ALUMINIO DE LINEA TRIFASI- CA DE SIMPLE TERNA Incluye: - Instalación de cable de guía y equipos - Tendido y templado del conductor - Puesto en flecha - Instalación de accesorios	km	45	153,750	6'918,750
O	LIMPIEZA DE VIA	km	14	24,000	336,000
P	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	Est.		852,000	852,000
Q	TRANSPORTE	Est.		3'963,480	3'963,480
	TOTAL TRANSPORTE Y MONTAJE				28'824,140

LINEA DE TRANSMISION "MALACAS-ESTACION DE BOMBE N°1"

60 kV

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

MONTAJE ELECTROMECHANICO

ITEM	DESCRIPCION	Metrado		Costo	
		Unid.	Cant.	Unit.	Total
N	INSTALACION DEL CONDUCTOR N°2/0 AWG DE ALEACION DE ALUMINIO DE LINEA TRIFASI- CA DE SIMPLE TERNA Incluye: - Instalación de cable de guía y equipos - Tendido y templado del conductor - Puesto en flecha - Instalación de accesorios	km	45	153,750	6'918,750
O	LIMPIEZA DE VIA	km	14	24,000	336,000
P	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	Est.		852,000	852,000
Q	TRANSPORTE	Est.		3'963,480	3'963,480
	TOTAL TRANSPORTE Y MONTAJE				28'824,140

CONCLUSIONES

Al terminar el diseño de la línea de transmisión "Malacas-Estación de Bombeo N°1" 60 kV; podemos formular las siguientes conclusiones principales:

- a) Debido a que el actual suministro eléctrico a la Estación de Bombeo de agua potable del "Eje Paita-Talara" es deficiente y restringido, se hace necesario entonces, la ejecución de obras que subsanen dicha situación, dentro de una concepción integral y en concordancia con el desarrollo del Sistema - Eléctrico del Departamento de Piura.

En este sentido, el esquema conformado por la línea a 60 kV, resulta ser la más conveniente para la alimentación al mencionado sector.

- b) La línea de Transmisión "Malacas-E.B.N°1" se ha diseñado con la finalidad de cumplir dos objetivos:
- Satisfacer la demanda de energía eléctrica, de la Planta de Agua Potable, del Arenal.
 - Satisfacer plenamente la demanda de agua potable a las localidades de Paita y Talara que son las localidades ubicados en el Eje.
- c) La Línea de Transmisión se ha diseñado con una sola terna, debido a que en caso de mantenimiento o

puesto fuera de servicio; se debe tener como servicio de emergencia a la pequeña central de petróleo - ubicado en el Arenal; para lapsos cortos de tiempo.

- d) Para la implementación del proyecto completo (Diseño de la línea y subestaciones), no es necesario - la construcción de un centro de generación; ya que la Central Térmica de Malacas (Talara), cuenta con la capacidad suficiente para cubrir la demanda de la Planta de Agua Potable, ya que ésta permanecerá estacionaria.
- e) En la selección de los Materiales de la línea, se ha tenido preferencia, en la medida de lo posible, por los materiales de fabricación nacional; tal es así las estructuras de concreto, en vez de los de fierro; porque, el costo es menor; debido a que la fabricación se realiza en Industria Nacional, eliminando el costo de importación; y algo más importante incentivando de esta manera la Industria Nacional. Del mismo modo sucede con el conductor a utilizar en la línea de transmisión, como con la ferretería, anclaje y varilla de puesta a tierra.
- f) En el diseño de la línea de transmisión propuesta, se han utilizado mayormente prescripciones de diversas normas internacionales, debido a que en el actual Código Nacional de Electricidad del Perú

presenta limitaciones en lo concerniente al diseño de instalaciones de transmisión de energía eléctrica.

Por esta razón y considerando que en el país se está incrementando notablemente la construcción de instalaciones de mayor potencia y tensión, resulta indispensable la elaboración de normas que cubran la amplitud y complejidad del diseño de éstas instalaciones.

- g) Los lineamientos generales adoptados en la elaboración del presente trabajo, podrían ser utilizados en los diseños de líneas de transmisión del mismo nivel de tensión, en los demás sectores del Departamento, dada a la similitud que revisten, con la finalidad de reducir los tiempos de ingeniería de diseño.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- Líneas de Transporte de Energía
Luis María Checa - Bacxarenn Editores
- Líneas Aéreas de Transmisión
Ing. Giovanni Barera
- Redes Eléctricas
Gaudencio Zappetti. Ed. Gustavo Gili S.A.
- Electrical Transmission and Distribution Reference
Book
Central Station Engineers of the Westinghouse
- Standard Handbook for Electrical Engineers
Archer E. Knowlton. Ed. McGraw Hill
- Instalaciones Eléctricas Generales
Enciclopedia de Electricidad. Ed. CEAC S.A.
- Técnicas de Alta Tensión
G. Enriquez Harper
- Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia
William D. Stevenson. Ed. McGraw Hill

PUBLICACIONES Y REVISTAS

- Proyecto de línea de Transmisión 60 kV - Bajo Piura-
Catacaos - La Unión
ELECTROPERU. INIE
- Proyecto de Línea de Transmisión 60 kV y Subestación
60/10 kV del Valle de Chíncha - ELECTROPERU, Gerencia
de Explotación.

- Normas para la construcción de líneas aéreas - CEI
(Comisión Electrotécnica Internacional)
- Normas para la construcción de líneas aéreas - VDE
0210/5.62
- Principios para el diseño del aislamiento de líneas
de transmisión - NGK Insulators
- Guide for safety in Alternating Current Substation -
grounding - AIEE.