

**Universidad Nacional de Ingeniería**

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



Ingeniería Básica de la Línea de Transmisión y  
Subestaciones en 33 y 13.2KV Yaupi-Yuncán-  
Huallamayo - Uchuhuerta

**T E S I S**

Para Optar al Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**Mario Róger López Kitano**

**Promoción 1979-2**

**Lima - Perú**

**1985**

## INTRODUCCION

El presente Proyecto para optar el Título de Ingeniero Electricista tiene por objeto la elaboración de la "Ingeniería Básica de la Línea de Transmisión y Subestaciones en 33 y 13.2 KV Yaupi - Yuncán - Huallamayo - Uchuhuerta" de propiedad de la Empresa de Electricidad Yuncán S. A. de la cual la Empresa Minera del Centro del Perú - CENTRO MIN PERU S. A. forma parte.

Para el desarrollo de la Central Hidroeléctrica Paucartambo II que ha de ser realizado por la Empresa de Electricidad Yuncán S. A. se hace necesario el Suministro Eléctrico para los trabajos a realizar en túneles, casa de máquinas y represas ubicadas en Yuncán, Huallamayo y Uchuhuerta estas ubicaciones han sido previstas en la Ingeniería de Detalle de esta obra. La Central Hidroeléctrica Paucartambo II está comprendida en el Plan Maestro de Electricidad (Anexo I) de octubre del 83 emitido por el Ministerio de Energía y Minas.

El Proyecto Paucartambo II conjuntamente con el ya en ejecución Proyecto de Interconexión Eléctrica entre CENTROMIN PERU y ELECTROPERU tienen como finalidad satisfacer la demanda que requerirán las minas y las plantas concentradoras y de refinación a ser desarrolladas por CENTRO MIN PERU y Minas Particulares con los beneficios subsiguientes:

- a) Hacer del Sistema Interconectado del Centro una fuente poderosa de energía ya que CENTROMIN PERU posee cuatro Centrales Hidroeléctricas con un total de 183.4 Mw que sumadas a la Central Hidroeléctrica Paucartambo II de 126 Mw alcanzaría a 309.4 Mw en términos de capacidad máxima.
- b) La Central Hidroeléctrica Paucartambo II tendrá capacidad de regulación diaria con la que la Central Hidroeléctrica Paucartambo I (C.H.E. Yaupi) ubicada inmediatamente aguas abajo, también gozará de los efectos de esa regulación por la cual ambas Centrales podrán reemplazar a la Central Hidroeléctrica de Malpaso de 54.4 Mw como la planta encargada de la operación para la carga de "punta".
- d) El costo de energía de la C.H.E. Paucartambo II es de US \$ 0.0194 por Kwh, monto más barato que el correspondiente a la potencia interconectada, ejerciendo una influencia económica sobre el costo de productos mineros, para darles más poder de competencia internacional.

La energía eléctrica necesaria para estos trabajos deberá ser suministrada desde la Central Hidroeléctrica Paucartambo I mediante tres secciones. La primera sección consistirá en la línea existente de 138 Kv modificada a 33 Kv con 21.5 Km de longitud desde la Central Hidroeléct-

trica Paucartambo I hasta la futura Bocatoma Huallamayo. La segunda sección prevee la construcción de una línea nueva que derivará de la anterior en la zona denominada Tingo de Hualca hasta la Ventana N° 2 de 9.5 Km. de longitud. La tercera sección prevee la construcción de líneas en 13.2 Kv y derivaciones en "T" tanto en 33 Kv y 13.2 para alimentar las Ventanas N° 1, N° 2, N° 4, N° 5 y la Bocatoma Uchuhuerta.

Se ha considerado además el Suministro Eléctrico para la Electrificación de la Comunidad Campesina de Paucartambo para lo cual la Subestación en la Bocatoma Huallamayo se ha diseñado con la capacidad indicada.

El sistema de Línea de Transmisión y Subestaciones aquí desarrollado está previsto a ser utilizado en su máxima capacidad los primeros 3.5 años de 5.0 previstos para ejecución de los trabajos de obras civiles y electromecánicas, pasado este tiempo sólo se mantendrá el sistema para entregar suministro eléctrico a las Bocatomas Huallamayo y Uchuhuerta y la comunidad campesina de Paucartambo, por este motivo parte de los equipos de subestaciones deberán ser reubicados de acuerdo a las necesidades de su propietario la Empresa de Electricidad Yuncán S. A.

## CAPITULO I

### Memoria Descriptiva

#### 1.1 Generalidades

##### 1.1.1 Alcances

El Proyecto comprende el diseño a nivel de Ingeniería Básica de las Subestaciones y Líneas de Transmisión que conforman el sistema de suministro eléctrico.

El sistema definitivo adoptado comprende lo siguiente:

Una línea de alimentación en 33 Kv a la Subestación Bocatoma Huallamayo, la cual tendrá derivaciones tipo "T" para las Subestaciones Bocatoma Yuncán, Principal Ventana Nº 2, Ventana Nº 4 y Ventana Nº 5.

Una Subestación de salida ubicada en el patio de llaves de la Central Hidroeléctrica Paucartambo I (C.H.E. Yaupi) de 13.2/33 Kv y 6 MVA de potencia instalada.

Subestaciones de distribución de 33/13.2 Kv deno

minadas:

Bocatoma Yuncán de 2.5 MVA

Bocatoma Huallamayo de 1.5 MVA

Principal Ventana Nº 2 de 1.0 KVA

Ventana Nº 4 de 400 KVA

Ventana Nº 5 de 350 KVA

- Una línea de distribución en 13.2 Kv desde la Bocatoma Huallamayo a la Subestación Ventana Nº 3.
- Las líneas de distribución en 13.2 Kv desde la Subestación Principal Ventana Nº 2 hasta la Subestación Ventana Nº 2, y la comprendida entre la primera y la Bocatoma Uchuhuerta con una derivación tipo "T" para alimentar la Subestación Ventana Nº 1.
- El sistema de protección y medición ubicado en el patio de llaves de la C.H.E. Yalci y respectiva protección en los transformadores de distribución.

En esta tesis se han considerado los diseños a nivel de Ingeniería Básica hasta la etapa de distribución en donde el nivel de tensión es de 13.2 Kv, la tensión de utilización no ha podido ser definida ya que ésta deberá ser utilizada por los ejecutores de las obras civiles en cada zona de trabajo.

El proyecto está basado en los siguientes antecedentes:

- Existe un adendum al Proyecto Hidroeléctrico Paucartambo II denominado PREPARATION WORKS DISTRIBUTION LINES FOR CONSTRUCTION de la Compañía Consultora EPDC del Japón como parte de los trabajos preliminares a realizar para el desarrollo de la Central Hidroeléctrica.
- Existe un Estudio de Prefactibilidad denominado "Proyecto Paucartambo II Línea de Transmisión en 33 Kv Yaupi - Yuncán - Huallamayo - Uchuhuerta", realizado en Octubre de 1982.

El alcance de la Ingeniería de este proyecto comprende:

- Determinación de la configuración del sistema.
- Determinación del nivel de tensión de transmisión
- Determinación de conductores.
- Determinación del apoyo tipo de la línea.
- Especificaciones técnicas de equipos principales y materiales.
- Arreglo general de las subestaciones.
- Configuración de los sistemas de protección y medición.
- Metrado y presupuesto.

#### 1.1.2 Ubicación y características climáticas de la Región

El área del Proyecto se encuentra ubicado en la Sierra Central del Perú, en el Departamento de Junín Provincia de Pasco, entre los distritos de Ulcumayo y Paucartambo según coordenadas IGM están:

C.H.E. Paucartambo I	Long. 75º32'	Lat. 11º78'
Bocatoma Yuncán	Long. 75º38'	Lat. 11º86'
Bocatoma Huallamayo	Long. 75º42'	Lat. 11º73'
Bocatoma Uchuhuerta	Long. 75º46'	Lat. 10º36'

Las características climáticas de la zona son las siguientes:

Temperatura mínima	-5ºC
Temperatura máxima	35ºC
Temperatura promedio	20º
Velocidad del viento	80 km/h
Contaminación atmosférica	Nula
Altura sobre el nivel del mar que atravesará la línea	1,400 m (mínimo) 3,000 m (máximo)

### 1.1.3 Características del Sistema Propuesto

Actualmente existe la línea de transmisión en 138 Kv entre el patio de llaves de la C.H.E. Yaupi y la S.E. Carhuamayo, esta tiene una longitud de 67.5 km y 238 estructuras soporte tipo H de madera Douglas Fir de clase 1 y 2, el calibre del cable conductor es 477 MCM-ACSR con 2 cables de guarda de acero de

3/8 pulgadas de diámetro. Esta línea tiene 27 años de instalada y la postiería soporte recibe su mantenimiento programado respectivo, por lo cual aún se encuentra en buenas condiciones.

Para la alimentación de las cargas previstas para la construcción de la Central Hidroeléctrica Paucartambo II se evaluaron demandas máximas de potencia eléctrica en los diversos puntos de la zona donde se efectuarán los trabajos de desarrollo del proyecto tales como las zonas Yuncán, Huallamayo, Uchuhuerta y las Ventanas N° 1, 2, 3, 4, 5 (Ver plano N° 1-01) el sistema propuesto para la alimentación de estas cargas es el radial con diversas derivaciones en tipo "T" y consta de lo siguiente:

- S.E. C.H.E. Yaupi

Recibirá la energía en 13.2 Kv provenientes de las barras de salida de los generadores de esta central. tendrá un transformador de 6.0 MVA con una tensión secundaria de 33 Kv, la cual a través de un cable subterráneo se conectará a la estructura de salida de la línea de transmisión.

- Línea de Transmisión en 33 Kv

Consiste de una terna la cual en su tramo S.E. C.H.E. Yaupi - S.E. Huallamayo tendrá como estructura soporte la línea actual en 138 Kv modificada a 33 Kv. Esta línea tendrá derivaciones del tipo "T" para alimentar las subestaciones Yuncán, Ventana Nº 4, Ventana Nº 5 y en la zona denominada Tingo de Hualca habrá otra desde la cual en estructura de madera eucalipto tratada por construir alimentará la subestación Principal Ventana Nº 2 la longitud de la línea en 138 Kv a ser utilizada en 33 Kv más la línea por construir tendrán un total de 31.0 km de longitud.

#### - S.E. Yuncán

Se ubicará en la zona Yuncán en un área cercana a la ubicación de la Casa de Máquinas en caverna de la Central Hidroeléctrica Paucartambo II.

Transformará la tensión de transmisión de 33 Kv en tensión de distribución de 13.2 Kv por medio de un transformador de 2.5 MVA.

#### - S.E's Ventana Nº 4 y Nº 5

Se ubicarán cerca de las zonas del área de trabajo de estas Ventanas las derivaciones para alimentación a estas subestaciones serán de pequeña longitud, aunque todavía no se ha definido ubica

ción de las derivaciones.

Transformarán la tensión de transmisión 33 Kv en tensión de 13.2 Kv por medio de transformadores de 400 KVA para la Ventana Nº 4 y 350 KVA para la Ventana Nº 5.

#### ■ S.E. Huallamayo

Se ubicará en la zona Huallamayo en una area cercana a la ubicación de la Bocatoma del mismo nombre. En esta Subestación se tendrá cuatro módulos de salida para líneas en 13.2 Kv para alimentar a la Subestación Ventana Nº 3, la Comunidad Campesina de Paucartambo y para las obras dos módulos.

Transformará la tensión de transmisión en 33 Kv en tensión de distribución de 13.2 Kv por medio de un transformador de 1.5 MVA.

#### ■ S.E. Principal Ventana Nº 2

Se ubicará en la zona cercana al área de ubicación de la Ventana Nº 2, en esta subestación se tendrá dos módulos de salida para líneas en 13.2 Kv uno para alimentar a la subestación Ventana Nº 2 y el otro para las subestaciones Bocatoma Uchu huerta y Ventana Nº 1.

Kv en tensión de distribución de 13.2 Kv por medio de un transformador de 1.0 VA.

#### ▬ Líneas de Transmisión en 13.2 Kv

Se tendrá una terna de alimentación en 13.2Kv desde la Subestación Huallamayo hasta el área cercana a la ubicación de la Ventana N° 3 será en estructura eucalipto tratado con una longitud de 2.5 km.

Para la alimentación de la Subestación Uchuhuerta se ha previsto la construcción de una terna en 13.2 Kv en estructura de madera eucalipto tratado de 3.5 km de longitud, ésta línea tendrá una derivación en el área cercana a la Ventana N° 1 para la alimentación a ésta, haciendo un total de 6.0 km de líneas en 13.2 Kv.

#### ▬ S.E's Ventana N° 1, N° 2, N° 3 y Uchuhuerta

Se ubicarán en las respectivas áreas cercanas a cada área de trabajo respectiva, transformarán la tensión de distribución de 13.2 Kv a la tensión respectiva de utilización esta tensión será determinada por el ejecutor de las obras civiles de cada zona.

#### ▬ Sistema de Protección y Medida

El único interruptor de potencia del sistema configurado estará ubicado en la S.E. C.H.E. Yau pi, el sistema de protección será dividido en cuatro zonas:

- Protección de barras, el cual estará ligado a la protección existente y su zona abarcará hasta los bornes de salida del interruptor.
- Protección diferencial del transformador de 6.0 MVA el cual protegerá la zona comprendida entre los bornes de entrada del interruptor y los bornes de salida del transformador.
- Protección de sobrecorriente y falla a tierra comprendida entre los bornes del transformador de corriente y toda la línea en 33 Kv.
- Los transformadores de distribución tendrán protección principal y de respaldo mediante seccionadores fusibles del tipo rápido.

Se tendrá medición de energía activa, reactiva máxima demanda de potencia activa e indicador de potencia activa en la S.E. C.H.E. Yau pi, y las respectivas mediciones de corriente tensión.

Todo el equipo de maniobra que requiera tener suministro de energía bajo cualquier circunstancia, tendrán alimentación en corriente continua proveniente del banco de baterías de la C.H.E. Yaupi.

Sistema de Comunicación, será del tipo de par cable telefónico entre las Subestaciones Yuncán, Huallamayo, Uchuhuerta y C.H.E. Yaupi, las comunicaciones de emergencia será por radio HF.

## CAPITULO II

### INGENIERIA DEL PROYECTO

#### 2.1 Evaluación de la Demanda (1)

Para la evaluación de la demanda se ha tomado en consideración las siguientes zonas:

##### Zona Yuncán

	KVA
Ventana N° 6.....	300
Chimenea de equilibrio.....	120
Túnel tubería forzada.....	210
Túnel Casa de Máquinas.....	900
Planta de hormigón.....	240
Túnel de descarga.....	210
Otras obras.....	120
Campamento de obras.....	267
Subtotal:	2,367 KVA

##### Zona Huallamayo

	KVA
Ventana N° 3.....	390
Bocatoma Huallamayo.....	510

---

(1) Los valores que figuran en cada una de las zonas fueron proporcionados por los consultores de la Ingeniería de detalle en su adendum mencionado en la sección 1.1.1 del presente estudio.

Ventana N° 4.....	390
Ventana N° 5.....	330
Campamentos de obras.....	160
Comunidad Campesina Paucartambo (2).....	<u>410</u>
Subtotal:	2,190 KVA

Zona Uchuhuerta

	KVA
Bocatoma Uchuhuerta.....	300
Ventana N° 1.....	210
Ventana N° 2.....	330
Campamento de obras.....	<u>107</u>
Subtotal:	947 KVA
Demanda total:	5,504 KVA

El sistema de utilización de energía en estas zonas de trabajo son del tipo mercado estático, la demanda en los diferentes puntos de consumo será desde su inicio hasta pasado los 3.5 años de duración de las obras civiles constante y valor tendrá como máxi

- 
- (2) La proyección de la demanda máxima de la comunidad campesina Paucartambo considerada por EPDC fue de 330 KVA, las proyecciones de demanda evaluadas para cuando se culminen las obras de electrificación de la comunidad ya en ejecución han sido modificadas al valor de la tabla, esta modificación toma en cuenta el cronograma de ejecución de desarrollo de la Central Hidroeléctrica que tendrá la duración de 5 años.

mo los que figuran en tabla. Ya finalizadas las obras civiles la demanda de energía tendrá un crecimiento negativo alcanzando el valor que las operaciones eléctricas de las Represas (Huallamayo y Uchuhuerta) y consumo de la Comunidad de Paucartambo requieren, este valor está por debajo de la demanda total del presente diseño.

El 92% del consumo previsto para el desarrollo de esta ingeniería será asumida por los trabajos en las obras civiles, debido tipo de maquinaria a utilizar en estas labores, el cual comprende compresoras, chancadoras, equipo eléctrico ferroviario, bombas, mezcladoras y otros y a los tres turnos previstos en esta labor el factor de carga alcanzará el valor de 0.95 sabiendo que la demanda de la comunidad campesina de Paucartambo no influenciará en el diagrama de carga del sistema. Este factor de carga es típico en la realización de este tipo de obras.

## 2.2 Subestaciones

### 2.2.1 Descripción General

#### a) S.E. C.H.E. Yaupi

Transforma la energía recibida de las barras de generadores de la central de 13.2 a 33 Kv, y consta de:

##### En 13.2 Kv

- Prolongación de las barras hacia nueva estructura de la cual se hará la bajada hacia el seccionador tripolar de barras.
- Conexión mediante sistemas de tubería de cobre rígido seccionador de barras - interruptor - transformador.

##### En 33 Kv

- Conexión mediante conductor sólido rígido de cobre salida transformador - transformador de corriente al seccionador de línea, se hará también con conductor sólido rígido en cobre.
- La conexión seccionador de línea - estructura de salida se hará con cable aislado seco para 33 Kv instalado bajo tierra con su respectiva tubería de protección para su bajada desde el seccionador y subida a la estructura, será enterrado a una profundidad de 0.94 mts. sobre el nivel de la superficie.

El transformador de tensión estará colocado en la estructura soporte del seccionador de línea y transformador de corriente tipo pedestal, desde donde se hará su respectiva conexión.

- Los equipos de protección, medición y comunicación serán instalados en paneles dentro de la sala de control de C.H.E. Yaupi.
- El sistema de tierra se conectará con el existente en la Subestación de salida, la estructura tendrá su respectiva bajada a tierra.

b) S.E. Yuncán

Transforma la energía recibida desde la estructura final de la línea en 33 Kv y consta de lo siguiente:

- Estructura soporte de madera eucalipto tratada, de cuatro postes con 12 mts de longitud, unidos mediante canales y perfiles angulares de fierro para darle mayor rigidez al conjunto.
- Un juego de pararrayos autovalvulares ubicados a 4 mts de la estructura soporte.
- Un transformador de 2.5 MVA 33/13.2 Kv.
- Dos juegos de seccionadores fusibles para 33 y 13.2 Kv respectivamente ubicados a 6 mts. del nivel del suelo.

- Un juego de barras de derivación para salida de la línea en 13.2 Kv.
- Cerco de protección con acceso para montaje de equipos.
- Sistema de malla de tierra de calibre 4/0 AWG con su respectivo pozo de descarga, la estructura tendrá su respectiva bajada a tierra.

c) S.E. Huallamayo

Transforma la energía recibida desde la última estructura de la línea en 33 Kv y consta de lo siguiente:

- Estructura soporte de madera eucalipto tratada de seis postes con 12 mts de longitud unidos mediante canales y perfiles angulares de fierro para darle mayor rigidez al conjunto.
- Un juego de pararrayos autovalvulares ubicados a 4 mts de la estructura soporte.
- Un transformador de 1.5 MVA 33/13.2 Kv.
- Cinco juegos de seccionadores fusibles de los cuales para 13.2 Kv, el restante en 33 Kv a 5.6 mts del nivel del suelo.
- Un juego de barras para derivación para cuatro salidas en 13.2 Kv.
- Cerco de protección con acceso para montaje de equipos.

- Sistema de malla de tierra de calibre 4/0 AWG con su respectivo pozo de descarga, la estructura tendrá su respectiva bajada a tierra.

d) S.E. Principal Ventana Nº 2

Transforma la energía recibida desde la última estructura de la línea derivada en Tingo de Hualca y consta de lo siguiente:

- Estructura soporte de madera eucalipto tratada de cuatro postes con 12 mts de longitud unidos mediante canales y perfiles angulares de fierro para darle mayor rigidez al conjunto.
- Un juego de pararrayos autovalvulares y seccionadores fusibles, todo el conjunto ubicado a 6.1 mts del nivel del suelo.
- Un transformador de 1.0 MVA de 33/13.2 Kv.
- Un juego de barras de derivación para dos salidas en 13.2 Kv.
- Cerco de protección con acceso para montaje de equipos
- Sistema de malla de tierra de calibre 4/0 AWG con su respectivo pozo de tierra, la estructura tendrá su respectiva bajada a tierra.

e) S.E's Ventanas Nº 4 y Nº 5

Recibe la energía de sus respectivas derivaciones en tipo "T" en 33 Kv y constan de lo siguiente:

- Estructura soporte eucalipto tratada de cuatro postes con 12 mts de longitud unidos mediante canales y perfiles angulares de hierro con las mismas funciones que en las anteriores subestaciones.
- Juego de pararrayos autovalvulares a 4 mts. de la estructura soporte.
- Transformadores de 33/13.2 Kv para:
 

Ventana Nº 4	:	400 KVA
Ventana Nº 5	:	350 KVA
- Juegos de seccionadores fusibles para 33 y 13.2 Kv.
- Cerco de protección con acceso para montaje de equipos.
- Sistema de malla de tierra de calibre 4/0 AWG con su respectivo pozo de tierra, la estructura tendrá su respectiva bajada a tierra.

f) S.E's Ventanas Nº 1, Nº 2, Nº 3 y Uchuhuerta

Recibe la energía de sus respectivas derivaciones en tipo "T" en 13.2 Kv y cuentan con la misma distribución que la cláusula D con pararrayos y seccionadores fusibles para 13.2 Kv, la Ingeniería Básica de este estudio solo se limi-

ta al diseño hasta el primer seccionador fusible en 13.2 Kv.

## 2.2.2 Criterios Básicos de diseño

### 1. Grupo de Conexión

Se tomó en cuenta para la determinación de los grupos de conexión, los siguientes criterios:

- a) La línea de transmisión en 33 Kv debería tener una conexión con neutro rígidamente a tierra para tener una detención eficiente de fallas fase-tierra y reducir las sobretensiones debido al mismo efecto.
- b) Compensar los efectos de la tercera armónica de la corriente de magnetización de los transformadores, tanto en interferencia con comunicaciones, como con sobretensiones.
- c) Estandarización del sistema eléctrico de Centromín Perú, para lo cual los devanados secundarios deberían ser estrella con neutro rígidamente conectado a tierra.

Siguiendo los criterios mencionados se escogieron los siguientes grupos de conexión:

S.E. C.H.E. Yaupi	:	YNd 11
S.E. Yuncán	:	Dyn 11
S.E. Huallamayo	:	Dyn 11

S.E. Principal Ventana Nº 2 : Dyn 11

S.E. Ventana Nº 4 y Nº 5 : Dyn 11

## 2. Determinación de las potencias de transformadores

Se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- a) Los valores de las demandas máximas en los puntos de alimentación indicada por los Consultores EPDC del Japón.
- b) Valores normalizados de potencias en transformadores.
- c) Inversión inicial de compra de equipos e instalación.
- d) Pesos y dimensiones.

## 3. Arreglo General de Subestaciones

Los criterios para la configuración del arreglo general de subestaciones son los siguientes:

- a) Facilidad de implementación de los módulos de salida en 33 y 13.2 Kv.
- b) Facilidad de acceso para montaje de equipos mayores y para el mantenimiento.
- c) Tener menor movimiento de tierras.
- d) Las direcciones serán perpendiculares o paralelas entre las líneas de llegada y salida de las subestaciones.

- e) Máxima distancia permisible bajo protección de los pararrayos para una sobretensión de pendiente tensión/tiempo determinada.

### 2.2.3 Cálculos para la determinación de equipos

#### a) Transformadores de Potencia

Tomando en cuenta los criterios básicos de diseño ya mencionados y utilizando la tabla I y II (IEC) se determinaron las correspondientes características de los transformadores de potencia.

La regulación de tensión ha sido determinada conjuntamente con la regulación del sistema en el acápite 2.3.3, para la línea de transmisión.

#### b) Equipos de maniobra

Para determinar las características que deben tener los equipos de maniobra se ha hecho uso de los resultados obtenidos del programa de cálculo de fallas con opciones para fallas de cortocircuito trifásico, entre dos fases, entre dos fases y tierra, una fase a tierra, apertura de un conductor y apertura de 2 conductores.

En el gráfico Nº 1 se puede apreciar los diferentes valores de potencia de cortocircuito

T A B L A I

## Impedancias de Transformadores - Valores Típicos

Devanado de AT, clase Kv	Devanado de BT, clase Kv	Líneas de Impedancia en Porcentaje	
		Clase ONAN/DNAF/OFAF	
		(Min.)	(Max.)
15	15	4.5	7.0
25	15	5.5	8.0
34.5	15	6.0	8.0
	25	6.5	9.0
46	25	6.5	9.0
	34.5	7.0	10.0
69	34.5	7.0	10.0
	46	8.0	11.0
92	34.5	7.5	10.5
	69	8.5	12.5
115	34.5	8.0	12.0
	69	9.0	14.0
	92	10.0	15.0
138	34.5	8.5	13.0
	69	9.0	15.0
	115	10.5	17.0
161	46	9.5	15.0
	92	10.5	16.0
	138	11.5	18.0
196	46	10	15.0
	92	11.5	17.0
	161	12.5	19.0
230	46	11.0	16.0
	92	12.5	18.0
	161	14.0	20.0

T A B L A I I

Sobrecorrientes límites para transformadores de dos devanados

Potencia Nominal (KVA)	Límite superior de sobre corriente (Valor RMS Si- métrico) con múltiplo de la corriente nominal	Impedancia equi- valente (%)
Hasta 630	25	4.0
631 - 1250	20	5.0
1251 - 3150	16	6.25
3151 - 6300	14	7.15
6301 - 12500	12	8.35
12501 - 25000	10	10.0
25000 - 100000	8	12.5

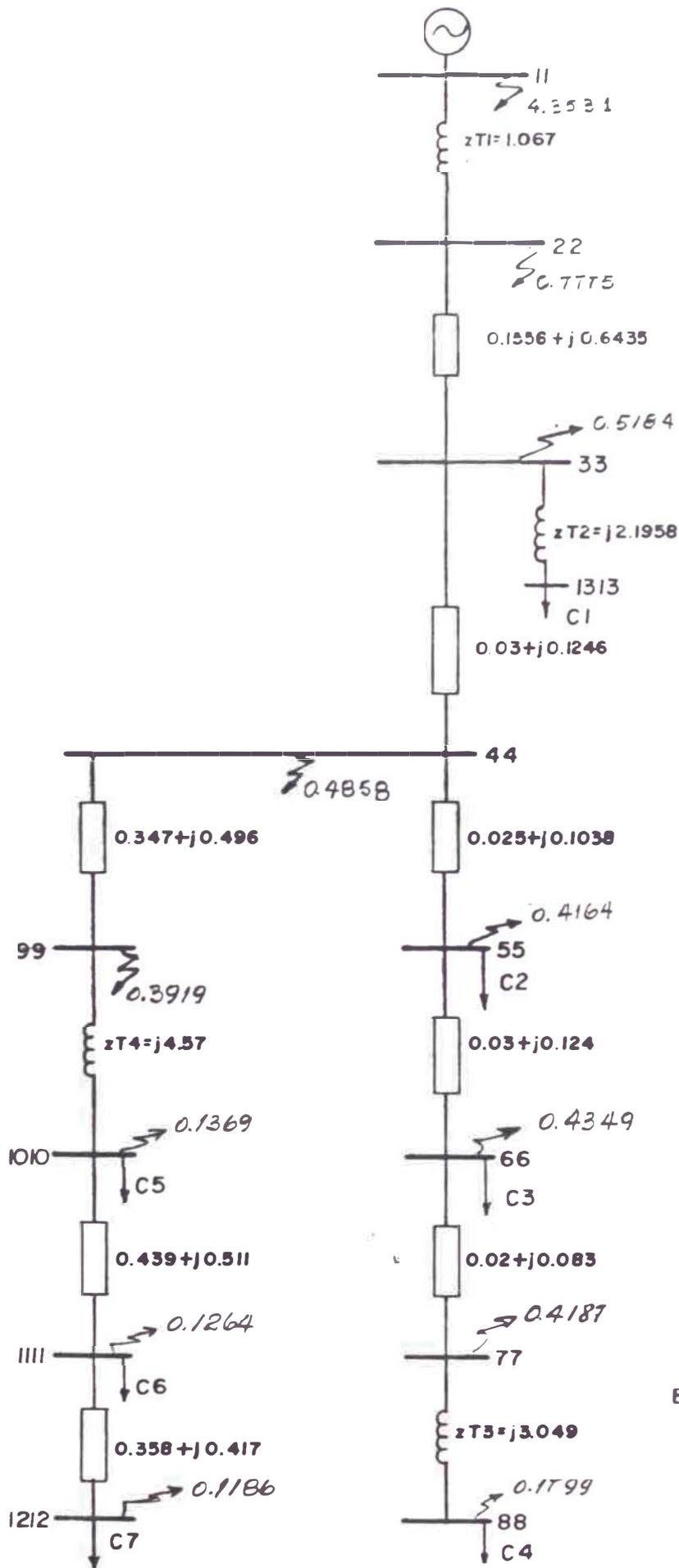
trifásico considerados, en el gráfico N° 2 se aprecia los diferentes valores de potencia de cortocircuito monofásicos a tierra.

En estos gráficos la simbología utilizada representa:

- 11 Barras de generación C.H.E. Yaupi 13.2 Kv.
- 22 Barras de salida transformador Yaupi 33.0 Kv
- 33 Barras entrada transformador Yuncán 33.0 Kv
- 44 Barras derivación Tingo de Hualca 33.0 Kv.
- 55 Barras entrada transformador Ventana N° 4, 33.0 Kv.
- 66 Entrada transformador Ventana N° 5 33.0 Kv.
- 77 Entrada transformador Huallamayo 33.0 Kv.
- 88 Salida transformador Huallamayo 13.2 Kv.
- 99 Entrada transformador Principal Ventana N° 2
- 1010 Salida transformador Principal Ventana N° 2 13.2 Kv.
- 1111 Barras derivación Ventana N° 1 13.2 Kv.
- 1212 Entrada transformador Uchuhuerta 13.2 Kv.
- 1313 Salida transformador Yuncán 13.2 Kv.
- C<sub>1</sub> Carga transformador Yuncán
- C<sub>2</sub> Carga transformador Ventana N° 4
- C<sub>3</sub> Carga transformador Ventana N° 5
- C<sub>4</sub> Carga transformador Huallamayo
- C<sub>5</sub> Carga transformador Ventana N° 2
- C<sub>6</sub> Carga transformador Ventana N° 1
- C<sub>7</sub> Carga transformador Uchuhuerta

Los gráficos 3 y 4 muestran los valores en la

# POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO



BASES DE 100 MVA Y  
13.8KV. LADO  
DE BAJA

GRAFICO N° 1

# POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO FASE A TIERRA

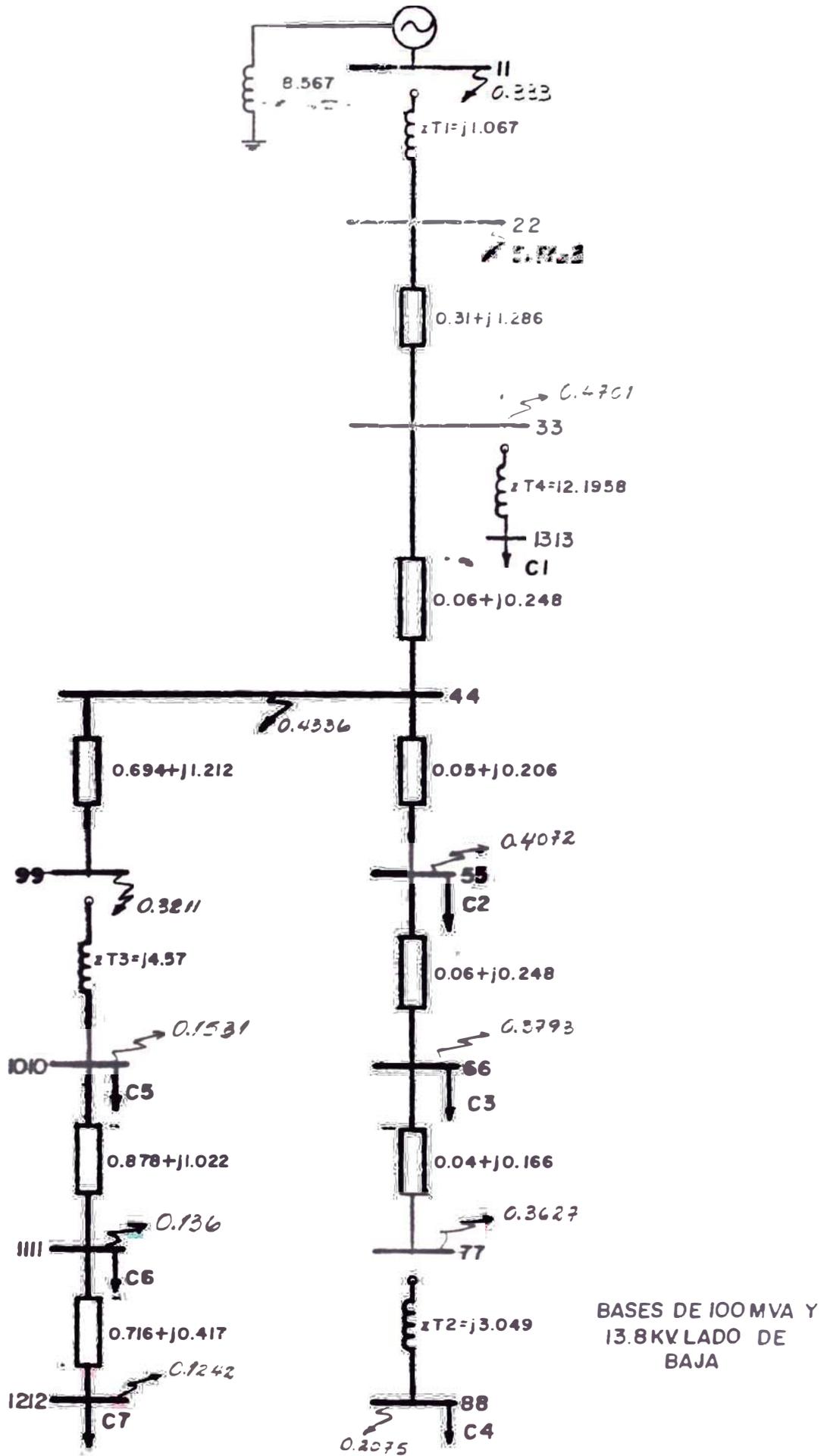
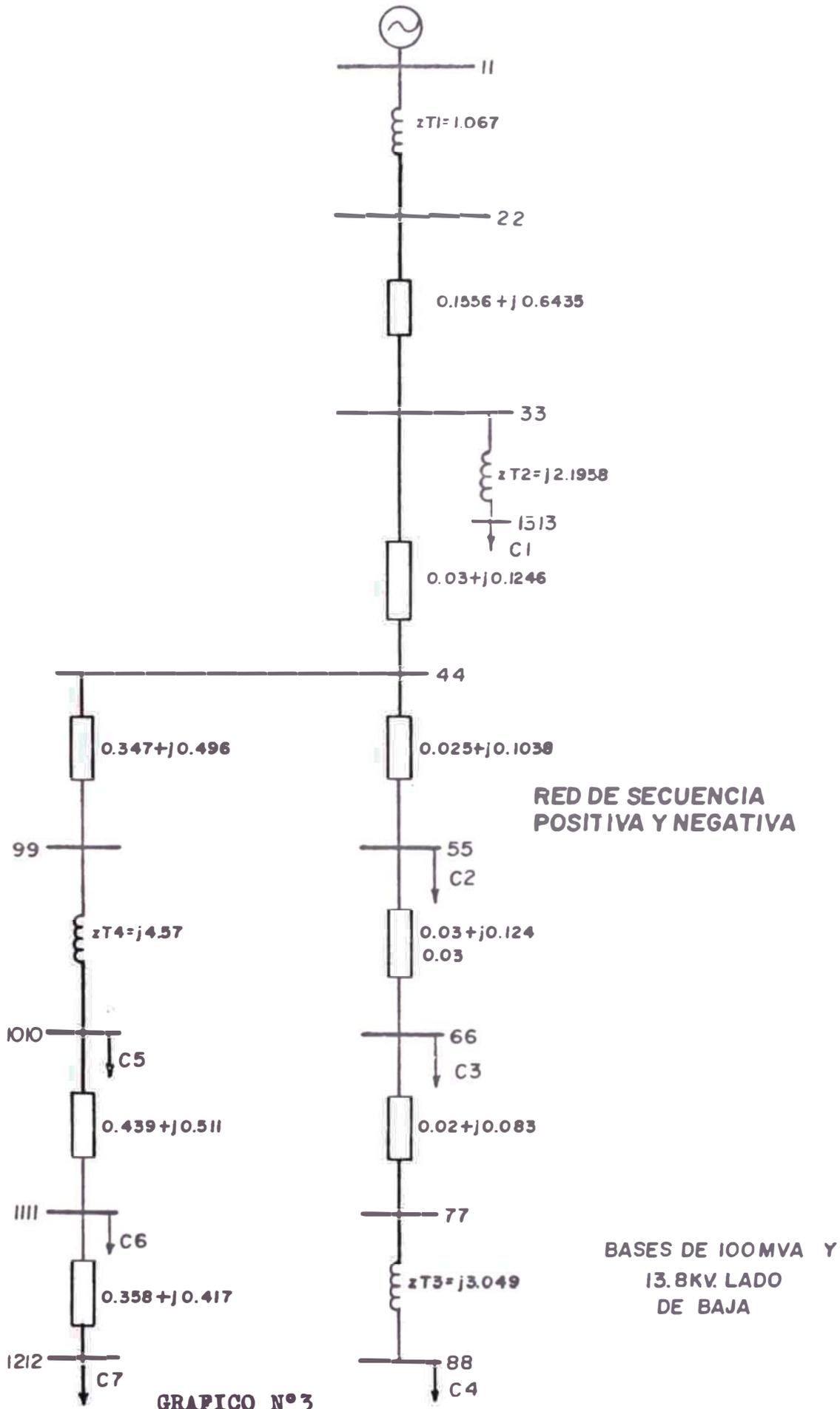


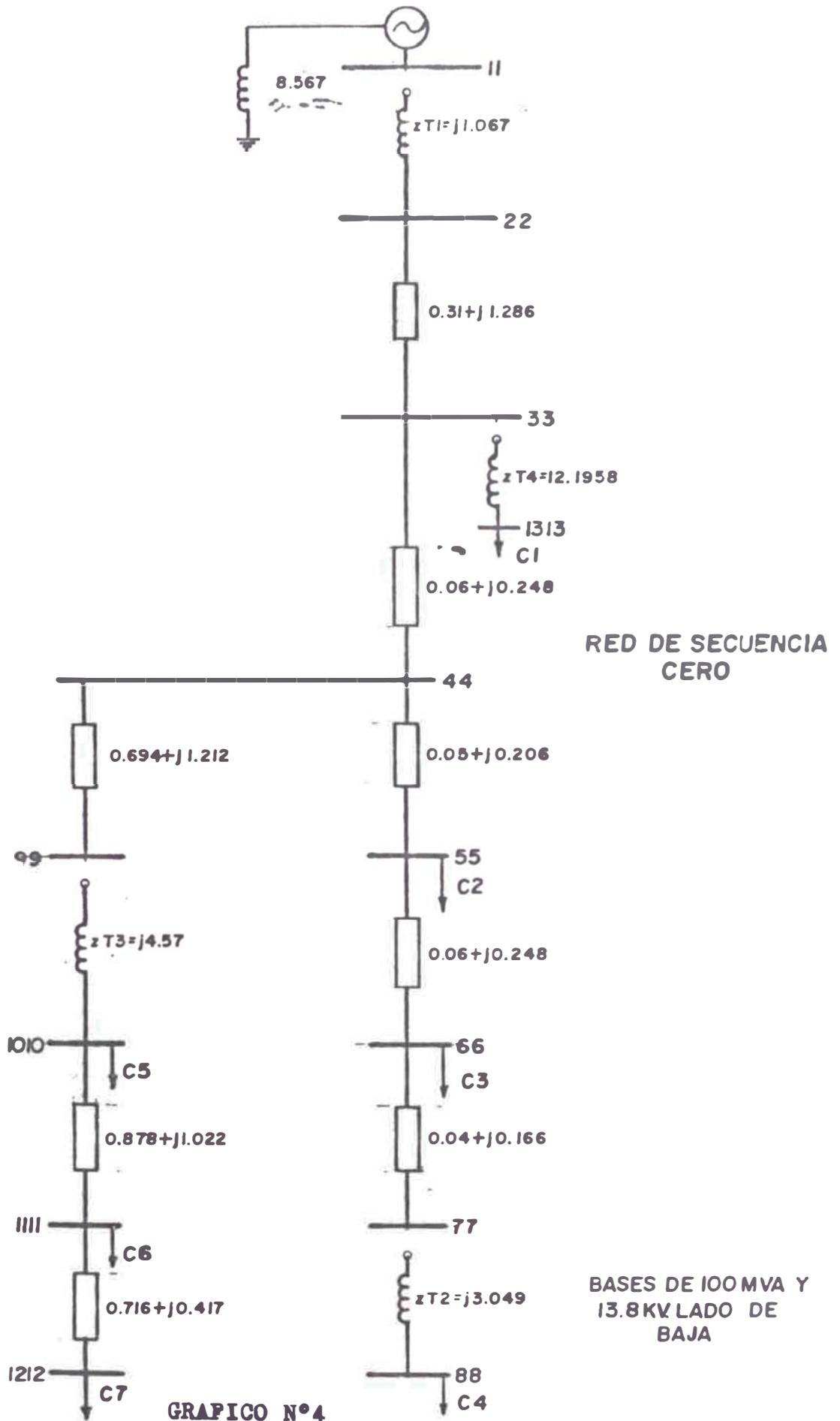
GRAFICO N°2

# DIAGRAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO EN VALORES POR UNIDAD 30



**GRAPICO N°3**

# CAMA UNIFILAR DEL CIRCUITO EN VALORES POR UNIDAD



unidad de la red de secuencia Positiva-Negativa y de secuencia cero utilizados.

## 2.3 Línea de Transmisión

### 2.3.1 Descripción General

Tal como se ha indicado en el acápite 1.1.3 de esta memoria, el sistema de líneas interconectará las Subestaciones de C.H.E. Yaupi, Huallamayo y Ventana Principal Nº 2 en 33 Kv, ésta línea tendrá sus respectivas derivaciones para alimentar las Subestaciones Ventana Nº 4 y Nº 5; con la interconexión de las Subestaciones Ventana Principal Nº 2 con Uchuhuerta así como también Huallamayo-Ventana Nº 3 se utilizarán las líneas en 13.2 Kv respectivas, la primera de éstas tendrá una derivación para alimentar la Ventana Nº 1.

El sistema de transmisión propuesto, consta de una línea que actualmente opera en 138 Kv y emplea un conductor 477 MCM ACSR (30/7) con dos cables de guarda de 3/8 de pulgada, se utilizará el tramo S.E. C. H.E. Yaupi - Huallamayo de 21.5 kms y se realizará en ella los cambios necesarios en sus cadenas de aisladores para operarla en 33 Kv, de esta línea en el lugar denominado Tingo de Hualca, se hará la derivación hacia la subestación Principal Ventana Nº 2, la

línea tendrá una longitud de 9.5 Km, será constituida en estructuras soportes de madera eucalipto con disposiciones de un solo poste (tipo DS) y en formación H (tipos HT y L3T) con crucetas de canales de acero; el conducto será calibre N° 1 AWG de cobre temple duro y tendrá un solo cable de guarda de 3/8 de pulgada.

Las líneas en 13.2 Kv desde y hasta la subestaciones ya mencionadas tendrán idénticas características a la línea en derivación de 33 Kv.

La ruta de la línea por construir atraviesa terrenos de topografía accidentada, con altitudes sobre el nivel del mar que varían entre los 2,000 y 3,000 mts. La elección de la ruta se hizo teniendo en cuenta el tipo de estructura seleccionada el calibre y tipo de conductor de manera que el vano normal resulte alrededor de 140 mts. y los desniveles entre apoyos no supere el 10% en su mayor parte. Asimismo, se ha tenido en cuenta la accesibilidad desde la carretera propuesta en los estudios realizados por la División Ingeniería Civil Huaymanta de CENTROMIN PERU S.A. y los aspectos geomorfológicos y geológicos del terreno.

### 2.3.2 Criterios Básicos de diseño

a) Nivel de tensión de transmisión

Para la elección del nivel de tensión se ha tenido en cuenta:

- La normalización de tensiones del sistema eléctrico de CENTROMIN PERU S. A.
- Análisis de Resultados de Niveles de Tensión, obtenidos mediante flujos de carga. (Tablas III y IV).
- La fórmula de Baum que preconiza 1 Kv de tensión por cada milla de longitud de línea.
- Pérdidas.

b) Conductor

El calibre de conductor se ha elegido teniendo en cuenta:

- La caída de tensión a máxima demanda, analizado mediante flujos de carga. (Acápito 2.3.3, a)
- Las características mecánicas debido a los esfuerzos a que serán sometidos. (Acápito 2.3.3, b)
- Minimización del factor de entrega costo ya que el proyecto pretende ser ejecutado a corto plazo.
- Efecto corona. (Acápito 2.3.3, b)

c) Cadena de Aisladores

La determinación de la cadena de aisladores se ha realizado teniendo en cuenta:

- Sobretensiones internas.
- Niveles normalizados de aislamiento.
- Sobretensiones externas.

De acuerdo a dichos criterios se ha seleccio-

nado una cadena de cuatro aisladores cuya longitud total incluyendo accesorios es aproximadamente 680 mm.

d) Estructuras soporte

Por consideraciones de menor inversión inicial y el estimado de durabilidad que el tipo de madera elegido ofrece a las características climáticas de esta región se optó por elegir la utilización de postes de madera de eucalipto tratados con sales químicas preservantes.

Un mayor detalle se ofrece en el acápite Nº 3.2.3.

### 2.3.3 Cálculo para la determinación de equipos

a) Regulación de tensión

En el análisis de la regulación de tensión del sistema se optó por el empleo del programa de cómputo de flujo de carga (Flow) el cual tiene la capacidad para analizar 60 barras, 90 enlaces (líneas, transformadores y shunts) y 25 transformadores, este programa se basa en el método Newton Raphson, empleando el desacoplamiento MW- $\theta$  /MVAR-V la formulación del algoritmo es extremadamente rápido y confiable.

En la utilización de este programa se ha su puesto catorce diversas alternativas de carga (tabla III); la configuración del sistema es la del diagrama unifilar mostrado en la figura N° 2 se ha adoptado en este gráfico la simbolo gía utilizado en el acápite 2.2.3 párrafo b.

La tabla IV nos muestra el análisis de los valores obtenidos a la solución de los casos.

## b) Características Principales de la línea

### 1. Cálculos mecánicos de las estructuras

#### Condiciones Previas para el Cálculo

##### a) Condiciones Físicas más desfavorables:

Después de la distribución de soportes en función del perfil topográfico, flecha máxima y distancia mínima del con ductor al suelo, se encontró, como valo res más desfavorables:

Eolovano - 245 m.

Gravivano - 260 m.

##### b) Elección del Soporte

Se ha adoptado un soporte de las siguien tes características:

TABLA III

POTENCIAS PARA FLUJO DE CARGA

FACTOR DE POT.	KVA	$C_1 = 2,367$	$C_2 = 350$	$C_3 = 400$	$C_4 = 1,470$	$C_5 = 330$	$C_6 = 210$	$C_7 = 300$	ALTERNATI.
0.95		2.249+j .739	.332+j.109	.380 +j.125	1.397+j .459	.313+j .103	.2 +j .065	.285+ 0.093	1
0.90		2.13 +j1.03	.315+j.153	.36 +j.174	1.323+j .640	.297+j .144	.189+j .091	.27 +j .13	2
0.85		2.012+j1.246	.297+j.184	.34 +j.21	1.25 +j .774	.28 +j .174	.178+j .110	.255+j .158	3
0.80		1.894+j1.42	.28 +j.210	.320 +j.24	1.176+j .882	.24 +j .198	.161+j .126	.24 +j .18	4
0.75		1.77 +j1.56	.26 +j.231	.3 +j.264	1.1 +j .972	.247+j .218	.157+j .14	.225+j .198	5
0.7		1.65 +j1.69	.245+j.25	.28 +j.285	1.03 +j1.05	.231+j .235	.147+j .15	.21 +j .214	6
0.9		0. +j0.	.315+j.153	.36 +j.174	1.323+j .640	.297+j .144	.189+j .92	.27 +j .13	7
0.9		2.13 +j1.03	.315+j.153	.36 +j.174	0. +j0.	.297+j .144	.189+j .92	.27 +j .13	8
0.9		0. +j0.	.315+j.153	.36 +j.174	0. +j0.	.297+j .144	.189+j .92	.27 +j .13	9
0.9		2.13 +j1.03	.315+j.153	.36 +j.174	1.323+j .64	0. +j0.	0. +j0.	0. +j0.	10
0.8		0. +j0.	.28 +j.210	.320 +j.24	1.176+j .882	.24 +j .198	.168+j .126	.24 +j .18	11
0.8		1.894+j1.42	.28 +j.210	.32 +j.24	0. +j0.	.24 +j .198	.168+j .126	.24 +j .18	12
0.8		0. +j0.	.28 +j.210	.32 +j.24	0. +j0.0	.24 +j .198	.168+j .126	.24 +j .18	13
0.8		1.894+j1.42	.28 +j.210	.32 +j.24	1.176+j .882	0. +j0.	0. +j0.	0. +j0.	14

POTENCIA BASE 100 MVA

TABLA IV  
NIVELES DE TENSION

BARRAS	11		22		33		44		55		66		77	
	KV	%												
1era.	13.8	100.	33.6	97.5	32.9	95.3	32.8	95.0	32.7	94.9	32.7	94.7	32.7	94.7
2da.	13.8	100.	33.4	96.7	32.4	94.0	32.3	93.8	32.3	93.6	32.2	93.4	32.2	93.3
3ra.	13.8	100.	33.2	96.1	32.1	93.2	32.0	92.8	32.0	92.6	31.9	92.4	31.9	92.3
4ta.	13.8	100.	33.0	95.7	31.9	92.4	31.7	92.1	31.7	91.9	31.6	91.7	31.6	91.6
5ta.	13.8	100.	32.9	95.3	31.7	91.8	31.6	91.5	31.5	91.3	31.4	91.0	31.4	91.0
6ta.	13.8	100.	32.7	94.9	31.5	91.3	31.4	90.1	31.3	90.7	31.2	90.5	31.2	90.3
7ta.	13.8	100.	33.5	97.2	32.8	95.1	32.7	94.7	32.7	94.7	32.6	94.6	32.5	94.3
8va.	13.8	100.	33.3	96.6	32.4	94.1	32.4	93.8	32.3	93.7	32.3	93.7	32.3	93.7
9na.	13.8	100.	33.8	98.1	33.4	96.8	33.3	96.5	33.3	96.5	33.3	96.5	33.3	96.5
10ma.	13.8	100.	33.5	97.3	32.8	95.1	32.7	94.9	32.7	94.7	32.6	94.5	32.6	94.5
11va.	13.8	100.	33.7	97.7	33.1	96.0	33.0	95.7	32.9	95.5	32.8	95.3	32.8	95.2
12va.	13.8	100.	33.4	97.0	32.7	94.7	32.6	94.6	32.6	94.5	32.6	94.5	32.6	94.5
13va.	13.8	100.	34.1	98.9	33.8	98.0	33.7	97.9	33.7	97.8	33.7	97.8	33.7	97.8
14va.	13.8	100.	32.2	96.4	32.3	93.7	32.2	93.5	32.2	93.3	32.1	93.1	32.1	93.0

TABLA IV  
 (CONTINUACION)

BARRAS	88		99		10/10		11 11		12 12		13 13	
	KV	%	KV	%	KV	%	KV	%	KV	%	KV	%
1era.	13.5	98.1	32.6	94.6	13.6	98.3	13.5	98.0	13.5	97.8	13.6	98.5
2da.	13.3	96.1	32.2	93.3	13.3	96.4	13.3	96.1	13.2	96.0	13.3	96.5
3era.	13.1	94.6	31.9	92.4	13.1	95.0	13.1	94.7	13.0	94.5	13.1	95.1
4ta.	12.9	93.4	31.6	91.6	12.9	93.9	12.9	93.6	12.9	93.4	13.	93.9
5ta.	12.7	92.5	31.4	91.0	12.8	93.0	12.8	92.6	12.7	92.4	12.8	93.0
6ta.	12.6	91.5	31.2	90.4	12.7	92.1	12.6	91.8	12.6	91.6	12.7	92.0
7ma.	13.4	97.2	32.4	94.0	12.8	92.8	12.7	92.0	12.7	91.9	13.5	97.6
8va.	13.6	98.7	32.1	92.9	12.6	91.8	12.5	91.0	12.5	90.8	13.3	96.6
9na.	13.6	98.9	33.0	95.7	13.1	94.9	13.0	94.1	12.9	94.0	13.7	99.3
10ma.	13.4	97.3	32.7	94.9	13.7	99.9	13.8	99.9	13.8	99.9	13.5	97.7
11va.	13.4	97.3	32.8	95.2	13.5	97.8	13.4	97.5	13.4	97.3	13.6	98.5
12va.	13.7	99.4	32.4	94.1	13.3	96.6	13.3	96.3	13.2	96.1	13.3	96.4
13va.	13.5	97.8	33.6	97.4	13.8	1.0	13.7	99.9	13.7	99.9	13.5	98.0
14va.	13.1	95.0	32.2	93.5	13.5	98.4	13.5	98.4	13.5	98.4	13.1	95.3

Poste de madera de Eucalipto Tratado con Sales.

Longitud : 13.0 mts.  
 Clase : 4, Grupo D (ITINTEC)  
 Longitud del empotramiento : 1.9 mts.  
 Longitud de la sección mínima : 51 cms.  
 Longitud de la sección máxima : 97 cms.  
 Longitud de la sección a nivel del piso : 91 cms.  
 Peso del soporte 453 Kg.  
 Momento resistente : 13,366 Kg - mts.  
 Esfuerzo de ruptura de la fibra : 550 Kg./cm<sup>2</sup>

c) Hipótesis para el Cálculo

I. Hipótesis (viento)

Se tendrá en cuenta:

- Carga del viento perpendicular a la línea.
- Peso del soporte y conductores.
- Coeficiente de seguridad 2.5

II. Hipótesis (Desequilibrio de Tensiones)

Se tendrá en cuenta:

- Peso del soporte y conductores.
- 8% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cable de guarda en el punto más favorable.
- Coeficiente de seguridad 2.5

### III. Hipótesis (Rotura del conductor)

Se tendrá en cuenta:

- Peso del soporte y conductores
- 50% del tiro de rotura en el punto más desfavorable.
- Coeficiente de seguridad 2.0

## Cálculos

### a) Hipótesis (Viento)

#### Cálculo de las Fuerzas Verticales

Peso de los conductores:

En la siguiente fórmula:

$$W = (W_c + W_c') dW$$

Donde:

$W$  = Peso del conductor

$dW$  = Gravivano

$W_c$  = Peso unitario del conductor

$W_c'$  = Peso unitario del cable de guarda

Reemplazando valores, se tiene:

$$W = (3 \times 0.383 + 0.406) 260$$

$$W = 404.3 \text{ Kg.}$$

Peso del Soporte ( $W_s$ )

$$W_s = 453 \text{ Kg.}$$

Peso de cruzeta, aisladores ( $W_a$ )

$$W_a \approx 50 \text{ Kg.}$$

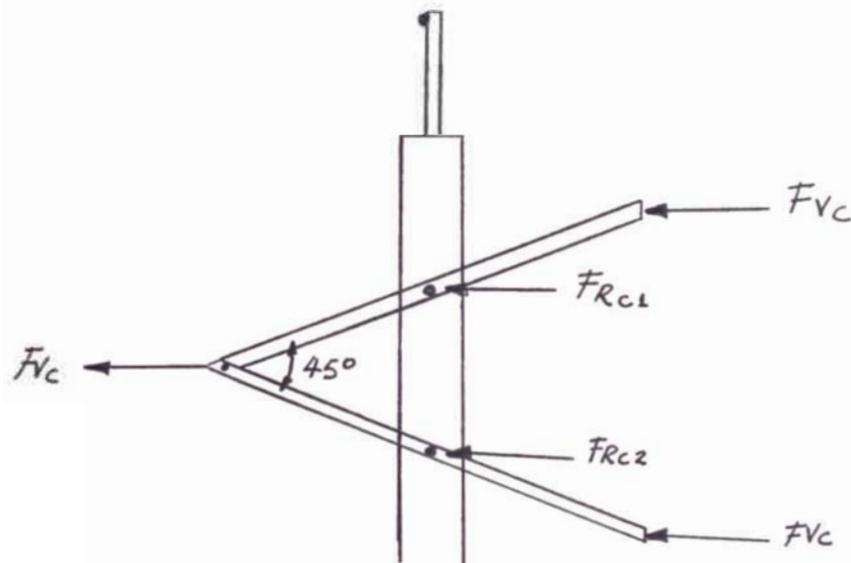
Peso del personal de mantenimiento ( $W_h$ )

$$W_h = 70 \text{ Kg.}$$

Fuerza vertical resultante sobre el poste

$$W_T = W + W_s + W_a + W_h$$

$$W_T = 977.3$$



Cálculo de las Fuerzas Transversales

Fuerza del Viento sobre los conductores  
de la cruzeta inferior

$$F_{vC} = P_v \times \varnothing \times L$$

$$F_{vC} = 20.0 \times 0.0083 \times 245$$

$$Fv_c = 40.63$$

Fuerza equivalente en el perno soporte superior referidos a la punta:

$$FRc1 = 61 \times \frac{9.1}{10.5}$$

$$FRc1 = 52.86$$

Fuerza del viento en el perno soporte inferior

$$FRc2 = 61 \text{ Kgs.}$$

Fuerza equivalente referida a la punta,

$$F'v_c = 61.0 \text{ Kg} \times \frac{8.08}{10.5}$$

$$F'v_c = 99.81$$

Fuerza del viento sobre el cable de guarda

$$Fv_g = Pv \times \emptyset \times L$$

$$Fv_g = 20 \times 0.00952 \times 245$$

$$Fv_g = 46.67$$

Fuerza equivalente referida a la punta,

$$Fv_g = 46.67 \times \frac{11.54}{10.5}$$

$$Fv_g = 51.29$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$Fv_p = \frac{(d1 + d2)}{2 \times 100} \times h \times Pv$$

Donde:

d1 y d2 = Diámetros inferior y superior de los extremos del poste

h = Altura del poste

Pv = Presión del viento

Para nuestro caso:

$$Fv_p = \frac{(16.23 + 28.96)}{2 \times 100} \times 11.1 \times 20$$

$$Fv_p = 50.16 \text{ Kg.}$$

Momento de la Fuerza del viento sobre el poste ( $Mv_p$ )

$$Mv_p = Fv_p \times Z$$

$$Z = \frac{h}{3} \frac{(d1 + 2d2)}{d1 + d2}$$

donde:

Z = Punto de aplicación de la fuerza del viento sobre el poste

$$Mv_p = 50.16 \times \frac{11.1}{3} \times \frac{(16.23 + 2 \times 28.96)}{16.23 + 28.96}$$

$$Mv_p = 304.52 \text{ Kg-m.}$$

Fuerza equivalente referida a la punta,

$$Fv_p = \frac{304.52}{10.5}$$

$$Fv_p = 29.0$$

Fuerza transversal resultante ( $F_T$ )

$$FT = \sum FRC + Fv_g + Fv_p$$

$$FT = 180.10$$

Momento de volteo sobre el poste ( $M_T$ )

$$M_T = 180.10 \times 10.5$$

$$M_T = 1891.07 \text{ Kg-m.}$$

$$M_T = 1891.07 \times 2.5 \text{ (coeficiente de seguridad = 2.5)}$$

$$M_T = 4,727.69 \text{ Kg-m} < 13,366 \text{ Kg-m.}$$

(el momento total de volteo es menor del que puede soportar el poste, luego el mismo está correctamente elegido)

Esfuerzo de trabajo flector sobre el poste ( $Rv$ )

$$Rv = \frac{M \text{ Total}}{3.225 \times 10^{-5} C^3}$$

Donde:

$C$  = Circunferencia del poste a nivel del suelo (cm.)

$$M_T = (\text{Kg-m})$$

$$Rv = \frac{1891.07}{3.225 \times 10^{-5} \times (91.0)^3}$$

$$Rv = 77.81 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo de trabajo a compresión so-

bre el poste ( $R_c$ )

Se tiene:

$$R_c = \frac{W_T}{S} \left( 1 + \frac{K l^2 S}{MI} \right)$$

Donde:

$R_c$  = Fsfuerzo de compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)

$S$  = Sección del empotramiento (cm<sup>2</sup>)

$K$  = Coeficiente que dependen del material (2.0 para madera)

$l$  = Longitud del poste fuera del terreno

$M$  = Coeficiente que depende del modo de fijación (0.25 cuando es un extremo empotrado y otro libre)

$I$  = Momento de Inercia de la sección

$D$  = Diámetro del soporte

Para nuestro caso:

$$R_c = \frac{977.3}{657.79 \text{ cm}^2} \left( 1 + \frac{2.0 \times (10.5)^2 \times 657.79 \text{ cm}^2}{0.25 \times 34432 \text{ cm}^4} \right)$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \times (28.94)^4}{64}$$

$$I = 34,432 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi (28.94)^2}{4}$$

$$S = 657.79$$

$$Rc = \frac{977.3 \text{ Kg.}}{657.79 \text{ cm}^2} \times 1 + 2.0 \times \frac{(10.5)^2 \times}{0.25 \times}$$

$$\frac{657.79 \text{ cm}^2}{34432.14 \text{ cm}^4}$$

$$Rc = 26.52 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo de trabajo total sobre el poste ( $R_T$ )

$$R_T = Rv + Rc$$

$$= 77.81 + 26.52$$

$$= 104.33 \text{ Kg/cm}^2$$

Comparación con el esfuerzo de trabajo que puede soportar el material.

$$R_T = 104.33 \times 2.5 \text{ (coeficiente de seguridad 2.5)}$$

$$R_T = 260.33 \text{ Kg./cm}^2$$

$260.33 \text{ Kg/cm}^2 < 550 \text{ Kg/cm}^2$  (el esfuerzo resultante es menor que el esfuerzo de trabajo del poste, luego el mismo está correctamente elegido)

## Resumen

<u>Resultado de Hipótesis I</u>	<u>Características del Poste</u>
$M_T = 4,727.69 \text{ Kg} - \text{m}$	$M_T = 13,366 \text{ Kg} - \text{m}$
$R_T = 105.33 \text{ Kg}/\text{cm}^2$	$\sigma_T = 550 \text{ Kg}/\text{cm}^2$

## b) Hipótesis (Desequilibrio de Tracciones)

Del cálculo del conductor se tiene que la tensión máxima del conductor en los extremos de fijación al soporte es:

$$T \text{ máx} = 589.5 \text{ Kg.}$$

Del cálculo del cable de guarda se tiene que la Tensión máxima del cable en los extremos de fijación al soporte es:

$$T \text{ máx} = 923.5 \text{ Kg.}$$

Fuerza en desequilibrio de los conductores en la cruceta inferior:

$$T_c = 589.5 \times 0.8$$

$$T_c = 47.16 \text{ Kg.}$$

Fuerza equivalente en el perno soporte superior referida a la punta:

$$T_{c1} = 70.74 \times \frac{9.1}{10.5}$$

$$T_{c1} = 61.31 \text{ Kg.}$$

Fuerza en desequilibrio en el perno soporte inferior:

$$T_{c2} = 70.74$$

Fuerza equivalente referida a la punta,

$$T_{c2} = 70.74 \times \frac{8.0}{10.5}$$

$$T_{c2} = 53.9 \text{ Kg.}$$

Fuerza en desequilibrio del cable de guarda

$$T_g = 923.5 \times 0.08$$

$$T_g = 73.88 \text{ Kg.}$$

Fuerza referida a la punta

$$T_g = 73.88 \times \frac{11.54}{10.5}$$

$$T_g = 81.2$$

Fuerza total en desequilibrio

$$\begin{aligned} T &= T_{c1} + T_{c2} + T_g \\ &= 61.31 + 53.9 + 81.2 \end{aligned}$$

$$T = 196.4$$

Momento de volteo sobre el poste ( $M_T$ )

$$M_T = 196.4 \times 10.5$$

$$M_T = 2,062.28$$

$$M_T = 2,062.28 \times 2.5 \text{ (coeficiente de seguridad = 2.5)}$$

$$M_T = 5,155.7 \text{ Kg - m.}$$

$$M_T = 5,155.7 \text{ Kg - m} < 13,336 \text{ Kg-m (el momento de volteo es menor)}$$

del que puede soportar el poste, luego el mismo correctamente elegido.

Esfuerzo de Trabajo Flector sobre el poste (Rv)

$$R_v = \frac{M \text{ Total}}{3.225 \times 10^{-5} \text{ C}^3}$$

$$R_v = \frac{2,062.28}{3.225 \times 10^{-5} \times (91.0)^3}$$

$$R_v = 84.84 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo de Trabajo a compresión sobre el poste (Rc)

Ya fue determinado

$$R_c = 26.52 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo de Trabajo Total sobre el poste (R<sub>T</sub>)

$$R_T = R_v + R_c$$

$$R_T = 84.85 + 26.52$$

$$R_T = 111.37 \times 2.5 \text{ (coeficiente de seguridad = 2.5)}$$

$$R_T = 278.44 \text{ Kg/cm}^2$$

278.44 Kg/cm<sup>2</sup> < 550 Kg/cm<sup>2</sup> (el esfuerzo resultante es menor del que puede soportar el poste, luego está correctamente elegido)

#### Resumen

Resultado de Hipótesis II      Características del poste

$$M_T = 5,155.7 \text{ Kg-M} \quad M_T = 13,336 \text{ Kg-m}$$

$$R_T = 278.44 \text{ Kg-cm}^2 \quad \sigma_T = 550 \text{ Kg/cm}^2$$

#### c) Hipótesis (Rotura del conductor)

Del cálculo del conductor se tiene que la tensión máxima del conductor en los extremos de fijación al soporte es:

$$T \text{ máx} = 589.5 \text{ Kg.}$$

Cuando se rompe el conductor superior

- Momento flector por rotura del conductor (Mf)

$$M_f = \frac{589.5}{2} \times 9.7$$

$$M_f = 2,859.07 \text{ Kg-m}$$

- Momento torsor por rotura de conductor (Mt)

$$M_t = \frac{589.5}{2} \times 0.99$$

$$M_t = 291.88$$

- Momento equivalente en la base del poste (Meq.)

$$\begin{aligned} \text{Meq.} &= \frac{M_f}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \\ \text{Meq.} &= \frac{2,859.07}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(2,859.07)^2 + (291.88)^2} \\ \text{Meq.} &= 2,866.5 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

- Momento de volteo sobre el poste

$$M_T = 2,866.5 \times 2.0$$

$$M_T = 5,733 \text{ Kg-m}$$

5,733 Kg-m < 13,336 Kg-m (el momento total de volteo del poste es menor del que puede soportar el poste previsto, luego este ha sido elegido correctamente).

En el cable de guarda momento flector (Mfc)

$$M_{fc} = \frac{923.5}{2} \times 11.54$$

$$M_{fc} = 5,328.6 \text{ Kg-m}$$

No existe momento torsor por la dis  
posición de la estructura

- Momento equivalente:

$$M_{eq.} = 5,328.6$$

- Momento de volteo

$$M_T = 5,328.6 \times 2.0$$

$$M_T = 10,657.2$$

10,657.2 < 13,336 (el momento to-  
tal de volteo del pos-  
te es menor del que  
puede soportar, enton-  
ces ha sido elegido co  
rrectamente.

Esfuerzo de Trabajo Flector sobre el  
poste (Rv)

$$Rv = \frac{M \text{ Total}}{3.225 \times 10^{-5} C^3}$$

$$Rv = \frac{5,328.6}{3.225 \times 10^{-5} (91.0)^3}$$

$$Rv = 219.25 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo de Trabajo a compresión so  
bre el poste (Rc)

Ya fué determinado

$$Rc = 26.52 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo de Trabajo Total sobre el poste ( $R_T$ )

$$\begin{aligned} R_T &= R_v + R_c \\ &= 219.25 + 26.52 \\ &= 245.7 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Comparación con el esfuerzo de trabajo que puede soportar el material.

$$R_T = 245.7 \times 2.0$$

$$R_T = 491.55 \text{ Kg/cm}^2$$

$$491.55 \text{ Kg/cm}^2 < 550 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (el esfuerzo resultante es menor del que puede soportar el poste, luego el mismo está correctamente elegido)}$$

Resumen

Resultado de Hipótesis III	Características del poste
----------------------------	---------------------------

$M_T = 5,328.6 \text{ Kg-m}$	$M_T = 13,336 \text{ Kg-m}$
------------------------------	-----------------------------

$R_T = 491.55 \text{ Kg/cm}^2$	$\sigma_T = 550 \text{ Kg/cm}^2$
--------------------------------	----------------------------------

Para la cimentación deberá considerarse los siguientes requisitos:

- La densidad del terreno deberá ser  $1.75 \text{ tn/m}^3$  o mayor
- El ángulo de fricción interna de  $28^\circ$  o mayor
- El coeficiente de cohesión de  $3.5 \text{ tn/m}^2$  o mayor

## 2. Cálculo Mecánico del conductor

Se han supuesto las siguientes hipótesis de cálculo:

	Temp. (° C)	Viento (Kg/ m <sup>2</sup> )	Hielo (mm)
I)	- 10°	20	0
II)	0°	40	0
III)	15°	40	0
IV)	15°	0	0
V)	60°	0	0

El cálculo de la tensión final en los diferentes estados se hace mediante el empleo de la ecuación hiperbólica para computadora:

$$0 = \frac{Sh \cdot a \cdot P_o \cdot M_2}{2 \cdot S \cdot T_2} - \frac{T_1 \cdot M_2}{E \cdot M_1} - \frac{Sh \cdot a \cdot P_o \cdot M_1}{2 \cdot S \cdot T_1} - \frac{T_1 \cdot M_2}{T_2 \cdot M_1} \left( 1 - \frac{T_1}{E} + \alpha (\theta_2 - \theta_1) \right) \times \frac{Sh \cdot a \cdot P_o \cdot M_1}{2 \cdot S \cdot T_1}$$

donde:

S = Sección (mm<sup>2</sup>)

E = Módulo de elasticidad final  
(Kg/mm)

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación térmica, (1/° C)

Po = Peso del cable (kg/mt)

Estado inicial caracterizado por hipótesis IV donde:

$\theta_1$  = Temperatura del cable ( $^{\circ}$  C)

M1 = Coeficiente de sobrecarga del cable

T1 = Tensión del cable (kg/mm<sup>2</sup>)

a = Vano (mts.)

Se calcula la tensión final T2 del cable en los diferentes estados caracterizados por:

$\theta_2$  = Nueva Temperatura ( $^{\circ}$  C)

M2 = Nuevo coeficiente de sobrecarga

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla V

También se muestra en los cuadros Hipótesis de cálculo del conductor dos resultados obtenidos para diferentes tensiones de cada día, la primera con 8.8 Kg/mm<sup>2</sup> (19.47% del tiro de rotura) y la segunda con 10.5 Kg/mm<sup>2</sup> (23.23% del tiro de rotura).

El análisis a estos cuadros nos demuestran que a pesar de incrementar

TABLA DE TEMPLADO DE CONDUCTOR DE COBRE Nº 1 AWG

Cálculos basados en una tensión de 445.3 kgs ó 25% del tiro de rotura a 15°C sin carga lo cual resulta una tensión de 589.5 kgs ó 30% de tiro de rotura a -10°C y 20 kg/m<sup>2</sup> de presión de viento

Vano Regla - 100 mts.

Longitud del vano en mts. temp. en 9C tensión kgs

TEMP.	TENSION	25	50	100	150	200	250	300	350	400
-10	544.54	0.054	0.21	0.87	1.95	3.48	5.43	7.83	10.65	13.92
-5	523.0	0.056	0.22	0.91	2.04	3.64	5.68	8.20	11.14	14.56
0	502.1	0.059	0.23	0.95	2.13	3.80	5.93	8.55	11.63	15.2
5	482.6	0.061	0.24	0.99	2.22	3.96	6.18	8.91	12.12	15.84
10	463.1	0.064	0.25	1.03	2.31	4.12	6.43	9.27	12.61	16.48
15	445.3	0.066	0.26	1.07	2.4	4.28	6.68	9.63	13.1	17.12
20	428	0.069	0.27	1.11	2.5	4.44	6.93	10.0	13.6	17.76
25	411.37	0.071	0.29	1.16	2.61	4.64	7.25	10.44	14.21	18.56
30	395.7	0.075	0.3	1.20	2.7	4.8	7.5	10.8	14.7	19.2
35	381.7	0.078	0.31	1.25	2.81	5.0	7.81	11.25	15.31	20
40	367.3	0.081	0.325	1.30	2.92	5.2	8.12	11.7	15.92	20.8

TABLA Nº5

ESTADO INICIAL

SECCION	DIAMETRO	PESO	VIENTO	TEMPERATURA	TENSION	MODULO DE ELASTICIDAD	COEFICIENTE DE DILATACION
42.41	8.3	0.383	0	150C	8.8	12.66 x 10 <sup>3</sup>	17 x 156

ESTADO FINAL

HIPOTESIS	I	II	III	V
Diámetro	8.3	8.3	8.3	8.3
Peso aparente	0.417	0.506	0.506	0.383
Viento	20	40	40	0
Temperatura	-10	0	15	60
Vano	Tensión	Tensión	Tensión	Tensión
50	13.49	11.94	8.62	4.09
100	12.11	11.83	10.3	5.89
150	11.07	11.75	10.79	6.89
200	10.49"	11.71	11.07	7.49
250	10.19	11.68	11.23	7.85
300	10.01	11.66	11.34	8.09
350	9.9	11.65	11.40	8.25
400	9.7	11.65	11.45	8.37

Sección en mm?  
 Diámetro en mm.  
 Peso kg/mt  
 Presión viento kg/m<sup>2</sup>  
 Tensión kg/mm<sup>2</sup>  
 Módulo de Elasticidad kg/mm<sup>2</sup>  
 Coeficiente de dilatación i/0C  
 Temperatura 0C

ESTADO INICIAL

SECCION	DIAMETRO	PESO	VIENTO	TEMPERATURA	TENSION	MODULO DE ELASTICIDAD	COEFICIENTE DE DILATACION
42.41	8.3	0.383	0	150C	10.5	12.66 x 10 <sup>3</sup>	17 x 10 <sup>-6</sup>

ESTADO FINAL

HIPOTESIS	I	II	III	V
Diámetro	8.3	8.3	8.3	8.3
Peso aparente	0.417	0.506	0.506	0.383
Viento	20	40	40	0
Temperatura	-10	0	15	60
Vano	Tensión	Tensión	Tensión	Tensión
50	15.27	13.59	10.91	4.63
100	13.90	13.32	11.52	6.46
150	12.65	13.12	11.93	7.51
200	11.87	12.99	12.19	8.151
250	11.42	12.91	12.34	8.56
300	11.15	12.87	12.44	8.82
350	10.98	12.83	12.51	9.0
400	10.87	12.81	12.56	9.13

HIPOTESIS DE CALCULO DEL CONDUCTOR

los vanos desde los 50 mts. el tiro máximo en los soportes de conductor alcanzan valores por debajo de 18.08 Kg/mm<sup>2</sup> valor por el cual el factor de seguridad del conductor es de 2.5

El algoritmo utilizado para la solución de cambio de estado por computadora emplea el método de aproximaciones sucesivas, la ecuación desarrollada es la anteriormente formulada.

Las características del conductor serán las siguientes:

Material : de cobre temple duro  
 Calibre : N° 1 AWG  
 Diámetro : 8.3 mm  
 Sección : 42.41 mm<sup>2</sup>  
 Carga de rotura : 1,917 Kgs. (45.2 Kg/mm<sup>2</sup>)  
 Modulo de Elasticidad : 12.66 x 10<sup>3</sup> Kgs./mm<sup>2</sup>  
 Coeficiente de dilatación : 17 x 10<sup>-6</sup> 1/C°

### Cálculo Mécanico del Cable de Guarda

Para este cálculo se tomaron en consideración las mismas hipótesis del cable conductor aplicándose el algoritmo de computadora allí utilizado.

La tensión de cada día es de 13.71 Kg./mm<sup>2</sup> (10% del tiro de rotura)

Los resultados se pueden apreciar en la tabla VI.

Las características del cable de guarda serán las siguientes:

Material	:	acero galvanizado de extra alta resistencia
Calibre	:	3/8 de pulgada - exterior
Sección	:	51.05 mm <sup>2</sup>
Carga de ruptura	:	6,980 Kgs. (136.72 Kg/mm <sup>2</sup> )

TABLA DE TEMPLADO DE CABLE DE GUARDA DE 3/8"Ø DE EXTRA ALTA RESISTENCIA

Cálculos basados en una tensión de 700 kgs o 10% del tiro de rotura a 150C sin carga lo cual resulta una tensión de 936.3 kgs o 13.4% del tiro de rotura a -100C y 20 kg/mm<sup>2</sup> de presión de viento

Vano Regla - 100 mts.

Longitud del vano en mts. temp. en 9C tensión kgs

TEMP.	TENSION	25	50	100	150	200	250	300	350	400
-10	923.5	0.034	0.13	0.55	1.23	2.2	3.43	4.95	6.73	8.8
- 5	875.5	0.036	0.14	0.58	1.30	2.32	3.62	5.22	7.1	9.28
0	829.05	0.037	0.15	0.61	1.35	2.4	3.75	5.4	7.35	9.6
5	784.10	0.040	0.16	0.65	1.46	2.6	4.06	5.85	7.96	10.4
10	741.25	0.042	0.17	0.68	1.53	2.72	4.25	6.12	8.33	10.88
15	699.9	0.045	0.18	0.73	1.64	2.92	4.56	6.57	8.94	11.68
20	660.0	0.048	0.19	0.77	1.73	3.08	4.81	6.93	9.43	12.32
25	622.8	0.05	0.20	0.81	1.82	3.24	5.06	7.29	9.92	12.96
30	587.6	0.053	0.21	0.86	1.93	3.44	5.37	7.74	10.53	13.76
35	555.5	0.057	0.23	0.92	2.07	3.68	5.75	8.28	11.27	14.72
40	524.8	0.06	0.24	0.97	2.18	3.88	6.06	8.73	11.88	15.52

TABLA N°6

### 3. Cálculo eléctrico

a) Distancia media geométrica entre conductores.

En la siguiente fórmula:

$$DMG = \sqrt[3]{(AB) (BC) (AC)}$$

Donde:

DMG = Distancia media geométrica mutua entre conductores

AB = Distancia entre los conductores A y B

BC = Distancia entre los conductores B y C

AC = Distancia entre los conductores A y C

Para el tramo S. E. CHE Yaupi-Huallamayo el

$$AB = BC = 4.42 \text{ mts.}$$

$$AC = 8.84 \text{ mts.}$$

$$DMG = \sqrt[3]{(4.42)^2 (8.84)}$$

$$DMG = 5.56 \text{ mts.}$$

Para el tramo Tingo de Hualca-S.E.

Ventana N° 2

$$AB = AC = 2.6 \text{ mts.}$$

$$BC = 1.99 \text{ mts.}$$

$$DMG = \sqrt[3]{(2.6)^2 (1.99)}$$

$$DMG = 2.37 \text{ mts.}$$

b) Reactancia Inductiva de la Línea.

En la siguiente fórmula:

$$L = 4.605 \text{ Lg}_{10} \frac{DMG}{RMG} 10^{-4} \text{ H/Km/Cond.}$$

Donde:

Para tramo S. E. CHE Yaupi-Huallama  
yo

$$RMG = 0.826 r$$

r = radio conductor 477 MCM ACSR

$$r = 11.214 \times 10^{-3} \text{ mts.}$$

$$RMG = 9.262 \times 10^{-3}$$

$$L_1 = 4.605 \text{ Log}_{10} \frac{5.56}{11.214 \times 10^{-3}} \times 10^{-4}$$

$$L_1 = 1.241 \times 10^{-3} \text{ H/Km/Cond.}$$

$$XL_1 = 2 \pi f L$$

$$XL_1 = 0.468 \ \Omega / \text{Km/Cond.}$$

$$XL_1 = 0.468 \times 21.5$$

$$XL_1 = 10.06 \ \Omega$$

Para tramo Tingo de Hualca - S.E.

Ventana N° 2

$$RMG = 0.726 \times 4.15 \times 10^{-3}$$

$$RMG = 3.013 \times 10^{-3}$$

$$L_2 = 4.605 \text{ Log}_{10} \frac{2.37}{3.013 \times 10^{-3}} \times 10^{-4}$$

$$L_2 = 1.33 \times 10^{-3} \text{ H/Km/Cond.}$$

$$XL_2 = 0.502 \ \Omega / \text{Km/Cond.}$$

$$XL_2 = 0.502 \times 9.5$$

$$XL_2 = 4.775 \ \Omega$$

c) Resistencia Ohmica de la Línea de las Tablas a 20° C tenemos:

Resistencia de cable de aluminio

477 MCM ACSR

$$R_1 = 0.1195 \ \Omega / \text{Km.}$$

$$R_1 = 2.57 \ \Omega / \text{Km.}$$

Resistencia de cable de cobre N° 1

AWG

$$R_2 = 0.44 \ \Omega / \text{Km.}$$

$$R_2 = 0.44 \times 9.5$$

$$R_2 = 4.18 \ \Omega$$

La impedancia de la Línea será:

Tramo : S.F. CHF Yaupi-Huallamayo

$$Z_1 = 2.57 + j 10.06$$

Tramo : Tingo de Hualca-S.E.Ventana N° 2

$$Z_2 = 4.18 + j 4.775$$

d) Tensión Crítica Disruptiva en la línea

En la fórmula de PEEK,

$$V_c = 84 m_c \times \delta \times m_t \times r \times n \log \frac{D}{r}$$

Donde:

$V_c$  = Tensión crítica disruptiva

$m_c$  = Factor de rugosidad de la su  
perficie (0.83 a 0.87)

$\delta$  = Densidad del aire corregida

$m_t$  = Factor de corrección por la  
humedad del ambiente (1 para  
ambiente seco, 0.8 para am  
ambiente húmedo)

$r$  = Radio de un subconductor

$n$  = Número de sub-conductores

$D$  = Distancia entre conductores  
(la menor)

Por otro lado:

$$\delta = \frac{3.926 h}{273 + \theta}$$

Donde:

$h$  = Presión barométrica en  
cm Hg.

$\theta$  = Temperatura promedio de la  
zona °C

Por otro lado:

Se tiene la siguiente fórmula práctic  
tica:

$$\lg h = \log 76 - \frac{Y}{18336}$$

En nuestro caso para una altitud  
de 3,000 se tiene:

$$\log h = \log 76 - \frac{3,000}{18336}$$

$h = 52.14 \text{ cm Hg.}$

Reemplazando en la fórmula de  $\delta$ ,  
se tiene:

$$\delta = \frac{3.926 \times 52.14}{273 \times 15}$$

$$0.6986$$

Reemplazando valores en la fórmula de PFEK, se tiene:

Para aire seco.

$$V_c = 84(0.85)(0.6986) \frac{1}{0.415} \log \frac{153 \text{ cm.}}{0.415}$$

$$V_c = 53.13 \text{ KV}$$

Para aire húmedo.

$$V_c = 0.8 (53.13)$$

$$V_c = 42.50 \text{ KV}$$

La tensión que se ha elegido para la línea es 33.0 KV, y la tensión para que se produzca descarga disruptiva entre la fases de los conductores es:

$$53.13 \text{ KV (aire seco)}$$

$$42.50 \text{ KV (aire húmedo)}$$

Luego el voltaje escogido para la línea está correctamente elegido.

e) Nivel de Aislamiento Básico

i) Para descargas atmosféricas.

vel de aislamiento para  
erra es el aislamiento  
1.

obretensiones de origen  
no (maniobras)

s siguientes fórmulas:

$$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \frac{U_m \times f_m \times f_r \times 1}{EW} \left[ 1 + \left( \frac{h-1000}{100} \right) \times 0.0125 \right]$$

:  
Factor de corrección por  
maniobra

Factor de corrección por  
altura

Valor de la Tensión un  
instante antes de que se  
produzca la corriente su  
perficial a través del  
aislador con ligera con-  
taminación

)  
aisl.

( 36

KV Tensión máxima de servi-  
cio  $\approx 1.2 U_n$ .

Tensión nominal

$f_m$  = Sobtensión por manio  
bra

Número de aisladores

Altura en m.s.n.m. donde

opera la línea

Para nuestro caso, tenemos:

$$fr = 1 + \frac{(3,000 - 1000) \times 0.0125}{100}$$

$$fr = 1.25$$

$$Nm = \sqrt{2} \times (1.2 \times 33) \times 3 \times$$

$$1.25 \times 1$$

$$36$$

$$Nm = 3.368 \approx 4$$

iii) Por Sobretensión a la Frecuencia de Servicio.

$$Nm = 1 \times Um \times fm \times fr \times 1$$

E'W

Donde:

E'W = Tensión de sostenimiento después que se ha producido la corriente superficial a través de un aislador con ligera contaminación  $\left( 12.2 \frac{KV}{\text{aisl.}} \right)$

Para nuestro caso, tenemos:

$$Nm = 1 \times (1.2 \times 33) \times 1.1 \times$$

$$\sqrt{3}$$

$$1.25 \times 1$$

$$12.2$$

Para el cálculo del nivel de aislamiento básico, se ha considerado un aislador tipo clevis / eyes comúnmente usado, de las siguientes características:

$\theta$  = 6"  
 Paso = 5 1/2"  
 Clase = 52 - 1  
 Long. de la Línea de Fuga = 17.78 cms.  
 Esfuerzo Mecánico y Elect. combinado = 10,000 lbs.  
 Especificaciones NEMA

f) Distancia Mínima de Conductores al Piso

En la siguiente fórmula:

$$h_{\text{mín}} = 5.3 + \frac{V}{150} \text{ (m)}$$

Donde:

$h_{\text{mín}}$  = Distancia mínima del conductor al piso

$V$  = Tensión de la Línea en KV

Para nuestro caso, reemplazando valores tenemos:

$$h_{\text{mín}} = 5.3 + \frac{33}{150}$$

$h_{\text{mín}} = 5.52 \text{ mt.}$

El Código Eléctrico del Perú establece para la altura del conductor respecto al suelo una distancia mínima de 5.5 m.

g) Distancia Recomendable entre el Cable de Guarda y el Conductor Superior de la Línea

Es técnicamente recomendable que la distancia vertical de separación entre el conductor de línea más alto y el cable de guarda, en el punto de máxima flecha debe ser de 1.0 a 1.5 m., luego la flecha máxima del cable de guarda deberá ser:

En la siguiente expresión:

$$f_c + d_{c.g} - f_g \geq 1.0 \text{ m.}$$

Donde:

$f_c$  = Flecha máxima del conductor

$d_{c.g}$  = Distancia en el soporte entre el conductor y el cable de guarda

$f_g$  = Flecha máxima del cable de guarda

Para nuestro caso, en el vano reglamentamos:

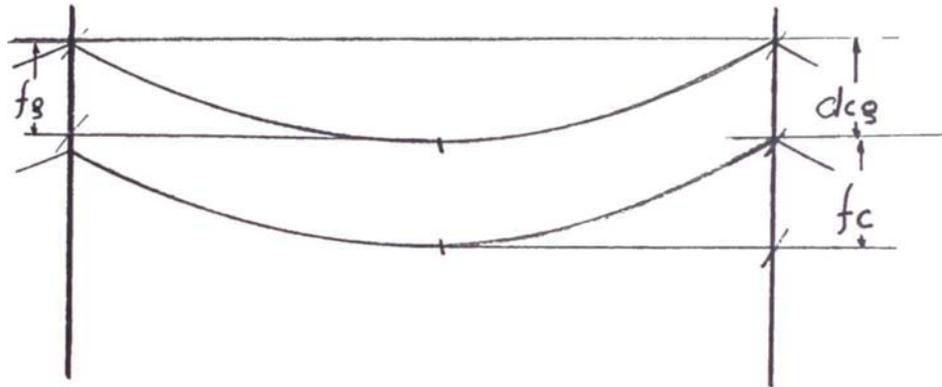
$$f_c = 1.3 \text{ mts.}$$

$$f_g = 0.97 \text{ mts.}$$

$$d_{c.g} = 1.7 \text{ mts.}$$

$$13 + 1.7 - 0.97 \geq 1$$

$$2.03 \geq 1$$



#### h) Mínima Distancia Eléctrica entre Conductores

La mínima distancia horizontal entre las fases inferiores de la línea será:

En la siguiente fórmula:

$$d \geq K \sqrt{F \text{ máx. } L} + \frac{U}{\sqrt{\delta} \times 150}$$

Donde:

$d$  = Distancia horizontal mínima entre conductores inferiores

$K$  = Coeficiente de oscilación por viento, 0.6

$F_{\text{máx}}$  = Flecha máxima

$L$  = Longitud de la cadena de aisladores

$\sigma$  = Densidad relativa del aire

$U$  = Tensión nominal de la Línea en KV

Efectuando para nuestro caso:

$$0.6 \sqrt{1.3 + 0.584 + \frac{33.0}{33.0}}$$

$$\sqrt{0.6989} \times 150$$

$$d \geq 1.086$$

La disposición geométrica prevista tiene 2,00 m. como distancia mínima horizontal entre los conductores inferiores, luego existe sobredimensión que le dá un alto grado de seguridad y que permite usar, cuando la topografía del terreno lo permita, vanos y flechas mayores.

## 2.4 Protección y Medida

### 2.4.1 Descripción General

La protección del sistema se ha separado en tres áreas:

- S.E. C.H.E. Yaupi
- Línea de Transmisión
- S.E.'s Yuncán, Huallamayo, Ventana Principal Nº 2, Ventana Nº 1, Nº 2, Nº 3, Nº 4 y Nº 5.

Las mediciones se realizarán en la S.E. C.H.E. Yaupi, consistirán en:

- Corriente de líneas en 33 Kv
- Tensión de líneas en 33 Kv
- Energía activa total
- Energía reactiva total
- Potencia activa total con registrador

### 2.4.2 Criterios Básicos de Diseño

La protección del sistema debe ser como mínimo doble por cada tipo de protección considerando una función principal y otra de respaldo en todas las zonas protegidas.

La protección debe tener acción instantánea para fallas francas y temporizado para coordinación con las otras zonas y para sobrecarga si así lo requiere.

- La medición se hará de tal forma que satisfaga los requerimientos de control de consumo de energía, así como los parámetros de corriente y tensión en la línea.

AREA	ZONA DE PROTECCION	TIPO DE PROTECCION	FUNCION	SIMBOLOGIA (NORMAS ASA)
S.E. C.H.E.	ZONA Nº 1: - Barras de generación en 13.8 Kv y bornes de entrada del transformador.  ZONA Nº 2: - Entrada al transformador de potencia y los transformadores de corriente tipo pedestal.	- Diferencial  - Diferencial - Bucholtz	- Principal zona 1  - Principal zona 2	87 B  87 T
LINEA DE TRANSMISION	ZONA Nº 3: - Desde los transformadores de corriente tipo pedestal y hacia adelante.	- Sobrecorriente tiempo extremo inverso protección falla entre fases unidad instantánea y temporizada.  - Sobrecorriente tiempo inverso protección falla fase a tierra, unidad instantánea.	- Principal zona 3  - Principal zona 3	50, 51  51 N
S.E. DIVERSAS.	ZONA Nº 4: - Transformadores.	- Seccionadores fusibles del tipo Rápido.	- Principal zona 4	--

## CAPITULO III

### Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales

Todos los equipos y fabricación de materiales a ser suministrados para la instalación y modificación de subestaciones y líneas de transmisión deberán cumplir las siguientes normas:

IEC : International Electrotechnical Commission.

ANSI : American National Standards Institute.

NEMA : National Electrical Manufacturers Association.

ASTM : American Society for Testing and Materials.

IEEE : Institute of Electrical and Electronic Engineers.

IPCEA: Insulated Power Cable Engineers Association.

ASME : American Society of Mechanical Engineers.

CEP : Código Eléctrico del Perú.

ITINTEC: Instituto Tecnológico Industrial de Normas Técnicas.

### 3.1 Especificaciones Técnicas de Equipos Principales de Subestaciones

#### 3.1.1 Transformadores de Potencia

Las normas consideradas para especificar los transformadores de potencia son de la IEC - Publicación 76, segunda Edición, año 1967 y las Nacionales ITINTEC 370.002.

#### A. Para Subestación CHE Yauri

## A.1 Especificaciones Generales

Número de transformadores	:	1
Número de fases	:	3
Número de fases del sistema	:	3
Frecuencia	:	60 Hz
Tipo de líquido refrigerante	:	aceite
Tipo de montaje	:	exterior a 1400 msnm
Potencia	:	6.0MVA/0.75AN
Máxima tensión de operación en el sistema	:	
Alta tensión	:	38 KV
Baja tensión	:	15.5 KV
Modo de puesta a tierra	:	
Devanado de baja - no tiene neutro	:	
Devanado de alta - neutro conectado rígi- damente a tierra.	:	

Niveles de aislamiento

### a) Interno

Alta:

Clase de aislamiento	:	38 KV
Tensión de impulso normali- zado	:	200 KV
Tensión a frecuencia de ser- vicio	:	70 KV

Baja:

Clase de aislamiento	:	15.5 KV
----------------------	---	---------

Tensión de impulso normalizado : 95 KV

Tensión a frecuencia de servicio : 38 KV

b) Externo

Alta:

Al nivel a 1400  
del mar m.s.n.m.

Tensión de impulso normalizado : 250 KV 200 KV

Baja:

Tensión de impulso normalizado : 150 KV 95 KV

Tensión nominal en los devanados:

- Alta tensión :  $33 \pm 2.5\% \pm 5\%$  KV

- Baja tensión : 13.2 KV

Cinco tomas con conmutador accionable sin carga con tensión, en el lado de 33 KV.

Grupo de conexión : YNd 11 (neutro accesible).

Con borne de neutro en el secundario

Impedancia de cortocircuito a 75°C : 7.5% (a tap 33 KV)

Sistema de refrigeración: ONAN

A.2 Especificaciones Particulares

Límite de elevación de temperatura:

En el devanado : 65°C (medido por resistencia).

Clase de aislamiento : A

En el aceite parte superior : 60°C

Límite de elevación de temperatura para pruebas al nivel del mar bajo condiciones nominales de carga:

En el devanado (medido por resistencia) : 56

En el aceite (parte superior) : 52

Sistema de enfriamiento : ONAN

Condiciones de cortocircuito permisibles:

a) Máxima corriente de cortocircuito 1400% de la corriente nominal.

b) Requerimientos térmicos y mecánicos de cortocircuito:

El transformador deberá ser capaz de resistir sin riesgo bajo cualquier toma en condiciones de servicio los efectos térmicos y mecánicos de un cortocircuito de los bornes de cualquier arrollamiento durante los tiempos dados en las normas de la referencia.

Control y protección:

a) Termómetros

Con dial indicador de máxima temperatura y dos contactos auxiliares NO/NC-125 VDC - 10 Amp.

- Uno de imagen térmica (temperatura del bobinado).

- Uno para temperatura del aceite.

b) Relé Buchholz

Con dos contactos auxiliares alarma/desconexión 125 VDC - 10 Amp.

c) Transformadores de corriente tipo "Bushings" especificados en el acápite 3.3.1.

Accesorios

- Tanque conservador de aceite de tipo diafragma o con desecador con indicador de nivel y contactos auxiliares NO/NC-125 VDC - 5A.

- El tanque deberá si corresponde tener un desecador de aire de silicagel con su respectivo visor para observar fácilmente el cambio de color del deshidratador.

Válvula del vaciado y toma de muestra de aceite.

- Válvula de seguridad con contactos auxiliares NO/NC-125 VDC - 10 Amp.

- Borne de puesta a tierra del tanque.

- Placa de características en idioma castellano.

- Ruedas orientables con pestañas para apoyo en rieles de tipo ferroviario con sistemas de fijación de las ruedas en los rieles para su instalación.

- Ganchos de izaje (parte activa y transformador completo).

Pruebas:

El transformador antes de su aceptación de  
berá ser sometido a las siguientes prue--  
bas:

- Relación de transformación en vacío.
- Control de polaridad y grupo.
- De cortocircuito.
- De vacío.
- Medición de resistencia de devanados.
- De tensión aplicada.
- De tensión inducida.

## B. Para Subestación Yuncán

### B.1 Especificaciones Generales

Número de transformadores	:	1
Número de fases	:	3
Número de fases del sistema	:	3
Frecuencia	:	60 Hz
Tipo de líquido refrigerante	:	aceite
Tipo de montaje	:	Exterior a 2000 msnm
Potencia	:	2.5 MVA
Máxima tensión de operación en el sistema		
- Alta tensión	:	38 KV
Baja tensión	:	15.5 KV
Modo de puesta a tierra		

Devanado de alta - no tiene neutro.

Devanado de baja - neutro conectado rígidamente a tierra.

Niveles de aislamiento

a) Interno

Alta:

Clase de aislamiento : 38 KV

Tensión de impulso normalizado : 200 KV

Tensión a frecuencia de servicio : 70 KV

Baja:

Clase de aislamiento : 15.5 KV

Tensión de impulso normalizado : 95 KV

Tensión a frecuencia de servicio : 38 KV

b) Externo

Alta:

A nivel a 2000  
del mar m.s.n.m

Tensión de impulso normalizado : 250 KV 200 KV

Baja:

Tensión de impulso normalizado : 150 KV 95 KV

Tensión nominal en los devanados

- Alta tensión :  $33 \pm 2.5\% \pm 5\%$  KV

- Baja tensión : 13.2 KV

Cinco tomas con conmutador accionable sin

carga con tensión.

Grupo de conexión : Dyn 11 (neutro accesible)

Con borne en el secundario

Impedancia de cortocircuito a 75°C : 6% (a tap 33 KV)

Sistema de refrigeración: ONAN

## B.2 Especificaciones Particulares

Límite de elevación de temperatura

En el devanado : 65°C (medido por resistencia).

Clase de aislamiento : A

En el aceite parte superior : 60°C

Límite de elevación de temperatura para pruebas al nivel del mar bajo condiciones nominales de carga:

En el devanado (medido por resistencia) : 56°C

En el aceite (parte superior) : 52°C

Sistema de enfriamiento: ONAN

Condiciones de cortocircuito permisibles:

a) Máxima de corriente de cortocircuito

1600% de la corriente nominal.

b) Requerimientos técnicos y mecánicos de

cortocircuito:

El transformador deberá ser capaz de resistir sin riesgo bajo cualquier toma en condiciones de servicio los efectos térmicos y mecánicos de un cortocircuito de los bornes de cualquier arrollamiento durante los tiempos dados en las normas en referencia.

Accesorios

- Tanque conservador de aceite de tipo diafragma o con desecador con indicador de nivel.
- El tanque deberá si corresponde tener un desecador de aire de silicagel con su respectivo visor para observar fácilmente el cambio de color del deshidratador.
- Válvula de seguridad.
- Borne de puesta a tierra del tanque.
- Placas características en idioma castellano.
- Ruedas orientables con pestañas para apoyo en rieles de tipo ferroviario con pestañas de fijación de las ruedas en los rieles para su instalación.
- Ganchos de izaje (parte activa y transformador completo).

Pruebas:

- De tensión de impulso

- De calentamiento.
- De calidad del aceite.

Estas pruebas deberán ser cotizadas por se parado (rutina y especiales) pero incluidas todas ellas en el costo total del transformador.

## C. Para Subestación Huallamayo

### C.1 Especificaciones Generales

Serán idénticas al transformador para la Subestación Yuncán especificadas en el acápite B.1 excepto los puntos:

Número de transformadores	1
Potencia	1.5 MVA
Impedancia de cortocircuito a 75°C	5%

### C.2 Especificaciones Particulares

Serán idénticas al transformador para la Subestación Yuncán especificadas en el acápite B.2.

## D. Para Subestación Principal Ventana Nº 2

### D.1 Especificaciones Generales

Serán idénticas al transformador para la Subestación Yuncán especificadas en el párrafo B.1 excepto en los puntos:

Número de transformador	:	1
Potencia	:	1.0 MVA
Impedancia de cortocircuito a 75°C	:	5%

#### D.2 Especificaciones Particulares

Serán idénticas al transformador para la Subestación Yuncán especificadas en el párrafo B.2.

#### E. Para Subestación Ventana Nº 4

##### E.1 Especificaciones Generales

Serán idénticas al transformador para la Subestación Yuncán especificadas en el párrafo B.1. excepto en los puntos:

Número de transformadores	:	1
Potencia	:	400 KVA
Impedancia de cortocircuito a 75°C	:	5%

##### E.2 Especificaciones Particulares

Serán idénticas al transformador para la Subestación Yuncán especificadas en el acápite B.2.

F. Para Subestación Ventana Nº 5

F.1 Especificaciones Generales

Serán idénticas al transformador para la Subestación Yuncán especificadas en el párrafo B.1 excepto en los puntos:

Número de transformadores	1
Potencia	350 KVA
Impedancia de cortocircuito a 75°C	5%

F.2 Especificaciones Particulares

Serán idénticas al transformador para la Subestación Yuncán especificadas en el acápite B.2.

3.1.2 Interruptor de potencia

A. Especificaciones Generales

Cantidad	1
Tipo	Hexafluoruro de asu--

fre SF<sub>6</sub>. Presión simple - soplado autoneumático o cámara de vacío o en gran volumen de aceite.

Normas de fabricación

y operación : IEC (Publicación 56-2 año 1971).

Frecuencia : 60 Hz

Nº de fases : 3

Corrientes:

Nominal : 800 amperios

Dinámica : 50 KA (pico)

Térmica : 20 KA (RMS) por 3 seg

Tensión:

Nominal : 24 KV

De operación : 13.8 KV (a 1400 msnm)

Clase de aislamiento : 25 KV (RMS)

De prueba a 60 Hz : 60 KV (RMS)

- A onda de choque 1.2/

50  $\mu$ s fase a tierra,

entrefases y entre-

terminales : 150 KV (pico)

Poder de ruptura : 1000 MVA

Separación entre fases : 1600 mm. (mínimo)

Temperatura de funcio-

namiento : 50C a + 400C

Sistema de accionamiento : Hidráulico

Presiones aproximadas relativas del SF <sub>6</sub>		
- Nominal a 20°C	:	5.15 bar
- Mínima de funcionamiento	:	4.5 bar
Contactos auxiliares	:	12 NA + 12 NC
Tensión de control y maniobra	:	125 VDC, polos aislados
Altura de trabajo	:	1400 msnm
Montaje	:	Exterior.
Tiempo de apertura	:	20 ms.
Tiempo de corte	:	10 ms.
Ciclo de funcionamiento: A + 0.3 seg + CA + 3 min + CA.		

### 3.1.3 Pararrayos

#### A.1 Especificaciones Generales

Normas de fabricación, pruebas y operación IEC 99-1, ANSI C 62.1.

Número de pararrayos	:	21
Tipo	:	Autoválvula de resistencia no lineal.
Instalación	:	Exterior a 2000 y 2600 msnm.
Frecuencia	:	60 Hz
Tensión nominal	:	27 KV (RMS)
Mínima tensión de ce <u>ba</u>		

do a frecuencia nominal	:	70 KV (pico)
Tensión de cebado con frente de onda nominal (1.2/50 $\mu$ seg)	:	99 KV (pico)
Corriente nominal de descarga (8/20 $\mu$ seg)	:	1.5 KA
Máxima tensión, resi- dual a la corriente de descarga	:	50 KV (pico)

#### A.2 Características de operación

Tensión nominal de línea	:	33 KV (RMS)
Tensión máxima de operación:	:	35 KV (RMS)
Neutro conectado rígidamen- te a tierra.	:	

#### A.3 Tensiones de prueba

60 Hz en seco (1 minuto)	:	100 KV (RMS)
60 Hz con lluvia (10 seg)	:	80 KV (RMS)
Impulso (1.2 x 50 $\mu$ seg)	:	200 KV (pico)
Alta corriente de prueba	:	40 KAmper.
Baja corriente de prueba	:	400 - 600 Amp.

#### A.4 Montaje

Deberán ser del tipo pedestal o el tipo sopor-

te puntal.

### 3.1.4 Seccionadores

#### A.1 Especificaciones Generales en 33 KV

Número de seccionadores tri		
polares	:	1
Instalación	:	Exterior 1400msnm
Número de fases	:	3
Montaje	:	Vertical
Apertura	:	Vertical
Frecuencia	:	60 Hz
Tensión nominal	:	34.5 KV
Tensión máxima de diseño	:	38 KV
Distancia mínima fase-tierra:		560 mm
Tensión de impulso con onda		
normalizada	:	200 KV (pico)
A 60 Hz en seco (1 minuto)	:	95 KV (RMS)
Bajo lluvia 60 Hz (10 seg)	:	75 KV (RMS)
Corriente nominal (RMS)	:	600 Amp.
Corriente de corta duración		
(RMS) asimétrica	:	61 KAm.
Mínima carga de volteo	:	680 Kgr.
Distancia entre fases	:	1600 mm.
Mecanismo manual de accionamiento de cuchillas		
para las tres fases simultáneas.		

## A.2 Especificaciones Generales en 13.2 KV

Número de seccionadores Tri	:	
polares	:	1
Instalación	:	Exterior 1400 msnm
Número de fases	:	3
Montaje	:	Vertical
Apertura	:	Vertical
Frecuencia	:	60 Hz
Tensión nominal	:	13.2 KV
Tensión máxima de diseño	:	15.5 KV
Distancia mínima fase a	:	
tierra	:	420 mm
Tensión de impulso con onda	:	
normalizada	:	110
- A 60 Hz en seco (1 minuto):	:	50
Bajo lluvia 60Hz (10 seg)	:	35
Corriente nominal (RMS)	:	600 Amp.
Corriente de corta duración	:	
(RMS) asimétrica	:	40 KAmper.
Corriente por 4 seg (RMS)	:	
asimétrica	:	25 KA
Mínima carga de volteo	:	680 Kgrs.
Distancia entre fases	:	600 mm.
Para determinar los mecanismos de accionamiento considerar lo siguiente :	:	
- Altura de montaje sobre	:	
el piso en promedio	:	3100 mm.

Separación entre fases	:	1500 mm
- Altura de montaje del mecanismo para apertura o cierre sobre el piso	:	1500 mm

### 3.1.5 Seccionadores fusibles

#### A.1 Especificaciones Generales

Número de seccionadores fusibles	:	15 unidades de 33 KV de tensión de operación y 27 unidades de 13.2 KV de tensión de operación.
Tipo	:	Encapsulado, abierto.
Instalación	:	Exterior para 2600 m.s.n.m.
Tensión nominal	:	35/15 KV
Tensión de impulso con onda normalizada	:	250/125 KV
Corriente nominal permanente	:	100 Amp.
Corriente nominal de interrupción simétrica	:	4.0 KAmper.
Corriente nominal de interrupción asimétrica	:	6.0 KAmper.

## A.2 Montaje

Deberán ser del tipo soporte puntal.

## 3.2 Especificaciones Técnicas de Materiales para Línea de Transmisión

### 3.2.1 Conductores

#### 1.0 General

Los conductores para la línea aérea serán de cobre temple duro. Deberá ser uniforme, liso, sin particiones otro defecto. El cobre será de la más alta pureza comercial obtenible.

El cable conductor deberá tener el aislamiento que la tensión de 33,000 voltios requiere, será monofásico y con capacidad para 150 Amperios.

Todos los cables deberán ser suministrados carretes.

#### 1.1 Características del conductor de cobre desnudo

- 1) Para los circuitos Tingo de Hualca-Su bestación Principal Ventana Nº 2 - Represa Uchuhuerta, Huallamayo - Ventana

Nº 3 y derivaciones en 33 KV y 13.2 KV.

Area nominal	mm <sup>2</sup>	42.41
Calibre	AWG	Nº 1
Carga de ruptura	kg	1,917
Resistencia a 20°C	ohm/km	0.440
Diámetro externo	mm	8.33
Nº de hilos		7
Cantidad	kms	50.5
Peso	kg/mt.	0.383

## 1.2 Características del cable en 33 KV

Normas : El cable aislado deberá cumplir las Normas ICE Publicación Nº S-66-524, NEMA Publicación Nº WC7 e IEC Publicación 502.

Uso : Será usado para conectar la salida del seccionador de la subestación en 33 KV de la CHE Yaupi con la primera estructura de la línea en 138 KV a reutilizar en 33 KV, su instalación será enterrado directamente.

Tipo : Unipolar de aislamiento de polietileno (XLPE) con envoltura de cloruro de polivinyl, cableado tipo B y pantalla para conexión a tierra.

Características:

Tensión nominal	:	33 KV
Corriente permanente	:	116 Amp.
Calibre nominal	:	No menor de 60 mm <sup>2</sup> o 2/0 AWG
Frecuencia nominal	:	60 Hz
Máxima temperatura permisible del conductor bajo condiciones normales de <u>o</u> peración	:	No mayor que 90°C
Nivel básico de aislamien <u>to</u>	:	200 KV
Mínimo grosor del aisla <u>m</u> iento	:	345 Mils.
Mínimo grosor de cubierta	:	80 Mils.

De construcción:

- El conductor será cableado de cobre templado de acuerdo a norma ASTM B-33. La clase de cableado será B de la norma ICEA.
  - La pantalla será estruido a presión de la misma operación como el aislamiento y deberá tener una superficie lisa en la de contacto con el aislamiento.
- Los conductores será cubiertos con aislamiento de polietileno (XLPE). El promedio de aislamiento medido en una sección deberá ser no menor que el especi-

cado en la norma ICEA.

- La pantalla de tierra será de cinta de cobre bañado con estaño. El grosor de esta cinta no será menor que 0.1 mm.

Conexión al neutro

de sistema : Rígidamente conectado a tierra.

Cantidad requerida: 190 mts.

### 3.2.2 Cable de guarda

Longitud	:	18.6 kms
Material	:	Acero galvanizado de extra alta resistencia.
Calibre	:	3/8 de pulgada - diámetro exterior.
Número de hilos	:	7
Sección	:	51.05 mm <sup>2</sup>
Carga de ruptura	:	6980 kgs
Peso	:	0.406 kg/mt.

### 3.2.3 Aisladores

#### 1. Aisladores de línea

Cantidad	:	2,220
Tipo	:	Clevis

### 1.1 Características físicas

Altura	:	5.5 pulgadas
Diámetro	:	6 pulgadas
Peso neto	:	2.65 kg

### 1.2 Características eléctricas

Distancia de fuga	:	177.8 mm
Distancia de flameo en seco	:	114.3 mm
Tensión de flameo en seco a la frecuencia nominal	:	60 KV
Tensión de flameo en húmedo a la frecuencia nominal	:	30 KV
Tensión de flameo al impulso positivo	:	100 KV
Tensión de flameo al impulso negativo	:	100 KV
Tensión de perforación a la frecuencia nominal	:	80 KV

### 1.3 Características mecánicas

Resistencia a la tensión mecánica	:	4536 kg
-----------------------------------	---	---------

Resistencia al impacto : 0.518 kg-m

Resistencia electromecánica combinada : 2,268 kg

1.4 Catálogo similar : OHIO BRASS 32433  
NGK CA - 15922A

## 2. Aisladores Portabarras de Subestación

Cantidad : 40

Tipo : tapa y espiga  
(cap & pin).

### 2.1 Características físicas

Distancia de fuga : 914 mm

Altura mínima del alfiler: 457 mm

### 2.2 Características eléctricas

Flameo en seco a baja frecuencia : 250 KV

Flameo en húmedo en baja frecuencia : 100 KV

Flameo a impulso positivo : 280 KV

Tensión de perforación a baja frecuencia : 225 KV

### 2.3 Características mecánicas

Resistencia en cantiliver: 907 kg

2.4 Catálogo similar : OHIO BRASS 37746

### 3.2.3 Estructuras soportes

Los materiales componentes de las estructuras deberán cumplir con las siguientes normas y sus equivalentes:

ITINTEC 251.021 Glosario de definiciones  
ITINTEC 251.022 Requisitos Generales  
ITINTEC 251.023 Ensayo de Rotura  
ITINTEC 251.024 Postes de Eucalipto  
ITINTEC 251.026 Penetración y retención de preservadores de madera

Para crucetas metálicas

ST 37 DIN 17100 Especificaciones de acero normal.

### 1.0 Descripción General

Las estructuras de soporte en concordancia con los requerimientos individuales que se determinaron al ubicar dichas estructuras en el perfil, estarán constituidas de postes de madera de eucalipto tratada con sales preservantes del tipo CCA, (cromo, cobre arsénico).

## 1.1 Estructuras de madera

La estructura principal estará constituida por un solo poste de 13 mts de longitud de clase 4 grupo D. La doble cruce que se instalará a 1400 mm de la cogolla será de acero A36 en formación triángulo donde el vértice formado por la unión de cruceas tendrá un ángulo de  $45^\circ$  por tanto la cadena de aisladores serán instaladas de manera que los conductores estén dispuestos también en triángulo separados 24000 mm.

Llevará un solo cable de guarda de  $3/8$  pulgada de diámetro con un ángulo de protección máximo de  $31^\circ$ , que estará soportado por una bayoneta sujeto a 500 y 260 mm de la cogolla del poste con una altura total de 900 mm.

Esta estructura ha sido adecuada para vanos de hasta 140 metros.

Para vanos mayores de 140 mts y ángulos de deflexión de líneas se han adoptado estructuras en formación H con dos y tres postes de madera para las cuales la separación horizontal entre conductores cumplen con los requisitos técnicos.

Las estructuras tipo H con tres postes

de madera de clase 3 grupo D de 14 mts de longitud han sido adecuadas para vanos de hasta 320 mts con ángulos de deflexión de línea de hasta 65°. La cruceta para este ángulo será del tipo canal de 4 pulgadas y 6,096 mm. tendrá un solo cable de guarda el cual brindará un ángulo de protección de 33°.

Las estructuras tipo H con dos postes de madera de clase 4 grupo D de 13 mts de longitud han sido adecuadas para vanos de hasta 220 mts de longitud y ángulos de flexión de hasta 4°. La cruceta será de canal de 4 pulgadas y 4,940 mm de longitud, también llevará un solo cable de guarda con un ángulo de protección de 33°.

Todas las bajadas a tierras de la conexión del cable de guarda se harán con alambre de puesta a tierra de acero galvanizado en caliente grado BB calibre Nº 6 BWG que terminarán en espiral en la coza de los postes.

Los postes de madera eucalipto requeridos serán:

Clase 3 grupo D de 14 mts de longitud.

Cantidad 110

Clase 4 grupo D de 13 mts de longitud.

Cantidad 98

## 1.2 Anclajes

- Las estructuras de un solo poste de madera llevarán una retenida de anclaje de 3/8 de pulgada de diámetro de acero galvanizado con su respectivo muerto de anclaje de riel de 70 lb/yd y 600 mm de longitud.
- Las estructuras tipo H de tres postes de madera llevarán siete (7) retenidas de anclajes en las direcciones de los conductores y de la resultante del tiro con idénticas características que la anterior.

### 3.2.4 Ferretería

Las normas internacionales a seguir están contenidas en las siguientes publicaciones:

ASTM A 153 Zinc coating (Hot Dip) on iron and steel hardware.

ANSI C 29.2

ANSI C 29.8

IEC Publicación 120

#### 1.0 Ferretería para cadena de aisladores

Aisladores:

Cantidad	:	2,220
Tipo	:	clevis
Diámetro	:	6"
Altura	:	5 1/2"
Línea de fuerza	:	7"
Resistencia mecánica a la tracción	:	10,000 lbs
Catálogo (similar)	:	Ohio Brass 32433 NGK CA - 15922 A

Gancho Bola para suspensión (Hook Ball):

Anclaje

Cantidad	:	463
----------	---	-----

Serán dimensiones ANSI tipo J, y estarán fabricadas con acero forjado tratadas termicamente y galvanizado en caliente, similares a:

Ohio Brass	79270
NGK	5H-1360

Banda de sujeción de cadena de aisladores (Heavy Pole Bands)

Cantidad	:	110
----------	---	-----

Las bandas serán fabricadas de acero forjado, galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn	J6643
--------	-------

Eslabon de unión banda-cadena de aisladores  
(Links)

Cantidad : 220

Los eslabones serán fabricados de acero forjado, galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn J6650

1.1 Ferretería para sujección del cable de  
guarda

Grampa paralela para alineamiento

Cantidad : 80

Para ser usada en las bayonetas serán fabricadas de acero forjado, galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn J5455

Grampa terminal para cable de guarda

Cantidad : 40

La grampa terminal será fabricada en acero forjado, galvanizado en caliente con sus respectivos accesorios de ajuste, similar al catálogo:

Electroline GD137

Conector horquilla ojo (clevis)

(a) Cantidad : 550

(b) Cantidad : 113

Los conectores horquilla ojo serán de dimensiones ANSI tipo J, y estarán fabricados con acero forjado, galvanizado en caliente, similares a los siguientes catálogos:

(a)	Ohio Brass	83821
	NGK	4H - 773A
(b)	Ohio Brass	83827
	NGK	4H - 1328

Mordaza de suspensión (Suspension Clamps)

Cantidad : 71

Las mordazas de suspensión estarán fabricadas de acero forjado, galvanizado en caliente, similares a los siguientes catálogos:

	Ohio Brass	83044
	NGK	1H - 687 AU

Grampa terminal del cable conductor

Cantidad : 427

Las grampas terminales estarán fabricadas

de acero forjado, galvanizado en caliente  
similares a los siguientes catálogos:

Ohio Brass	80500
NGK	2H - 798 AU

Banda de sujeción de cable de guarda  
(Heavy Pole Bands)

Cantidad : 48

Las bandas serán fabricadas de acero forjado, galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn	J6643
--------	-------

Eslabón de unión banda-grampa terminal

Cantidad : 96

Los eslabones serán fabricados de acero forjado, galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn	J6671
--------	-------

1.2 Ferretería de sistema de tierra

Alambre de puesta a tierra

Cantidad : 3,250 mts.

El alambre de puesta a tierra será de ace

ro galvanizado en caliente, grado BB, tipo A, calibre Nº 6 BWG, sección 18.68 mm<sup>2</sup>, peso 0.172 kg/ml.

#### Clavos en U

Cantidad : 9,200

Los clavos serán de fierro galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn J126

#### Perno para conexión a tierra

Cantidad : 150

Los pernos serán del tipo "J" con sus accesorios, fabricados en acero forjado, galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn J8226

### 1.3 Ferretería para el sistema de anclajes

#### Cable para anclajes

Cantidad : 4,500 mts.

Cable de acero de 3/8"Ø del tipo siemens-Martín, galvanizado.

Nº de hilos : 7

Sección : 51.07 mm<sup>2</sup>

Tiro de rotura                   :           3,150 kgs.

Placas de amarre

(a) Cantidad                   :           170

(b) Cantidad                   :           170

Las placas de amarre para protección del poste serán de acero forjado galvanizado en caliente, similar al catálogo:

(a) Joslyn                    J-6577

(b) Joslyn                    J-1034

Varilla de anclaje

Cantidad                       :           170

Las varillas de anclaje serán de acero forjado galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn                        J-7407

Muertos de anclaje

Cantidad                       :           102 mts.

Serán del tipo riel ferroviario de 70 libras por yarda.

Grampas paralelas

Cantidad : 800

Las grampas paralelas para sujeción de cable de anclaje serán de acero galvanizado en caliente de tres pernos, similar al catálogo:

Joslyn J-929

#### Tirafones

Cantidad : 290

Los tirafones serán de acero forjado galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn J-8742-1/2

#### Clavos

Cantidad : 4600

Los clavos serán de acero forjado galvanizado en caliente, similar al catálogo:

Joslyn J-804

### 1.4 Accesorios de postes

#### Banda de postes

Cantidad : 204

Las bandas serán del tipo acero forjado, galvanizado en caliente, similar al catá-

logo:

Joslyn

J-5200

Sombrero de protección

Cantidad : 208

Serán fabricados de planchas de 1/36 pulgadas de grosor para protección de las cogollas de los postes.

1.5 Ferretería diversa

Cruceta metálica

De canal de 4" x 6096 mm de longitud x 5.4 lbs, estructura L3T.

Cantidad : 46 juegos

Cruceta metálica

De canal de 4" x 4940 mm de longitud x 5.4 lbs, estructura HT.

Cantidad : 32 juegos

Cruceta metálica

De perfil angular de 3" x 3" x 1/4" x 2600 mm de longitud, estructura DS.

Cantidad : 47 juegos  
 De perfil angular de 3" x 3" x 1/4" x 2565  
 mm de longitud, estructura DS.

Cantidad : 47 juegos

#### Bayonetas

De perfil angular de 3" x 3" x 1/4" x 1000  
 mm de longitud, estructura HT.

Cantidad : 32 juegos

De perfil angular de 3" x 3" x 1/4" x 900  
 mm de longitud, estructura DS.

Cantidad : 47 juegos

#### Separadores de suspensión

Fabricados de plancha de 1/4". Ver planos  
 para estructura L3T.

Cantidad : 116

Fabricados de planchas de 1/4". Ver planos  
 para estructura DS.

Cantidad : 88

#### Platinas de separación

Fabricadas de planchas de 1/4". Ver pla-  
 nos para estructura HT.

Cantidad : 62

## 1.6 Ferretería en elementos de unión

Grampa paralela de cobre

Cantidad	:	177
Catálogo	:	Burndy UC-4W28

Grampa bimetálica cable a cable

Cantidad	:	12
Catálogo	:	Burndy Nº QT-3416

Pernos

- De 5/8" x 8"

Cantidad	::	166
Catálogo	:	Joslyn 8708

- De 5/8" x 10" (rosca corrida)

Cantidad	:	294
Catálogo	:	Joslyn J-8860

- De 1/2" x 1 1/2"

Cantidad	:	803
Catálogo	:	Joslyn J-8701-1/2"

- De 5/8"Ø x 1 1/2"

Cantidad	:	453
Catálogo	:	Joslyn J-8801

- De 1/2"Ø x 9"

Cantidad	:	100
----------	---	-----

Catálogo : Joslyn J-8709

### 3.3 Especificaciones Técnicas de Equipos de Protección y Medida

#### 3.3.1 Equipos de Medida

##### 1.0 Amperímetro para corriente alterna

Cantidad	:	1
Rango de corriente	:	0-5 Amp.
Frecuencia	:	60 Hz
Clase	:	0.5
Escala	:	0-120 Amp.
Relación de transformación de los transformadores de corriente	:	150/5
Tipo	:	Electromagnético
Montaje	:	En panel posición vertical.

##### 1.1 Conmutador amperimétrico

Cantidad	:	1
Tipo	:	rotativo
Para medir corriente en las tres fases usando tres transformadores de corriente.		
Capacidad de los contactos	:	20 Amp. Continuos

Con marca indicadoras para lecturas en ca  
da fase (R,S,T)

Montaje : En panel  
Nº de operaciones por  
hora : 10

### 1.2 Voltímetro para corriente alterna

Rango de tensión : 0-115 voltios  
Cantidad : 1  
Frecuencia : 60 Hz  
Clase : 0.5  
Escala : 0-35 KV  
Relación de transfor  
mación de los trans-  
formadores de poten-  
cial : 33/0.12 KV  
Tipo : Electromagnético  
Montaje : En panel posición  
vertical.

### 1.3 Conmutador Voltimétrico

Cantidad : 1  
Tipo : Rotativo  
Para medir tensión en las tres fases usan  
do dos transformadores de potencial.  
Tensión de servicio : 600 voltios

Capacidad de contactos: 10 Amp.  
 Con marcas indicadoras, para lecturas en  
 cada fase (RS,ST,TR)  
 Montaje : En panel  
 Nº de operaciones por  
 hora : 10

#### 1.4 Contador de Energía Activa

Cantidad : 1  
 Tensión de servicio : 120 voltios co-  
 corriente alterna  
 Rango de corriente : 0-5 Amp.  
 Frecuencia : 60 Hz  
 Clase : 0.5  
 Relación de transfor-  
 madores de corriente : 150/5  
 Relación de transfor-  
 mación de los trans-  
 formadores de poten-  
 cial : 33000/120 voltios  
 Nº de fases : 3  
 Nº de hilos : 3  
 Nº de estatores : 2  
 Montaje : En panel extraíble,  
 posición vertical.  
 Capacidad de registro : 4'000,000 Kw-h  
 al mes.

Escala indicadora : 5 dígitos, con in  
dicación de Kw-h.

Indicador de máxima  
demanda incorporado  
con capacidad de : 0-5.5 Kw

### 1.5 Contador de Energía Reactiva

Cantidad : 1

Tensión de servicio : 120 voltios, co-  
rriente alterna.

Rango de corriente : 0-5 Amp.

Frecuencia : 60 Hz

Clase : 0.5

Relación de transformación  
de los trans-  
formadores de corriente  
: 150/5

Relación de transformación  
de los trans-  
formadores de poten-  
cial : 33,000/120 voltios

Nº de fases : 3

Nº de hilos : 3

Nº de estatores : 2

Montaje : En panel, extraíble  
posición vertical.

Capacidad de registro: 3'000,000 Kw-h mes

Escala indicadora : 5 dígitos, con indi  
cación de KVAR-h.

#### 1.6 Indicador de Potencia Activa

Cantidad : 1  
Tensión de servicio : 120 voltios, co-  
rriente alterna.  
Frecuencia : 60 Hz  
Relación de transfor  
mación de transforma  
dores de corriente : 150/5  
Nº de fases : 3  
Nº de hilos : 3  
Montaje : En panel, posición  
vertical.  
Escala : 5.5 Kw

#### 1.7 Transformador desfasador de tensión

Cantidad : 1  
Tensión de servicio : 120 voltios, co  
rriente alterna  
Rango de corriente : 0-5 Amp.  
Frecuencia : 60 Hz  
Para trabajar con el contador de energía  
reactiva (cláusula 1.6).

### 3.3.2 Equipos de Protección

#### 1.0 Transformadores de Corriente Tipo "Bushings"

Estos transformadores de corriente estarán colocados en el pasatapas del transformador principal.

##### Alta tensión

Número	:	3
Para	:	Protección
Potencia	:	100 VA
Clase	:	10P20
Relación	:	150/5

##### Baja tensión

Número	:	6 (2 por fase)
Clase	:	10P20
Potencia	:	100 VA (mínimo)
Relación	:	300/5

#### 1.1 Transformadores de Corriente Tipo Pedestal

Número de transformadores	:	3
Tipo	:	Pedestal
Frecuencia	:	60 Hz
Tensiones:	:	
<u>Devanado de alta</u>	:	
Clase de aislamiento	:	38 KV (RMS)

60 Hz, seco, un minuto :	120 KV (RMS)
Tensión de impulso nor malizado :	250 KV (pico)
<u>Devanado de baja</u>	
60 Hz, en seco, un mi- nuto :	1 KV (RMS)
Corrientes:	
Nominal alta :	150 Amp.
Cortocircuito mínimo :	20 KAm (RMS)
Límite dinámico :	35 KAm (pico)
Número de devanados se cundarios :	1 (Protección) 1 (Medición)
Relación máxima (Pro- tección) :	400/5 Amp.
Tomas (taps) :	100, 150, 200, 300, 400.
Relación máxima (medida):	150/5
Tomas (taps) :	50, 100, 150
Potencia nominal por devanado secundario :	100 VA
Clase :	10P20 (protección) 0.5 (medida)
Instalación :	Exterior 1600 m.s.n.m.

## 1.2 Transformador de Potencial

Cantidad	:	2
Tipo	:	Inducción, conexión entre fases
Tensiones:		
<u>Alta nominal</u>	:	33 KV
Clase de aislamiento	:	34.5
Bil interno	:	200 KV
Bil externo	:	250 KV
<u>Baja nominal</u>	:	0.120 KV
Clase de aislamiento	:	1.0 KV
Número de devanados	:	2
Potencia por devanados	:	200 VA
Clase	:	1.2 IEC
Número de terminales		
Alta	:	2
Baja	:	2 por devanado
Montaje exterior	:	1600 m.s.n.m.

### 1.3 Relés de Protección

(1) Relés de sobrecorriente	:	Protección falla de fases.
Cantidad	:	3
Tipo	:	Tiempo extremadamente inverso.
Unidad de Inducción:	:	4 a 16 Amp.
Unidad Instantánea :	:	20 a 80 Amp.

Tensión auxiliar	:	125 VDC
Similar	:	IAC 77 General Electric.
(2) Relés de sobrecorriente		
	:	Protección falla
Cantidad	:	1
Tipo	:	Tiempo inverso
Unidad de inducción	:	0.5 a 2 Amp.
Tensión auxiliar	:	125 VDC
Similar	:	IAC 51 General Electric.
(3) Relé diferencial		
	:	De alta velocidad para protección de transformadores de dos devanados 6.0 MVA.
Taps de regulación	:	2.9 a 8.7
Tensión auxiliar	:	125 VDC
Otras características	:	Dispositivo de restricción de segunda armónica y características de intervención porcentual
Similar	:	HU Westinghouse

PROYECTO ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y 13.2 KV, YAUPÍ - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983 PAGINA 1 DE 21

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
4.1	RESUMEN			(En miles de soles)		
4.1.1	Sistema de subestaciones de 13.2/33 KV				445,956	
4.1.2	Sistema de líneas en 33 y 13.2 KV.				1'749,382	
				Subtotal	2'195,338	
	Supervisión (5%)				109'767	
					2'305,105	
	Imprevistos (10%)				230,510	
					2'535,615	
					=====	

SON: DOS MIL QUINIENTOS TREINTICINCO MILLONES SEISCIENTOS QUINCE MIL Y 00/100 SOLES ORD.

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.

HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983...

PAGINA 2 DE 21

EM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
1.1	<u>SUBESTACIONES</u>					
A.	S.E. 13.2/33 KV Yaupi					
	Materiales y equipo				155,856	
	Montaje Electromecánico				8,789	
					164,645	
B.	S.E. 33/13.2 KV Yuncán					
	Materiales y equipo				67,843	
	Montaje Electromecánico				7,657	
					75,500	
C.	S.E. 33/13.2 KV Huallamayo					
	Materiales y equipo				58,686	
	Montaje Electromecánico				10,574	
					69,260	
D.	S.E. 33/13.2 KV Principal Ven tana Nº 2					
	Materiales y equipo				40,823	
	Montaje Electromecánico				7,097	
					47,920	
E.	S.E. 33/13.2 KV Ventana Nº 4					
	Materiales y equipo				16,439.5	
	Montaje Electromecánico				7,399	
					23,838.5	
F.	S.E. 33/13.2 KV Ventana Nº 5					
	Materiales y equipo				16,119.5	
	Montaje Electromecánico				7,399	
					23,518.5	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.

HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 3 DE 21

TEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
G.	Derivación típica en 33 KV pa ra Ventana Nº 4					
	Materiales y equipo				12,125	
	Montaje Electromecánico				2,685	
					14,810	
H.	Derivación típica en 33 KV pa ra Ventana Nº 5					
	Materiales y equipo				12,125	
	Montaje Electromecánico				2,685	
					14,810	
I.	Derivación típica en 13.2 KV Ventana Nº 1					
	Materiales y equipo				8,969	
	Montaje Electromecánico				2,685	
					11,664	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.

HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 4 DE 21

TEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
1.1.2	LINEAS DE SUBTRANSMISION EN 33 Y 13.2 KV					
A.	Línea en 33 KV Tingo de Hualca - S.E. Principal Ventana Nº 2					
	Materiales y equipo				336,491	
	Montaje Electromecánico				186,780	
					523,271	
B.	Línea en 13.2 KV S.E. Principal Ventana Nº 2 a Represa Uchuhuerta					
	Materiales y equipo				93,633.5	
	Montaje Electromecánico				54,121	
					147,754.5	
C.	Línea en 13.2 KV S.E. Huallamayo - Ventana Nº 3					
	Materiales y equipo				80,501.5	
	Montaje Electromecánico				41,896.3	
					122,397.8	
D.	Línea actual en 138 KV a modificar para 33 KV.					
					955,959	
					955,959	

15

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNGAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.

HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 5 DE 21

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
1.2.1	<u>SUBESTACIONES</u>					
A.	<u>S.E. 13.2/33 KV CHE Yaupi</u>					
A.1	Materiales y equipos					
-	Transformador de potencia 3Ø 6,000 KVA, 13.2/33 KV.	EA.	1	75,000	75,000	
-	Interruptor de potencia, 3Ø 15 KV nominal, 1040 MVA en SF <sub>6</sub> , uso exterior.	EA.	1	48,000	48,000	
-	Pararrayos 30 KV, según espe- cificaciones.	EA.	3	1,576	4,728	
-	Seccionador 3Ø, 600 Amp.	Jgo	1	10,630	10,630	
-	Aisladores portabarra.	EA.	9	115	1,035	
-	Barras tubulares de cobre 2"Ø y accesorios.	Jgo	1	2,745	2,745	
-	Estructuras					
-	Estructura soporte de seccio- nador.	Jgo	1	848	848	
-	Panel de protección, control y medida.	EA.	1	10,465	10,465	
-	Transformador de tensión 13.8 0.12 KV.	EA.	2	1,202	2,404	
				Subtotal		155,856
A.2	Montaje Electromecánico					
a.	Montaje y prueba de transfor- mador.	h-h	420	6,122	2,572	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983 PAGINA 6 DE 21

TEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
b.	Montaje y prueba del interruptor 33 KV.	h-h	240	6,122	1,470	
c.	Montaje y prueba de seccionador en 33 KV.	h-h	144	4,665	672	
d.	Montaje de pararrayos en 33 KV	h-h	48	4,665	224	
e.	Montaje panel de protección y medida.	h-h	160	6,122	980	
f.	Montaje de barras tubulares de cobre y soporte.	h-h	148	4.18	691	
g.	Trabajos en el cerco de protección.	h-h	176	4.18	80	
h.	Montaje de cable subterráneo en 33 KV.	h-h	130	4.18	607	
i.	Instalación canal para cable de 33 KV.	h-h	320	4.18	1,493	
				Subtotal		8,789
B.	<u>Subestación Yuncán</u>					
B.1	Materiales y equipos					
-	Transformador 2,500 KVA 33/13.2 KV.	EA.	1	53,500	53,500	
-	Pararrayos 30 KV según especificaciones.	EA.	3	1,576	4,728	
-	Seccionadores fusibles 33 V	EA.	3	279	837	
-	Seccionador fusible en 13.2	EA.	3	195	585	
-	Cadenas de anclaje de 33 KV	h-h	9	105	945	
-	Cadenas de suspensión 33 KV	h-h	3	97	291	

111

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 v  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALAMAYO - UCHUHUERTA.

HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 7 DE 21

TEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
-	Aisladores tipo pin 33 KV	EA.	9	65	585	
-	Cadenas de anclaje en 13.2 KV	Jgo	3	60	180	
-	Cadenas de suspensión en 13.2 KV.	Jgo	3	53	159	
-	Poste de eucalipto tratado 12 mts.	EA.	4	198	792	
-	Angulos de fierro L4"x4"x4/8"	ft	400	6	2400	
-	Angulos de fierro L2 1/2" x 2 -1/2" x 3/8".	ft	150	5.1	765	
-	Canal de 4" x 5.4 us	ft	160	6.2	992	
-	Materiales para pozo de descarga.	EA.	1	220	220	
-	Cerco de protección	ML.	48	18.6	864	
						67,843
B.2	Montaje Electromecánico					
a.	Preparación terreno.	h-h	248	4.665	1,157	
b.	Montaje de postes.	h-h	88	4.665	411	
c.	Montaje de transformador.	h-h	138	6.122	845	
d.	Montaje de crucetas y accesorios.	h-h	380	4.665	1,773	
e.	Pozo de descarga y sistema de tierra.	h-h	248	4.665	1,157	
f.	Cerco de protección.	h-h	176	4.665	821	
g.	Montaje y prueba de seccionadores fusibles en 33 y 13.2 KV, y pararrayos.	h-h	320	4.665	1,493	
				Subtotal		7,657

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983 PAGINA 8 DE 21

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
C.	<u>Subestación Huallamayo</u>					
C.1	Materiales y equipos					
-	Transformador 1500 KVA, 33/ 13.2 KV.	EA.	1	42,800	42,800	
-	Seccionador fusible en 33 KV.	EA.	1	279	837	
-	Cadenas de anclaje en 33 KV.	Jgo	3	105	315	
-	Cadenas de suspensión 33 KV.	Jgo	3	97	291	
-	Cadena de anclaje en 13.2 KV.	Jgo	18	60	1,080	
-	Aislador tipo pin en 13.2 KV.	EA.	12	35	420	
-	Seccionadores fusibles en 13.2 KV.	EA.	12	195	2,340	
-	Poste de eucalipto 12 mts.	EA.	6	198	1,188	
-	Angulos de fierro L4"x4"x3/8"	ft	300	6	1,800	
-	Angulo de fierro L2-1/2" x 2- 1/2" x 3/8".	ft	25	5.1	128	
-	Cerco de protección	Ml	55	18.6	1,023	
-	Canal de 4" x 5.4 lbs.	ft	280	6.2	1,736	
-	Pararrayos en 33 KV 3Ø	EA.	3	1,576	4,728	
				Subtotal		58,686
C.2	Montaje Electromecánico					
a.	Preparación del terreno.	h-h	400	4.665	1,866	
b.	Montaje de postes.	h-h	128	4.665	598	
c.	Montaje de transformador	h-h	160	6.122	980	
d.	Montaje de crucetas y acceso- ríos.	h-h	520	4.665	2,426	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 KV  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPÍ - YUNCAN - HUALLAMAYO - TICHUHUERITA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 9 DE 11

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
e.	Pozo de descarga y sistema de tierra.	h-h	248	4.665	1,157	
f.	Montaje y pruebas de seccionadores fusibles en 33 y 13.2 KV y pararrayos.	h-h	480	4.665	2,240	
g.	Montaje de cerco de protección	h-h	280	4.665	1,307	
						10,524
D.	Subestación Principal Ventana Nº 2					
D.1	Materiales y equipos					
-	Transformador 1000 KVA 33/13.2 KV.	EA.	1	29,750	29,750	
-	Seccionador fusible en 33 KV	EA.	6	279	1,674	
-	Seccionador fusible en 13.2 KV	EA.	6	195	1,170	
-	Pararrayos para 33 KV según especificaciones.	Jgo	2	1,576	3,152	
-	Cadenas de anclaje en 33 KV	Jgo	3	105	315	
-	Cadenas de anclaje en 13.2 KV	Jgo	12	60	720	
-	Aisladores tipo pin en 13.2 KV	EA.	6	35	210	
-	Poste de eucalipto tratado 12 mts.	EA.	4	198	792	
-	Angulo de fierro de L4"x4"x 3/8".	ft	110	6	660	
-	Canal de 4" x 5.4 lbs.	ft	110	6.2	682	
-	Cerco de protección	M]	40	18.6	744	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 KV  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 10 DE 11

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
-	Materiales para el pozo de descarga.	EA.	1	160	160	
-	Angulo de fierro de L2-1.2"x 2-1/2" x 3/8".	ft.	85	5.1	434	
				Subtotal		40,823
	Nota: 1 Jgo. pararrayos y 1 Jgo. seccionador fusible en 33 KV corresponden a la derivación en Tingo de Hualca.					
D.2	Montaje Electromecánico					
a.	Preparación del terreno.	h-h	350	4.662	1,632	
b.	Montaje de postes.	h-h	88	4.662	411	
c.	Montaje de transformador	h-h	200	6.122	1,225	
d.	Montaje de crucetas y accesorios.	h-h	285	4.662	1,329	
e.	Pozo de descarga y sistema de tierra.	h-h	248	4.662	1,157	
f.	Montaje y pruebas de seccionadores fusibles en 33 y 13.2 KV.	h-h	160	4.662	746	
g.	Cerco de protección.	h-h	128	4.662	597	
				Subtotal		7,097
E.	<u>S.E. 33/13.2 KV Ventana Nº 4</u>					
E.1	Materiales y equipos					
-	Transformador 33/13.2 KV 400 KVA.	EA.	1	11,700	11,700	
-	Seccionador fusible en 13.2 KV	EA.	3	279	837	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA ..... Agosto de 1983 ..... PAGINA 11 ..... DE 21 .....

TEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
-	Cadenas de anclaje en 33 KV	Jgo	3	105	315	
-	Cadenas de anclaje en 13.2 KV	Jgo	3	60	180	
-	Cadenas de suspensión en 13.2 KV.	Jgo	3	53	159	
-	Postes de eucalipto tratado de 12 mts.	EA.	4	198	792	
-	Angulo de fierro L4"x4"x3/8"	ft	110	6	660	
-	Canal de 4" x 5.4 lbs.	ft	100	6.2	620	
-	Angulo de fierro de L2-1/2" x 2-1/2" x 3/8".	ft	15	5.1	76.5	
-	Materiales para pozo de descarga.	EA.	1	170	170	
-	Cerco de protección	Ml	50	18.6	930	
				Subtotal		16,439.5
C.2	Montaje Electromecánico					
a.	Preparación del terreno.	h-h	550	4.662	2,564.1	
b.	Montaje de postes.	h-h	88	4.662	410.3	
c.	Montaje de crucetas y accesorios.	h-h	120	4.662	559.5	
d.	Montaje de transformador.	h-h	150	6.122	918.3	
e.	Pozo de descarga y sistema de tierra.	h-h	90	4.662	419.6	
f.	Montaje de pararrayos.	h-h	172	4.662	802	
g.	Cerco de protección.	h-h	370	4.662	1,725	
				Subtotal		7,399

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 KV Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 12 DE 21

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
F.	<u>S.E. 33/13.2 Ventana Nº 5</u>					
.1	Materiales y equipos					
-	Transformador 33/13.2 350 MVA	EA.	1	11,380	11,380	
-	Seccionador fusible en 13.2 KV	EA.	3	279	837	
-	Cadenas de anclaje en 33 KV	Jgo	3	105	315	
-	Cadenas de anclaje en 13.2 KV	Jgo	3	60	180	
-	Cadenas de suspensión en 13.2 KV.	Jgo	3	53	159	
-	Postes de eucalipto tratado en 12 mts.	EA.	4	198	792	
-	Angulo de fierro L4"x4"x3/8"	ft	110	6	660	
-	Canal de 4" x 5.4 lbs.	ft	100	6.2	620	
-	Angulo de fierro de L2 1/2" x 2 1/2" x 3/8".	ft	15	5.1	76.5	
-	Materiales para pozo de descarga.	EA.	1	170	170	
-	Cerco de protección.	Ml	50	18.6	930	
						16,199.5
F.2	Montaje Electromecánico					
a.	Preparación del terreno.	h-h	550	4.662	2,564.1	
b.	Montaje de postes.	h-h	88	4.662	410.3	
c.	Montaje de crucetas y accesorios.	h-h	120	4.662	559.5	
d.	Montaje de transformador.	h-h	150	6.122	918.3	
e.	Pozo de descarga y sistema de tierra	h-h	90	4.662	419.6	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 KV  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983 PAGINA 13 DE 21

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
			UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
f. Montaje de pararrayos.	h-h	172	4,662	802	
g. Cercos de protección.	h-h	370	4,662	1,725	
			Subtotal		7,298.8
G. Derivación típica en 33 KV para Ventana Nº 4					
G.1 Materiales y equipos					
Postes de eucalipto tratado de 12 mts.	EA.	5	198	990	
Seccionador fusible en 33 KV.	EA.	3	279	837	
Pararrayos en 33 KV según especificaciones.	EA	3	1,576	4,728	
. Accesorios de conexión.	EA.	1	150	150	
. Ferretería y aisladores L3T	EA.	1	3,906	3,906	
. Ferretería y aisladores HT	EA.	1	1,514	1,514	
			Subtotal		12,125
G.2 Montaje Electromecánico					
a. Montaje de estructura HT	EA.	1	1,900	1,900	
b. Montaje de estructura L3T	EA.	1	710	710	
c. Montaje y prueba de seccionadores fusibles y pararrayos en 33 KV.	h-h	16	4,665	75	
			Subtotal		2,685

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 14 DE 21

TEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
H.	Derivación típica en 33 KV pa ra Ventana Nº 5					
H.1	Materiales y equipos					
-	Poste de eucalipto tratado de 12 mts.	EA.	5	198,000	990	
-	Accesorios de conexión.	EA.	1	150	150	
-	Seccionador fusible en 33 KV	EA.	3	279	837	
-	Pararrayos en 33 KV según es- pecificaciones.	EA.	3	1,576	4,728	
•	Ferretería y aisladores L3T	EA.	1	3,906	3,906	
•	Ferretería y aisladores HT	EA.	1	1,514	1,514	
				Subtotal		12,125
H.2	Montaje Electromecánico					
a.	Montaje de estructura HT.	EA.	1	1,900	1,900	
b.	Montaje de estructura L3T.	EA.	1	710	710	
c.	Montaje y prueba de secciona- dores fusibles y pararrayos en 33 KV.	h-h	16	4.665	75	
				Subtotal		2,685
I.	Derivación típico en 13.2 KV Ventana Nº 1					
I.1	Materiales y equipos					
-	Poste de eucalipto tratado de 12 mts.	EA.	5	198,000	990	
-	Seccionador fusible en 13.2 KV.	EA.	3	195	585	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 13.2 KV,  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983 PAGINA 15 DE 21

TEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
-	Pararrayos en 13.2 KV según especificaciones.	EA.	3	812	2,346	
	. Ferretería y aisladores L3T	EA.	1	3,704	3,704	
	. Ferretería y aisladores HT	EA.	1	1,244	1,244	
-	Accesorios de conexión	EA.	1	100	100	
				Subtotal		8,919
I.2	Montaje Electromecánico					
a.	Montaje de estructura HT	EA.	1	1,900	1,900	
b.	Montaje de estructura L3T	EA.	1	710	710	
c.	Montaje, prueba de seccionado res fusibles y pararrayos en 13.2 KV.	h-h	16	4.665	75	
				Subtotal		2,685

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.

PROYECTO

HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 16 DE 21

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
.2.2	<u>LINEAS EN 33 Y 13.2 KV</u>					
A.	<u>Línea en 33 KV Tingo de Hualca S.E. Principal Ventana Nº 2</u>					
A.1	Materiales y equipos					
-	Estructura tipo L3T, con aisladores y accesorios.	EA.	22	4,500	99,000	
-	Estructura tipo HT, con aisladores y accesorios.	EA.	19	1,910	36,290	
-	Estructura tipo DS, con aisladores y accesorios.	EA.	27	990	26,730	
-	Conductor de cobre electrolítico temple duro desnudo, calibre Nº 1 AWG.	Km.	35.7	3,593	128,271	
-	Cable de guarda de acero galvanizado de extra alta resistencia de 3/8"Ø.	mt.	12,000	6.6	79,200	
				Subtotal		336,491
A.2	Montaje Electromecánico					
a.	Camino de acceso.	Km.	9.2	2,990	27,508	
b.	Transporte de postes a punto de ubicación.	Km.	17.6	1,866	32,841.6	
c.	Excavación de huecos para colocación:					
-	Roca	m3	28	134.2	3,757.6	
-	Tierra	m3	82	70	5,740	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 17 DE 21

EM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
d.	Excavación de huecos para anclajes:					
	- Roca	m3.	27.3	134.2	2,663.6	
	- Tierra	m3.	78	70	5,460	
e.	Izaje, nivelación y apisionamiento de estructuras:					
	- L3T	EA.	22	447.9	9,853.8	
	- HT	EA.	19	298.6	5,673.4	
	- DS	EA.	27	149.3	4,031.1	
f.	Apisionamiento de muertos para anclaje.	EA.	154	75,000	11,550	
g.	Armado de crucetas y colocación de ferretería:					
	- L3T	EA.	22	331.3	7,288.6	
	- HT	EA.	19	186.7	3,547.3	
	- DS	EA.	27	93.3	2,519.1	
h.	Tendido de conductor	Km.	35.7	1,328	47,409.6	
i.	Tendido de cable de guarda	Km.	12	1,328	15,936	
				Subtotal		106,780
B.	Línea en 13.2 KV S.E. Principal Ventana Nº 2 a Represa Uchuhuerta					
B.1	Materiales y equipos					
	- Estructuras tipo L3T con aisladores y accesorios.	EA.	7	4,100	28,700	
	- Estructura tipo HT con aisladores y accesorios.	EA.	8	1,640	13,120	

PROYECTO

HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983

PAGINA 18 DE 21

EM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
-	Estructura tipo DS con aisladores y accesorios.	EA.	12	842	10,104	
-	Conductor de cobre electrolítico temple duro desnudo, calibre Nº 1 AWG.	km.	7.2	3,593	25,869.5	
-	Cable de guarda de acero galvanizado de extra alta resistencia de 3/8"Ø.	mt.	2,400	6.6	15,840	
				Subtotal		93,633.5
1.2	Montaje Electromecánico					
a.	Camino de acceso.	km.	2.2	2,990	6,578	
b.	Transporte de postes a punto de ubicación.	km.	6.6	1,866	12,315.6	
c.	Excavación de huecos para colocación de estructura:					
	- Roca	m3.	11	134.2	1,476.2	
	- Tierra	m3.	32.5	70	2,275	
d.	Excavación de huecos para anclajes:					
	- Roca	m3.	8.45	134.2	1,134	
	- Tierra	m3.	24	70	1,680	
e.	Izaje, nivelación y apisionamiento de estructura					
	- L3T	EA.	7	447.9	3,135.3	
	- HT	EA.	8	298.6	2,388.8	
	- DS	EA.	12	149.3	1,791.6	
f.	Apisionamiento de muertos para anclaje.	EA.	49	75	3,675	

PROYECTO ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983 PAGINA 19 DE 21

EM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
g.	Armado de crucetas y colocación de ferretería					
	- L3T	EA.	7	331.3	2,319.11	
	- HT	EA.	8	186.7	1,493.6	
	- DS	EA.	12	93.3	1,119.6	
h.	Tendido del conductor	Km.	7.2	1,327	9,554.4	
i.	Tendido del cable de guarda	km	2.4	1,327	3,184.8	
				Subtotal		54,121
C.	Línea en 13.2 KV S.E. Huallamayo - Ventana Nº 3					
C.1	teriales y equipos					
-	Estructura tipo L3T con aisladores y accesorios.	EA.	6	4,100	24,600	
-	Estructura tipo HT con aisladores y accesorios.	EA.	4	1,640	6,560	
-	Estructura tipo DS con aisladores y accesorios.	EA.	7	842	5,894	
-	Conductor de cobre electrolítico temple duro desnudo, calibre Nº 1 AWG.	km.	7.5	3,593	26,947.5	
-	Cable de guarda de acero galvanizado de extra alta resistencia de 3/8"Ø.	mt.	2,500	6.6	16,500	
				Subtotal		80,501.5
C.2	Montaje Electromecánico					
a.	Camino de acceso.	km.	0.75	2,990	2,242.5	

ING. BASICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 34Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA ..... Agosto de 1983 ..... PAGINA 20 DE 21

EM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
b.	Transporte de postes a punto de ubicación.	km.	3.3	1,866	6,157.8	
c.	Excavación de huecos para colocación de estructuras:					
	- Roca	m3.	21.2	134.2	2,845.4	
	- Tierra	m3.	32	70	2,240	
d.	Excavación de huecos para anclajes:					
	- Roca	m3.	11	134.2	1,476.2	
	- Tierra	m3.	16.5	70	1,155	
e.	Izaje, nivelación y apisionamiento de estructura.					
	- L3T	EA.	6	447.9	2,687.4	
	- HT	EA.	4	298.6	1,194.4	
	- DS	EA.	7	149.3	2,090.2	
f.	Apisionamiento de muertos para anclajes:	EA.	42	75	3,150	
g.	Armado de crucetas y colocación de ferretería					
	- L3T	EA.	6	331.3	1,987.8	
	- HT	EA.	4	186.7	746.8	
	- HS	EA.	7	93.3	653.1	
h.	Tendido del conductor	km.	7.5	1,327	9,952.5	
i.	Tendido del cable de guarda	km.	2.5	1,327	3,317.5	
				Subtotal		41,896.24

ING. BÁSICA DE LAS LINEAS DE TRANSMISION Y SUBESTACIONES EN 33 Y  
 PROYECTO 13.2 KV, YAUPI - YUNCAN - HUALLAMAYO - UCHUHUERTA.  
 HECHO POR: M.López K.

FECHA Agosto de 1983 PAGINA 21 DE 21

TEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C O S T O		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
D.	Línea actual en 138 KV a modificar para 33 KV					
-	Longitud	km.	26	43,606	937,529	
-	Conductor aislado en 33 KV	mt.	190	97	18,430	
						955,959
Nota: El precio por km de esta línea ha sido tomado en base al de la línea en 33 KV por construir.						

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para el desarrollo del presente proyecto se hizo uso de la computadora y los programas de cómputo tales como el de flujo de potencia, cálculo mecánico del conductor y de cortocircuito, con estas herramientas ha sido posible demostrar que el estudio cumple con las exigencias requeridas.

El programa flujo de potencia, emplea el Método Newton-Raphson con desacoplamiento rápido que nos permite obtener respuestas con errores de  $10^{-4}$  y tiene como límite 150 iteraciones para su convergencia, este algoritmo ofrece la ventaja de ubicar los taps óptimos en los transformadores del sistema con el fin de obtener en barras niveles de tensión dentro de los límites deseados. En nuestro caso se realizaron flujos de potencia con 15 diferentes cargas, el análisis de los resultados obtenidos demuestran que la elección del conductor (previamente elegido por el método convencional) era el óptimo ya que los valores de pérdidas de energía y regulación de tensión así lo demuestran.

El programa de cálculo mecánico del conductor utiliza el método del vano variable, que consiste, en emplear como estado inicial la hipótesis de tensión de cada día con un vano mínimo y un esfuerzo predeterminado en el conductor, los valores de esfuerzo en la condición final

son hallados mediante la solución de la ecuación de cambio de estado en su versión hiperbólica; esta solución de la ecuación se realiza por aproximaciones sucesivas con una aproximación de  $10^{-5}$ ; luego se incrementa la longitud de vano con las mismas condiciones iniciales y se vuelve a hallar los nuevos esfuerzos, el programa se detiene en un vano máximo donde para cualquier hipótesis de estado final el esfuerzo en el conductor tiene un factor de seguridad menor que el establecido. Este método nos permite modificar el esfuerzo en la condición inicial y así poder optimizar los resultados para cualquier longitud de vano.

El programa de cortocircuito es un algoritmo desarrollado para solucionar un problema de redes eléctricas con ciertas restricciones.

La proliferación de micro-computadoras con la consiguiente baja en sus precios, nos permite recomendar el empleo de programas de cómputo con los antes mencionados para el desarrollo de este tipo de proyectos, ésta deberá ser la tendencia de todo proyectista pues se consiguen resultados más exactos y económicos y menos laboriosos.

La experiencia ha demostrado que cuando se tienen sistemas de líneas de transmisión en zonas altas como en nuestra sierra, donde el nivel isoceraúnico es elevado, se recomienda colocar sistemas de protección contra descargas atmosféricas tales como cables de guarda y tener

buen sistema de puesta a tierra, Centromin para sus sistemas de 50 Kv y hacia arriba tiene por norma colocar con trapeso continuo en acero galvanizado a lo largo de toda la línea con lo cual mejora su comportamiento ante descargas atmosféricas, en nuestro caso y por ser el nivel menor de 50 Kv se recomienda la colocación de protección por cable de guarda y la respectiva conexión del sistema de anclaje con la bajada a tierra de la estructura soporte, se debe también tener como máximo 25 ohmios de resistencia de puesta a tierra de la estructura, donde por algún motivo se tenga un valor mayor deberán colocarse pozos de tierra hasta alcanzar el valor antes mencionado.

Con el fin de reducir el costo del proyecto se diseñó la estructura soporte en postes de madera eucalipto tratado con sales, este insumo nacional que está siendo muy utilizado en proyectos de electrificación está respondiendo en la forma esperada tal es el caso de la línea en 69 Kv de Campo Armiño de Cobriza que con sus casi tres años de trabajo se encuentra en perfecto estado.

En el presente estudio se ha otorgado una relativa importancia al capítulo Especificaciones Técnicas, esto debido primero a la necesidad de la ejecución a corto plazo en los trabajos preliminares en la Central Hidroeléctrica Paucartambo II por consiguiente fue necesario realizar las especificaciones tal como se han presentado para hacer la respectiva licitación de materiales y equi

po, segundo se ha tratado de mostrar cuales son los re  
querimientos adicionales que todo fabricante necesita cono  
cer del equipo por el cual va a cotizar con lo cual se  
trata de poner en igualdad de condiciones a todas las ofer  
tas.

Cabe mencionar que a nivel de ejecución de la obra se  
completarán los demás detalles constructivos de la subesta  
ción, especialmente en lo que se refiere a la malla de tie  
rra, tablas de tensado de los conductores en el sistema de  
barras y la elaboración de los detalles de todos los pórti  
cos y sus respectivas cimentaciones.

## V. PLANOS

- 5.1 Nº 1-01 Ruta geográfica (2 hojas)
- 5.2 Nº 2-01 Diagrama de localización de carga y longitudes de línea.
- 5.3 Nº 3-01 Diagrama unifilar S.E. Yaupi 138/13.2/33 Kv.
  - Nº 3-02 Diagrama unifilar de línea 33/13.2 Kv Yaupi-Yuncán-Huallamayo-Uchuhuerta.
  - Nº 3-03 Diagrama unifilar de protección y medición S.E. CHE Yaupi.
- 5.4 Nº 4-01 Subestación Yuncán 33/13.2 Kv arreglo general.
  - Nº 4-02 Subestación Huallamayo 33/13.2 Kv arreglo general.
  - Nº 4-03 Subestación Principal Ventana Nº 2 33/13.2 Kv arreglo general.
  - Nº 4-04 Subestación Ventanas 1, 2, 3 y Uchuhuerta 13.2 Kv arreglo general.
  - Nº 4-05 Subestación Ventanas 4, 5 33/13.2 Kv arreglo general.
  - Nº 4-06 Perfil L.T. 33 y 13.2 Kv Tingo de Hualca-Uchuhuerta (10 hojas).
  - Nº 4-07 Perfil L.T. 13.2 Kv Huallamayo-Ventana Nº 3.
  - Nº 4-08 Plantilla de flecha máxima y mínima del conductor.
- 5.5 Nº 5-01 Subestación Yaupi 13.2/33/138 Kv arreglo general.
- 5.6 Nº 6-01 Estructuras tipo HT Detalles 33/13.2 Kv.
  - Nº 6-02 Estructuras tipo DS Detalles 33/13.2 Kv.

Nº 6-03 Estructuras tipo L3T Detalles 33/13.2 Kv.

Nº 6-04 Estructuras L3T con derivación para 33/13.2kv

BIBLIOGRAFIA

1. Antúnez de Mayolo Eduardo, Suministro de Energía Eléctrica a la Mina y Concentradora Cobriza, Tesis de grado 1979.
2. Barera Giovani, Líneas de Transmisión tomo I y II, Lima 1959
3. Checa Luis María, Líneas de Transporte de Energía, Segunda Edición Editorial Marcombo Barcelona 1979
4. Electric Power Development Co., Ltd Paucartambo II. Hydropower Project, Engineering Report II, Preparation Works Tokio 1982.
5. Fink D., Beaty H. y Carroll J., Manual Práctico de Electricidad para Ingenieros - Tomo II, Tomo III, Traducción por Jorge Casas Editorial Reverte S.A. Barcelona 1981.
6. International Electrotechnical Comission, publicación 76 segunda edición, 1967 (Inglés).
7. National Electrical Code Handbook 17th Edition Mc Graw Hiltz
8. Ras Enrique Transformadores de Potencia, Protección y Medición Tercera Edición Ediciones Técnicas Marcombo Barcelona 1978.
9. Viqueira Landa Jacinto Redes Eléctricas (Tomos I y II) Segunda Edición. Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México DF. 1975.
10. Westinghouse Corporation Transmission and Distribution Reference Book fourth Edition (Inglés).
11. Zoppetti Gaudencio Estaciones Transformadoras y de Distribución, Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona 1966.