

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**



**"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA LÍNEA DE  
TRANSMISIÓN 60 kV MARCONA-BELLA UNIÓN Y  
SUBESTACIÓN BELLA UNIÓN 7 MVA 60/23/10 kV,  
Y ESTUDIO DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE  
TRANSMISIÓN 60 kV MARCONA-BELLA UNIÓN"**

**TESIS**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**JOSÉ GUILLERMO TOLEDO GONZALES**

**LIMA - PERU**

**1997**

A mis padres por Brígida y Gabino  
por haberme inculcado ideales de  
superación.

## SUMARIO

Las localidades y cargas productivas a beneficiarse con el estudio pertenecen al Pequeño Sistema Eléctrico (PSE) Acarí-Chala, se ubica en la provincia de Caravelí, departamento de Arequipa y colinda con la provincia de Nazca, departamento de Ica.

Por razones de aislamiento y lejanía de los centros de generación y subestaciones hasta el momento la región viene siendo alimentada con grupos electrógenos con operación de 8 horas diarias, ello trae como consecuencia: costos altos de energía, baja calidad del servicio y no promueve el desarrollo de las cargas productivas.

El presente trabajo en la parte del estudio de factibilidad se demuestra que es conveniente técnica y económicamente el suministro de energía eléctrica al PSE Acarí-Chala desde la barra en 60 kV de la Subestación Marcona 220/60/10 kV que recibe energía del Sistema Interconectado Centro Norte y se ubica en la provincia de Nazca. Luego se desarrolla el estudio definitivo de la Línea de Transmisión 60 kV Marcona-Bella Unión con criterios de ingeniería de "Rural Electrification Administration" de los EE.UU. líder de la electrificación rural en el mundo, lo que ha permitido obtener costos optimizados en la línea.

Con las instalaciones proyectadas se conseguirá integrar al PSE Acarí-Chala al Sistema Interconectado Centro Norte con energía de la central hidroeléctrica del Mantaro, en razón que en el área no se cuenta con recursos hidroeléctricos y la alternativa de electrificación sería la de continuar con la implementación de grupos electrógenos.

**"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kv MARCONA-  
BELLA UNIÓN Y SUBESTACIÓN BELLA UNIÓN 7 MVA 60/23/10 kv,  
Y ESTUDIO DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kv  
MARCONA-BELLA UNIÓN"**

**TITULO : ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kv  
MARCONA-BELLA UNIÓN Y SUBESTACIÓN BELLA UNIÓN 7 MVA 60/23/10  
kv, Y ESTUDIO DEFINITIVO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kv  
MARCONA-BELLA UNIÓN**

**AUTOR : JOSÉ GUILLERMO TOLEDO GONZALES**

**GRADO : TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA**

**FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**CIUDAD : LIMA - PERÚ**

**AÑO : 1997**

---

#### **EXTRACIO**

El presente Tesis tiene como objetivo elaborar el Estudio de Factibilidad de la Línea de Transmisión 60 kv Marcona-Bella Unión y Subestación Bella Unión 7 MVA 60/23/10 kv, y el Estudio Definitivo de la Línea de Transmisión 60 kv Marcona-Bella Unión, instalaciones que permitirán dotar de suministro eléctrico al PSE Acarí-Chala con energía proveniente del Sistema Interconectado Centro Norte. La región a electrificar pertenece a la zona norte de la provincia de Caravelí, departamento de Arequipa.

En el Capítulo I "Estudio del Mercado Eléctrico" se analiza la proyección de la demanda de potencia y energía, la evaluación de las instalaciones existentes y se plantean las alternativas de electrificación que deberán satisfacer la proyección de la demanda para los próximos 20 años.

En el Capítulo II "Evaluación Técnico-Económica de Alternativas", se analiza el comportamiento de la alternativa 1: línea en 60 kv y subestación, obteniéndose los perfiles de tensiones del PSE Acarí-Chala. Dicho análisis se realiza mediante un programa de flujo de carga, optimizando la operación del sistema al considerar compensados

los reactivos de la red de distribución.

Luego se hace la comparación económica con la alternativa 11: generación térmica, obteniendo los indicadores económicos que nos permiten definir la factibilidad de la alternativa 1 y bajo que consideraciones se ha obtenido.

En el Capítulo III "Descripción de Equipos y Materiales de la Alternativa Seleccionada", se hace un resumen de las características técnicas del proyecto, en cuanto a la selección del equipamiento y los criterios de diseño considerados.

En el Capítulos IV se desarrollan las Especificaciones Técnicas de Suministro y Montaje requeridos para la correcta adquisición del equipamiento y montaje de la línea de transmisión.

En el Capítulo V se presentan la metodología de cálculos mecánicos y eléctricos que sustentan el dimensionamiento y selección del material a suministrar para el funcionamiento confiable de la línea de transmisión.

Finalmente, se analizan los metrados y costos del Proyecto, los cuales se aprecian en el Capítulo VI "Metrado y Presupuesto".

Se incluyen en los apéndices las tablas de mercado eléctrico, flujo de carga, formulaciones específicas, el estudio de impacto ambiental y algunos planos y láminas del proyecto, con los cuales se logra una mejor comprensión del desarrollo del tema.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	Pag 1
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>ESTUDIO DEL MERCADO ELÉCTRICO</b>	
1.1 Generalidades	5
1.2 Ubicación y características del área del proyecto	5
1.2.1 Ubicación geográfica, clima y accesos	5
1.2.2 Población	5
1.2.3 Actividades económicas	5
1.3 Análisis de la demanda	6
1.3.1 Información existente	6
1.3.2 Metodología de proyección de la demanda	6
1.3.3 Proyección de la demanda de potencia y energía	7
1.4 Instalaciones existentes	8
1.4.1 Subestación Marcona	8
1.4.2 Central térmica Bella Unión	8
1.4.3 Localidades con servicio eléctrico	8
1.5 Análisis de oferta - alternativas de electrificación	8
1.5.1 Sistema interconectado	8
1.5.2 Generación térmica aislada	8
1.5.3 Generación hidroeléctrica	9
1.6 Balance oferta - demanda	9
1.6.1 Sistema interconectado	9
1.6.2 Generación Térmica	9
1.7 Conclusiones	9
<b>CAPITULO 11</b>	
<b>EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS</b>	

2.1	Generalidades	11
2.2	Evaluación técnica	11
2.2.1	Criterios aplicados	11
2.2.2	Análisis del flujo de carga y pérdidas de potencia y energía	12
2.3	Evaluación económica	13
2.3.1	Criterios aplicados	13
2.3.2	Indicadores económicos	16
2.3.3	Evaluación económica	18
2.4	Observaciones y conclusiones	20

#### **CAPITULO III**

##### **DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

3.1	Generalidades	25
3.2	Línea de transmisión 60 kV Marcona-Bella Unión	25
3.2.1	Ubicación geográfica, clima y accesos	25
3.2.2	Características técnicas de la línea de transmisión	26
3.2.3	Principales materiales que conforman la línea de transmisión	26
3.2.4	Criterios de elección de los principales suministros	26
3.3	Subestación Bella Unión	27
3.3.1	Ubicación geográfica	27
3.3.2	Ingeniería de la subestación	27
3.3.3	Arreglo físico y disposición de equipos	29
3.3.4	Equipamiento previsto	30
3.4	Celda 60 kV en subestación Marcona	32
3.4.1	Ubicación	32
3.4.2	Arreglo físico y disposición de equipos	32
3.4.3	Equipamiento de la celda	33

#### **CAPITULO IV**

##### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO Y MONTAJE DE LA**

##### **LÍNEA DE TRANSMISIÓN**

4.1	Generalidades	34
4.1.1	Alcances del suministro	34

4.1.2	Inspecciones y pruebas	34
4.1.3	Transporte	35
4.1.4	Almacenaje y guardianía	35
4.1.5	Plazo de garantía	35
4.1.6	Vicios ocultos	35
4.2	Especificaciones técnicas de suministro	36
4.2.1	Conductores eléctricos y accesorios	36
4.2.2	Aisladores	38
4.2.3	Accesorios para aisladores y contrapesos	38
4.2.4	Postes y Crucetas de madera	40
4.2.5	Ferretería de estructuras	42
4.2.6	Retenidas y accesorios	45
4.2.7	Sistema de puesta a tierra	47
4.3	Especificaciones técnicas de montaje	48
4.3.1	Condiciones generales para el montaje electromecánico	48
4.3.2	Replanteo topográfico	49
4.3.3	Gestión de servidumbre	50
4.3.4	Caminos de acceso	51
4.3.5	Campamentos	52
4.3.6	Estudio geológico geotécnico	52
4.3.7	Excavación, erección y cimentación de estructuras	54
4.3.8	Montaje de estructuras	56
4.3.9	Puestas a tierra	58
4.3.10	Montaje de retenidas	59
4.3.11	Montaje de conductores	59
4.3.12	Montaje de aisladores y accesorios	61
4.3.13	Tendido y regulación de los conductores	62
4.3.14	Inspección y pruebas	64
4.3.15	Ingeniería de detalle	66

## **CAPITULO V**

### **CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

5.1	Generalidades	67
5.1.1	Normas aplicables	67
5.1.2	Trazo de la ruta	67
5.1.3	Factores de seguridad	68
5.1.4	Espaciamientos de seguridad	68
5.2	Selección del conductor - flujo de carga	69
5.2.1	Análisis técnico - flujo de carga	69
5.2.2	Análisis económico	69
5.3	Aislamiento	70
5.3.1	Contaminación	70
5.3.2	Sobretensiones de impulso por maniobra	71
5.3.3	Sobretensiones a frecuencia industrial	72
5.3.4	Sobretensiones de origen externo	73
5.3.5	Aislamiento seleccionado	74
5.4	Puesta a tierra	74
5.5	Capacidad térmica del conductor	75
5.5.1	Temperatura del conductor durante el día	76
5.5.2	Temperatura del conductor durante la noche	76
5.6	Cálculo mecánico de conductores	79
5.6.1	Hipótesis de cálculo	79
5.6.2	Metodología de cálculo	80
5.6.3	Vano de regulación	80
5.6.4	Verificación mecánica del aislador	83
5.7	Diseño de la geometría de la estructura	83
5.7.1	Longitud del poste	83
5.7.2	Cálculo del ángulo de oscilación de la cadena de aisladores	84
5.7.3	Distancia mínima entre conductores a medio vano	85
5.7.4	Distancia mínima entre conductores y la estructura	86
5.8	Cálculo mecánico de estructuras	87
5.8.1	vanos característicos	87
5.8.2	Cargas que interviene en el diseño de la estructura	88

5.8.3	Cálculo del máximo vano viento	89
5.8.4	Cálculo del máximo vano peso	89
5.8.5	Esfuerzos admisibles en postes de madera	90
5.9	Cálculo de retenidas	91
5.10	Cimentación de postes	93
5.11	Distribución de estructuras	94
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>METRADO Y PRESUPUESTO</b>		
6.1	Generalidades	97
6.2	Análisis de precios unitarios	97
6.2.1	Costos unitarios de materiales	97
6.2.2	Costos unitarios de montaje	98
6.3	Presupuesto base	98
6.4	Fórmula polinómica	99
6.5	Cronograma valorizado de ejecución de obra	99
OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES		107
BIBLIOGRAFÍA		109
<b>APENDICES</b>		
APÉNDICE A	MERCADO ELÉCTRICO	110
APÉNDICE B	ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACARI-CHALA	118
APÉNDICE C	METRADO Y COSTO ESTIMADO	125
APÉNDICE D	EVALUACIÓN ECONÓMICA	131
APÉNDICE E	FORMULACIÓN DE TARIFAS ELÉCTRICAS	135
APÉNDICE F	TABLAS DE DATOS TÉCNICOS DE SUMINISTROS	140
APÉNDICE G	CALCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS	146
APÉNDICE H	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	152
APÉNDICE I	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	162
<b>LAMINAS Y PLANOS</b>		

## INTRODUCCIÓN

Son premisas de los gobiernos propiciar la mejora de la calidad de vida de la población y el desarrollo económico de la sociedad. En el ámbito rural la presente administración está atendiendo este anhelo prioritariamente en las zonas declaradas de extrema pobreza. En este contexto el Ministerio de Energía y Minas (MEM) dentro del programa de ampliación de la frontera eléctrica promueve el desarrollo de estudios de: líneas de transmisión, sub-transmisión, distribución y generación; y financia la ejecución de las obras.

Muchos de los proyectos resultan de interés social, para su ejecución requieren de desembolsos del tesoro público, esto hace necesario reducir los costos de inversión al mínimo indispensable y llegar a una solución de compromiso entre calidad de servicio, durabilidad de las instalaciones e inversión reducida.

Para obtener un manejo de los costos finales del proyecto es necesario afinar todas las partes del estudio, especialmente lo concerniente al mercado eléctrico que debe señalar en forma realista los requerimientos de energía y potencia del sistema para que no se subdimensione o sobredimensione las instalaciones, ambos extremos son costosos.

También, es de importancia la selección de los materiales y la tecnología a aplicar, ellas deben ser acordes a la importancia de las cargas que van a servir. Para graficar lo expresado mencionaré que no se debe diseñar instalaciones de costosas para alimentar cargas de tipo rural de bajo factor de carga por el sencillo motivo que la venta de energía jamás logrará la recuperación de la inversión. Las alternativas de electrificación que se desarrollan en el presente estudio se basan

en los criterios de ingeniería de la Rural Electrification Administration de los EE.UU. (REA) líder de la electrificación rural en el mundo, lo que ha permitido obtener costos optimizados de las instalaciones.

Otro punto de vital importancia a controlar es el costo de los suministros. El MEM ha normalizado los equipos y materiales que influyen mas en la estructura de costos de los proyectos que financia, convoca a concursos internacionales de precios y compra en grandes cantidades, lo cual le permite obtener costos reducidos en los suministros; luego presenta al proyectista las características técnicas de los equipos y materiales adquiridos para que sean considerados en el desarrollo de los estudios. Bajo este concepto se han definido los principales suministros de la línea de transmisión 60 kV Marcona-Bella Unión toda vez que las instalaciones serán financiadas por el MEM.

El presente estudio aplica todas las consideraciones mencionadas anteriormente y en base a ellas desarrolla el Estudio de Factibilidad en el cual se demuestra que la alternativa seleccionada es técnica y económicamente conveniente para dotar de suministro eléctrico al Pequeño Sistema Eléctrico (PSE) Acarí-Chala, con suministro del Sistema Interconectado Centro Norte para un horizonte de planeamiento de 20 años. Luego se desarrolla el Estudio Definitivo de la línea de transmisión del proyecto seleccionado.

Son alcances del estudio:

#### **Estudio de factibilidad**

- a. Estudio de Mercado Eléctrico: Comprende la proyección de la demanda, el planteamiento de las alternativas de electrificación y el balance de potencia y energía durante el horizonte del proyecto de 20 años. El análisis de los recursos energéticos de la zona lleva a la conclusión que sólo se tiene dos alternativas de electrificación: implementar la línea de transmisión ó reforzar la generación térmica existente en el área del proyecto.

- b. **Evaluación técnica:** Tiene por finalidad analizar el comportamiento de la línea en 60 kv Marcona-Bella Unión y obtener los perfiles de tensiones del PSE Acarí-Chala. La factibilidad técnica de la línea asegura la factibilidad técnica del reforzamiento de la generación térmica en razón que se ubica en la misma área de la SE Bella Unión y es barra controlada.
- c. **Evaluación económica:** Mostrará la ventaja económica de la línea de transmisión frente a la alternativa de ampliar la generación térmica existente, para ello se determinan los costos de cada una de las etapas de implementación y se efectúa la evaluación económica de las alternativas haciendo uso de los indicadores: Valor Actual Neto VAN, Relación Beneficio-Costo B/C, Tasa Interna de Retorno TIRE, costo final de la energía en c\$/kwh. También, permitirá mostrar como varía la rentabilidad del proyecto con la inclusión de la mediana minería.
- d. **Descripción de la alternativa seleccionada:** Como corolario del estudio de factibilidad se describen y justifican las principales características técnicas de los equipos y materiales que serán utilizados en el proyecto, la descripción será ampliada en el estudio definitivo. Para las subestaciones se menciona las modificaciones a realizar en las obras existentes y la disposición final de los equipos.

#### **Estudio definitivo de la línea de transmisión**

- a. **Especificaciones técnicas de suministro:** Las especificaciones técnicas de suministro fijan las normas generales a las que deben sujetarse el diseño y la fabricación de los materiales y equipos electromecánicos que se suministrarán en el marco del Proyecto.
- b. **Especificaciones técnicas de montaje:** Las especificaciones señalan los procedimientos apropiados y aprobados que deberán respetarse durante la ejecución de los trabajos.
- c. **Cálculos justificativos:** Se plantean criterios y formulaciones de cálculo que corroboran el diseño mecánico y eléctrico de los

materiales componentes de la línea de transmisión.

- d. **Metrado y presupuesto:** Se determina el monto total de la inversión atendiendo a los suministros, montaje electromecánico, transporte, gastos generales y utilidades que se derivan del proyecto. También se incluye la fórmula polinómica y el cronograma valorizado de otorgan un mejor manejo de la obra.
- e. **Láminas y planos:** Se presentan los planos y las láminas de estructuras y detalles que corresponden al proyecto de la línea de transmisión.

## CAPITULO 1 ESTUDIO DEL MERCADO ELÉCTRICO

### 1.1 Generalidades

El estudio de Mercado Eléctrico tiene por objetivos: realizar la proyección de la demanda de potencia y energía, el reconocimiento de las alternativas de electrificación y el balance oferta-demanda que garantice que las alternativas consideradas cubrirán la demanda del sistema durante los próximos 20 años que es el horizonte de planeamiento.

### 1.2 Ubicación y características del área del proyecto

#### 1.2.1 Ubicación geográfica, clima y accesos

El área del PSE Acarí-Chala se ubica en la provincia de Caravelí, departamento de Arequipa. Comprende las siguientes localidades: Acarí, Bella Unión, Lomas, Yauca, Chala, Jaquí, Atiquipa, Tocota, Cháparra, Quicacha, Chaviña, Agua Salada, Santa Rosa y Achanizo.

La temperatura promedio es 20 °C, y la altitud en la zona del proyecto varía entre los 10 m a 800 m sobre el nivel del mar.

La vía de comunicación más importante es la carretera Panamericana Sur, existen además otras vías carrozables que permiten tener acceso a todas las localidades. Ver plano 01.

#### 1.2.2 Población

Los resultados de los Censos de Población de 1981 y 1993 para la zona del proyecto señalan una tasa intercensal de crecimiento poblacional del orden del 1 % anual.

La tasa de crecimiento poblacional mínima utilizada para obtener la proyección de la demanda es 2 % .

#### 1.2.3 Actividades económicas

La agricultura es la actividad económica más importante en la zona

del proyecto, asimismo se cuenta con una pequeña minería de tipo artesanal, que requiere energía para su desarrollo, así como dos proyectos de mediana minería en la etapa de exploración. Las localidades costeras como Lomas y Chala han desarrollado la pesca artesanal.

### **1.3 Análisis de la demanda**

#### **1.3.1 Información existente**

Para la determinación de la demanda y consumo de energía de las localidades, se tomó como datos los dos últimos censos de Población y vivienda de 1981 y 1993, así como la información recopilada en las visitas efectuadas a la zona del proyecto e información de consumo de abonados en los distritos que tienen suministro eléctrico.

Como cargas productivas consideradas tenemos :

Lomas      Complejo pesquero

Acarí      : Cía. Minera Perla-Otapara y mina Cata-Acarí

Jaqui      minas La Itaruma, Corijaqui y micro Parque Industrial

Chala      pequeña minería de oro a nivel artesanal

Bella Unión: dos minas en exploración

#### **1.3.2 Metodología de proyección de la demanda**

Existe el método de proyección de la demanda propuesto por el BID que utiliza parámetros macroeconómicos, esa metodología no es aplicable a los PSE porque el Perú sólo tiene parámetros macroeconómicos a nivel país.

La metodología empleada se basa en la proyección del consumo de energía y de la máxima demanda, de acuerdo a los criterios definidos por el Plan Monenco-MEM y a los ajustes efectuados por Electroperú para la elaboración del "Plan Nacional de Expansión de la Frontera Eléctrica". Para el caso de pequeños y medianos centros poblados el método establece una relación funcional creciente entre el consumo de energía por abonado doméstico (kWh/abon.) y el número de abonados estimados para cada año, esta relación considera que la expansión

urbana a consecuencia del crecimiento poblacional está íntimamente vinculada con el desarrollo de actividades productivas que conducen a mejorar los niveles de ingreso y por ende, el crecimiento per cápita del consumo de energía eléctrica. El desarrollo del método se presenta en el apéndice A.

### 1.3.3 Proyección de la demanda de potencia y energía

Las localidades consideradas en la proyección de la demanda son las siguientes:

- Distritos : Bella Unión, Lomas, Yauca, Chala, Jaquí, Atiquipa, Tocota, Cháparra, Quicacha.
- Localidades : Chaviña, Agua Salada, Santa Rosa, Achanizo

Como cargas productivas se cuenta entre las principales la pequeña minería: Cía. Minera Perla-Otapara, mina Cata-Acarí, mina La Itaruma, mina Corijaqui, Complejo Pesquero de Lomas, micro Parque Industrial Jaqui. Asimismo está en exploración dos minas medianas ubicadas en Bella Unión.

Las proyecciones de población, demanda de potencia-kW y energía-MWh-año se detallan en los apéndices A1, A2, y A3 respectivamente. A continuación se muestra el resumen de la proyección de la demanda:

**TABLA N° 01**  
**DEMANDA DE POTENCIA Y ENERGÍA DEL PEQUEÑO SISTEMA ELÉCTRICO**  
**ACARÍ-CHALA**

Años de Proyección	MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA (kW)					CONSUMO DE ENERGIÁ (MWh-Año)				
	1997	2001	2006	2011	2016	1997	2001	2006	2011	2016
<b>T O T A L</b>	1621	1818	2815	3181	3569	5870	6360	10908	11887	12869

## **1.4 Instalaciones existentes**

### **1.4.1 Subestación Marcona**

La SE Marcona 220/60/10 kV está ubicada dentro del área de concesión de la mina Shougang, al norte del pueblo de Marcona y forma parte del Sistema Interconectado Centro Norte. En la SE Marcona funciona el sistema de doble barra en 60 kV, con cuatro salidas en servicio y cuatro reservas.

### **1.4.2 Central térmica Bella Unión**

La central térmica Bella Unión brinda servicio restringido a 8 horas diarias, se ubica en el distrito del mismo nombre al pie de la carretera Bella Unión- Acarí, el terreno que ocupa la central es amplio y adecuado para futuras ampliaciones.

### **1.4.3 Localidades con servicio eléctrico**

La central térmica Bella Unión alimenta en 10 kV a Acarí, Lomas y Yauca se conectan a la central mediante una línea actualmente energizada en 10 kV pero preparada para operar en 23 kV. La localidad de Chala está aislada, tiene su propia generación térmica que brinda servicio por 8 horas diarias.

## **1.5 Análisis de oferta - alternativas de electrificación**

### **1.5.1 Sistema interconectado**

Como oferta para el PSE Acarí-Chala tenemos la SE Marcona 220/60/10 kV que toma energía del Sistema Interconectado Centro Norte mediante la línea de transmisión en 220 kV Mantaro-Pisco-Marcona; siendo su principal cliente la mina Shougang de Marcona (mediante tres ternas) y la ciudad de Nazca (una terna), existiendo potencia instalada suficiente para cubrir la demanda proyectada de PSE Acarí-Chala. Asimismo, el Sistema Interconectado Centro Norte debe solucionar el déficit de generación a través de la C.T. Camisea el año 1999 con lo cual el suministro de energía estará garantizado en los próximos 25 años.

### **1.5.2 Generación térmica aislada**

Se implementaría grupos electrógenos en la actual C.T. Bella Unión

que cubran la demanda de potencia de las cargas de servicio público en el período de análisis de 20 años.

### **1.5.3 Generación hidroeléctrica**

No se ha considerado como alternativa la generación hidroeléctrica, por motivo de que en la evaluación de la región a electrificar, se ha observado escasez de los recursos hídricos y de caídas de agua importantes en los ríos Acarí y Yauca, descartando la posibilidad de desarrollar algún proyecto hidroeléctrico atractivo.

## **1.6 Balance oferta - demanda**

### **1.6.1 Sistema interconectado**

En el balance oferta y demanda, la oferta cubre ampliamente la demanda con posibilidad de que se integren al PSE Acarí-Chala otras cargas como medianas minas en la línea en 60 kV Marcona-Bella Unión.

### **1.6.2 Generación Térmica**

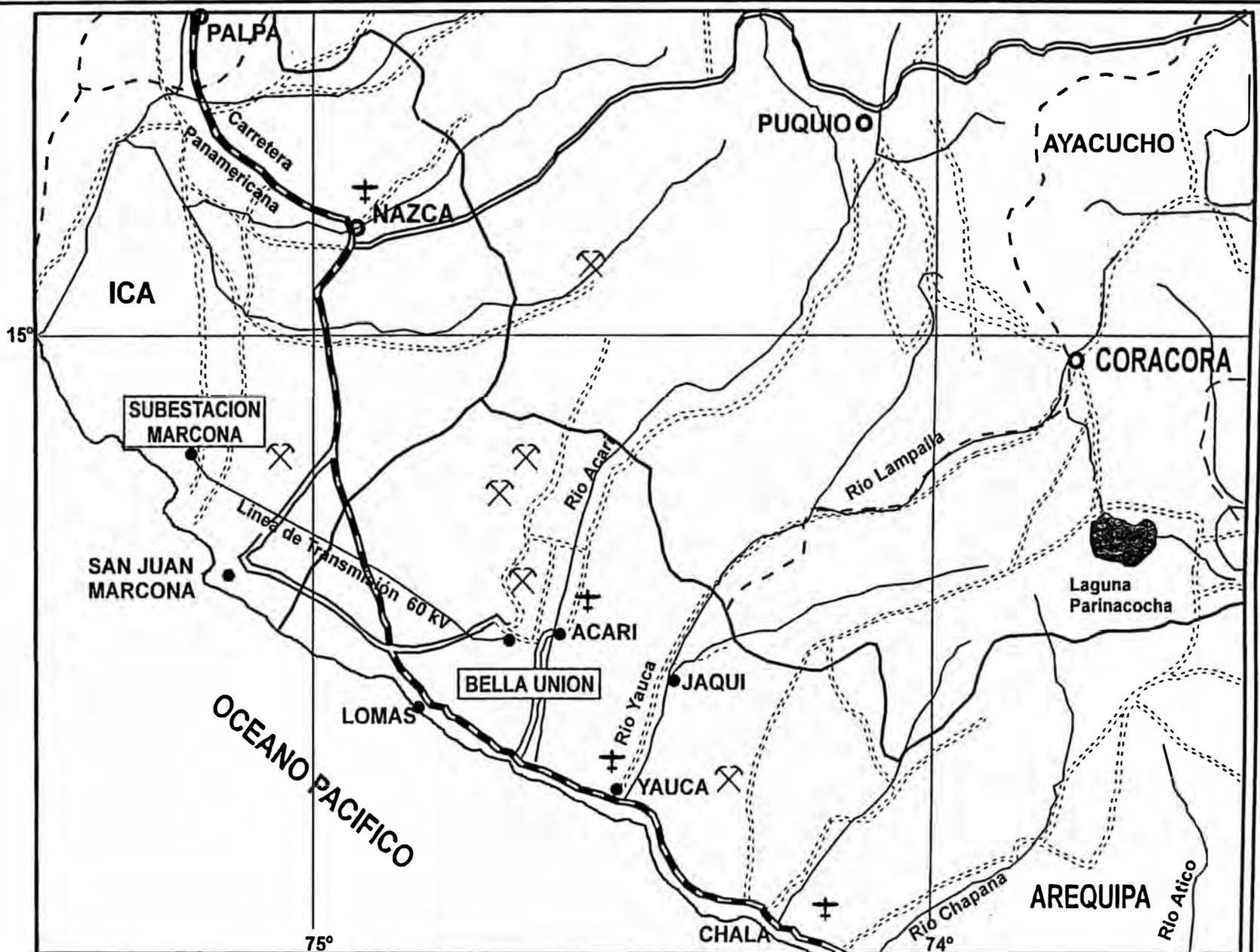
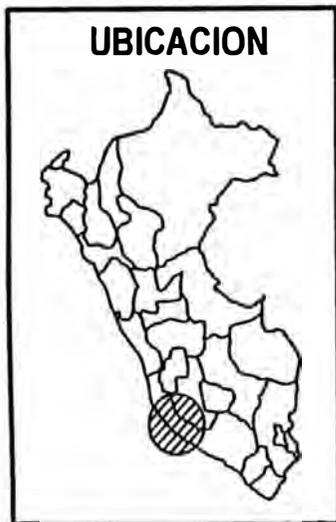
Para el análisis consideraremos que la oferta térmica cubre la demanda.

## **1.7 Conclusiones**

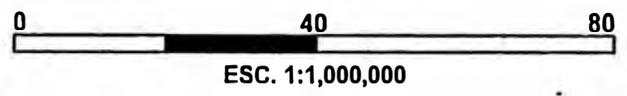
Se concluye que sólo existen dos alternativas de electrificación, las cuales son:

Alternativa I: integrar al PSE Acarí-Chala al Sistema Interconectado Centro Norte, mediante la línea de transmisión 60 kV Marcona-Bella Unión y la SE 7 MVA 60/23/10 kV Bella Unión, instalaciones que tomarán energía de las barras en 60 kV de la SE Marcona 220/60/10 kV.

Alternativa II: afianzamiento de la generación térmica en Bella Unión para convertirla en centro de generación y desde allí alimentar todo el PSE.



- LEYENDA**
- Limite Departamental
  - - - Limite Provincial
  - Rio
  - · - · - Trocha Carrozable
  - ==== Carretera Secundaria
  - ==== Carretera Panamericana
  - Capital de Provincia
  - Localidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	ESTUDIO DEFINITIVO DE LA LT. 60 kV MARCONA - BELLA UNION	ESCALA : INDICADA	FECHA : ENERO - 97
PLANO DE UBICACION	DIS. : J. TOLEDO G.	APR. : C. HUAYLASCO M.	PLANO N° : 01
	REV. : C. HUAYLASCO M.	DIB. : M. CALLE G.	

## CAPITULO 11 EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS

### 2.1 Generalidades

El presente capítulo tiene por finalidad analizar el comportamiento de la línea en 60 kv Marcona-Bella Unión y obtener los perfiles de tensiones del PSE Acarí-Chala optimizando las pérdidas de potencia y energía. El diagrama unifilar del PSE se muestra en la lámina N° 10

La evaluación económica tiene por objeto mostrar la ventaja económica de la línea de transmisión frente a la alternativa de ampliar la generación térmica existente. También, permitirá mostrar cómo varía la rentabilidad del proyecto en relación a las cargas atendidas. Se analizan dos alternativas: la línea en 60 kv Marcona-Bella Unión con la celda 60 kv en la SE Marcona y la SE Bella Unión, versus la alternativa de continuar con la generación térmica.

### 2.2 Evaluación técnica

#### 2.2.1 Criterios aplicados

- a. En la definición de la configuración del sistema eléctrico se estableció como tensiones a utilizar: 60, 23 y 10 kv en razón que: la SE Marcona dispone de 60 kv, 23 kv es la tensión normalizada por el MEM para la distribución de energía a los PSE y 10 kv es suficiente para alimentar a las localidades vecinas a la SE Bella Unión.
- b. El MEM ha normalizado los conductores a utilizarse en proyectos de transmisión a las secciones de 120 y 240 mm<sup>2</sup> en aleación de aluminio. El análisis se efectúa con 120 mm<sup>2</sup> por ser suficiente para atender la carga del PSE. Ver capítulo 5.2.
- c. La configuración geométrica de los conductores corresponden al armado de alineamiento que el REA ha normalizado para 60 kv. Se

muestra en la lámina N° 11.

d. El transformador a instalarse en la SE Bella Unión 60/22.9/10 kV se equipará con regulación automática bajo carga para obtener barra regulada en 23 kV .

e. El sistema eléctrico se analiza en condiciones normales, es decir: todas las líneas y transformadores se encuentran en servicio. Se establecen los siguientes criterios:

La tensión de salida de la barra en 60 kV de la SE Marcona es igual a su valor nominal.

La tensión de las barras de 10 kV y 23 kV puede variar entre  $\pm 5\%$  de su valor nominal.

Todas las cargas están alimentadas. Todas las líneas y transformadores operan con cargas no mayores a su capacidad de operación continua.

Factor de potencia 0.95 por ser cargas del tipo rural.

f. La alternativa de generación térmica se plantea con la ampliación de la central térmica de Bella Unión que actuará como barra regulada, por ello el comportamiento eléctrico del sistema es similar al analizado en la alternativa I. Entonces, la factibilidad técnica de la alternativa I asegura la factibilidad técnica de la alternativa II.

### 2.2.2 Análisis del flujo de carga y pérdidas de potencia y energía

El sistema eléctrico se ha analizado mediante un programa de flujo de carga que permite obtener el perfil de tensiones, las pérdidas de potencia y energía para condiciones de máxima y mínima carga. La descripción de la metodología de cálculo que se aplica en el flujo de carga se presenta en el apéndice B.

El análisis de flujo de carga se efectúa para dos escenarios de análisis:

**Escenario A: Análisis del sistema eléctrico Acarí- Chala, línea 60 kV Marcona-Bella Unión, sin carga de la mediana minería**

Se efectúa el análisis en máxima y mínima demanda para el año 2016, los resultados obtenidos se muestran en los apéndices B1 y B2 respectivamente. Del análisis se concluye que el funcionamiento es óptimo, las barras en 23 kV no superan el 6% de caída de tensión que es el valor máximo admitido por el Código Nacional de Electricidad, las pérdidas de energía representan el 2.88%, siendo inferior al 3% que exige la Comisión de Tarifas Eléctricas para considerar que un proyecto de transmisión es eficiente.

**Escenario B: Análisis del sistema eléctrico Acarí-Chala, línea 60 kV  
Marcona-Bella Unión con cargas minera de 3.5 y 2.5 MW**

Las cargas mineras se conectarían a la línea de 60 kV antes de llegar a la SE Bella Unión, los perfiles de tensiones y pérdidas de energía se detallan en los apéndices B3 y B4 para las condiciones de máxima y mínima demanda evaluadas al año 2016. El comportamiento del sistema en 23 kV frente a las cargas mineras permanece estable, debido a que la SE Bella Unión se plantea con regulación automática en 23 kV. Las pérdidas de energía de todo el sistema es del 3.05%, correspondiéndole a la línea en 60 kV un valor inferior al 3% que es el tope permitido.

Del análisis de los resultados obtenidos en los dos escenarios estudiados, se concluye que en ambos casos la alternativa de la línea en 60 kV es factible desde el punto de vista técnico.

## **2.3 Evaluación económica**

### **2.3.1 Criterios aplicados**

#### **a. Inversiones**

A nivel de factibilidad las inversiones se calculan sobre metrados aproximados y precios reales de suministros. El metrado varía de acuerdo a la ubicación y dificultades de la obra, en su estimado ayuda mucho la visita a la zona del proyecto y la experiencia del consultor. Ahora bien, cuando se tiene los costos de proyectos similares ejecutados en condiciones semejantes se pueden tomar los

indicadores de inversión del proyecto modelo, habida cuenta que en los estudios de factibilidad las inversiones calculadas pueden diferir en  $\pm 15\%$  respecto de la obtenida en el estudio definitivo. Por condición inicial la inversión en la línea debe ser reducida, apuntando a dicho objetivo se aplicará las tecnologías REA que utilizan a la madera pino como material de soporte, el MEM ha normalizado los postes a madera pino, clase 3, longitud 55 pies. El conductor a utilizar será aleación de aluminio  $120 \text{ mm}^2$  por satisfacer la evaluación técnica y estar normalizado por el MEM. Atendiendo al tipo de relieve predominante en la superficie se estiman el número de estructuras que serán necesarias en la línea, nuestro caso presenta una zona sensiblemente plana. Del análisis de la carta geográfica se esboza la ruta de la línea para estimar el número de vértices y su longitud, ver plano 02. Con todos los criterios mencionados se efectúa el metrado aproximado, luego se determinan los costos aproximados del montaje electromecánico, gastos generales y utilidades del proyecto como porcentajes del costo del suministro; dichos porcentajes son tomados de proyectos ejecutados. El desagregado del metrado y costo estimado de la línea en 60 kV se presenta en el apéndice C1.

Teniendo información básica de la configuración de la SE Marcona y definiendo los principales suministros y trabajos que permitirán habilitar la quinta celda de salida en 60 kV (ver capítulo 3.4), se procede al metrado y presupuesto aproximado de las instalaciones. El detalle se muestra en el apéndice C2.

Definiendo la ingeniería básica de la SE Bella Unión (ver capítulo 3.3) se define el equipamiento. Con la misma intención de reducir costos se considera el uso de estructuras de madera y sistema de pórticos y barras simples. El desagregado del metrado y costo estimado de la subestación se presenta en el apéndice C3.

Para la segunda alternativa que trata de la ampliación de la central

térmica de Bella Unión, por economía se considera: grupos electrógenos semi-rápidos de 1200 RPM y ampliación escalonada de la central siguiendo al aumento de la demanda; ello viene acompañado de ampliación de las obras civiles, servicios auxiliares y aumento de la capacidad de transformación. Como indicador de la inversión se toma el costo de 650 US\$/kW<sub>instalado</sub>, este indicador es producto de la experiencia de Electroperú y la DEP/MEM en la instalación de centrales térmicas al interior del país.

El resumen los costos estimados de la alternativa 1 y los indicadores de inversión para la alternativa térmica se presentan en la tabla N° 02.

**b. Costos de operación y mantenimiento**

Los costos de operación y mantenimiento están constituidos por los sueldos, salarios, materiales, repuestos y servicios originados por la explotación de las instalaciones, según la experiencia de instalaciones similares representan el 1.5 % del costo de obra para la línea y SSEE y 1.75 c\$/kWh para la central térmica.

La central térmica para operar necesita de combustible y lubricante, los indicadores de Electroperú señalan 4.5 cUS \$/kW<sub>generado</sub> por dicho concepto. Los grupos semi-rápidos necesitan una reparación total (Over hall) cada 25,000 horas de operación; el costo considerado es 160 US \$/kW; los grupos admiten un máximo de 3 overhall.

**c. Costos de la energía y potencia en barras**

En la elaboración del análisis económico se ha tomado como base los precios de la barra SE Marcona 220 kV y las condiciones de aplicación para el suministro de energía de generadores a concesionarios de distribución destinadas al servicio público de electricidad, según la resolución de la Comisión de Tarifas Eléctricas No. 008-94 P/CTE (28-10-94). Los precios de potencia y energía obtenidos en barras se muestran en la tabla N° 03. El procedimiento del cálculo se presenta en el apéndice E.

#### d. Pérdidas de energía

Las pérdidas de energía se calculan año a año a partir del flujo de carga correspondiente a la línea y SE Bella Unión para la condición de máxima demanda al año de proyección 20 y se valorizan a 7.15 cUS\$ que es el precio de compra de energía en la barra de 60 kv SE Marcona.

La relación a aplicar es:

$$E_{perd j} = 8,760 F_{perd j} Perd_{20} \left[ \frac{MD_i}{MD_{20}} \right]^2 \quad (MWh - \text{año})$$

Donde:

$E_{perd j}$  - Energía perdida al j-ésimo año de proyección.

$Perd_{20}$  = Potencia de pérdidas al año 20.

$MD_j$  = Máxima demanda de potencia al i-ésimo año de proyección.

$F_{perd j}$  = Factor de pérdidas al j-ésimo año de proyección.

#### e. Valor residual

La vida útil de los equipos e instalaciones de la línea en 60 kv y las SS.EE. se estima en 25 años, depreciándose anualmente en forma lineal. El valor residual se determina al último año del período de análisis.

Para la central térmica, los grupos tienen una vida útil de 15 años, y las obras civiles de 50 años.

#### 2.3.2 Indicadores económicos

Se determinan los indicadores económicos correspondientes al Valor Actual Neto-VAN, Relación Beneficio/Costo-B/C, Tasa Interna de Retorno-TIR y costo final de la energía en c\$/kWh.

##### a. Tasa de descuento (i)

Representa el costo efectivo anual del capital. Los proyectos de electrificación con indicadores económicos positivos obtenidos con tasas de descuento mayores o iguales a 12% pueden obtener financiamiento de entidades financieras internacionales o de la banca comercial, y no necesitan de aporte de capital. Los proyectos

que logran pagarse con tasas de descuento inferiores al 12% requieren el financiamiento de organismos dedicados a fomentar el desarrollo con tasas de interés preferenciales ó en su defecto recibir aporte de capital del Estado.

**b. Valor actual neto (VAN)**

Es el valor presente que resulta de descontar el flujo neto económico al costo de oportunidad del capital propio de la empresa con cierta tasa de descuento.

$$VAN = \sum_{j=1}^{20} \frac{(Benef_j - Costos_j)}{(1+i)^j}$$

Donde:

Costos = Inversión + operación + mantenimiento + pérdida de energía, etc., al j-ésimo año, en miles de US\$.

Benef = Beneficios por venta de energía al j-ésimo año, en miles de US\$.

Energía= Energía a distribuir al j-ésimo año, en MWh-año.

$i$  = Tasa de descuento.

**c. Relación beneficio-costos (B/C)**

La relación (B/C) representa el cociente del flujo de los ingresos (beneficios) y costos actualizados a una tasa de descuento.

$$B/C = \frac{\sum_{j=1}^{20} \frac{Benef_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=1}^{20} \frac{Costos_j}{(1+i)^j}}$$

**d. Tasa interna de retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno representa la tasa de rendimiento económico del proyecto y se obtiene descontando el saldo neto de caja (beneficio) versus los recursos aplicados a la inversión. Dicho de otra manera, se iguala el VAN a cero y se calcula para que tasa de descuento se satisface dicha relación.

**e. Costo de la energía**

Representa el costo al que debería venderse la energía para recuperar la inversión durante el período de análisis.

$$\text{Costo de la energía} = 100 \frac{\sum_{j=1}^{20} \frac{\text{Costos}_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=1}^{20} \frac{\text{Energía}_j}{(1+i)^j}} \quad (\text{cUS\$/ kWh})$$

**f. Costo marginal**

Es aquel costo menor que sumado a la inversión existente, produce mayores beneficios.

**2.3.3 Evaluación económica**

**a. Evaluación económica de la Alternativa 1**

El apéndice D1 muestra los resultados de la evaluación económica de la alternativa 1, en el apéndice D2 se considera la integración de dos minas de 2.5 y 3.5 MW al sistema eléctrico, el resumen de los indicadores económicos obtenidos se presentan en la tabla N° 04.

El análisis del apéndice D1 nos muestra que para toda tasa de descuento el VAN es negativo, B/C menor a la unidad y el precio al que debería venderse la energía para recuperar la inversión es superior a los 8.69 cUS\$/kWh que fijaría la Comisión de Tarifas Eléctricas. La tasa interna de retorno inferior al 1% hace imposible el financiamiento del proyecto. Por ello la Alternativa 1 resulta económicamente no conveniente en el caso que sólo se entregue energía a las localidades del PSE.

El análisis del apéndice D2 muestra indicadores positivos hasta la tasa de descuento del 14%; asimismo el precio al que debería venderse la energía es inferior a los 8.69 cUS\$/kWh. Con la inclusión de las cargas mineras el proyecto puede pagarse solo y acceder al financiamiento comercial, pero no tiene la rentabilidad que propicie el interés del inversionista privado.

## **b. Comparación económica de Alternativas**

Para la comparación económica entre dos alternativas se compara los costos de un proyecto con respecto al otro, obteniéndose sus indicadores económicos correspondientes.

En los costos del proyecto en 60 kv se considera lo siguiente: compra de energía, inversión inicial, operación y mantenimiento, pérdidas de energía.

En los costos de la central se considera lo siguiente: inversión inicial (incluye el costo de los grupos y los over hall), combustible y lubricante, operación y mantenimiento.

El apéndice D3 muestra los resultados de la comparación económica de alternativas en el escenario de sólo atender a las localidades del PSE. El resumen de los indicadores económicos obtenidos se presentan en la tabla N° 05.

El análisis del apéndice D3 muestra indicadores positivos hasta la tasa de descuento del 12%; ello significa que si se consigue financiamiento a un interés mayor al 12% la alternativa II pasa a ser la más conveniente, ello en razón que sus desembolsos de inversión no son al inicio sino se realizan a lo largo de todo el período de análisis. Similarmente los costos de la energía térmica para tasas de descuentos superior al 12% son inferiores a las obtenidas con la alternativa I, sin embargo ninguno de los dos costos satisface el límite de 8.69 cUS\$/kWh. Por lo tanto, la Alternativa I es mejor que la Alternativa II hasta la tasa de descuento del 12%, pero ambas son económicamente no convenientes.

## **c. Análisis de resultados**

En el escenario de atender sólo el PSE, la Alternativa II no se paga con la venta de energía, en la comparación económica es inferior y no propicia la aparición de cargas productivas.

La alternativa II no se analiza en el escenario de atender las cargas mineras, porque el mediano minero está en la posibilidad de

producir su propia energía térmica a costos similares a la central y se ahorraría el tendido de línea y subestaciones propias, por ello la central no es atractiva para el minero.

Si se decide por la Alternativa 1 los costos no se pagan con la venta de energía al PSE, pero la disponibilidad de energía barata en horas fuera de punta respecto a la generada por los autoprodutores, puede decidir en forma favorable la factibilidad de proyectos mineros en los que el costo de energía generada produce indicadores no convenientes. También se haría posible el desarrollo de agroindustrias que abaratarían costos comprando energía en horas fuera de punta. Con todo lo expuesto el proyecto en 60 kV propicia el desarrollo de la zona y con ello gana rentabilidad a costo marginal. El costo marginal está representado por el aumento de las pérdidas, factor menor respecto a los mayores beneficios producidos.

#### 2.4 Observaciones y conclusiones

Como resultado de la evaluación técnica - económica se concluye: Las dos alternativas son factibles desde el punto de vista técnico. Las dos alternativas son económicamente no rentables en el escenario de sólo alimentar a las localidades del PSE.

En el escenario de también atender las cargas productivas de la mediana minería la Alternativa 1 puede cubrir sus costos mediante la venta de energía.

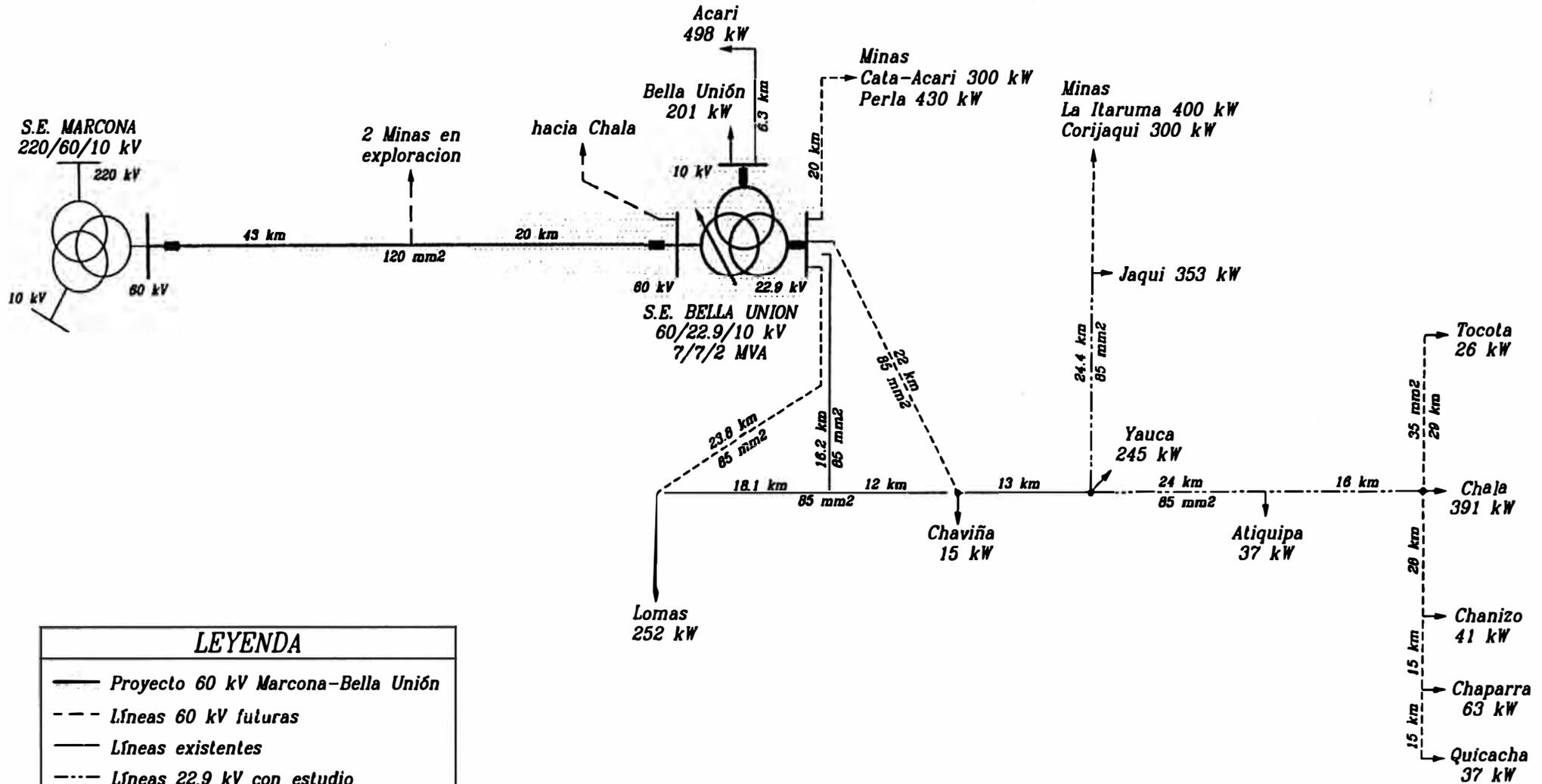
De la comparación económica de alternativas se concluye que el proyecto en 60 kV es superior a la central térmica en el escenario de sólo atender al PSE. Además, la línea de transmisión tiene capacidad para dar suministro a costo marginal a proyectos productivos que puedan desarrollarse en el futuro.

El proyecto de la línea tiene un criterio de rentabilidad social, ya que al tenerse un costo de energía más bajo en horas fuera de punta que el de la generación térmica, se incentiva a su utilización tanto para la pequeña industria como para la minería.

- El MEM mediante la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP) financia proyectos de interés social cuyo objetivo es el de promover el desarrollo socio-económico de la zona a electrificar. Se selecciona la Alternativa 1.
- Las instalaciones una vez concluidas pasarán a formar parte de los activos de la empresa distribuidora de electricidad Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. (SEAL) mediante la modalidad de aporte de capital del Estado a la empresa estatal.
- El proyecto seleccionado tiene característica social, por ello el monto de la inversión debe ser el más reducido posible.

**PROYECTO LINEA 60 kV MARCONA BELLA UNION**

**Pequeño Sistema Eléctrico Acari - Chala**



**LEYENDA**

- Proyecto 60 kV Marcona-Bella Unión
- - - Líneas 60 kV futuras
- Líneas existentes
- · - · - Líneas 22.9 kV con estudio
- · - · - Líneas 22.9 kV futuras

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Facultad De Ingenieria Electrica y Electronica

DIAGRAMA UNIFILAR  
P.S.E. ACARI - CHALA

DIS: J.Toledo G.

DIB: J.Toledo Z.

REV: C. Huayllasco

ESC: S/E

FECHA: Enero/97

LAMINA:

10

**TABLA N° 02**  
**INVERSIONES EN LAS ALTERNATIVAS**

**Alternativa 1 : Línea 60 kV SS.EE. Marcona y Bella Unión**

1. Línea en 60 kV	US \$ 1'427,338
2. Celda de salida 60 kV SE Marcona	US \$ 198,576
3. SE Marcona	US \$ 810,895
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>US \$ 2'436,809</b>
Impuesto General a las Ventas ( 18 % )	438,625
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>US \$ 2'875,434</b>

**Alternativa 11 : Generación Térmica**

Afianzamiento de la central térmica (costos fijos)	650 US \$/kW
Costos de combustible y lubricante (costo variable)	4.5 cUS \$/kW
Overhall cada 25,000 horas	160 US \$/kW

**TABLA N° 03**  
**PRECIOS DE ENERGÍA Y POTENCIA**

BARRAS		PEBP	PEBFP	PPB	Equivalen
	kV	cm\$/ .kW-h	cm\$/ .kW-h	\$/ ./kW-mes	cm\$/kW-h
MARCONA-220	220	6.5956	2.9511	6.4756	6.84
MARCONA- 60	60	6.6299	2.9665	7.3735	7.15
B_UNION- 60	60	7.0342	3.1474	9.6112	8.15
B UNION- 23	23	7.0968	3.1754	11.1493	8.69
B_UNION- 10	10	7.0968	3.1754	11.1493	8.69

PEBP : Precio de la energía en barra (horas punta)

PEBFP : Precio de la energía en barra (horas fuera de punta)

PPB : Precio en barra máxima potencia

**TABLA N° 04**

**RESUMEN: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA 1**

**Apéndice D1: Línea en 60 kv sin carga de la mediana minería**

Tasa de Descuento	%	8	10	12	14	16
Valor Actual Neto	mil \$	-1,228	-1,376	-1,481	-1,555	-1,606
Relac Benefic/Costo	p.u	0.86	0.82	0.78	0.74	0.71
Costo Energ 23 y 10 kv	c\$/kwh	10.14	10.63	11.16	11.73	12.32
Venta Energ 23 y 10 kv	c\$/kwh	8.69	8.69	8.69	8.69	8.69
Tasa Interna de retorno				0.80 %		

**Apéndice D2: Línea en 60 kv con 6 MW de carga de la mediana minería**

Tasa de Descuento	%	8	10	12	14	16
Valor Actual Neto	mil \$	1,518	892	414	45	-242
Relac Benefic/Costo	p.u	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98
Costo Energ 23 y 10 kv	c\$/kwh	8.17	8.32	8.48	8.66	8.86
Venta Energ 23 y 10 kv	c\$/kwh	8.69	8.69	8.69	8.69	8.69
Tasa Interna de retorno				14.30 %		

**TABLA N° 05**

**RESUMEN: COMPARACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS**

**Apéndice D3: Línea en 60 kv sin carga minera versus C.T.**

Tasa de Descuento	%	8	10	12	14	16
Valor Actual Neto	mil \$	465	242	64	-79	-194
Relac Benefic/Costo	p.u	1.05	1.03	1.01	0.99	0.96
Costo Energ SICN en MI	c\$/kwh	10.14	10.63	11.16	11.73	12.32
Costo Energ térmica MI	c\$/kwh	10.69	10.98	11.27	11.58	11.89
Tasa Interna de retorno				12.80 %		

**CAPITULO 111**  
**DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

**3.1 Generalidades**

Se describen los principales equipos y materiales que conforman el proyecto línea en 60 kV Marcona-Bella Unión, celda en 60 kV SE Marcona y SE Bella Unión. En el caso de las subestaciones se menciona las modificaciones a realizar en las obras existentes y la disposición final de los equipos.

**3.2 Línea de transmisión 60 kV Marcona-Bella Unión**

**3.2.1 Ubicación geográfica, clima y accesos**

El área del proyecto se ubica entre las provincias de Nazca y Caravelí de los departamentos de Ica y Arequipa respectivamente, está limitada por las coordenadas geográficas 15°12' a 15°27' de latitud Sur y 75°11' de longitud Oeste.

El clima de la zona es variado y en general no presenta características extremas de calor o frío. Normalmente las precipitaciones pluviales son escasas y moderadas no habiéndose registrado descargas atmosféricas dentro del área del proyecto en los últimos años.

Las temperaturas ambientales determinadas como límites son

Temperatura promedio mínima	12 °C
Temperatura media	20 °C
Temperatura promedio máxima	30 °C

La velocidad máxima del viento no supera en promedio los 25 m/seg.

Las áreas que atravesará la línea tanto en la provincia de Nazca y Caravelí, hasta llegar a Bella Unión, está caracterizada por zonas planas de duna y arena seca desértica.

La vía de comunicación más importante en la zona de proyecto, es la

carretera Panamericana Sur, existiendo además otras vías carrozables que permiten tener acceso a la línea para labores de mantenimiento y operación.

### 3.2.2 Características técnicas de la línea de transmisión

Las principales características son :

- Tensión nominal : 60 kV
- Número de ternas : Una
- Longitud : 63 km
- Conductor : Aleación de aluminio engrasado 120 mm<sup>2</sup>
- Estructuras : Postes de madera
- Aisladores : Clase 52-3 tipo Antineblina

### 3.2.3 Principales materiales que conforman la línea de transmisión

- Postes de pino, clase 3, 55 y 60 pies de longitud.
- Crucetas de madera tornillo de sección: 6"x 8"x 6 m, 6"x 8"x 6 m y 5"x 6 1/2"x 3 m.
- Conductor de aleación de aluminio engrasado 120 mm<sup>2</sup>.
- Aisladores antineblina Ansi 52-3, casquillo-bola, 8 toneladas.
- Ferrería de fierro galvanizado.
- Puesta a tierra: conductor de cobre blando de 35 mm<sup>2</sup>, conductor de Copperwell 35 mm<sup>2</sup>, varilla de Copperwell  $\phi$  5/8" x 2.4 m, conector cable-varilla, tierra de cultivo, sal industrial y carbón vegetal.
- Retenidas: cable de acero tipo HS  $\phi$  1/2", mordaza preformada, varilla de anclaje con cabeza guardacabo  $\phi$  5/8" x 2.4 m, bloque de concreto 0.3x0.3x1.5 m.

### 3.2.4 Criterios de elección de los principales suministros

#### a. Conductor de aleación de aluminio 120 mm<sup>2</sup> engrasado

Como resultado de la normalización de materiales que realizó el MEM determinó que en los proyectos de transmisión se considere el conductor de aleación de aluminio en las secciones de 120 y 240 mm<sup>2</sup>. en el flujo de carga se demostró que la sección de 120 mm<sup>2</sup> satisficó los requerimientos del diseño eléctrico.

El conductor será necesariamente engrasado para contrarrestar el ambiente de contaminación salina en que se instalará debido a que el trazo de la línea debe pasar cerca a la costa.

**b. Aislamiento**

La zona del proyecto está cerca al mar, con presencia de fuertes vientos y humedad, las precipitaciones pluviales son mínimas, todo ello configura una zona de alta contaminación. Debido a ello se adopta el tipo de aislador antineblina determinándose la cantidad a utilizar principalmente por efectos del grado de contaminación existente en el área del proyecto.

**c. Postes de madera**

Por ser un proyecto de interés social las estructuras de soporte deben ser económicas, ello sumado a la característica de escasa precipitación pluvial en la zona y que los postes de madera están normalizados por el MEM, se escoge la madera como material de soporte de la línea y se aplica la tecnología de la Rural Electrification Administration (REA) para el diseño de la línea de transmisión.

Los postes serán de madera pino tratado, 55 pies de longitud, dentro del área de concesión de la mina Shougang se utilizarán los postes de 60 pies para obtener mayores distancias de seguridad al terreno que permita el libre desplazamiento de la maquinaria minera.

**3.3 Subestación Bella Unión**

**3.3.1 Ubicación geográfica**

La SE Bella Unión se ubicará en el área disponible del terreno que ocupa la central térmica del mismo nombre, la cual está ubicada al pie de la carretera Bella Unión - Acarí (Av. principal de Bella Unión) en el distrito de Bella Unión.

**3.3.2 Ingeniería del la subestación**

**a. Coordinación del aislamiento**

La coordinación del aislamiento es el proceso de correlacionar los

resistencias del aislamiento del equipo eléctrico con las sobretensiones previstas y las características de operación de los pararrayos. Dado que las subestaciones siempre incluyen equipos importantes y de un alto costo de reposición, la protección contra sobretensiones es esencial para evitar o minimizar disturbios mayores en el sistema así como fallas del equipo principal.

Para el cálculo del aislamiento de las subestaciones de Marcona y Bella Unión se consideran las siguientes premisas:

-	Altitud	:	1000 m.s.n.m.
-	Factor de corrección por altura	:	1.0
-	Grado de aislamiento		
	. 60 kV	:	Reducido
	. 23 kV	:	Reducido
	. 10 kV	:	Pleno
-	Margen de seguridad para		
	. Sobretensiones al impulso	:	1.25
	. Sobretensiones de maniobra	:	1.15
-	Tensión nominal de Pararrayos		
	. 60kV	:	120 kV

**b. Niveles de aislamiento**

Tensión nominal	:	60 kV	23 kV	10 kV
- Tensión nominal (kV)	:	60	23	10
- Tensión máxima (kV)	:	72.5	26.4	10.5
- Tensión resistencia				
60Hz 1 minuto (kVef)	:	140	50	38
- Tensión resistencia				
onda impulso (kVp)	:	325	150	95
- Frecuencia (Hz)	:	60	60	60
- Neutro	:	Aterrado	Aterrado	Aislado

**c. Distancias mínimas de seguridad (ANSI C37.32, NEMA SG6, IEC)**

Nivel de tensión	60 kV	23 kV	10 kV
------------------	-------	-------	-------

- Distancia mínima entre fases:	2.30 m	1.30 m	0.90 m
- Conductores de fase a partes aterradas	: 0.95 m	0.50 m	0.30 m
- Conductores desnudos de fase y de tierra del personal	: 3.40 m	3.10 m	2.80 m
- Conductores desnudos de fase y la calzada dentro de la Subestación	: 7.00 m	6.70 m	6.10 m

#### d. Capacidad de cortocircuito

La SE Marcona es cola del Sistema Interconectado Centro Norte ello motiva que los niveles máximos de cortocircuito no superen los 10 kA en 60, 23 y 10kV. Siendo estos valores inferiores a los niveles estandarizados de poder de cierre/apertura de los equipos, ellos se dimensionarán con los mínimos valores comerciales de cortocircuito.

#### e. Transformador de potencia

En base al estudio del mercado eléctrico se definió la potencia nominal del transformador. Los niveles de tensión fueron fijados así: 60 kV por estar disponible en la SE Marcona, 23 kV por estar normalizado por el MEM para la electrificación de PSE, ambos devanados 60 y 23 kV en conexión estrella con neutro accesible para ser conectado a tierra lográndose la reducción del aislamiento y la detección fácil de fallas a tierra; y un tercer devanado en 10 kV conexión delta que alimente las cargas cercanas a la SE y elimine en el transformador el efecto de la tercera armónica. El transformador deberá ser dotado de regulación automática bajo carga para obtener en la SE Bella Unión barra regulada en 23 kV.

#### 3.3.3 Arreglo físico y disposición de equipos

Ver plano N° 06 Disposición de Equipos.

##### a. Patio de llaves

En el módulo de llegada de la línea 60 kV Marcona - Bella Unión se considera el uso de estructuras de madera como sistema de pórticos

y barras simples, utilizando los mismos postes y crucetas especificados para la línea de transmisión.

El concepto de diseño del sistema de barras en 23 kV y 10 kV ha sido concebido de manera de obtener una configuración sencilla, que permita abaratar costos en el precio final de la subestación sin perjuicio de la confiabilidad y seguridad del personal.

Las estructuras soporte del sistema de barras en 23/10 kV lo conforman postes y crucetas de madera.

El sistema de barras en 60, 23 y 10 kV estará conformado por conductores de 120 mm<sup>2</sup> de aleación de aluminio similares a los utilizados en la línea en 60 kV Marcona - Bella Unión.

Se prevé además del suministro de cable seco, con sus respectivos terminales unipolares termotráctiles para interconectar el pórtico en 10 kV con la barra existente de la central térmica.

#### **b. Edificio de control**

Se prevé una edificación para albergar los equipos de control, mando, medición y protección de la subestación.

El edificio de control será diseñado teniendo en cuenta la necesidad de proporcionar suficiente espacio para todos los equipos que formen parte del proyecto y los equipos que sean necesarios para expansiones futuras.

El edificio de control será de un solo nivel 75 m<sup>2</sup> aproximadamente, techado con tijerales de madera, las columnas y estructuras serán de concreto armado y contará con los siguientes ambientes:

- Sala de control y mando que alojará a los tableros.
- Sala de baterías y cercana a ella los tableros de servicios auxiliares en corriente alterna y continua.
- Depósito, baños.

#### **3.3.4 Equipamiento previsto**

El equipamiento considerado se muestra en el plano N° 05 Esquema Unifilar y es el siguiente:

**a. Celda de transformación 60 kV :**

Transformador de potencia 60/23/10 kV, YN/yn/d5, ONAN 7/7/2 MVA, ONAF 9/9/2.5 MVA, 60 Hz, montaje exterior, regulación automático bajo carga con transformadores de corriente tipo bushings.

Transformador de tensión capacitivo  $60\div\sqrt{3}/0.1\div\sqrt{3}/0.1$  kV, 50 VA clase 0.5, 50 VA 3P, BIL 325 kV.

Interruptor tripolar en SF<sub>6</sub>, 72.5kV, 1200A, BIL 325kV, mando 110Vdc.

Seccionador de línea 72.5 de línea tipo columna con cuchilla de puesta a tierra, 800 A, BIL 325 kV, mando 110 Vdc.

Pararrayos clase estación, 120 kV, 1000 msnm, 10 kA, óxido de zinc.

**b. Pórticos en 23 kV**

Interruptor tripolar en SF<sub>6</sub>, BIL 150 kV, 630 A, mando 110 Vdc.

Seccionador tipo columna, vertical, de giro central, montaje en cruceta, BIL 150 kV, 630 A, mando 110 Vdc.

Pararrayos clase estación, 21 kV, 1000 msnm, 10 kA, óxido de zinc.

Transformador de corriente 600/5/5 A, BIL 150 kV, 30 VA clase 0.5, 30 VA 5P20.

Transformador de tensión  $23\div\sqrt{3}/0.1\div\sqrt{3}/0.1$  kV, 30 VA clase 0.5, BIL 150 kV.

**c. Pórticos en 10 kV**

Interruptor tripolar en SF<sub>6</sub>, BIL 95 kV, 630 A, mando 110 Vdc.

Seccionador tipo columna, vertical, de giro central, montaje en cruceta, BIL 95 kV, 630 A, mando 110 Vdc.

Pararrayos clase estación, 12 kV, 1000 msnm, 10 kA, óxido de zinc.

Transformador de corriente 600/5/5 A, BIL 95 kV, 30 VA clase 0.5, 30 VA 5P20.

Transformador de tensión  $10\div\sqrt{3}/0.1\div\sqrt{3}/0.1$  kV, 30 VA clase 0.5, BIL 95 kV.

**d. Edificio de control**

Tablero de control y mando: en él se instalarán los equipos de mando, señalización y alarmas, así como el diagrama unifilar de la

subestación.

- Tablero de medición: se instalarán los equipos que permitan medir el consumo en potencia y energía en 60kV y las salidas en 23 y 10kV.
- Tablero de protección: protegerá la línea 60 kV Marcona-Bella Unión, el transformador de potencia y las salidas en 23 y 10 kV.
- Tablero de servicios auxiliares: para los servicios propios de la subestación se instalará un transformador de 50 kVA, 10/0.38-0.22 kV. Además se instalará una fuente de energía de respaldo y operación inmediata constituida por baterías de 110 Vcc.

### **3.4 Celda 60 kV en subestación Marcona**

#### **3.4.1 Ubicación**

La SE Marcona está ubicada dentro del área de concesión de la mina Shougang, al norte del pueblo de Marcona y forma parte del Sistema Interconectado Centro Norte.

#### **3.4.2 Arreglo físico y disposición de equipos**

En la SE Marcona funciona un sistema de doble barra en 60 kV, actualmente cuenta con cuatro salidas 60 kV en servicio, la celda N° 630 da origen a la línea que va a Nazca, esta línea con la proyectada se cruzan en la salida, para evitarlo se reubicará la salida a Nazca a la celda N° 631 (no equipada), para así conectar la línea a Bella Unión a la celda 630, el estudio definitivo deberá incluir la reubicación de la terna que va a Nazca y el equipamiento de la celda 631. Ver plano 04 Planteamiento General y Obras Civiles.

Los trabajos que deben efectuarse en la SE Marcona son:

##### **a. Patio de llaves**

Las estructuras soporte del sistema de barra lo conforman pórticos y montantes de celosía, cadenas de aisladores antifog y conductores de aleación de aluminio. El sistema de pórticos y barras está equipado parcialmente, requiriendo sólo la instalación de los equipos de maniobra en alta tensión, conductores y conectores entre éstos y los aisladores de salida de la línea.

**b. Edificio de control**

Actualmente existe un edificio de control, desde el cual se gobierna y controla el sistema de barras en 220 y 60 kV, allí se alojan los sistemas auxiliares, sistemas de medición, control y mando. En este edificio se ampliará el tablero de medición existente, los sistemas auxiliares en 110 Vcc y el pupitre de control y mando.

**c. Caseta de protección**

Existe una caseta de protección para el sistema de barras y las salidas en 60 kV, en ella se ampliará los tableros de protección para incluir la protección de las líneas a Bella Unión y Nazca.

**3.4.3 Equipamiento de la celda**

En base a lo descrito anteriormente y a lo mostrado en el plano N° 03 Esquema Unifilar, el equipamiento considerado es el siguiente:

**a. Celda N° 631 LT Marcona-Nazca**

Transformador de tensión capacitivo  $60\div\sqrt{3}/0.1\div\sqrt{3}/0.1$  kV, 50 VA clase 0.5, 50 VA 3P, BIL 325 kV.

Transformador de corriente 72.5 kV, 600/5/5 A, BIL 150 kV, 30 VA clase 0.5, 30 VA 5P20.

Interruptor tripolar en SF<sub>6</sub>, 72.5kV, 1200A, BIL 325kV, mando 110Vdc.

Seccionador de línea 72.5 de línea tipo columna con cuchilla de puesta a tierra, 800 A, BIL 325 kV, mando 110 Vdc.

Reubicación la salida de la línea Marcona - Nazca.

**b. Celda N° 630 LT Marcona-Bella Unión**

Conexión de la salida N° 630 con la línea Marcona - Bella Unión.

**c. Edificio de control**

Ampliación pupitre de control y mando, ampliación tablero de medición, tablero de servicios auxiliares 110 Vcc, baterías y cargador rectificador.

**d. Caseta de protección**

Protección LT Marcona-Nazca, protección LT Marcona-Bella Unión.

**CAPITULO IV**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO Y MONTAJE**  
**DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN**

**4.1 Generalidades**

Las especificaciones técnicas de suministro fijan las normas generales a las que deben sujetarse el diseño y la fabricación de los materiales y equipos electromecánicos que se suministrarán en el marco del proyecto. En el apéndice F se muestran las tablas de datos técnicos de suministros.

Las especificaciones técnicas de montaje tienen por objetivo lo siguiente:

Definir el trabajo a ser efectuado por el contratista para la construcción de las obras e instalaciones comprendidas dentro de los alcances del proyecto.

Establecer los requisitos técnicos para la instalación, conexión, pruebas y puesta en operación de los equipos y materiales relacionados con las obras electromecánicas.

**4.1.1 Alcances del suministro**

El suministro incluye el diseño, fabricación, pruebas y embalaje para transporte hasta la zona del proyecto, del equipo y materiales descritos en las presentes especificaciones. Al inicio de las obras el contratista presentará el cronograma detallado de entrega de los materiales y equipos.

**4.1.2 Inspecciones y pruebas**

El contratista coordinará con los fabricantes o los proveedores a fin de dar toda la información necesaria que garantice los materiales suministrados y eventualmente proveerá las facilidades necesarias para permitir que los procesos de fabricación y pruebas se realicen en presencia del supervisor o representante del propietario.

El propietario se reserva el derecho de rechazar o solicitar cambios para todo aquel material o equipo que no cumpla con las normas o con lo estipulado en la oferta.

#### **4.1.3 Transporte**

El contratista será responsable del transporte de todos los equipos, aparatos y materiales, el cual se hará de acuerdo con las disposiciones del contrato y tendrá en cuenta lo indicado en las prescripciones generales de montaje.

Los gastos de transporte, a partir del lugar de entrega de equipos y materiales suministrados por el propietario o de aquellos adquiridos por él, son enteramente de cargo del contratista.

El contratista deberá proveerse de los equipos necesarios y suficientes para las maniobras de carga y descarga de los bultos en los sitios respectivos, tales como grúas, tecles, etc.

#### **4.1.4 Almacenaje y guardianía**

El contratista se encargará de almacenar el equipo en los almacenes designados, antes de su instalación, siendo responsable de cualquier daño o pérdida que sufra el equipo.

Al concluir el trabajo materia del contrato, el contratista efectuará un inventario final bajo la fiscalización del supervisor y devolverá al propietario todos los equipos y materiales sobrantes que no hayan sido utilizados en la construcción de la línea de transmisión.

#### **4.1.5 Plazo de garantía**

Todos los equipos y materiales tendrán una garantía de doce meses contados desde la fecha de puesta en servicio o de aceptación del suministro.

#### **4.1.6 Vicios ocultos**

Cualquier defecto en el equipo o material no detectable en la inspecciones o pruebas, pero que se aprecie dentro del plazo de garantía deberá ser subsanado por el contratista con el cambio de la parte afectada o del equipo. Las partes cambiadas tendrán a su vez un

plazo de garantía contado a partir de su puesta en operación.

## **4.2 Especificaciones técnicas de suministro**

### **4.2.1 Conductores eléctricos y accesorios**

Ver tabla de datos técnicos en los apéndices F1 y F2

#### **a. Normas**

Las normas a ser usadas para el suministro de conductores de aleación de Aluminio, fabricación de los alambres, cableado de conductores, pruebas e inspección y según la versión vigente a la fecha de adquisición, serán las siguientes: ITINTEC 370.221, 370.222, 370.223, 370.225, 370.227 , DGE 019 CA-2/1983 y ASIM B 398, ASIM B 399.

#### **b. Conductor de aleación de aluminio**

Los conductores para la línea de transmisión en 60 kV serán de aleación de Aluminio desnudo tipo engrasado de 120 mm<sup>2</sup>, cableado concéntrico.

#### **c. Grasa de protección**

Para proteger los conductores de aleación de Aluminio contra la corrosión, el cable estará provisto con una grasa especial químicamente estable. Esta grasa deberá resistir a condiciones de contaminación severa, tendrá un alto coeficiente de fricción y también deberá resistir una temperatura permanente de 80 °C sin alteración de sus propiedades.

La grasa de protección de conductores será aplicada sobre los alambres de aleación de aluminio, capa por capa en el momento del cableado.

La grasa deberá cumplir en cualquier caso:

Los números ácido y básico (número de fase y base fuerte) determinado con el método IP-1359/59 del Institute of Petroleum serán inferiores a 0.1 .

La corrosividad será nula.

Contenido de azufre nulo.

- Punto de goteo no menor de 90 °C .
- Ser compatible con otros productos grasas o gelatinosos utilizados en juntas y conexiones.
- Absorción de agua nula.
- Mantener características inalterables al ser calentado 200 °C por encima del punto de goteo durante 168 horas.
- Las pérdidas de evaporación serán mínimas durante ciclos prolongados de sobrecarga térmica.

**d. Manguitos de empalme y reparación**

Serán del tipo compresión, con resistencia a la tracción no menor al 100% de la carga de rotura del conductor. La conductibilidad eléctrica y la capacidad de corriente del empalme realizado no debe ser menor a la del conductor.

**e. Pasta para la aplicación de empalmes**

El suministro indicado en el párrafo anterior, incluirá la cantidad de pasta necesaria para su aplicación al ejecutar el empalme, la misma que deberá venir envasada.

**f. Varillas de armar**

Serán de aleación de aluminio para asegurar la protección eléctrica y mecánica de los conductores en las grapas de suspensión y ángulo.

**g. Pruebas**

El fabricante deberá entregar los protocolos de pruebas, modalidad de las mismas, formatos de resultados, fechas, etc. de las siguientes pruebas: composición del material, Medida del peso, diámetro y control de las superficie de los alambres y del conductor cableado, resistencia mecánica (carga de rotura), elongación, resistividad eléctrica a 20 ° C.

**h. Embalaje**

El suministro del conductor se hará en carretes de madera de construcción robusta, libre de clavos que puedan dañar el material, pintados externa e internamente, llevarán alrededor del cilindro una

capa de papel a prueba de agua y otro protegiendo el enrollado exterior.

Para el embalaje de los materiales accesorios se usará cajas de madera, acondicionadas convenientemente, de tal forma que, su contenido no sufra daño alguno durante el manipuleo y transporte.

#### **4.2.2 Aisladores**

Ver tabla de datos técnicos en el apéndice F3.

##### **a. Normas**

El material cubierto por estas especificaciones cumplirá con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha de adquisición: ANSI C29.1 Test Methods for Electric Power Insulators, ANSI C29.2 Wet Process Porcelain Insulators (suspension Type) y ANSI C68.1 Measurement of Voltage in Dielectric Test.

##### **b. Características**

Los aisladores serán de suspensión del tipo ANSI clase 52-3 antineblina de porcelana o de vidrio templado.

Las partes metálicas serán galvanizadas en caliente de conformidad a las normas vigentes ASTM, mientras que el pasador de bloqueo será de acero galvanizado.

##### **c. Inspección y embalaje**

Se inspeccionará una muestra representativa, verificando dimensiones, pesos, control de la superficie y otros que el propietario considere convenientes. El embalaje de los aisladores se hará en jabs de madera con los aditamentos necesarios para garantizar la integridad de los aisladores durante el transporte hasta el lugar de destino.

#### **4.2.3 Accesorios para aisladores y contrapesos**

Ver tabla de datos técnicos en el apéndice F4.

##### **a. Normas**

El material cubierto por esta especificación cumplirá con lo

prescrito en las normas ASTM A7, ASTM A153, ASTM B6, ASTM B201, en cuanto le sea aplicable.

**b. Características de los accesorios de aisladores y contrapesos**

Las grapas no permitirán ningún deslizamiento ni deformación o daño al conductor activo. Asimismo ningún accesorio o pieza atravesada por corriente eléctrica, deberá alcanzar una temperatura superior al conductor respectivo.

Los accesorios de los aisladores que se utilizan son:

Grillete recto

Adaptador anillo-bola

Adaptador casquillo - ojo

Grapa de anclaje de aluminio tipo compresión.

Grapa de suspensión de aluminio, apropiadas para conductor de 120 mm<sup>2</sup> a instalarse con varilla de armar.

La resistencia mecánica de estos componentes será concordante con el del aislador (8000 kg) y sus dimensiones acordes con el tipo de acoplamiento.

Sus diferentes componentes serán fabricados de hierro dúctil o maleable, galvanizado en caliente de acuerdo a las normas ASTM. Los pasadores de bloqueo serán de acero inoxidable.

**c. Pruebas**

Todas las muestras elegidas al azar entre las piezas sujetas a pruebas, serán sometidas a inspección y control de dimensiones. Se realizará la prueba mecánica y prueba de calentamiento a un conjunto de anclaje representativo de las muestras inspeccionadas aprobadas, mediante métodos y procedimientos acordados con anterioridad entre el propietario, proveedor y contratista.

**d. Soporte de contrapesos**

Será del tipo perno pasante, fabricado de acero y galvanizado en caliente. Su longitud será suficiente para sostener tres pesas de 25 kg cada una.

**e. Contrapesos de 25 kg**

Serán de forma cilíndrica de diámetro máximo de 8" y 25 kg de peso, fabricados de acero y galvanizados en caliente. Serán de tipo anticorona; es decir con bordes redondeados y con ocultamiento de las terminaciones del estribo (hilos y tuercas). Tendrá una perforación central (11/16"  $\phi$ ) por la cuál será introducido y fijado el soporte respectivo.

**4.2.4 Postes y Crucetas de madera**

Ver tabla de datos técnicos en los apéndices F5 y F6.

**a. Normas**

El material cubierto por estas especificaciones cumplirá con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha de adquisición: ITINTEC 251.021 al 251.027 , DGE 015-PD-1 y BRITISH STANDARD BS 1990, BS 144 y BS 913

**b. Descripción**

Los postes serán de madera tratada de la especie Pino y sus características principales serán: poste de 55 y 60 pies de longitud, clase 3, fuerza en la punta de 1360 kg, preservante solución de creosota y alquitrán de hulla inyectado a presión.

Las crucetas serán de madera tratada de la especie tornillo, llevarán perforaciones adecuadas para los pernos de fijación al poste y para los elementos de sujeción de los aisladores. Tendrán las dimensiones siguientes:

Cruceta de 5"x6 1/2"x 3m: Utilizada en estructuras tipo S y tipo R

Cruceta de 6" x 8" x 3m : Utilizada en estructuras tipo S y tipo R.

Cruceta de 6" x 8" x 6m : Utilizada en estructura especial tipo H, para el cruce de la terna en 60 kV existente en la mina Marcona.

**c. Diseño y fabricación de las crucetas**

Las crucetas estarán fabricadas a partir del duramen de la madera del árbol y por lo tanto serán rechazadas las piezas que presenten parte de la corteza. El contenido de humedad no será mayor de

20%.Dicho porcentaje será calculado en base al peso seco de muestras.

Las crucetas serán convenientemente escuadradas y rectas. Se admitirá una flecha máxima o deformación por alabeo, igual a una centésima parte de la longitud, cuando la pieza está curvada. La tolerancia en el encuadrado será no mayor al 3% del ancho de la sección.

No se admitirán rajaduras internas o externas, ni astilladuras, ni nudo. Estarán libres además de falsa albura o lunación, de falso corazón o "acebollado".

Antes de ser tratadas con preservantes deberán cepillarse, ranurarse y perforarse, de acuerdo a los requerimientos del diseño. Para el tratamiento de las crucetas se utilizarán sales hidrosolubles a base de cromo, cobre y boro, o cobre arsénico y solución amoniacal, o cobre, cromo y arsénico (sales CCA o CCB) según las prescripciones de la norma INTITEC 251.027.

Las crucetas deberán estar provistas de los agujeros necesarios según se indica en planos para cada tipo solicitado. Estos serán perforados antes del tratamiento.

**d. Inspecciones y pruebas**

El proveedor efectuará como mínimo las pruebas siguientes:

- Inspección visual, comprende la verificación del estado general, incluyendo la comprobación del tratamiento preservante.
- Verificación de dimensiones, incluye la determinación de la longitud total, la determinación de las secciones y ubicación de las perforaciones.
- Pruebas de carga, sobre los postes que hubieran cumplido con las pruebas anteriores se efectuará el ensayo de carga.
- Prueba de rotura, será aplicada sobre los postes que hubieran cumplido satisfactoriamente la prueba de carga, la cantidad será determinada por acuerdo entre el propietario y el contratista.

**e. Embalaje y transporte**

En el manejo de los materiales, deberá tenerse mucho cuidado para prevenir daños. No podrán ser usados ganchos, tenazas, ni cualquier otro utensilio con puntas que puedan producir daños y en todo caso, se debe evitar que los implementos empleados puedan reducir el material. No deberán ser arrastrados por el suelo.

**4.2.5 Ferretería de estructuras**

Ver tabla de datos técnicos en el apéndice F7.

**a. Normas aplicables**

El material cubierto por estas especificaciones cumplirá con las prescripciones de las siguientes normas, en donde sea aplicable, según la versión vigente en la fecha de la convocatoria o licitación.

ANSI B18.2.1	Square & Hex Bolts and Screws Inch Series.
ANSI B18.2.2	Square & Hex Nuts.
ANSI C135.1	Bolts and Nuts for Overhead Line Construction, Galvanized Steel.
ASTM A 36	Spec. for Structural Steel.
ASTM A 47	Spec. for Ferritic Malleable Iron Castings.
ASTM A 90	Test Methods for Weight of Coating on Zinc Coated (Galvanized) Iron and Steel Articles.
ASTM A 120	Specifications for Black and Hot-Dipped Zinc-Coated Welded and Seamless Steel Pipe for Ordinary Use.
ASTM A 123	Zinc ( Hot Galvanized ) Coatings on Structural Steel Shapes, Plates and Bars and their Products.
ASTM A 153	Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.
ASTM A 307	Specifications for Carbon Steel Externally Threaded Standard Fasteners.
ASTM B 6	Specification for Zinc (Slab Zinc).

**b. Corte**

Durante la fabricación, los perfiles, platinas, etc., deberán ser

cortados con guía o plantilla y podrán ser cizallados o aserrados. Toda la rebaba del metal será cuidadosamente eliminada. Todos los cortes deberán ser perfectamente rectos y lisos.

**c. Doblado**

Cuando perfiles y platinas necesiten ser doblados, se realizará en caliente. Donde por razones particulares los elementos serán doblados en frío, el material será posteriormente aliviado de tensiones mediante tratamiento térmico.

**d. Perforaciones**

Los materiales tendrán todas sus perforaciones hechas en el taller, de manera que no sea necesario hacer ninguna perforación en el sitio para añadir cualquier elemento a los ensambles.

**e. Tolerancias**

La máxima tolerancia admisible en la longitud de corte de las piezas, será de 1/16 pulg. La diferencia máxima admisible entre el diámetro de la perforación y el diámetro del perno será 1/16".

Las máximas tolerancias admisibles en la posición mutua de dos agujeros serán las siguientes

En el mismo extremo del perfil  $\pm 1/32$  pulg.

Entre extremos opuestos al perfil  $\pm 1/16$  pulg.

**f. Soldaduras**

No está permitido el uso de soldadura en ningún punto de los materiales individuales de ferretería.

**g. Galvanización**

Se realizará en conformidad con las normas ASTM A123, A153 y A394, según corresponda. Los perfiles galvanizados doblados en caliente o con tratamiento térmico posterior al doblado, serán re-galvanizados a fin de reponer el zinc quemado.

**h. Retoques**

Si algún proceso descubriera el galvanizado, el material deberá ser retocado con un sistema de pintura adecuado para el servicio de la

pieza. El espesor mínimo del sistema de pintura será 4 mils.

**1. Supervisión**

El propietario verificará la calidad del producto a través de la supervisión. El contratista y sus proveedores o fabricantes permitirán el acceso a todas sus instalaciones para el cometido. Los reportes de control de calidad elaborados por el fabricante deberán ser aprobados por la supervisión. Es necesaria la aprobación final del supervisor a fin de liberar el material para despacho.

**j. Montaje en blanco**

A fin de controlar la calidad de la elaboración, un prototipo completo de cada tipo de ensamble será ensamblado en presencia de la supervisión, en el taller del fabricante antes de empezar la fabricación. Todas las partes deberán ajustar exactamente con las otras correspondientes sin necesitar ningún otro accesorio.

**k. Pruebas a efectuarse**

Cada lote de material pasará las siguientes pruebas:

Prueba dimensional (cotas ,gramiles, agujeros, etc)

Prueba de galvanización, norma ASTM A 90.

Prueba de pintura de retoques.

Prueba de montaje en blanco

**l. Embalaje y transporte**

Todos los materiales de ferretería se transportarán desarmadas para ser ensamblados en el campo. Los perfiles y platinas serán agrupados en atados, de modo que los paquetes individuales no pesen más de 300 lb (136 kg), y se asegurarán adecuadamente con flejes galvanizados u otro material adecuado, que no dañe las piezas.

Cada atado deberá ser marcado adecuadamente con etiquetas resistentes y a prueba de agua, indicando tipo de material, cantidad y número del paquete.

Las piezas pequeñas se empacarán en cajas suficientemente fuertes para soportar el manipuleo y evitar daños durante el transporte. El

peso bruto no deberá exceder las 300 lbs (136 kgs). No más de un tipo de pieza será contenido en caja.

El contratista presentará al propietario, copias reproducibles de una lista maestra de paquetes que indique el contenido de cada atado, caja o bulto.

#### **4.2.6 Retenidas y accesorios**

Ver tabla de datos técnicos en el apéndice F8.

##### **a. Normas aplicables**

Se cumplirá con las prescripciones de las siguientes normas, en donde sea aplicable, según su versión vigente en la fecha de la convocatoria a licitación.

ANSI B18.2.1 Square & Hex Bolts and Screws Inch Series.

ANSI B18.2.2 Square & Hex Nuts.

ASTM A 90 Test Methods for Weight of Coating on Zinc Coated (Galvanized) Iron and Steel Articles.

ASTM A 123 Zinc ( Hot Galvanized ) Coatings on Structural Steel Shapes, Plates and Bars and Their Products.

ASTM A 153 Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.

ASTM B 6 Specification for Zinc (Slab Zinc).

##### **b. Cable para retenida.**

Estará formado por alambres de acero galvanizado, del mismo grado y calidad. El diámetro de los alambres en el cable, tendrá una variación permisible de + 0.1 mm ó - 0.05 mm del diámetro nominal especificado.

Cuando muestras de alambres del cable sean sometidos a torsión, éstos deberán soportar sin romperse un número equivalente de vueltas no menor de 20 en una longitud de 100 veces el diámetro nominal del hilo.

Las muestras sometidas bajo esta prueba no revelarán fisuras ni imperfecciones en su superficie exterior, siendo las características mínimas, las siguientes:

El cableado de los alambres tenderá a permanecer en esa posición cuando el cable sea cortado en cualquier punto y permitirá recablearlo a mano cuando sean forzados a salir de su posición normal en el extremo del cable.

El cable libre de imperfecciones será cableado en el sentido de la mano izquierda y el paso del cable será de 10 a 20 veces el diámetro nominal del cable.

**c. Mordaza preformada.**

Será del tipo varillas de armar preformada de acero galvanizado de 7/16"  $\phi$ , y se utilizará para sujetar el cable de retenida con guardacabo a la varilla de anclaje. Deberá ser capaz de soportar como mínimo el 100% de carga de rotura de dicho cable.

**d. Guardacabo.**

Será fabricado de plancha de acero de 1" de ancho con un espesor mínimo de 0.095" y galvanizado en caliente. Presentará un acabado liso sin porosidades, el canal será adecuado para albergar el cable para viento con amarre preformado.

**e. Varilla de anclaje.**

Será de acero galvanizado en caliente. Presentará las siguientes características: esfuerzo de rotura a tracción 6,960 kg, diámetro nominal 5/8", longitud 2.4 m. El roscado de hará de acuerdo a normas ANSI, serie de rosca gruesa, clase 2, con longitud mínima de 30 cm. Vendrá provisto de una tuerca y contratuerca cuadrada adecuadas del mismo material, además de una arandela plana cuadrada de dimensiones 4" x 4" x 1/2" espesor, con un agujero central de  $\phi$  11/16.

**f. Bloque de anclaje**

Será de concreto armado ( $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) y medirá 0.3 x 0.3 x 1.5 metros. Estará provisto de una agujero central para el perno o varilla de anclaje.

**g. Abrazadera.**

Será del tipo "Heavy pole band", de acero SAE o equivalente

galvanizado en caliente (650 gr/m<sup>2</sup>) e irá sujetado a la estructura mediante pernos, tuercas y contratueras, permitiendo el adecuado alojamiento del guardacabo.

**h. Embalaje y transporte**

Será responsabilidad del contratista la entrega del material, protegiéndola de cualquier maltrato durante el embalaje, transporte y manipuleo.

**4.2.7 Sistema de puesta a tierra**

Ver tabla de datos técnicos en el apéndice F9 en donde se especifican el conductor de cobre, conductor de Copperweld, etc.

**a. Normas aplicables**

Las normas usadas para el suministro del conductor de tierra, varillas, conductores de bajada, herramientas y accesorios, son las correspondientes a las Normas ASTM (Metales No-Ferrosos) o ASTM A153 Zinc Coating (Hot Dip) on Iron and Steel Hardware, así como también las normas INTITEC 370.042, 370.221, 370.222; ASTM B5-80 y MEM/DGE 019-CA-2/1983.

**b. Cable de puesta a tierra**

Será de alma de acero con recubrimiento de cobre tipo copperweld, calibre # 2 AWG, y 30% de conductividad.

**c. Varillas**

Será de copperweld de 5/8" de diámetro y 8 pies de longitud.

**d. Conexión varilla-cable y cable-cable**

La conexión se efectuará en el primer caso con conectores tipo empernado (el que se suministra junto a la varilla de copperweld); y en el caso de conexión cable-cable, se hará uso de los conectores de doble vía.

**e. Conductor de bajada de tierra**

Será de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección y unirá los ensambles de ferretería de estructuras, de sujeción de aisladores y cables de guarda, con las puestas a tierra.

Los conductores serán de temple blando, formados por alambres de cobre electrolítico de 99.9% de pureza. El cableado será concéntrico, en el sentido de la mano derecha, formando capas sucesivas y de paso helicoidal.

**f. Grapas de fijación de conductor**

Serán de tipo "U", de 1-1/4" de longitud x 1/4" de abertura x 0.114" de espesor, fabricadas de un material apropiado para fijar el conductor de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de bajada de tierra a los postes y crucetas de madera tratada.

**4.3 Especificaciones técnicas de montaje**

**4.3.1 Condiciones generales para el montaje electromecánico**

**a. Alcances de los trabajos de montaje**

Las actividades de montaje comprenden todos los trabajos necesarios para entregar una instalación completa y funcionando a satisfacción del propietario.

**b. Planos conforme a obra**

Al término de la obra, el contratista hará entrega al propietario de todos los planos utilizados en la ejecución, así como de la ingeniería de detalle con todos los planos actualizados, los cuales deben estar plenamente concordados con los trabajos realizados en el sitio de la obra. dicha entrega, se hará en original y dos copias refrendadas por los profesionales responsables del contratista, y será realizada tan pronto como concluya el período de operación experimental del proyecto.

**c. Programa de trabajo**

El contratista entregará al propietario una vez firmado el contrato y antes del inicio de la obra, un diagrama PERT-CPM de todas las actividades a desarrollarse con inclusión del personal participante y el tiempo que demandará. Este diagrama será lo más detallado posible, tendrá estrecha relación con las partidas del presupuesto y el cronograma valorizado y aprobado al contratista.

**d. Dirección técnica del contratista**

El contratista mantendrá, durante todo el tiempo que demande la ejecución de la obra, un ingeniero electricista o mecánico-electricista colegiado (colegiatura vigente) como residente, quién tendrá a su cargo la dirección técnica de la obra de acuerdo a lo estipulado contractualmente.

**4.3.2 Replanteo topográfico**

El replanteo topográfico de la ubicación de las estructuras de la línea será hecho por el contratista.

En todas las partes donde por variaciones del trazado debido a fallas de correspondencia del levantamiento se verifique la necesidad de introducir variaciones con respecto a lo indicado en los planos entregados al contratista, él mismo deberá elaborar y proveer los planos que sustituyen a aquellos entregados, sin costo adicional para el propietario. Dichos planos deberán tener características de acuerdo a la de los planos entregados y aprobados por la supervisión.

Para cada sección de la obra, el contratista llevará a cabo un replanteo del trazado, marcando la posición de cada estructura por una señal visible y efectuando los levantamientos necesarios para determinar los eventuales desniveles entre los postes de cada estructura y el tipo de cimentación más adecuado, como lo indicado en las especificaciones correspondientes.

El contratista someterá a la aprobación de la supervisión la planilla de estructuras replanteadas, indicando el tipo de cimentación propuesto en cada una de las estructuras.

A lo largo del eje longitudinal de las líneas, las estructuras serán centradas a satisfacción del supervisor. Al controlar el alineamiento de las estructuras utilizando el teodolito, el centro de cualquier estructura no deberá estar a más de 5 cm del eje de las líneas.

El replanteo topográfico se medirá y pagará por kilómetro de línea medido sobre la proyección horizontal. Se incluye en el pago:

determinación del desnivel de los postes del armado, elaboración de las secciones diagonales, definición de cortes, elaboración y entrega de planos de servidumbre, identificación de propietarios, elaboración y entrega de planos de replanteo.

#### **4.3.3 Gestión de servidumbre**

La gestión para la obtención de los derechos de Servidumbre y de paso, será realizada por el contratista, quién preparará toda la documentación a fin que el propietario, previa aprobación de la supervisión proceda al pago de los derechos e indemnizaciones correspondientes.

##### **a. Cruce de servicios públicos**

Antes de comenzar el tendido de los conductores a lo largo o transversalmente a líneas eléctricas, líneas de telecomunicaciones, carreteras o ferrocarriles; el contratista deberá notificar a las autoridades competentes de la fecha y duración de los trabajos previstos.

##### **b. Limpieza de franja de servidumbre**

Donde la ruta no vaya por una zona despejada, será llevado a cabo el despeje de todos los árboles y arbustos. Dichos árboles y arbustos serán talados por el contratista después de obtener el permiso de los propietarios.

Los árboles y arbustos serán cortados a una altura no mayor de un metro del nivel del suelo. Todos los árboles y arbustos caídos serán removidos de una faja de 12 m a cada lado del eje central de la línea.

##### **c. Daños a propietarios**

El contratista tomará todas las precauciones para evitar el paso por propiedades públicas y privadas y asegurará que su personal esté apropiadamente supervisado e instruido para tal fin.

##### **d. Medición y pago**

La gestión y limpieza de la franja de servidumbre será medida como

una suma global y cancelada según el avance por kilómetro de línea en proyección horizontal.

#### 4.3.4 Caminos de acceso

El contratista deberá definir, en los plazos fijados en los documentos contractuales, los caminos que se requiera construir o mejorar para el acceso al punto de ubicación de las estructuras, según los planos de distribución de estructuras y planillas correspondientes.

El contratista someterá a la aprobación de la supervisión el trazo de los caminos de acceso propuestos, pudiendo la supervisión disponer la variación del trazo en ciertos tramos o la construcción de caminos adicionales, en cuyo caso se reconocerán proporcionalmente a las mayores longitudes, los mayores costos, según los precios unitarios definidos en el contrato.

Los caminos se clasificarán, según la configuración del terreno, como sigue:

- Terreno normal : inclinación comprendida entre 0° y 10°
- Terreno ondulado : inclinación comprendida entre 10° y 30°
- Terreno accidentado: inclinación mayor de 30°

La construcción de los caminos de acceso se hará de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Ancho de la superficie de rodadura : 3.0 m
- Bermas : 0.5 m
- Radio mínimo : 15.0 m
- Pendiente máxima : 12%

En los tramos de excavación en roca, se colocará una capa de material granular de un espesor mínimo de 0.10 m, a fin de cubrir las asperezas que resulten de la utilización de explosivos. En los terrenos sueltos se mejorará la superficie mediante limpieza, nivelación y/o lastrado para facilitar el tránsito de vehículos sin doble tracción.

Esta actividad se medirá y pagará por tipo y kilómetro de camino de acceso.

#### 4.3.5 Campamentos

De acuerdo a lo estipulado en los documentos contractuales, el contratista proveerá de los campamentos requeridos que permitan tanto al contratista como a la supervisión del propietario, el adecuado desarrollo de sus actividades. Dichos campamentos incluirán:

- Alojamiento para personal.
- Alojamiento para la supervisión
- Oficinas de administración.
- Oficinas para la supervisión
- Almacenes de equipos y materiales.
- Botiquín de primeros auxilios.
- Servicios higiénicos.
- Servicios auxiliares.
- Salarios de los empleados administrativos

Medición y pago. Se ha considerado una suma global para cada uno de los siguientes conceptos :

- Costo de instalación que será pagado cuando se concluya la instalación de los campamentos.
- Costo de operación : pagado mensualmente proporcional a los meses previstos de duración de la obra.

#### 4.3.6 Estudio geológico geotécnico

El estudio geotécnico y geológico está directamente vinculado con los criterios de diseño y verificación de las cimentaciones que hará uso el contratista.

El contratista ejecutará los mencionados estudios debiendo presentar los resultados y conclusiones en un informe de estudio geotécnico. En dicho informe deberán estar definidos los tipos de suelo y las características de los mismos, tales como capacidad portante, ángulo de talud, peso específico y otros que servirán para definir los tipos de cimentación de las estructuras, cuyos diseños corren a cargo del contratista.

**a. Geomorfología**

El tramo que corresponde a esta línea cruza en su mayor parte por terrenos de topografía llana y en menor proporción por terrenos de topografía relativamente accidentada.

**b. Geología de superficie: tipos de rocas-suelos**

La inspección de campo permitirá seleccionar muestras de rocas frescas y alteradas, y suelos disturbados e inalterados.

**c. Geología del sub-suelo y ubicación de estructuras**

A lo largo del trazo se proyectará la ubicación de las estructuras y vértices monumentados.

**d. Estudio de suelos**

El objeto del estudio es conocer las características físicas y mecánicas del sub-suelo, establecer los parámetros de resistencia que nos determinen la capacidad portante de las zonas donde se instalarán las estructuras.

**e. Trabajos de campo**

Excavaciones-calicatas: La exploración del subsuelo se efectuará mediante excavaciones a cielo abierto (calicatas), ubicadas a lo largo de la ruta en las zonas donde se instalarán las estructuras. La profundidad de las excavaciones varían entre 1 y 2.5 metros.

Pruebas in situ: Se efectuarán pruebas de densidad natural en todas las calicatas mediante el método del "Cono de arena".

Muestreo: Se tomarán muestras disturbadas e inalteradas representativas en las calicatas, las cuales serán trasladadas al laboratorio en cantidad suficiente para la realización de los ensayos standard y especiales correspondientes.

**f. Ensayos de laboratorio**

Según métodos standard se realizarán los ensayos de: límite líquido (LL), límite plástico (LP), contenido de humedad (%W), análisis granulométrico, peso específico de muestras de roca (Sr), densidad suelo seco máxima, densidad suelo seco mínima, ensayo de compresión

simple (ECS), densidad relativa (Dr), consistencia relativa (Cr), resistencia a la compresión simple (qu),

**g. Materiales de construcción**

En base a una inspección geológica, se ubicarán las canteras de materiales de construcción que se encuentren a lo largo del trazo de la línea de transmisión.

**h. Medición y pago**

El postor incluirá en su oferta el costo global de estos estudios, realizando cuando menos 10 puntos de investigación los cuales serán pagados como una suma individual por punto explorado.

**4.3.7 Excavación, erección y cimentación de estructuras**

Es responsabilidad del contratista verificar que la capacidad de carga del suelo sea compatible con el tipo de cimentación previsto, además proporcionará a la supervisión los análisis de suelos y cálculos de capacidad de carga respectivos para su revisión y aprobación correspondiente. La modificación del tipo de cimentación se efectuará solo con la aprobación de la supervisión.

**a. Excavaciones**

Los trabajos de excavación serán llevados a cabo con el máximo cuidado y utilizando los métodos y equipos más adecuados a cada tipo de terreno, con el fin de no alterar la cohesión natural del terreno y/o de la roca y reduciendo al mínimo el volumen del terreno afectado por la excavación alrededor de la fundación. El contratista deberá tomar todas las precauciones posibles y usar los métodos de excavación más adecuados para evitar sobreexcavaciones.

Se considera terreno rocoso cuando sea necesario el uso de explosivos para realizar tal excavación. En el resto de los casos se considera como terreno compacto.

**b. Taludes**

El contratista determinará para cada ubicación de soporte los taludes de excavación mínimos necesarios, y de proporcionar todo el

material para asegurar la estabilidad de las paredes de la excavación.

**c. Dimensiones de la excavación**

El volumen de la excavación será el mínimo compatible con la estabilidad de las paredes. En los casos en que el contratista, por el uso de máquinas, por comodidad, equivocación o descuido, efectuara excavaciones en dimensiones mayores a las requeridas, no percibirá pago adicional por dicho concepto.

**d. Profundidad de la excavación**

La profundidad teórica de las cimentaciones será respetada, a fin de asegurar la estabilidad al arrancamiento. No se admitirá una mayor profundidad a la estrictamente necesaria para colocar la base de la cimentación.

**e. Tipos de relleno**

Relleno impermeable : Material consistente en una mezcla natural de grava fina, arena, limo, arcilla, colocada en capas y compactada con equipo.

Relleno de arena grava (filtros) : Arena y grava colocadas en capas y compactadas con equipo usada como material de drenaje.

Relleno de tierra : Material seleccionado colocado en capas y compactado con equipo.

**f. Líneas y rasantes**

Las superficies definitivas de los rellenos deberán corresponder a lo mostrado en los planos preparados por el contratista. Los taludes expuestos a la vista deberá presentar una superficie uniforme, de apariencia agradable.

**g. Preparación del terreno para cimentación**

Todas las superficies sobre las cuales vaya a colocarse material de relleno, deberán nivelarse y compactarse. Las superficies deberán estar libres de agua estancada o corriente y deberán humedecerse y secar según se ordene.

#### **h. Medición y pago por unidad de poste**

Las excavaciones, erección y cimentación serán medidos por unidad de postes de madera, de acuerdo a la longitud de la estructura y tipo de terreno encontrado. Los precios unitarios deben incluir los siguientes conceptos, sin ser limitativos :

- Diseño de las cimentaciones (Las dimensiones entregadas en las láminas de detalles son referenciales)
- Excavación en terreno suelto, compacto o terreno rocoso, se pagará por metro cúbico.
- Erección y nivelado del poste de madera.
- Relleno y compactado para poste de madera, se pagará por metro cúbico.

#### **4.3.8 Montaje de estructuras**

##### **a. Prescripciones generales**

Las estructuras serán montadas de acuerdo al método propuesto por el contratista y aprobado por la supervisión. Cualquiera sea el método de montaje, es imprescindible: evitar esfuerzos excesivos en los elementos de la estructura particularmente en aquellas que se levantan ya ensambladas.

Todas las superficies de acero a ensamblarse, antes de empernarlas serán concienzudamente limpiadas y toda mugre o moho acumulado durante el transporte y almacenamiento será cuidadosamente removida de las superficies galvanizadas antes de comenzar el montaje.

##### **b. Ejecución del montaje**

Para cada sección de la línea, el montaje de las estructuras en las excavaciones comenzará solamente después de la autorización escrita del supervisor.

En el montaje de los armados, los pernos de posición vertical deberán ponerse con la cabeza hacia arriba. Los pernos de posición horizontal deberán ponerse con la cabeza hacia el interior de la estructura.

**c. Subsanación de daños a las piezas**

Las partes ligeramente curvadas, torcidas o de otra manera dañadas durante la manipulación serán enderezadas por el contratista empleando recursos aprobados, los cuales no dañarán el galvanizado y serán presentados a la supervisión para la inspección y aceptación o rechazo.

Daños mayores a la galvanización serán causa suficiente para rechazar la pieza afectada. Daños menores en el galvanizado serán reparados retocando con pintura especial antes de aplicar la protección adicional contra la corrosión.

**d. Tolerancias y ajustes**

Todas las estructuras deberán estar verticales y bajo los esfuerzos producidos por las líneas aéreas terminadas y las tolerancias siguientes no serán sobrepasadas en una estructura completamente montada, antes y después del tendido de los conductores:

- Verticalidad : 1/480 Ht
- Alineamiento :  $\pm 5$  cm
- Orientación :  $1/2^\circ$
- Desviación de crucetas : 1/200 Dem.

Ht : Altura total

Dem : Distancia eje-extremo

El ajuste final de todos los pernos será cuidadosa y sistemáticamente llevado a cabo, después del montaje de los armados, por una cuadrilla especial.

**e. Control final**

Después del montaje, cada estructura será revisada cuidadosamente con el fin de controlar tanto el estado de la superficie de las estructuras, como el adecuado ajuste de tuercas y contratuercas. Además se procederá a limpiar cuidadosamente los ensambles, conforme a las instrucciones de la supervisión. Asimismo se determinará la verticalidad y alineamiento de la estructura.

**f. Medida y pago**

Será por cada tipo de armado, incluido los ensambles correspondientes para cada tipo de estructura. El precio unitario por el montaje de cada estructura de madera, incluirá el montaje de las crucetas, ferretería de estructuras, la bajada de puesta a tierra, la instalación y provisión de las placas de numeración, señalización y aviso de peligro.

**4.3.9 Puestas a tierra**

Están conformadas por las conexiones a tierra de cada uno de los postes y estructuras a través del conductor copperweld # 2 AWG y la jabalina copperweld 5/8"Ø x 2.4 m de longitud.

En ocasión de realizar el replanteo topográfico se realizará la medición de la resistividad del terreno en cada una de las ubicaciones de las estructuras, utilizando para el caso formatos adecuados previamente aprobados por la supervisión, en el que se anotará además las condiciones del terreno y de la superficie. En base a los resultado de la resistividad se elegirá el tipo de puesta a tierra a instalar.

Elegido el tipo de puesta a tierra se efectuará la excavación de las zanjas, la colocación de los contrapesos y el relleno compactado de las zanjas, con material apropiado proveniente de la excavación o de préstamo.

En presencia del supervisor, el contratista medirá la resistencia de la tierra de cada soporte eléctricamente puesto a tierra, de acuerdo a normas internacionales se deberá lograr 10 ohm para estructuras ubicadas en zonas urbanas transitables, 25 ohm para estructuras ubicadas en zonas poco transitables y 50 ohm en zonas despobladas. En base a los resultados obtenidos, la supervisión notificará al contratista si la resistencia a tierra debe ser mejorada, en cuyo caso el contratista colocará elementos adicionales de puesta a tierra en conformidad con las instrucciones de la supervisión.

Las planillas empleadas para registrar las pruebas de resistividad

del terreno contendrán además, los valores de resistencia de puesta a tierra, elementos utilizados y cantidad de los mismos.

La medición y pago del sistema de puesta a tierra se hará conforme a la longitud instalada de conductor copperweld 2 AWG y número de jabalinas copperweld de 5/8"  $\phi$  x 2.4 m de longitud. El precio unitario para cada concepto incluirá las excavaciones, instalación de electrodos y rellenos correspondientes.

#### **4.3.10 Montaje de retenidas**

Las retenidas se instalarán antes de efectuarse el tendido de los conductores. Su ubicación y orientación se realizará como se indica en los planos del proyecto, teniendo en cuenta que estarán en línea recta con la tracción y tal como se especifica en el detalle de las retenidas.

Primero se fijará la varilla de anclaje con su respectivo bloque de anclaje, a continuación se instalará el cable para finalmente templarse el cable en forma inicial. De proponerse otra forma de instalación, ella deberá contar con la aprobación escrita de la supervisión.

Una vez que se haya ejecutado el templado de los conductores, estas retenidas se templarán en forma definitiva.

La medición y pago se efectuará por unidad de retenida y por unidad de varilla de anclaje.

#### **4.3.11 Montaje de conductores**

##### **a. Prescripciones generales**

El desenrollado, el tendido y la regulación de las flechas de los conductores serán llevados a cabo de acuerdo a los métodos propuestos por el contratista, y aprobados por la supervisión. Estos métodos serán tales como para impedir esfuerzos excesivos y daños a los conductores, estructuras, aisladores y demás partes de la línea.

Todos los equipos completos con accesorios y repuestos, propuestos para el tendido, serán sometidos por el contratista a la inspección

y aprobación de la supervisión.

El trabajo de tendido y regulación de los conductores serán suspendidos si el viento en el terreno alcanza una velocidad tal que los esfuerzos impuestos a las diversas partes de la obra, sobrepasan los esfuerzos correspondientes a la condición de carga normal.

**b. Criterios generales para la manipulación de los conductores**

Los conductores serán manipulados con el máximo cuidado a fin de evitar cualquier daño en su superficie exterior o disminución de la adherencia entre los alambres y las capas.

Los conductores serán continuamente mantenidos separados del terreno, árboles, vegetación, zanjas, estructuras y otros obstáculos durante todas las operaciones de desenrollado y tendido. A tal fin, el tendido de los conductores se efectuará por un método de freno mecánico aprobado por la supervisión.

**c. Grapas y Mordazas**

Las grapas y mordazas empleadas en el montaje serán de un diseño aprobado tal como para evitar movimientos relativos de los alambres y/o capas de los conductores, a menos que se fijen en los extremos de los conductores a ser posteriormente cortados.

Las mordazas que se fijan en los conductores, en puntos que quedarán en la línea, serán del tipo de mandíbulas paralelas con superficies de contacto alisadas y rectas. Su largo debe permitir al conductor ser tendido sin doblar ni dañar los cables.

**d. Poleas**

Para las operaciones de desenrollado se utilizarán poleas en cojinetes de rodamiento con un diámetro al fondo de la ranura igual a lo menos a 30 veces el diámetro del conductor. El tamaño y la forma de la ranura, la naturaleza del metal y las condiciones de la superficie serán tales que la fricción sea reducida a un mínimo y que los conductores estén completamente protegidos contra cualquier daño.

#### **e. Empalme de los Conductores**

El contratista buscará la mejor utilización de tramos máximos a fin de reducir al mínimo el número de juntas o empalmes. El número y ubicación de las juntas de los conductores serán sometidos a la aprobación de la supervisión antes de comenzar el montaje y el tendido. Las juntas no estarán a menos de 15 m desde la grapa de conductor más cercano. No habrá más que una junta por conductor en cualquier vano.

No se emplearán empalmes en los siguientes casos:

- Separadas en menos de dos vanos.
- En vanos que cruzan ferrocarriles, líneas eléctricas o de telecomunicaciones, carreteras importantes, ríos, etc.

Donde los conductores han sido dañados, la supervisión determinará si pueden ser utilizados manguitos de reparación o si los tramos dañados deben ser cortados y los conductores juntados, o si deben ser rechazados. Los manguitos de reparación no serán empleados sin la autorización escrita de la supervisión en cada caso.

#### **4.3.12 Montaje de aisladores y accesorios**

Los aisladores serán manipulados cuidadosamente durante el transporte, ensamble y montaje. Los aisladores que estén agrietados o astillados, que tengan chavetas sueltas o dobladas o con otros defectos aparentes, serán separados y puestos de lado para que sean, rechazados y marcados de manera indeleble, a fin de que no sean nuevamente presentados.

Después del montaje, los aisladores estarán limpios, las partes aisladoras brillantes y todas las otras partes libres de materiales extraños.

Las cadenas de aisladores serán montadas por el contratista y de acuerdo con los detalles mostrados en los planos del proyecto.

El contratista constatará que los dispositivos de fijación y las chavetas de seguridad de las tuercas estén en posición correcta.

La regulación de las cadenas de suspensión se hará de acuerdo a la tabla de regulación elaborada oportunamente por el contratista y que contendrá las posiciones de las grapas con referencia a un punto fijo de la estructura y para las diferentes temperaturas de templado. Las cadenas de aisladores que, después del templado aparezcan inclinadas en la dirección de los conductores de la línea, serán enderezadas por el contratista a su costo y de acuerdo con un método aprobado y en los plazos asignados por la supervisión.

#### **4.3.13 Tendido y regulación de los conductores**

##### **a. Criterios generales**

El tendido y la regulación de los conductores serán llevados a cabo de manera que las tensiones y flechas no sean sobrepasadas para las correspondientes condiciones de carga; que la componente horizontal de la tensión resulte uniforme en toda sección y que las cadenas de suspensión sean verticales en todas las estructuras de alineamiento. El tendido intermedio será requerido cada vez que no es posible garantizar la uniformidad de la componente horizontal de la tensión entre todos los vanos de la sección, debido a la fricción en las poleas o a diferencia en el nivel del suelo.

##### **b. Fijación de las grapas**

Los conductores en poleas serán trasladados a su posición final con una tolerancia de 15 cm. A tal fin pueden ser usadas cadenas de aisladores con las poleas fijadas debajo de los aisladores.

En cada grapa de suspensión o anclaje el conductor será convenientemente limpiado y las varillas de armar serán montadas inmediatamente antes del ajuste en la grapa.

##### **c. Puesta a tierra**

Durante y después del tendido, los conductores deberán ser puestos permanentemente a tierra, para evitar accidentes causados por descargas atmosféricas y/o inducción electrostática.

**d. Amortiguadores**

Después que los conductores de la línea hayan sido tendidos a su flecha correcta, el contratista montará los amortiguadores de vibración en cada conductor en la forma y a las distancias prescritas.

**e. Control de flecha y tensión**

Se dejará pasar el tiempo suficiente después del tendido y antes de la regulación de la flecha para que el conductor se estabilice y al fijar las tensiones de regulación se tomará en cuenta una oportuna asignación para asentamientos durante este período.

La flecha y la tensión de los conductores serán controlados al menos en dos vanos por cada sección de tendido. Estos dos vanos estarán suficientemente lejos uno del otro para permitir una verificación correcta de la uniformidad de la tensión.

El contratista proporcionará apropiados dinamómetros, miras topográficas, taquímetros y demás aparatos necesarios para un apropiado control del tendido. La supervisión podrá disponer con la debida anticipación antes del inicio de los trabajos la verificación y recalibración de los dinamómetros. El control de la flecha sólo por medio visual no será aceptado.

**f. Tolerancias**

En cualquier vano, se admitirán las siguientes tolerancias:

Flecha de cada conductor	1.0 %
Suma de las flechas de los tres conductores de fase:	0.5 %

**g. Medida y pago**

La unidad de medida y pago para el tendido del conductor, será por kilómetro instalado, medido sobre la proyección horizontal del eje de la línea. El costo incluirá la instalación de los accesorios de conductores, elaboración de plan de tendido, tablas de flechas y tensiones, cálculo de compensación de cadenas y otros relacionados con el fin.

#### **4.3.14 Inspección y pruebas**

##### **a. Inspección de la obra terminada**

Después de la notificación del contratista que el trabajo está terminado en una línea completa, la supervisión inspeccionará la sección de la obra acabada, a fin de emitir el certificado autorizando a proceder con las pruebas de puesta en servicio.

Se verificará que a lo largo de toda la línea se cumplen los siguientes requerimientos:

Que las distancias mínimas de seguridad sean respetadas.

Que los conductores estén limpios, sin averías, libres de barro, ramas, alambres, etc.

Que las flechas de los conductores cumplan con los documentos de tendido y regulación.

Que todos los embalajes y materiales sobrantes sean retirados del terreno.

Que el despeje de los árboles esté conforme con los requerimientos de las especificaciones técnicas.

Que los accesos y caminos de inspección estén terminados y en buenas condiciones.

##### **b. Inspecciones de cada estructura**

En cada estructura se verificará que hayan sido llevados a cabo los siguientes trabajos:

Relleno, compactado, nivelado alrededor de las cimentaciones, la dispersión de la tierra sobrante, etc, hayan sido ejecutadas.

Las estructuras estén correctamente montadas con las tolerancias máximas prescritas, y conforme a los planos de fabricación aprobados por la supervisión; debiendo comprobarse que los perfiles de acero no hayan sufrido torceduras o flexionamientos, y estén limpios y sin daño alguno.

Los pernos y tuercas estén ajustados con arandelas, correctamente ajustados y asegurados, y pintados con pintura protectora donde sea

requerido.

- Los aisladores estén libres de materiales extraños y todos los discos estén sin daño.
- Las cadenas de suspensión y anclaje estén montadas en su correcta posición, en conformidad con las especificaciones técnicas y las instrucciones de la supervisión.
- Los accesorios para los conductores estén montados de acuerdo con los planos y que estén completos.
- Los conductores estén correctamente engrapados.
- Todos los pernos, tuercas y chavetas de seguridad de cada elemento de los dispositivos de suspensión y anclaje estén correctamente asegurados.

**c. Pruebas de puesta en servicio**

Las pruebas de puesta en servicio serán llevadas a cabo por el contratista de acuerdo con las modalidades y el programa previsto en los documentos contractuales.

El programa de las pruebas de puestas en servicio deberá abarcar:

- Determinación de la secuencia de fases.
- Medida de la resistencia eléctrica de los conductores de fase.
- Medición de la resistencia a tierra de cada soporte.
- Medida de aislamiento fase a tierra, y entre fases.
- Medida de la resistencia directa.
- Medición de la impedancia homopolar.
- Prueba de la tensión gradual.
- Prueba de la tensión brusca.
- Prueba de cortocircuito.
- Medición de corriente, tensión, potencia activa y reactiva, con la línea bajo tensión y en vacío.

La capacidad y la precisión del equipo de prueba proporcionado por el contratista serán tales como para poder alcanzar resultados seguros.

Las pruebas de puesta en servicio serán llevadas a cabo en los plazos fijados contractualmente y con un programa aprobado por la supervisión, de manera que se garantice la operatividad del SICN.

**d. Inspección final de la obra**

La inspección final de la obra se llevará a cabo de acuerdo con las estipulaciones definidas en los documentos contractuales.

Durante tal inspección se controlará que las flechas y las distancias de seguridad estén conformes con los valores prescritos y dentro de las tolerancias admitidas. A tal fin, el contratista proporcionará los instrumentos topográficos necesarios para efectuar tales controles con la línea bajo tensión.

Se verificará que las cadenas de suspensión en los tramos rectilíneos no tengan inclinaciones en la dirección de la línea.

Todas las correcciones de las flechas, a las distancias de seguridad y a la posición de las cadenas de aisladores requeridas por la supervisión, serán ejecutadas en forma expedita y en el plazo asignado por la supervisión. Todas las correcciones serán efectuadas por el contratista antes de la emisión del certificado final.

**4.3.15 Ingeniería de detalle**

Los alcances de la ingeniería de detalle que corresponde desarrollar al contratista comprende entre otros trabajos, lo siguiente:

Verificación del cálculo mecánico de los conductores.

Verificación de la utilización de las estructuras en función de sus vanos característicos y las distancias de seguridad al terreno.

Elaboración de las planillas finales de estructuras como resultado del replanteo topográfico y definición de materiales a instalar.

Elaboración de los planes de tendido, tablas de flechado, tablas de distancias de engrapado.

Diseño y cálculo de las cimentaciones de postes de madera.

Planos conforme a obra.

Informes y justificaciones que solicite la supervisión.

## **CAPITULO V CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

### **5.1 Generalidades**

El capítulo presenta los cálculos mecánicos y eléctricos que justifican los materiales utilizados en el diseño de la línea de transmisión.

Los cálculos eléctricos desarrollados son:

- Selección del conductor, flujo de carga.
- Determinación del aislamiento.
- Puesta a tierra.

Los cálculos mecánicos son:

- Capacidad térmica del conductor.
- Cálculo mecánico de conductores.
- Diseño de la geometría de la estructura.
- Cálculo de estructuras.
- Cálculo de retenidas.
- Cálculo de cimentaciones.
- Distribución de estructuras.

#### **5.1.1 Normas aplicables**

Los criterios empleados en el diseño de la línea de transmisión 60 kV Marcona-Bella Unión se rigen por las disposiciones del C.N.E., las normas alemanas VDE 0210 y el Código Americano (NESC).

#### **5.1.2 Trazo de la ruta**

La ruta de la línea fue seleccionada en base al análisis de las cartas geográficas a escala 1:100,000 y el reconocimiento de campo en la zona del proyecto, teniendo en cuenta los criterios que se detallan a continuación:

Desarrollo de la ruta en forma adyacente a los accesos existentes

tales como caminos carrozables que se deriven de la carretera Panamericana Sur.

- Evitar interferir con las zonas de trabajo en el área de concesión de la mina Shougan-Marcona, con centros poblados y/o áreas de cultivo.
- Escoger una poligonal con el menor número posible de ángulos, evitando los fuertes grados de desvío.
- Evitar el paso por zonas geológicamente inestables.
- Ubicar los vértices en áreas rocosas.

### 5.1.3 Factores de seguridad

En base a las normas indicadas en 5.1.1 se consideran los siguientes factores de seguridad:

- Para el cálculo mecánico de conductores el factor de seguridad será 2.5 aplicado a la condición de máximo esfuerzo.
- En el cálculo mecánico de estructuras de madera el factor de seguridad a considerar será 3 para condiciones normales y 2 para condiciones falla.
- Las retenidas utilizadas en armados de ángulo se dimensionarán con factor de seguridad 2, para las retenciones el factor de seguridad será 1.25.

### 5.1.4 Espaciamientos de seguridad

En base a las normas indicadas en 5.1.1 se consideran los espaciamientos mínimos siguientes:

- Distancia mínima sobre carreteras : 8.0 m
- Distancia mínima sobre terreno no transitado  
por vehículos : 7.0 m
- Distancia mínima sobre calles y caminos rurales : 7.0 m
- Distancia mínima sobre espacios y caminos  
accesible solo a peatones : 6.4 m
- Distancia mínima a viviendas : 4.0 m
- Sobre línea en 60 kV que se cruza : 3.0 m

## 5.2 Selección del conductor - flujo de carga

La determinación de la sección del conductor más conveniente resulta del análisis técnico económico del material. Técnico porque debe satisfacer los requerimientos de regulación de tensión, y económico porque el criterio final de elección se basa en el indicador del mínimo costo, que se resume al cálculo del valor presente del costo del material sumado a las pérdidas valorizadas que origine la operación de la línea durante el horizonte de planeamiento.

El conductor a analizar será la aleación de aluminio en las secciones de 120 y 240 mm<sup>2</sup> que son las secciones que el MEM ha normalizado para los proyectos de transmisión.

### 5.2.1 Análisis técnico - flujo de carga

El sistema eléctrico se analiza mediante un programa de flujo de carga que permite obtener el perfil de tensiones y pérdidas de potencia y energía. La descripción de la metodología de cálculo del flujo de carga se presenta en el apéndice B.

Los resultados del flujo de carga para el escenario de alimentar las cargas mineras -se produce mayores pérdidas de energía en la línea- con conductor de 120 mm<sup>2</sup> se muestran en el apéndice B3, del análisis de resultados se observa regulación en barras de 23 kV menor al 6% y pérdidas de energía menores al 3%, ello demuestra que la sección es técnicamente conveniente. Evidentemente, con 240 mm<sup>2</sup> se obtendrá mejor regulación de tensión y las pérdidas generadas en la línea se reducirán a la mitad de lo calculado para 120 mm<sup>2</sup>.

### 5.2.2 Análisis económico

Se aplicará el criterio del mínimo costo:

$$\text{Mínimo Costo} = \text{Costo} + \text{Precio} \sum_{j=1}^{20} \frac{E_{perd} j}{(1+i)^j} \quad (\text{mil US\$})$$

Donde:

Costo = Costo del suministro + montaje + gastos generales + utilidades. En líneas de transmisión, los conductores

verifican la relación aproximada: montaje  $\approx$  suministro, GG + UU  $\approx$  0.25 x (suministro + montaje).

Precio= Es el precio de la energía en barra de 60 kv de la SE Marcona 7.15 cUS\$

Eperd<sub>j</sub>= Energía perdida al j-ésimo año de proyección. Ver la columna (6) del apéndice D2. Para el cálculo ver 2.3.1.a.

*i* = Tasa de descuento

Los resultados del análisis se presentan en la tabla N° 06, se observa que para toda tasa de descuento la sección 120 mm<sup>2</sup> es la más económica. El análisis sólo ha considerado al conductor y los gastos que genera su manejo, pero no se ha dicho nada de las estructuras, obviamente 240 mm<sup>2</sup> requiere de estructuras más robustas y ello se refleja en mayores costos del proyecto, ampliándose más la diferencia a favor de 120 mm<sup>2</sup>. Además, si se analiza el escenario de sólo alimentar al PSE sin cargas mineras, las pérdidas en la línea bajan y en consecuencia los indicadores a favor de 120 mm<sup>2</sup> serían más importantes.

Finalmente se concluye que el conductor más conveniente es la aleación de aluminio de 120 mm<sup>2</sup>.

TABLA N° 06

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL MÍNIMO COSTO DE CONDUCTOR

Tasa de descuento (%)	8	10	12	14	16
Mínimo costo Aa 120 mm <sup>2</sup> (mil US\$)	836	741	667	608	560
Mínimo costo Aa 240 mm <sup>2</sup> (mil US\$)	979	922	875	836	803

### 5.3 Aislamiento

Para la selección del aislamiento de la línea frente a las distintas solicitudes, se analiza lo siguiente:

#### 5.3.1 Contaminación

El diseño del aislamiento se ha basado en recomendaciones de normas

internacionales, datos climatológicos, visitas a la zona y experiencia en la explotación de líneas similares.

El número de aisladores requeridos se obtiene de la siguiente relación:

$$N_a = \frac{V D_f}{d_f \sqrt{Z}}$$

Donde:

$N_a$  = Número de aisladores requeridos

$V$  = Tensión nominal de la línea: 60 kV

$D_f$  = Longitud de fuga en mm/kV

$d_f$  = 432 mm longitud de fuga aislador 10"x 5-3/4" antineblina

$d$  = 0.872 densidad relativa del aire a 1000 msnm

En las visitas efectuadas a la zona del proyecto se han identificado dos tramos con contaminación diferente.

En el tramo SE Marcona-Jaguay (cruce con la carretera Panamericana Sur), el grado de contaminación es mayor por: su cercanía al mar, presencia de la mina Shougang y ausencia de lluvias; por lo cual de tablas de los manuales de diseño de líneas, se obtiene longitud de fuga de 30 mm/kV, entonces se recomienda la utilización de 5 unidades del tipo antineblina para cadenas de suspensión.

Para el tramo Jaguay-Bella Unión, se observa menor grado de contaminación; de tablas se obtiene una longitud de fuga de 25 mm/kV, por lo cual se opta por utilizar 4 unidades del tipo antineblina para cadenas de suspensión.

Se prefiere la utilización de aisladores del tipo antineblina porque presentan mayor línea de fuga, lo cual permite utilizar menores unidades para un mismo grado de contaminación, ello trae consigo menores espaciamientos en las estructuras.

### 5.3.2 Sobretensiones de impulso por maniobra

Estas sobretensiones se producen por el cambio de configuración del sistema, al operar algún elemento de él, que provoque una conexión o

desconexión de algún tramo, por ejemplo un interruptor.

El valor máximo de la sobretensión depende, entre otros factores, de la longitud de la línea, de la potencia de corto-circuito, de las constantes del sistema y del tipo de equipos conectados. Los valores de estas sobretensiones varían como un fenómeno probalístico, con una muy baja probabilidad de que se alcance el valor máximo, ya que este depende además del estado del sistema y del instante en que se produce la conexión o desconexión frente a la onda sinusoidal de tensión.

La forma de onda de estas sobretensiones es también variable y de carácter probabilístico.

La sobretensión de impulso por maniobra, se obtiene como sigue:

$$V_s = \frac{1.1 \sqrt{2} K_t HV k_2}{\sqrt{3} (1 - 0.05 k) d^n k_1}$$

Donde:

- $V_s$  = Tensión no disruptiva al impulso en kV
- $K_t$  = 2.5 Factor de sobretensión de maniobra para tensiones menores a 200 kV
- $H$  = 0.94 Factor de corrección por humedad
- $V$  = 60 kV Tensión nominal de la línea
- $k$  = 3.8 Número de desviaciones normales
- $d$  = 0.872 Densidad relativa del aire a 1000 msnm
- $n$  = 1.0 Exponente empírico que depende de la longitud de la cadena
- $k_1$  = 1.0 Factor de corrección por lluvia
- $k_2$  = 1.15 Factor de corrección a la onda de impulso 1.2/50 useg
- $V_s = 206$  kV, entonces de los manuales de diseño de líneas de transmisión, son necesarios 2 aisladores del tipo antineblina y un espaciamento mínimo de 0.40 m de la cadena hacia la estructura.

### 5.3.3 Sobretensiones a frecuencia industrial

Estas sobretensiones se producen debido a fallas en el sistema, variaciones bruscas de carga y efecto Ferranti.

Se determina la tensión no disruptiva a la frecuencia industrial requerida para el aislamiento bajo condiciones meteorológicas normales:

$$V_{fi} = \frac{1.1 K_{fi} H V}{\sqrt{3} (1-0.02 k) d^n}$$

Donde:

$V_{fi}$  = Tensión no disruptiva a frecuencia industrial en kv

H = 0.94 Factor de corrección por humedad

V = 60 kv Tensión nominal de la línea

k = 3.8 Número de desviaciones normales

d = 0.872 Densidad relativa del aire a 1000 msnm

n = 1.0 Exponente empírico

$K_{fi}$  = 1.5 Factor de sobretensión a frecuencia industrial

$V_{fi}$  = 67 kv, entonces son necesarios 2 aisladores del tipo antineblina y un espaciamento mínimo de 0.25 m de la cadena hacia la estructura, en la condición de presión máxima de viento en la línea.

#### 5.3.4 Sobretensiones de origen externo

Estas sobretensiones se producen por acción de las descargas atmosféricas que caen sobre la línea, ya sea directamente sobre los conductores, como indirectamente debido a las descargas que se pueden producir entre los conductores y la estructura.

La magnitud de dichas sobretensiones es prácticamente independiente de la tensión de la línea y por lo general son sumamente elevados.

Por lo tanto, el peligro que estas sobretensiones provoquen fallas o daños disminuye con el aumento de la tensión de servicio de las líneas.

El criterio que se sigue para la determinación del aislamiento frente a las descargas atmosféricas consiste en aceptar la probabilidad de un determinado número de perturbaciones anuales. Para ello se toma en consideración las siguientes medidas preventivas:

- Trazo adecuado, evitando las cumbres.
- Instalación del cable de guarda

- Eficiente puesta a tierra de las estructuras.
- Aumento de la aislación de la estructura
- Altura adecuada de las estructuras
- Empleo de reconexión en los interruptores.

La zona del proyecto es la costa sur del país, lugar que posee un nivel cerámico nulo, motivo por el cual no se ha instalado cable de guarda ni se hace necesario incrementar el aislamiento de la línea.

### 5.3.5 Aislamiento seleccionado

Del análisis del aislamiento efectuado en los puntos anteriores, se concluye que el requerimiento de aislación por contaminación es la más exigente; entonces, el número de aisladores requeridos en las cadenas en suspensión es el siguiente:

- Zona altamente contaminada: 5 aisladores antineblina ANSI clase 52-3 de 10" x 5-3/4" y 432 mm de longitud de fuga.
- Zona contaminada: 4 aisladores antineblina ANSI clase 52-3 de 10" x 5-3/4" y 432 mm de longitud de fuga.

En las estructuras de anclaje, donde la cadena de aisladores está en línea con el conductor, se debe incrementar un aislador porque en esa posición las cadenas están expuestas a que los agentes contaminantes del medio ambiente se depositen con mayor rapidez en su superficie.

### 5.4 Puesta a tierra

En la sección 5.3.4 se concluyó que no es necesario el empleo de cable de guarda. La puesta a tierra se diseña para disminuir potenciales peligrosos alrededor de las estructuras por efecto de sobretensiones de impulso o maniobra, hacia tierra. En la lámina N° 22 se presentan los diseños propuestos, el Contratista es el responsable de medir la resistividad del terreno para cada estructura y elegir la más adecuada para lograr según normas los valores de puesta a tierra siguientes:

- 10  $\Omega$  en zonas donde es frecuente en tránsito de personas.

- 25 Ω en zonas poco transitables.
- 50 Ω en zonas despobladas.

El valor aproximado de la puesta a tierra tipo PT1 se obtiene con la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln\left(\frac{4l}{1.36d} \cdot \frac{2h+l}{4h+l}\right)$$

El valor aproximado de la puesta a tierra tipo PT2 se obtiene con la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \ln\left(\frac{4l}{1.36d} \cdot \frac{2h+l}{4h+l}\right) \left(1 + \frac{l}{a \ln\left(\frac{4l}{d}\right)}\right)$$

ρ = Resistividad del terreno.

l = Longitud del electrodo : 2.4 m

d = Diámetro del electrodo : 16 mm

h = Espacio entre el electrodo y la superficie : 0.6 m

a = Separación entre electrodos

### 5.5 Capacidad térmica del conductor

Los resultados de este cálculo permitirá garantizar que el conductor en operación no sobrepasa los 75 °C, de tal manera que el calentamiento generado no produzca una disminución inadmisibles en la rigidez mecánica del material. Además, se obtendrá en forma teórica la temperatura mínima a la cual se deberá calcular la flecha máxima del cable.

Según la publicación "Electrical Data for Overhead Conductors" de Aluminium Wire & Cable Company Limited, Publ. 0159 Issue 1, Londres - 1976, durante la operación de la línea el conductor se calienta en función de la corriente transportada (efecto Joule), la temperatura del medio ambiente y la irradiación solar; y se enfría por el viento y la radiación de calor desde el conductor al medio ambiente. La ecuación de balance que representa el equilibrio térmico es:

$$\text{Calor ganado} = \text{calor perdido} \quad \text{ó} \quad P + P_s = P_v + P_r \quad (\text{W/m}^2)$$

Los cálculos se han realizado mediante un programa de cómputo. En los ítems de la tabla N° 07 se muestran los datos de ingreso.

$P$  es el calor ganado por efecto Joule debido al paso de la corriente, los parámetros que la describen son: resistencia del conductor ítem 5 y tensión nominal del sistema ítem 17.

$P_s$  es el calor ganado debido a la irradiación solar, sus parámetros son: el ángulo de incidencia de los rayos solares ítems 10,11, la altitud solar ítems 12, 13, 14, el tipo de superficie de reflexión ítem 15 y el tipo de día ítem 16.

$P_v$  es la pérdida de calor debida a la convección forzada del viento, los parámetros que la describen son: el diámetro del conductor ítem 2, a altura sobre el nivel del mar ítem 7 y la velocidad del viento ítem 8.

$P_r$  es la pérdida de calor debida a la radiación del conductor, los parámetros que la describen son: tipo de conductor ítem 1, emisividad del conductor ítem 3, temperatura inicial del conductor ítem 4 y coeficiente de absorción solar ítem 6.

Se analizan dos escenarios, de día y de noche. Los resultados de temperaturas en función de la potencia transportada se muestran en la tabla N° 08.

#### **5.5.1 Temperatura del conductor durante el día**

Se calcula la temperatura del conductor a las 12 horas del día 20 de febrero, el día más caluroso del año, considerando la temperatura del ambiente en 30 °C. En esa hora se tiene la condición de mínima demanda. De la tabla N° 08 se observa que la temperatura final del conductor a una demanda de 7 MW es de 38.8 °C.

#### **5.5.2 Temperatura del conductor durante la noche**

Se calcula la temperatura del conductor durante la noche considerando la temperatura del ambiente en 20 °C. De la tabla N° 08 se observa que la temperatura final del conductor a la máxima demanda del año 20 de proyección 9.6 MW es de 22.0 °C.

Se concluye que la operación de la línea nunca sobrepasará la capacidad térmica del conductor y que la mínima temperatura para el cálculo de la flecha máxima del conductor debe ser 40°C.

**TABLA N° 07**

**CAPACIDAD TERMICA DEL CONDUCTOR**

**PROYECTO: ESTUDIO DEFINITIVO DE LA L.T. 60 kV MARCONA-BELLA UNION**

DATOS GENERALES		UNIDADES	DIA	NOCHE
(1)	TIPO DE CONDUCTOR		Aa	Aa
(2)	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	mm	14.25	14.25
(3)	EMISITIVIDAD DEL CONDUCTOR		0.7	0.7
	0.23 CONDUCTOR NUEVO			
	0.91 CONDUCTOR NEGRO			
(4)	TEMP. INICIAL CONDUCTOR	C	38	21
(5)	RESIST CONDUCTOR ( 20°C)	Ohm/km	0.29	0.29
(6)	COEF. ABSORCION SOLAR		0.7	0.7
	0.23 CONDUCTOR NUEVO			
	0.95 CONDUCTOR NEGRO			
(7)	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	m	100	100
(8)	VELOCIDAD TRANS. DEL VIENTO	km/hr	4	4
(9)	TEMPERATURA AMBIENTE	°C	30	20
(10)	AZIMUTH DE LA LINEA	Grados	117	117
(11)	LATITUD DE LA LINEA	Grados	16	16
(12)	HEMISFERIO (Norte=1, Sur=0)		0	0
(13)	FECHA	Mes-Dia	34380	34380
(14)	HORA DEL DIA (horas)		12	19
(15)	ALBEDO		0.2	0.2
	0.1 Para tierra			
	0.2 Para arena y hierba			
	0.8 Para hielo			
(16)	TIPO DE ATMOSFERA		4	
	1=Excepcionalmente claro y seco			
	2=Excepcionalmente claro			
	3=Muy claro			
	4=Claro			
	5=Industrial			
(17)	TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	kV	60	60
RESULTADOS PARCIALES		UNIDADES	DIA	NOCHE
(A)	DECLINACION SOLAR	Grados	-13.03	
(B)	ALTITUD SOLAR ( H )	Grados	58.63	
(C)	AZIMUTH DEL SOL	Grados	22.90	
(D)	ANGULO DE INCIDENCIA DEL SOL	Grados	92.13	
(E)	INTENSIDAD DE LA RADIACION			
	Por altitud ( ID )	W/m	780.00	
	Por tipo de dia ( Id )	W/m	150.00	
(F)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR ( R )	Ohm/km	0.31	0.29
(G)	NUMERO DE REINOLDS		962.45	1041.28
(H)	PERDIDAS CONVECTIVAS ( Qc )	W/m	10.52	1.25
(I)	CALOR RADIADO CONDUCTOR. ( Qr )	W/m	1.65	0.18
(J)	CALOR IRRADIADO P/SOL ( Qs )		11.83	
(K)	CORRIENTE CIRCULANTE ( I )	A	32.92	70.20
(L)	POTENCIA CIRCULANTE ( S )	MVA	3.42	7.30

**TABLA N° 08**

**TEMPERATURA DEL CONDUCTOR DURANTE EL DIA  
VERSUS CORRIENTE CIRCULANTE**

<b>TEMP °C</b>	<b>R Ohm/km</b>	<b>Re</b>	<b>Qc W/m</b>	<b>Qr W/m</b>	<b>Qs W/m</b>	<b>I A</b>	<b>POTENCIA MVA</b>
38.00	0.31	962.45	10.52	1.65	11.83	32.92	3.42
38.15	0.31	962.04	10.71	1.68	11.83	42.72	4.44
38.30	0.31	961.63	10.91	1.71	11.83	50.65	5.26
38.45	0.31	961.22	11.11	1.74	11.83	57.49	5.98
38.60	0.31	960.81	11.30	1.78	11.83	63.60	6.61
38.75	0.31	960.39	11.50	1.81	11.83	69.17	7.19
38.90	0.31	959.98	11.70	1.84	11.83	74.31	7.72
39.05	0.31	959.57	11.90	1.87	11.83	79.12	8.22
39.20	0.31	959.16	12.09	1.90	11.83	83.65	8.69
39.35	0.31	958.75	12.29	1.94	11.83	87.94	9.14
39.50	0.31	958.34	12.49	1.97	11.83	92.03	9.56
39.65	0.31	957.93	12.68	2.00	11.83	95.94	9.97
39.80	0.31	957.52	12.88	2.04	11.83	99.69	10.36
39.95	0.31	957.11	13.08	2.07	11.83	103.31	10.74
40.10	0.31	956.70	13.28	2.10	11.83	106.80	11.10
40.25	0.31	956.30	13.47	2.13	11.83	110.18	11.45
40.40	0.31	955.89	13.67	2.17	11.83	113.45	11.79
40.55	0.31	955.48	13.87	2.20	11.83	116.63	12.12
40.70	0.31	955.07	14.06	2.23	11.83	119.73	12.44
40.85	0.31	954.66	14.26	2.26	11.83	122.74	12.76
41.00	0.31	954.26	14.46	2.30	11.83	125.68	13.06

**TEMPERATURA DEL CONDUCTOR DURANTE LA NOCHE  
VERSUS CORRIENTE CIRCULANTE**

<b>TEMP °C</b>	<b>R OHM/KM</b>	<b>Re</b>	<b>Qc W/M</b>	<b>Qr W/M</b>	<b>I A</b>	<b>POTENCIA MVA</b>
20.00	0.29	1044.38	0.00	0.00	0.00	0.00
20.50	0.29	1042.83	0.63	0.09	49.68	5.16
21.00	0.29	1041.28	1.25	0.18	70.20	7.30
21.50	0.29	1039.73	1.88	0.27	85.91	8.93
22.00	0.29	1038.19	2.51	0.36	99.12	10.30
22.50	0.29	1036.65	3.13	0.45	110.73	11.51
23.00	0.29	1035.11	3.76	0.54	121.20	12.60
23.50	0.29	1033.58	4.39	0.64	130.80	13.59
24.00	0.29	1032.05	5.01	0.73	139.72	14.52
24.50	0.29	1030.52	5.64	0.82	148.08	15.39
25.00	0.30	1029.00	6.26	0.92	155.97	16.21
25.50	0.30	1027.48	6.89	1.01	163.45	16.99
26.00	0.30	1025.96	7.51	1.11	170.58	17.73
26.50	0.30	1024.45	8.14	1.20	177.41	18.44
27.00	0.30	1022.94	8.76	1.30	183.96	19.12
27.50	0.30	1021.43	9.39	1.39	190.27	19.77
28.00	0.30	1019.93	10.01	1.49	196.35	20.41
28.50	0.30	1018.43	10.64	1.59	202.24	21.02
29.00	0.30	1016.93	11.26	1.69	207.94	21.61
29.50	0.30	1015.44	11.88	1.78	213.47	22.18
30.00	0.30	1013.95	12.51	1.88	218.84	22.74

## 5.6 Cálculo mecánico de conductores

### 5.6.1 Hipótesis de cálculo

Para efectuar el cálculo mecánico de conductores se han considerado las siguientes hipótesis :

HIPÓTESIS I	TEMLADO
- Temperatura	: 20 °C
- Velocidad del viento	: 0
- EDS (Every Day Stress)	: 18 %

La hipótesis I se denomina de templado y se refiere a las condiciones normales o promedio de la zona. Durante la ejecución de las obras el conductor se flecha a la temperatura promedio o a otra muy cercana.

HIPÓTESIS II	MÁXIMO ESFUERZO
- Temperatura	: 5 °C
- Velocidad del viento	: 90 km/h
- Factor de seguridad	: 2.5

La hipótesis II es la que presenta las condiciones de mayor exigencia mecánica al conductor; en ella se debe verificar que el coeficiente de seguridad del conductor sea como mínimo 2.5. Las estructuras se calculan con los tiros hallados en esta hipótesis.

HIPÓTESIS III	MÁXIMA FLECHA
- Temperatura	: 50 °C
- Velocidad del viento	: 0

En la hipótesis III denominada de flecha máxima o de temperatura máxima, se determina el máximo valor de flecha que alcanzará el conductor y con ella se determinará la altura del soporte.

Se trabaja con 50 °C que es superior a los 40 °C calculados en 5.5.2, la diferencia servirá para prever la elongación final del conductor por envejecimiento mecánico llamado efecto Creep. La consecuencia práctica del efecto Creep es el aumento de la flecha en cualquier estado.

### 5.6.2 Metodología de cálculo

La variación de la longitud del conductor por cambio de condiciones, es igual a la variación de longitud debido al cambio de temperatura (dilatación) más la elongación por tracción (efecto de Hook), es decir:

$$\Delta L = \Delta \text{ dilatación} + \Delta \text{ tiro}$$

De esta expresión se deriva la ecuación principal de cambio de estado corregida por desnivel:

$$\sigma_{o2}^2 \left[ \sigma_{o2} + \alpha E (\theta_2 - \theta_1) \cos \delta + \frac{W_{r1}^2 a^2 E \cos^3 \delta}{24 A^2 \sigma_{o1}^2} - \sigma_{o1} \right] = \frac{W_{r2}^2 a^2 E \cos^3 \delta}{24 A^2}$$

$\sigma_{o2}$  : Esfuerzo (kg/mm<sup>2</sup>) a determinar en la condición 2, teniendo como dato  $\sigma_{o1}$  (esfuerzo en la condición inicial 1).

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

$E$  : Módulo de elasticidad (kg/m<sup>2</sup>)

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

$a$  : Vano de cálculo (m)

$\delta$  : Ángulo de desnivel que define la relación desnivel/vano RDV

$W_{r1}, W_{r2}$  : Pesos unitario (kg/m) del conductor, incluye sobrecargas.

$\theta_1, \theta_2$  : Temperaturas (°C) en las condiciones 1 y 2 respectivamente.

La solución de la ecuación de cambio de estado para varios vanos se ha obtenido mediante un programa de cómputo, lográndose los resultados que se muestran en las tablas N° 09 y 10, el cálculo se realiza con la relación desnivel vano igual 0.0 y 0.1 respectivamente.

### 5.6.3 Vano de regulación

Generalmente entre dos soportes de anclaje se ubican otros de alineamiento, conformando un tramo de línea. Por la configuración del perfil topográfico es frecuente que los vanos comprendidos en el tramo sean diferentes, ocasionando para condiciones diferentes a las de templado diferencias de tiros vértices  $T_o$ , entonces las cadenas de alineamiento se inclinarán hacia un lado de la línea tratando de equilibrar la diferencia de tiros.

TABLA N° 09

CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES RDV=0.0

PROYECTO : Estudio Definitivo L.T. 60 kv Marcona-Bella Unión

EMPRESA : Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

HIPÓTESIS I (TEMPERADO) T= 20 °C , v = 0 km/hr... EDS = 0.18T

HIPÓTESIS II (MÁXIMO ESFUERZO) T= 5 °C , v = 90 km/hr... Hielo = 0.00 mm TMT = 0.40T

HIPÓTESIS III (FLECHA MÁXIMA) T= 50 °C , v = 0 km/hr...

CONDUCTOR = Aleación de Aluminio SECCIÓN = 120.00 mm<sup>2</sup> PESO = 0.333 Kg/m  
 DIÁMETRO = 14.25 mm RUPTURA = 3600.00 Kg RDV=RELACIÓN DESNIVEL/VANO

(T °C)		5	10	15	20	25	30	35	40	HIP I	HIP II	HIP III	
RDV	VANO	-----											
0	100	H	852.23	781.77	713.48	648.00	586.08	528.55	476.15	429.46	648.00	943.04	353.58
		T	852.39	781.94	713.67	648.21	586.32	528.81	476.45	429.78	648.21	943.60	353.98
		F	0.49	0.53	0.58	0.64	0.71	0.79	0.87	0.97	0.64	0.86	1.18
0	140	H	827.02	763.94	704.09	648.00	596.13	548.82	506.23	468.31	648.00	980.17	405.43
		T	827.35	764.29	704.48	648.42	596.59	549.32	506.77	468.89	648.42	981.22	406.10
		F	0.99	1.07	1.16	1.26	1.37	1.49	1.61	1.74	1.26	1.62	2.01
0	180	H	800.07	745.63	694.87	648.00	605.13	566.22	531.15	499.67	648.00	1015.48	446.31
		T	800.64	746.23	695.51	648.69	605.87	567.02	531.99	500.57	648.69	1017.15	447.32
		F	1.69	1.81	1.94	2.08	2.23	2.38	2.54	2.70	2.08	2.58	3.02
0	220	H	774.60	728.91	686.72	648.00	612.63	580.44	551.22	524.72	648.00	1047.09	478.89
		T	775.47	729.83	687.70	649.04	613.73	581.60	552.44	526.00	649.04	1049.51	480.29
		F	2.60	2.76	2.93	3.11	3.29	3.47	3.66	3.84	3.11	3.74	4.21
0	260	H	752.47	714.72	679.95	648.00	618.70	591.85	567.25	544.71	648.00	1074.59	505.04
		T	753.71	716.03	681.33	649.45	620.21	593.43	568.91	546.43	649.45	1077.89	506.90
		F	3.74	3.94	4.14	4.34	4.55	4.76	4.96	5.17	4.34	5.09	5.57
0	300	H	734.19	703.16	674.48	648.00	623.55	600.96	580.07	560.74	648.00	1098.18	526.20
		T	735.89	704.93	676.33	649.93	625.55	603.03	582.22	562.97	649.93	1102.48	528.57
		F	5.10	5.33	5.56	5.78	6.01	6.24	6.46	6.69	5.78	6.64	7.12
0	340	H	719.51	693.91	670.12	648.00	627.41	608.24	590.36	573.66	648.00	1118.30	543.43
		T	721.74	696.22	672.51	650.47	629.97	610.88	593.08	576.46	650.47	1123.72	546.38
		F	6.69	6.94	7.18	7.43	7.67	7.92	8.16	8.39	7.43	8.37	8.86
0	380	H	707.84	686.56	666.65	648.00	630.51	614.10	598.67	584.16	648.00	1135.42	557.57
		T	710.67	689.48	669.65	651.09	633.69	617.36	602.02	587.59	651.09	1142.09	561.17
		F	8.50	8.76	9.02	9.28	9.54	9.80	10.05	10.30	9.28	10.30	10.79
0	420	H	698.56	680.70	663.87	648.00	633.02	618.85	605.45	592.75	648.00	1149.99	569.26
		T	702.06	684.29	667.56	651.78	636.88	622.81	609.49	596.88	651.78	1158.04	573.56
		F	10.52	10.80	11.07	11.34	11.61	11.88	12.14	12.40	11.34	12.43	12.91
0	460	H	691.14	675.99	661.63	648.00	635.05	622.73	611.01	599.83	648.00	1162.42	578.98
		T	695.38	680.33	666.07	652.53	639.67	627.45	615.81	604.73	652.53	1171.97	584.06
		F	12.76	13.04	13.33	13.61	13.89	14.16	14.43	14.70	13.61	14.75	15.23
0	500	H	685.15	672.18	659.81	648.00	636.72	625.93	615.61	605.72	648.00	1173.06	587.13
		T	690.21	677.34	665.07	653.36	642.17	631.48	621.24	611.45	653.36	1184.25	593.05
		F	15.21	15.50	15.79	16.08	16.37	16.65	16.93	17.21	16.08	17.27	17.75

TABLA N° 10

CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES RDV=0.1

PROYECTO : Estudio Definitivo L.T. 60 kv Marcona-Bella Unión  
 EMPRESA : Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
 HIPÓTESIS I (TEMPLADO) T= 20 °C , v = 0 km/hr... EDS = 0.18T  
 HIPÓTESIS II (MÁXIMO ESFUERZO) T= 5 °C , v = 90 km/hr... Hielo = 0.00 mm TWT = 0.40T  
 HIPÓTESIS III (FLECHA MÁXIMA) T= 50 °C , v = 0 km/hr...

CONDUCTOR = Aleación de Aluminio SECCIÓN = 120.00 mm<sup>2</sup> PESO = 0.333 Kg/m  
 DIÁMETRO = 14.25 mm RUPTURA = 3600.00 Kg RDV=RELACIÓN DESNIVEL/VANO

(T °C)		5	10	15	20	25	30	35	40	HIP I	HIP II	HIP III
0.10 100	H	803.51	734.45	667.97	604.80	545.75	491.62	443.06	400.38	604.80	901.17	332.07
	T	809.36	739.96	673.17	609.71	550.39	496.02	447.24	404.38	609.71	909.49	335.81
	F	0.52	0.57	0.63	0.69	0.77	0.85	0.94	1.04	0.69	0.90	1.26
0.10 140	H	774.91	714.38	657.52	604.80	556.60	513.10	474.31	440.02	604.80	937.41	383.50
	T	781.46	720.66	663.54	610.60	562.19	518.52	479.58	445.17	610.60	947.71	388.45
	F	1.06	1.15	1.25	1.36	1.47	1.60	1.73	1.86	1.36	1.70	2.14
0.10 180	H	745.53	694.69	647.74	604.80	565.83	530.71	499.19	470.98	604.80	970.85	423.23
	T	752.85	701.80	654.67	611.56	572.45	537.20	505.58	477.29	611.56	983.27	429.40
	F	1.82	1.95	2.09	2.24	2.40	2.55	2.72	2.88	2.24	2.71	3.20
0.10 220	H	719.03	677.54	639.51	604.80	573.24	544.60	518.63	495.09	604.80	1000.01	454.31
	T	727.22	685.58	647.41	612.59	580.93	552.21	526.18	502.58	612.59	1014.66	461.72
	F	2.82	2.99	3.17	3.35	3.53	3.72	3.91	4.09	3.35	3.94	4.46
0.10 260	H	697.06	663.62	632.93	604.80	579.04	555.43	533.80	513.94	604.80	1024.80	478.88
	T	706.21	672.67	641.90	613.70	587.87	564.22	542.55	522.66	613.70	1041.79	487.56
	F	4.06	4.26	4.47	4.68	4.89	5.09	5.30	5.51	4.68	5.37	5.91
0.10 300	H	679.65	652.68	627.79	604.80	583.55	563.89	545.68	528.79	604.80	1045.62	498.47
	T	689.87	662.85	637.91	614.88	593.60	573.92	555.69	538.78	614.88	1065.07	508.46
	F	5.54	5.77	6.00	6.23	6.46	6.68	6.90	7.13	6.23	7.01	7.56
0.10 340	H	666.11	644.19	623.80	604.80	587.08	570.54	555.07	540.58	604.80	1063.05	514.22
	T	677.50	655.56	635.14	616.13	598.41	581.86	566.39	551.91	616.13	1085.07	525.57
	F	7.26	7.51	7.76	8.00	8.24	8.48	8.72	8.95	8.00	8.85	9.41
0.10 380	H	655.61	637.59	620.68	604.80	589.87	575.80	562.55	550.03	604.80	1077.62	526.99
	T	668.27	650.24	633.34	617.46	602.54	588.49	575.25	562.75	617.46	1102.34	539.76
	F	9.22	9.48	9.74	10.00	10.25	10.50	10.75	10.99	10.00	10.91	11.48
0.10 420	H	647.42	632.41	618.22	604.80	592.08	580.02	568.57	557.68	604.80	1089.85	537.44
	T	661.43	646.44	632.27	618.86	606.17	594.13	582.71	571.85	618.86	1117.38	551.68
	F	11.41	11.68	11.95	12.21	12.48	12.74	12.99	13.25	12.21	13.18	13.75
0.10 460	H	640.97	628.31	616.27	604.80	593.86	583.43	573.46	563.92	604.80	1100.14	546.05
	T	656.41	643.79	631.78	620.34	609.44	599.04	589.11	579.61	620.34	1130.62	561.83
	F	13.83	14.11	14.38	14.66	14.93	15.19	15.46	15.72	14.66	15.67	16.24
0.10 500	H	635.82	625.02	614.69	604.80	595.31	586.21	577.47	569.07	604.80	1108.84	553.22
	T	652.78	642.03	631.74	621.89	612.45	603.39	594.70	586.35	621.89	1142.41	570.59
	F	16.47	16.76	17.04	17.32	17.60	17.87	18.14	18.41	17.32	18.37	18.94

Es posible definir un vano único equivalente en el tramo que permita que los tiros vértices  $T_0$  tiendan a ser iguales. Para estructuras a nivel su expresión es:

$$a_r = \frac{\sum \left( \frac{a}{\cos^3 \delta} \right)}{\sum \left( \frac{a}{\cos \delta} \right)} \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum \frac{a}{\cos \delta}}}$$

El vano de regulación ( $a_r$ ) se señala por tramos en la planilla de estructuras (ver tabla N° 11). Para el flechado del conductor se emplearán en combinación las tablas N° 09 y 11. Finalmente, la flecha en cualquier vano del tramo será:

$$f = f_r \left[ \frac{a}{a_r} \right]^2$$

#### 5.6.4 Verificación mecánica del aislador

La condición mecánica más exigente se presenta en la cadena de anclaje. De las tablas N° 09 y 10 se obtiene que el tiro máximo del conductor, para la condición de máximo esfuerzo no supera los 1200 kg, la carga de rotura del aislador especificado es 8000 kg, el factor de seguridad calculado 6.6 es muy superior a 3.3 que es lo prescrito en las normas.

#### 5.7 Diseño de la geometría de la estructura

Las estructuras empleadas son armados REA, se dimensionan con los siguientes criterios:

- Mínima distancia del conductor al suelo
- Oscilación de la cadena de aisladores
- Mínima distancia entre conductores a medio vano
- Mínima distancia entre conductor y estructura

##### 5.7.1 Longitud del poste

La estructura típica es de alineamiento (lámina 11). A partir de la cruceta inferior hacia el terreno la longitud del poste tiene la expresión:

$$L - 2.30 + \text{Cadena} + \text{Flecha} + \text{DMS} + \left( \frac{L}{10} + 0.60 \right)$$

Donde:

L : Longitud del poste, se definió 55' es decir 16.74 m

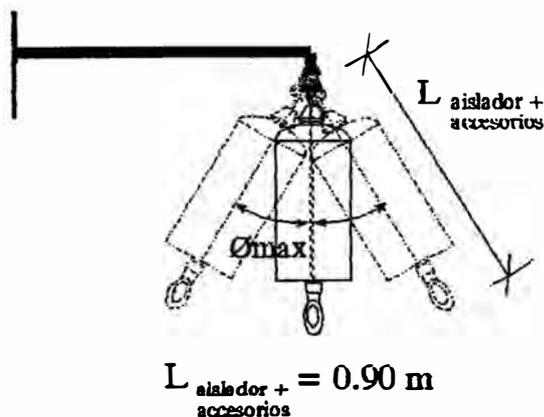
Cadena : Longitud de la cadena 0.90 m

Flecha : Flecha máxima del conductor

DMS : Distancia mínima de seguridad sobre espacios y caminos accesibles sólo a peatones 6.4 m

Efectuando se obtiene flecha = 4.87 m que según la tabla N° 09 corresponde a vano de 240 m. Ello significa que en terreno plano el poste de 55 pies permite por distancia de seguridad al terreno espaciamentos máximos de 240 m.

### 5.7.2 Cálculo del ángulo de oscilación de la cadena de aisladores



Al calcular el espaciamento mínimo en aire entre los conductores y la estructura requeridos para las distintas sollicitaciones eléctricas, es necesario considerar las posiciones de la cadena de aisladores a partir de las cuales deben medirse dichos espaciamentos.

Para el cálculo del ángulo de oscilación de la cadena se utiliza la siguiente fórmula:

$$\phi = \text{tg}^{-1} \left[ \frac{P_v \frac{\phi_c}{1000} V_v + P_{ca} \frac{A_{ca}}{2} + 2T \text{Sen} \frac{\alpha}{2}}{W_c V_p + \frac{W_{ca}}{2} + C_{\text{peso}}} \right]$$

Donde:

$P_v$  = Presión del viento sobre el conductor: 34.02 kg/m<sup>2</sup>

$P_{ca}$  = Presión del viento sobre la cadena : 34.02 kg/m<sup>2</sup>

- $V_v$  = Vano viento  
 $V_p$  = Vano peso  
 $T$  = Tiro longitudinal máximo en el conductor en kg (según los cálculos mecánicos de conductores)  
 $\Phi_c$  = Diámetro del conductor: 14.25 mm  
 $Aca$  = Área de la cadena de aisladores: 0.185 m<sup>2</sup>  
 $\alpha$  = Ángulo de desvío, en grados  
 $W_{ca}$  = Peso de la cadena de aisladores y sus accesorios: 41.85 kg para cadena de 5 aisladores antineblina  
 $W_c$  = Peso del conductor 0.333 kg/m  
 $C_{peso}$  = Contrapesos kg

Tomando en cuenta que la probabilidad de ocurrencia simultánea del valor máximo previsto para una determinada sollicitación de la aislación y el valor máximo de la presión de viento sobre la línea es muy baja, es necesario considerar para cada sollicitación de la aislación cuál es la presión de viento que debe utilizarse, con ella se fijará el ángulo de desviación de la cadena a partir del cual se aplicará el espaciado mínimo correspondiente.

Para las sobretensiones de impulso por maniobra, se supone que ocurren con la cadena desviada por acción del viento de presión 1/4 ó 1/5 de la máxima, de acuerdo a la seguridad de la línea, con un ángulo mínimo de desviación de 15°

Para las sobretensiones a frecuencia industrial, se debe considerar el ángulo de desviación producido por la presión máxima del viento sobre la línea ya que, si bien la probabilidad de que ocurra la sobretensión de frecuencia industrial en estas condiciones es baja, es necesario considerar un factor de seguridad adecuado para evitar que se produzca una descarga a la tensión nominal de la línea. El ángulo máximo aceptable es 60°.

### 5.7.3 Distancia mínima entre conductores a medio vano

Mediante la siguiente ecuación se determina el suficiente espacio

horizontal entre fases en relación a la flecha del conductor y además relaciona indirectamente la longitud del vano, para prevenir contactos por oscilación ó descargas entre fases.

$$S = 0.0076 \text{ kV} + 0.37 \sqrt{f} + l_i \sin (\phi_{\max})$$

Donde:

S = Separación horizontal entre fases: 2.7 m (cruceta de 3 m)

kV = Tensión máxima de diseño: 66 kV

f = Flecha del conductor

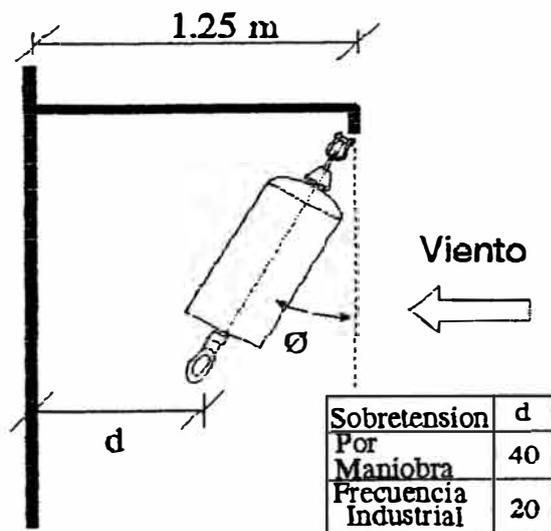
$l_i$  = Longitud total de la cadena de aisladores: 0.90 m

$\phi_{\max}$  = Ángulo de inclinación de la cadena de aisladores, 60°

De la ecuación anterior se obtiene una flecha  $f= 13$  m, dicha flecha según la tabla N° 09 corresponde al vano de 420 m, ello significa que los 3 m de longitud de cruceta permite a la estructura trabajar con vanos de hasta 420 metros.

#### 5.7.4 Distancia mínima entre conductores y la estructura

Estas distancias son los espaciamientos mínimos requeridos por las sobretensiones de maniobra y a frecuencia industrial, las mismas que se determinaron en los acápite 5.3.2 y 5.3.3 respectivamente.



De la geometría del armado de alineamiento, es suficiente que se cumpla que el máximo ángulo de desviación de la cadena de suspensión para la condición de 1/5 de la presión de viento sea menor o igual a 44°, para que se garantice que el espaciamiento del conductor a la estructura sea mayor a 40 cm y se minimice la probabilidad de

descargas a la estructura por sobretensiones de maniobra.

Análogamente, si se garantiza que el ángulo de oscilación máximo

será  $60^\circ$  para la condición de máxima presión de viento, se logrará un espaciado a la estructura mayor de 25 cm suficiente para minimizar las posibilidades de descarga a la estructura a través del aire.

El diseño de la línea ha tenido en cuenta el incremento del ángulo de oscilación de la cadena cuando el vano viento es mayor al vano peso de la estructura, lo cual significaría un acercamiento del conductor de fase a la estructura. En estos casos particulares se ha analizado mediante la ecuación descrita en 5.7.2 la utilización de contrapesos para contrarrestar la diferencia entre el vano peso y el vano viento por estructura.

## **5.8 Cálculo mecánico de estructuras**

Los cálculos mecánicos de estructuras se presentan en anexo G.

### **5.8.1 Vanos característicos**

Cada estructura típica ha sido diseñada en función de sus vanos característicos siguientes:

#### **a. Vano máximo**

El vano más largo admisible entre dos estructuras similares, se determina por la separación horizontal de los conductores.

#### **b. Vano viento**

Es la longitud proyectada de la semisuma de los vanos adyacentes, se utiliza para el cálculo de la carga debida al viento.

#### **c. Vano gravante**

Es la distancia horizontal entre los puntos más bajos (reales o ficticios) de la catenaria del conductor en los dos vanos adyacentes a la estructura. Determina la reacción vertical sobre la estructura en el punto de amarre del conductor.

En el diseño de las estructuras, se tuvo en consideración el ángulo de desvío de los conductores.

El factor de seguridad, es decir la relación entre el esfuerzo límite de la estructura y el esfuerzo máximo calculado para la condición de carga más desfavorable, no será menor que 3.0 en la

hipótesis de trabajo normal.

### 5.8.2 Cargas que interviene en el diseño de la estructura

Se toma en cuenta lo siguiente:

#### a. Cargas normales

En condiciones de cargas normales se admitirá que la estructura está sujeta a la acción simultánea de las siguientes fuerzas:

#### b. Cargas verticales

El peso de los conductores (vano gravante), aisladores, contrapesos, componente vertical de las retenidas, peso de la estructura y sus accesorios.

#### c. Cargas transversales horizontales

La presión del viento sobre el área total neta proyectada de los conductores, y cadena de aisladores para el vano viento correspondiente:

$$M_{vc} = \frac{P_v a}{100} \cos(\alpha/2) \sum_{i=1}^n (\phi_c)_i h_i$$

La presión del viento sobre la estructura:

$$M_{vp} = \frac{P_v h^2}{6} (D + 2d)$$

La componente horizontal transversal de la máxima tensión del conductor determinada por el ángulo de desvío.

$$M_c = 2 \operatorname{sen}(\alpha/2) \sum_{i=1}^n T_i h_i$$

Donde:

$P_v$  = Presión del viento (kg/m)

$a$  = Vano viento (m)

$\alpha$  = Ángulo de desvío topográfico

$\phi_{c_i}$  = Diámetro externo del  $i$ -ésimo conductor (mm)

$h_i$  = Altura del  $i$ -ésimo conductor respecto al suelo (m)

$T_i$  = Es el tiro máximo del  $i$ -ésimo conductor (kg)

$h$  = Longitud libre del poste (m)

$D$  = Diámetro del poste a nivel del suelo (mm)

$d$  = Diámetro en la punta del poste (mm)

#### d. Cargas excepcionales

En condiciones de carga excepcional se admitirá que la estructura estará sujeta además de las cargas normales, a una fuerza horizontal correspondiente a la rotura de un conductor. Esta fuerza tendrá el valor siguiente:

Estructura de suspensión: 50% de máx. tensión del conductor.

- Estructura de anclaje: 100% de máxima tensión del conductor.

- Estructura terminal: 100% de la máxima tensión del conductor.

#### 5.8.3 Cálculo del máximo vano viento

El cálculo del vano viento máximo admisible en las estructuras se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Vano viento} = \frac{\frac{F_p L}{C.S.} - Mv \text{ poste}}{\sum Mv \text{ conductor} + M \text{ cruceta}}$$

Para un poste de pino clase 3, se tiene:

$F_p$  = Carga de rotura a 30 cm de la punta

$L$  = Longitud de prueba = longitud -empotramiento -0.3 = 14.2 m

C.S.= Coeficiente de seguridad para condiciones normales: 3

$Mv$  poste = Momento originado por el viento en el poste.

$\sum Mv$  conduct=Sumatoria de momentos originados por el viento.

$M$  cruceta =Momento generado por la asimetría de la carga vertical en la cruceta superior, (peso del conductor + cadena) \* brazo libre.

Efectuando los cálculos se obtiene que el máximo vano viento para el cual el poste trabajará con coeficiente de seguridad 3 es: 285m.

#### 5.8.4 Cálculo del máximo vano peso

La cruceta seleccionada es de sección transversal 6 1/2"x5" de madera tornillo, adecuada para soportar un vano peso máximo que se determina con la siguiente expresión:

$$\text{Vano peso} = \frac{\frac{Ma}{C.S.} - W_{cadena} \times \text{brazo}}{W_{conductor} \times \text{brazo}}$$

$$Ma = Fb \frac{a b^2}{6} \frac{2.54^3}{100} k$$

Para la cruceta de madera tornillo, sección 6 1/2" x 5" y cadena de 5 aisladores antineblina, se tiene:

$$Fb = \text{Esfuerzo de falla: } 319 \text{ kg/cm}^2$$

$$a, b = \text{Ancho } 5, \text{ altura } 6.5, \text{ en pulgadas}$$

$$k = 0.94 \text{ Factor de reducción por efecto de los agujeros en la cruceta}$$

Efectuando los cálculos se obtiene que el máximo vano peso de 1050m con el cual la cruceta simple trabajará con coeficiente de seguridad 3.

### 5.8.5 Esfuerzos admisibles en postes de madera

#### a. Cálculo del esfuerzo de compresión.

Cuando se instalan retenidas una componente del cable comprime al poste, los postes de madera tienen un esfuerzo limitado de acuerdo al grupo al que pertenece. Por ello es necesario verificar la estabilidad de la estructura para prevenir fallas por pandeo o flexión lateral.

En general, para columnas delgadas como es el caso de los postes el esfuerzo de compresión se determina haciendo uso de la fórmula:

$$\sigma_c = \frac{P}{S} \left( 1 + K \frac{l^2 S 64}{m_2 \pi D^4} \right)$$

Donde:

$\sigma_c$  : Es el coeficiente de trabajo por compresión (kg/mm<sup>2</sup>)

P : Es suma de las cargas verticales incluido el peso propio.

S : Es la sección de empotramiento (mm<sup>2</sup>)

K : Coeficiente que tiene el valor de 0.02 para la madera.

l : Es la longitud en metros de la pieza sometida a compresión.

$m_2$  : Coeficiente que depende del modo de fijación de la madera, = 0.25

D : Es el diámetro de empotramiento (mm)

**b. Cálculo del esfuerzo de flexión**

Sometido el poste a la acción de cargas transversales como son: el viento en los conductores y estructura, y el tiro desequilibrado de los conductores ante un ángulo en la línea ó una condición de falla, es necesario proceder al cálculo del esfuerzo de flexión y verificar que está dentro de los límites permitido. La expresión a emplear es:

$$\delta_f = \frac{10 M}{D^3}$$

Donde:

M : Es el momento flector (kg m)

D : Es el diámetro de empotramiento (cm)

La suma de los esfuerzos de compresión y flexión no debe pasar los 233 kg/cm<sup>2</sup> en condiciones normales ni 350 kg/cm<sup>2</sup> en condiciones de falla con factor de seguridad de 3 y 2 respectivamente.

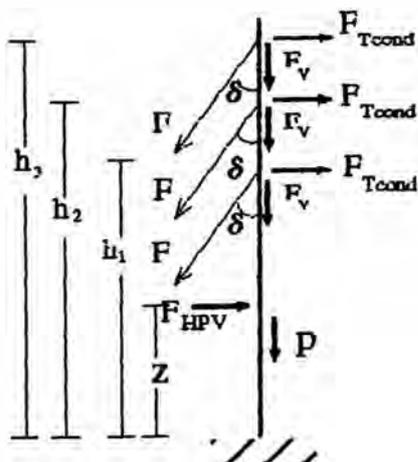
**5.9 Cálculo de retenidas**

Las retenidas se utilizan en todos los casos para compensar las cargas horizontales que superan la resistencia mecánica de poste, ya sea por tiros producidos por los ángulos topográficos, estructuras de retención ó vano viento importante.

El factor de seguridad requerido es 2, para las estructuras de retención el factor podrá ser 1.25. Los factores de seguridad se

aplicarán sobre el elemento más débil de la retenida, en nuestro caso el cable de acero que tiene carga de rotura de 5680 kg.

Para las estructuras de ángulo A1, A2 y A3 se tiene del gráfico:



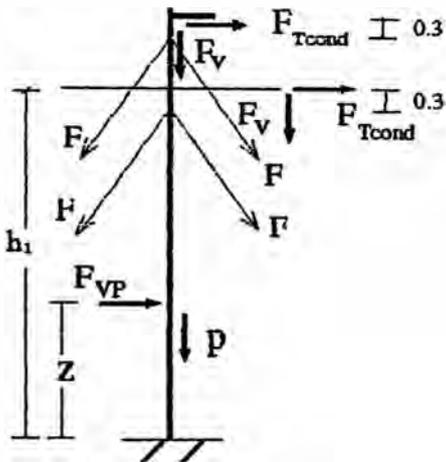
$$F = \frac{M_{vc} + M_{vp} + M_c}{(h_1 + h_2 + h_3) \text{sen } \delta}$$

$$F c = 3F \text{ cos } \delta + Cv$$

La tensión del cable de retenida se dimensiona con la fuerza  $F$  y factor de seguridad 2.

Se verifica el esfuerzo de compresión del poste en función de la componente de  $F \cos \delta$  y las cargas verticales  $C_v$ .

Para las estructuras de retención se tiene:



$$F = \frac{M_{\text{cavo máx}}}{(2h_1 + 1.40) \text{sen } \delta}$$

$$M_v = M_{vc} + M_{vp}$$

$$F c = 2F \cos \delta + C_v$$

Las retenidas se dimensionarán con la fuerza  $F$  y factor de seguridad 1.25 en razón a que en la práctica casi nunca serán solicitadas.

En esta estructura las retenidas no absorben las cargas transversales originadas por el viento, por ello se debe verificar que el esfuerzo de flexión no sobrepase el máximo admitido por el poste, si ello no se satisface se deberá instalar vientos. También, se debe verificar que el esfuerzo de compresión no sea superado por la componente de la retenida y las cargas verticales.

La retenida está fijada por un bloque de anclaje introducido en el terreno, el esfuerzo que actúa sobre el cable de acero será soportado por el peso de la tierra contenida en el tronco de pirámide de base rectangular, que se supone constituido de la siguiente forma: la base superior es la correspondiente a la superficie del anclaje, las caras laterales están inclinadas en el ángulo de deslizamiento de la tierra, y la base superior es la superficie delimitada por las cuatro caras laterales.

$$V = abh + (a+b)h^2 \text{ctg } \varphi + \frac{4}{3}h^3 \text{ctg }^2 \varphi$$

Donde:

V = Volumen del tronco de pirámide de base rectangular (m<sup>3</sup>)

a,b= Lados del bloque de anclaje: 0.30, 1.50 m

h = Profundidad de enterramiento del bloque de anclaje: 1.60 m

φ = Ángulo de deslizamiento de la tierra: 55°

Como la naturaleza del terreno es cambiante a lo largo de la línea, se realizará el cálculo del modo conservador, asumiendo el mayor ángulo de deslizamiento 55° que corresponde a la tierra fuerte pero asignándole una densidad de 1.5 Tn/m<sup>3</sup>. También se admite que la placa de anclaje se coloca paralela a la superficie del terreno.

La densidad del concreto empleado en el bloque es 2.2 Tn/m<sup>3</sup>. Reemplazando los valores se obtiene que será necesaria la aplicación de una fuerza vertical de 6.9 Tn para lograr remover el bloque de anclaje, antes que eso ocurra se rompería el cable de acero, por lo que se concluye que la cimentación está preparada para soportar cualquier exigencia de la retenida.

#### 5.10 Cimentación de postes

El diseño de la cimentación de postes de madera considera el empleo de coronas de piedra y material de relleno compactado. La corona de piedras confiere al poste mayor superficie de contacto contra el terreno, obteniéndose mayor reacción estabilizante del mismo.

El método de Valensi se aplica sobre estructuras o macizos directamente enterrados en terreno natural, permite calcular la máxima carga horizontal que se le puede aplicar al poste a 30 cm de la punta, sin que se produzca el vuelco de la estructura. La expresión es:

$$F(h+t) \leq \frac{P}{2} \left( a - \frac{4P}{3b\sigma} \right) + C b t^3$$

Donde:

F = Carga horizontal, para el poste clase 3 : 453 kg

h = Altura libre del poste menos 30 cm : 14.2 m

t = Profundidad de enterramiento : 2.3 m

P = Peso de la estructura : 1400 kg

a,b	=	Diámetro del poste en el enterramiento	:	32 cm
$\sigma$	=	Presión máxima admisible, tierra media	:	2 kg/cm <sup>2</sup>
C	=	Coefficiente terreno consistente	:	2 t/m <sup>3</sup>

Reemplazado los valores se satisface que el momento estabilizante del terreno es mayor que el momento de vuelco producido por la fuerza desequilibrada  $F$  que a propósito se ha hecho coincidir con la máxima carga de trabajo a condiciones normales del poste clase 3, lo cual demuestra que el poste puede trabajar con toda su carga. Además, la corona de piedras confiere mayor superficie de reacción al terreno aumentando el momento resistente.

### 5.11 Distribución de estructuras

La Distribución de estructuras se efectuó gráficamente en computadora teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Chequeo de distancias de seguridad al terreno utilizando la catenaria de la hipótesis de máxima flecha.
- Chequeo por separación de conductores en la cruceta ningún vano será superior a 420 m.
- Chequeo por vano viento, el máximo admitido por el poste clase 3 es 285 m.
- Chequeo del vano peso para prevenir el efecto "uplift" ( tiro hacia arriba en estructuras).
- Chequeo por estructura del ángulo de oscilación de las cadenas de aisladores en las estructuras de suspensión, calculando previamente el vano viento y el vano peso (vano medio y vano gravante) para la hipótesis de mínima flecha.

La distribución de estructuras se realiza por tramos, considerando el criterio del vano equivalente "rulling span", el cual se calcula en tramos definidos por dos estructuras de anclaje.

En la plantilla de estructuras presentada en la tabla N° 11 se muestra la tabla de regulación así como el parámetro de la catenaria para la condición de máxima flecha.

. En las estructuras de suspensión donde se presentan vanos vientos mayores a los vanos pesos se analiza la utilización de contrapesos con el objeto de contrarrestar dicha diferencia y evitar un acercamiento del conductor a la estructura que sobrepase las distancias mínimas calculadas ó las recomendadas en el manual REA de diseño de líneas de transmisión en su tabla VII-1.

PLANILLA DE ESTRUCTURAS  
LINEA 60 KV MARCONA - BELLA UNION

ESTRUC TURA		UBICACION ESTRUCTURA				VANOS CARACTERISTICOS						ESTRUCTURAS MADERA						AISLADORES Y ACCESORIOS					PUESTAS A TIERRA			
		PROGRES	COTA	DESNIVEL AMARRES	ANGULO DESVIAC LINEA	REGULADO	ADELANTE	VIENTO (m)		GRAV. (m)		POSTES		CRUCETAS		RETENIDA		CADENAS ANCLAJES		TOT AISLA	Contra Peco x Fase	Angulo Oscilac (grados)	Amortig por Vano	Tipo de Cimenta- ción	Rango Resistivid ZONA	
								F-Mín	F-Máx	F-Mín	F-Máx	LONG	CANT	TIPO	CANT	TIPO	CANT	SUSP	NOR						INV	Resistivid
1	A3		852.0	-2.6	-		221.33	110.69	110.78	147.03	127.27	60' - cl 3	1	-	R3	6	-	6	-	36	-	-	CM1	E	II	
2	S1	221.3	848.7	-1.9	184°17'00"		216.80	219.12	219.29	209.53	214.94	60' - cl 3	1	C2,C1	R1	1	3	-	15	2	52.5	-	CM1	E	II	
3	S	438.1	846.5	-8.1	-		183.11	200.08	200.22	311.10	250.56	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	37.2	-	CM1	E	II	
4	S	621.2	838.5	9.8	-		235.94	209.75	209.91	-58.52	88.21	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	3	53.0	-	CM1	E	II	
5	S	857.2	848.3	1.1	-		83.63	159.92	160.03	250.24	201.05	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	39.4	-	CM1	E	II	
6	S	940.8	849.4	-25.5	-		232.30	158.69	158.80	542.46	332.93	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	20.3	-	CM1	E	II	
7	S	1173.1	823.9	-3.7	-		177.88	205.84	205.99	-72.28	79.76	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	3	54.3	-	CM1	E	II	
8	S	1351.0	820.2	-5.7	-	212	222.49	200.28	200.41	214.97	207.10	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	46.0	-	CM1	E	II	
9	S	1573.5	814.5	-6.1	-		222.49	222.62	222.80	228.36	225.40	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	47.6	-	CM1	E	II	
10	S	1796.0	808.4	-7.5	-		222.49	222.64	222.82	241.55	231.41	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	46.2	-	CM1	E	II	
11	S2	2018.5	801.2	-13.5	177°20'00"		172.16	197.68	197.82	337.38	261.13	60' - cl 3	1	C2,C1	R1	1	3	-	15	-	18.0	-	CM1	E	II	
12	S	2190.6	787.5	-8.8	-		237.21	205.07	205.22	76.86	147.13	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	1	54.3	-	CM1	E	II	
13	S	2427.8	778.7	-5.2	-		220.79	229.16	229.36	185.94	209.74	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	53.0	-	CM1	E	II	
14	S	2648.6	773.5	-4.3	-		200.15	210.56	210.72	204.12	207.79	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	48.6	-	CM1	E	II	
15	S	2848.8	769.2	-6.0	-		166.01	183.19	183.29	230.55	204.75	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	41.9	-	CM1	E	II	
16	S	3014.8	763.2	-3.7	-		226.05	196.13	196.27	133.70	167.98	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	55.7	-	CM1	E	II	
17	H1	3240.8	756.3	-4.2	-	148	147.82	187.01	187.14	216.29	186.24	60' - cl 3	2	C3	R5	4	-	6	36	-	-	-	2 x CM1	E	II	
18	H1	3388.6	752.1	-8.6	-		171.01	159.57	159.65	230.06	200.31	60' - cl 3	2	C3	R5	4	-	6	36	-	-	-	2 x CM1	E	II	
19	S	3559.6	746.7	0.4	-		192.14	181.71	181.81	20.44	109.14	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	2	48.6	-	CM1	E	II	
20	S	3751.8	747.0	3.5	-		186.02	189.13	189.24	136.04	165.32	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	54.4	-	CM1	E	III	
21	S	3937.8	750.5	-4.5	-		135.14	160.66	160.73	323.64	234.16	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	30.7	-	CM1	E	III	
22	A1	4072.9	748.3	-12.7	159°36'10"		219.64	177.64	177.75	253.07	211.81	60' - cl 3	1	-	R2	3	3	-	18	-	-	-	CM1	E	III	
23	S	4292.6	733.3	-4.3	-		184.33	202.23	202.38	95.58	154.27	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	1	51.5	-	CM1	E	III	
24	S	4476.9	729.0	-2.8	-	203	208.31	196.39	196.52	165.71	182.70	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	51.3	-	CM1	E	III	
25	S	4685.2	726.1	-3.6	-		164.02	186.22	186.34	212.18	198.02	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	44.3	-	CM1	E	III	
26	S	4849.3	722.5	-1.7	-		230.32	197.23	197.37	151.43	178.74	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	33.3	-	CM1	E	III	
27	S	5079.6	720.9	-4.7	-		247.85	239.17	239.41	276.13	256.08	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	45.0	-	CM1	E	III	
28	S	5327.4	716.1	8.3	-		175.10	211.64	211.82	6.30	119.26	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	2	54.5	-	CM1	E	III	
29	S	5502.5	724.4	14.5	-		211.82	193.84	193.96	127.68	164.11	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	1	46.3	-	CM1	E	III	
30	S	5714.4	738.9	-4.1	-		241.20	226.82	227.02	492.12	346.64	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	29.7	-	CM1	E	III	
31	S	5955.5	734.7	-4.3	-		180.53	210.95	211.12	231.19	220.22	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	45.8	-	CM1	E	III	
32	R	6136.1	729.4	-9.5	-		209.35	195.11	195.23	265.16	229.67	60' - cl 3	1	C1,C2	R4	4	1	6	42	-	-	-	CM1	E	III	
33	S	6345.4	721.0	9.1	-		209.01	209.42	209.57	-71.54	80.85	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	3	54.6	-	CM1	E	III	
34	S	6554.4	730.1	7.2	-		206.18	207.79	207.93	235.19	220.49	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	44.9	-	CM1	E	III	
35	S	6760.6	737.3	-15.7	-		235.00	220.96	221.13	542.13	368.30	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	27.0	-	CM1	E	III	
36	S	6985.6	721.6	4.7	-		223.00	229.34	229.53	-48.34	102.28	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	3	54.1	-	CM1	E	III	
37	S	7218.6	726.4	1.5	-		218.78	220.97	221.14	266.30	241.91	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	43.7	-	CM1	E	III	
38	S	7437.4	727.9	20.9	-	219	244.58	232.18	232.38	-15.33	118.93	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	3	50.7	-	CM1	E	III	
39	S	7682.0	748.8	-0.1	-		66.50	156.01	156.13	431.50	282.40	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	24.1	-	CM1	E	III	
40	S	7748.5	748.6	-21.0	-		247.70	157.58	157.70	419.10	277.58	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	24.9	-	CM1	E	III	
41	S	7998.2	727.6	0.2	-		127.37	188.02	188.15	-84.09	63.43	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	3	53.3	-	CM1	E	III	
42	S	8123.5	727.8	-4.4	-		194.32	160.89	160.96	236.90	195.78	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	37.8	-	CM1	E	III	
43	S	8317.9	723.3	-12.6	-		217.50	206.15	206.29	317.17	257.17	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	37.6	-	CM1	E	III	
44	S	8535.4	710.7	-3.7	-		250.14	234.07	234.28	98.59	172.21	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	1	55.0	-	CM1	E	III	
45	S	8785.5	707.0	-4.7	-		215.78	233.05	233.26	254.48	243.06	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	46.3	-	CM1	E	III	
46	R	9001.3	701.2	2.8	-		232.22	224.08	224.28	117.11	174.23	60' - cl 3	1	C1,C2	R4	4	1	6	42	-	-	-	CM1	E	III	
47	S	9233.5	705.1	12.8	-		233.72	233.21	233.42	99.86	172.90	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	1	54.8	-	CM1	E	III	
48	S	9487.2	717.9	-0.0	-		237.84	238.01	238.23	407.53	314.06	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	35.1	-	CM1	E	III	
49	S	9705.1	717.9	9.2	-		216.43	227.28	227.48	93.62	166.84	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	1	54.8	-	CM1	E	III	
50	S	9921.5	727.1	0.4	-		190.59	203.65	203.79	330.93	261.54	60' - cl 3	1	C2,C1	-	-	3	-	15	-	36.2	-	CM1	E	III	

## **CAPITULO VI METRADO Y PRESUPUESTO**

### **6.1 Generalidades**

En la elaboración del metrado y presupuesto se ha tenido en consideración las siguientes premisas:

- a. Los materiales principales serán adquiridos por el MEM mediante licitaciones internacionales que abastecerán de materiales a un paquete de proyectos semejantes. Los materiales menores serán suministrados por el contratista que ejecute la obra.
- b. El metrado de los materiales a ser adquiridos corresponde a las unidades que serán instaladas en el proyecto e incluye los siguientes excesos para cubrir mermas por flecha, roturas, pérdidas y otros: conductores 4 %, aisladores 3 % y ferretería 3 %.
- c. El costo del material importado incluye el flete, seguros, aranceles y gastos de desaduanaje.
- d. El análisis de los precios unitarios de montaje se realizó con los rendimientos de empresas que se dedican a esa actividad.

### **6.2 Análisis de precios unitarios**

Los costos unitarios han sido elaborados considerando:

#### **6.2.1 Costos unitarios de materiales**

Los materiales principales que serán proporcionados por el MEM se enumeran en la tabla N° 12. Los precios señalados en el presupuesto corresponden a compras anteriores que el MEM realizó directamente a los fabricantes mediante licitaciones internacionales.

Los precios de los materiales menores se han obtenido de empresas fabricantes y comercializadoras, evaluándose hasta tres (3) ofertas presentadas por cada material a fin de obtener el precio promedio del mercado.

Tabla N° 12

MATERIALES A SER PROPORCIONADOS POR EL MEM

ITEM No	DESCRIPCIÓN	METRADO	
		Unidad	Cantidad
1	Postes 60 pies longitud, clase 3	Und	68
2	Postes 55 pies longitud, clase 3	Und	249
3	Aleación de Aluminio - AAAC - sección 120 mm <sup>2</sup>	Km	195
4	Manguitos de empalme para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Und	65
5	Manguitos de reparación para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Und	56
6	Antineblina Cl 52-3 10"5 3/4" tipo Casquillo - bola, 8Tn	Und	4936
7	Herrajes de suspensión para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Jgo	890
8	Herrajes de anclaje normal para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Jgo	142
9	Herrajes de anclaje invertido para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Jgo	3
10	Horquilla de contrapeso c/acces. de instalación	Und	159
11	Jabalina copperweld 5/8"x8'+conector cable-varilla	Und	665
12	Cable de retenida tipo HS 1/2" ø	km	2.03

### 6.2.2 Costos unitarios de montaje

El análisis de precios unitarios se desarrolla en el apéndice H. En los análisis se han considerado los siguientes puntos:

- El pago de la mano de obra, incluye leyes sociales, bonificación unificada de construcción, bonificación unificada por movilidad y todos los derechos vigentes a la fecha.
- Los rendimientos por partida se han obtenido de la experiencia reciente de empresas vinculadas a la ejecución de obras similares.
- Los precios de alquiler de los equipos y herramientas corresponden al promedio del mercado.

### 6.3 Presupuesto base

El Presupuesto Base es a Setiembre de 1997 está expresado en Nuevos Soles. En su elaboración se tomaron las siguientes consideraciones:

- Los precios de los materiales son aquellos obtenidos del análisis de costos unitarios de materiales.
- El costo del transporte de materiales ha sido considerado para el tramo Lima-Marcona, tomándose como precio el promedio de las ofertas presentadas por las compañías del transporte.
- Los costos unitarios de montaje se desarrollan en el acápite de costos unitarios, apéndice H.

- d. Los Gastos Generales y Utilidades del Contratista representan el 25% de la suma del suministro más montaje y transporte. Esta relación se obtuvo de ofertas económicas presentadas por contratistas para la ejecución de obras similares.
- e. El impuesto general a las ventas (IGV) es del 18% sobre la suma del costo directo de obra más los gastos generales y utilidades del contratista.
- f. El total general se obtiene de sumar las partidas del costo directo de obra, los gastos generales y utilidades, y el impuesto general a las ventas.

#### 6.4 Fórmula polinómica

Se añade al metrado y presupuesto el sistema de reajuste de precios por fórmulas polinómicas que caracteriza la estructura de costos de cada obra en particular.

Para la aplicación de la fórmula polinómica se consideran los índices unificados de precios, elaborados por la Dirección Técnica de Indicadores Económicos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, y publicados periódicamente en el Boletín Mensual de la institución.

$$K = C_1 \frac{Pr}{Po} + C_2 \frac{Ar}{Ao} + C_3 \frac{Cr}{Co} + C_4 \frac{Fr}{Fo} + C_5 \frac{Jr}{Jo} + C_6 \frac{GUr}{GUo}$$

Donde:

- $C_i$  Coeficiente de incidencia del monomio  $i$
- $o$  índice unificado a la fecha del presupuesto base
- $r$  índice unificado a la fecha del reajuste
- $P, A, C, F, J, GU$ : Símbolos de los índices unificados.

#### 6.5 Cronograma valorizado de ejecución de obra

El cronograma ejecución de obra representa la justificación del plazo de ejecución que se propone a los contratistas, en él están comprendidos todas las partes del proyecto y es posible definir la ruta crítica de la obra. Los avances y tiempos considerados son producto de

la experiencia en la ejecución de proyectos similares.

El cronograma valorizado permite al propietario programar con antelación los desembolsos de dinero a pagar al contratista de la obra.

## RESUMEN GENERAL

PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

Pág 1/4

I.	SUMINISTRO DE MATERIALES	S/. 1.617.520.81
II.	TRANSPORTE	80.876.04
III.	MONTAJE ELECTROMECHANICO	1.476.060.30
IV.	GASTOS GENERALES	317.445.71
V.	UTILIDADES	476.168.57
		-----
	C O S T O T O T A L	S/. 3.968,071.42
	IMPUESTOS (18% IGV)	714.252.86
		-----
	T O T A L G E N E R A L	S/. 4,682,324.28

FECHA : SETIEMBRE DE 1997

Tipo de cambio: S/. 2.65 por US\$

## METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : L.T. 60 KV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97 Pág. 2.4

ITEM. N°	DESCRIPCIÓN	METRADO		C O S T O	
		Unid.	Cantid.	UNITARIO	TOTAL
				S/.	S/.
<b>A</b>	<b>SUMINISTRO DE MATERIALES</b>				
1.0	<b>ESTRUCTURAS DE MADERA</b>				502.294.25
1.1	Postes de madera pino 60 pies de longitud. clase 3	Und	68	1.590.00	108.120.00
1.2	Postes de madera pino 55 pies de longitud. clase 3	Und	249	1.325.00	329.925.00
1.3	Cruceta de madera tornillo de 6" x 8" x 6 m	Und	6	185.50	1.113.00
1.4	Cruceta de madera tornillo de 5" x 6 1/2" x 3 m	Und	307	79.50	24.406.50
1.5	Cruceta de madera tornillo de 6" x 8" x 3 m	Und	327	92.75	30.329.25
1.6	Plantilla de numeración y de seguridad por estructura	Cjt	317	26.50	8.400.50
2.0	<b>ACCESORIOS DE POSTES Y CRUCETAS</b>				188.968.85
2.01	Perno doble armado $\phi$ 19mmx660mm long c/4 tuercas y contratuerca	Cjt	92	26.50	2.438.00
2.02	Perno maquinado $\phi$ 19mmx559mm long c/tuerca. contratuerca	Cjt	24	23.85	572.40
2.03	Perno maquinado $\phi$ 19mmx457mm long c/tuerca. contratuerca	Cjt	593	21.20	12.571.60
2.04	Perno maquinado $\phi$ 19mmx254mm long c/tuerca. contratuerca	Cjt	331	18.55	6.140.05
2.05	Perno ojo c/hombros $\phi$ 19mmx254mm long c/tuerca. contratuerca	Cjt	610	47.70	29.097.00
2.06	Perno maquinado $\phi$ 16mmx254mm long c/tuerca. contratuerca	Cjt	960	15.90	15.264.00
2.07	Perno horquilla $\phi$ 16mmx254mm long c/tuerca. contratuerca	Cjt	596	39.75	23.691.00
2.08	Perno maquinado $\phi$ 13mmx254mm long c/tuerca. contratuerca	Cjt	601	10.60	6.370.60
2.09	Tuerca ojo p/pernos 19mm $\phi$	Und	92	10.60	975.20
2.10	Arandela cuadrada curvada 76x76x6mm. hueco 21 mm $\phi$	Und	633	5.30	3.354.90
2.11	Arandela cuadrada plana 76x76x6mm. hueco 21 mm $\phi$	Und	658	5.30	3.487.40
2.12	Arandela cuadrada curvada 76x76x6mm. hueco 18 mm $\phi$	Und	626	5.30	3.317.80
2.13	Arandela cuadrada plana 76x76x6mm. hueco 18 mm $\phi$	Und	684	5.30	3.625.20
2.14	Arandela cuadrada plana 51x51x3mm. hueco 15 mm $\phi$	Und	1.201	5.30	6.365.30
2.15	Pletina de retenida dos agujeros 51x6mm	Und	6	53.00	318.00
2.16	Pletina de retenida un agujeros 51x6mm	Und	397	26.50	10.520.50
2.17	Extensor de ángulo para cadena de aisladores $\phi$ 16mm x 0.3m	Und	320	79.50	25.440.00
2.18	Conector de cable de tierra c/arandela	Und	735	15.90	11.686.50
2.19	Brazo angular simple de soporte de cruceta	Und	307	26.50	8.135.50
2.20	Brazo angular doble de soporte de cruceta	Und	327	47.70	15.597.90
3.0	<b>CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO Y ACCESORIOS</b>				517.822.25
3.1	Conductor de Aleación de Aluminio-AAAC de 120 mm <sup>2</sup>	km	195	2.650.00	516.750.00
3.2	Manguitos de empalme para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Und	65	11.93	775.45
3.3	Manguitos de reparación para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Und	56	5.30	296.80
4.0	<b>AISLADORES Y ACCESORIOS</b>				279.009.73
4.1	Aislador antineblina Clase 52-3 10" 5 3/4" tipo casquillo-bola. 8 Tn	Und	4.936	30.87	152.374.32
4.2	Herrajes de suspensión para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Jgo	890	86.13	76.655.70
	Un grillete recto				
	Un adaptador anillo - bola				
	Un adaptador casquillo - ojo				
	Una varilla de armar				
	Una grapa de suspensión				

## METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97 Pág 3.1

ITEM. N°	DESCRIPCIÓN	METRADO		C O S T O	
		Unid.	Cantid.	UNITARIO	TOTAL
				S/.	S/.
4.3	Herraje de anclaje normal para AAAC 120 mm <sup>2</sup> Un grillete Un adaptador anillo - bola Un adaptador casquillo - ojo alargado Una grapa de anclaje tipo compresión	Jgo	142	96.73	13.735.66
4.4	Herrajes de anclaje invertido	Jgo	3	145.75	437.25
4.5	Horquilla de contrapeso con accesorios de instalación	Und	159	31.80	5.056.20
4.6	Varillas de enganche	Cjl	159	18.55	2.949.45
4.7	Contrapesos de 25 kg	Und	269	103.35	27.801.15
5.0	<b>RETENIDAS Y ACCESORIOS</b>				28.454.98
5.1	Guardacabo	Und	120	6.63	795.60
5.2	Mordaza preformada p/cable de retenida	Und	240	39.75	9.540.00
5.3	Cable de retenida tipo HS $\phi$ 13 mm	km	2.03	2.252.50	4.572.58
5.4	Varilla anclaje c/cab. guard. 16mm $\phi$ x2.4m c/tuerca y contratuerca	Cjt	120	41.34	4.960.80
5.5	Arandela plana cuadrada 102x102x13mm. hueco $\phi$ 21mm	Und	120	5.30	636.00
5.6	Bloque de concreto 0.3x0.3x1.5m. hueco 18mm	Und	120	66.25	7.950.00
6.0	<b>PUESTAS A TIERRA Y ACCESORIOS</b>				100.970.75
6.1	Conductor de Cu 35 mm <sup>2</sup> . temple blando	km	9.6	5.300.00	50.880.00
6.2	Grapas fijadoras de Cu	Und	16.610	0.40	6.644.00
6.3	Conductor de Copperweld 35 mm <sup>2</sup>	km	5.1	4.372.50	22.299.75
6.4	Varilla copperweld f 16mm x 2.4m c/conector varilla-cable	Cjt	665	21.20	14.098.00
6.5	Conector bifilar p/conductor Cu 35 mm <sup>2</sup>	Und	1.330	5.30	7.049.00
<b>TOTAL DE SUMINISTRO DE MATERIALES A:</b>				S/.	1.617.520.81

## METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : L.T. 60 kv MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97 Pág 4/4

ITEM. N°	DESCRIPCIÓN	METRADO		C O S T O	
				UNITARIO	TOTAL
		Unid.	Cantid.	S/.	S/.
1.0	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				76.697.47
1.1	Replanteo topográfico	km	65	566.76	36.839.40
1.2	Variantes topográficas	km	1.0	1.294.98	1.294.98
1.3	Estudio Geotécnico	Pto	10	1.325.00	13.250.00
1.4	Gestión de servidumbre	Glb	1	15.848.19	15.848.19
1.5	Limpieza de franja de servidumbre	Ha	10	946.49	9.464.90
2.0	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				178.673.50
2.1	Campamentos y almacenes (Instalación y operación)	Glb	1	76.947.52	76.947.52
2.2	Camino de acceso en terreno ondulado normal	km	10.0	4.958.29	49.582.90
2.3	Camino de acceso en terreno ondulado suelto (arenoso)	km	7.5	6.952.41	52.143.08
3.0	<b>EXCAVACION, ERECCION Y CIMENTACION DE POSTES DE MADERA</b>				375.538.23
3.1	Postes de 60 O 55 pies en terreno NORMAL (CM1)	Und	269	1.220.17	328.225.73
3.2	Postes de 60 O 55 pies en terreno ROCOSO (CM2)	Und	1	1.574.58	1.574.58
3.3	Postes de 60 O 55 pies en terreno SUELTO (CM3)	Und	32	1.429.31	45.737.92
2.4	<b>INSTALACION DE ENSAMBLES Y ARMADOS (incluye bajada de tierra)</b>				65.656.83
2.4.1	Armados de estructura tipo "S". "S1". "S2"	Cjt	273	208.55	56.934.15
2.4.2	Armados de estructura tipo "A1" y "A2"	Cjt	3	259.24	777.72
2.4.3	Armados de estructura tipo "A3". "R". "H1"	Cjt	24	331.04	7.944.96
2.5	<b>CADENAS DE AISLADORES</b>				19.801.48
2.5.1	Montaje de cadena de aisladores de suspensión y accesorios	Cjt	847	17.86	15.127.42
2.5.2	Montaje de cadena de aisladores de anclaje y accesorios	Cjt	138	33.87	4.674.06
2.6	<b>MONTAJE DE CONDUCTORES</b>				499.071.10
2.6.1	Montaje de conductor de Aleación de Aluminio 240 mm <sup>2</sup> y accesorios	km	190	2.626.69	499.071.10
2.7	<b>PUESTA A TIERRA</b>				164.106.53
2.7.1	Instalación de varillas de copperweld	Und	646	52.37	33.831.02
2.7.2	Instalación de conductor de copperweld 2 AWG (Incluye excavación y relleno compactado de zanja)	km	9.3	12.299.41	114.384.51
2.7.3	Medición de resistividad y resistencia de puesta a tierra	Und	300	52.97	15.891.00
8.0	<b>RETENIDAS</b>				40.812.28
8.1	Instalación de cable de retenidas y accesorios	Cjt	116	45.66	5.296.56
8.2	Instalación de varillas de anclaje y bloq. de concreto	Und	116	306.17	35.515.72
9.0	<b>REVISION FINAL, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO</b>				55.702.88
9.1	Ingeniería de detalle (incluye estudio de impacto ambiental)	Glb	1	39.750.00	39.750.00
9.2	Revisión final. pruebas y puesta en servicio	Glb	1	15.952.88	15.952.88
<b>TOTAL DEL MONTAJE ELECTROMECHANICO B:</b>				S/.	1.276.060.30

## FORMULA POLINOMICA

FORMULA POLINOMICA						
PROYECTO : LINEA DE TRANSMISION 60 kV MARCONA - BELLA UNION				Fecha: SET/97		
PRESUPUESTO BASE : S/.		3,968,071.4		Tipo cambio S/, 2.65/\$		
No	ELEMENTO REPRESENTATIVO	IND.	SIMB.	MONTO	% INCID.	COEF.
1	POSTES Y CRUCETAS DE MADERA	42	PM	502,294.25	100.00%	0.1266
2	CONDUCTORES Y ACCESORIOS DE ALUMINIO	52	CO	517,822.25	100.00%	0.1305
3	AISLADORES	11	AI	152,374.32	54.61%	0.0703
	HERRAJE PARA AISLADORES	2		126,635.41	45.39%	
4	FERRETERIA	2	FE	217,423.83	68.29%	0.0802
	MATERIAL DE PUESTA A TIERRA	30		100,970.75	31.71%	
5	MONTAJE ELECTROMECHANICO	47	M	1,476,060.30	100.00%	0.3720
6	G.G., D.T. Y UTILIDADES	39	GU	793,614.28	91.00%	0.2204
	TRANSPORTE	32	T	80,876.04	9.00%	
$K = 0.1266P_{Mo}/P_{Mr} + 0.1305C_{Co}/C_{Cr} + 0.0703A_{Io}/A_{Ir} + 0.0802F_{Eo}/F_{Er} + 0.372M_o/M_r + 0.2204G_{Uo}/G_{Ur}$						
<p>NOTA:</p> <p>1.- En la fórmula los sub-índices "o" de cada símbolo corresponden al índice de precios (según CREPCO) a la fecha de Elaboración del Presupuesto (Presupuesto Base) y los sub-índices "r" al índice de precios al momento de reajuste o fecha de valorización.</p> <p>2.- En el caso de los monomios compuestos por varios índices se ha considerado para efecto de denominación el símbolo que tiene mayor porcentaje de incidencia.</p>						

**CRONOGRAMA VALORIZADO DE EJECUCION DE OBRA**

**PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION**

ITE	DESCRIPCION	DURACION	COSTO	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
<b>I</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>									
1.1	Campamentos y almacenes	210 días	76,947.52	19,236.88	9,618.44	9,618.44	9,618.44	9,618.44	9,618.44	9,618.44
1.2	Replanteo topográfico	45 d.as	38,134.38	25,168.69	12,965.69					
1.3	Estudio geotécnico	30 días	13,250.00	9,937.50	3,312.50					
1.4	Gestión de servidumbre	60 días	15,848.19	5,943.08	7,924.10	1,981.02				
1.5	Limpieza de franja de servidumbre	30 días	9,464.90			7,098.68	2,366.22			
1.6	Caminos de acceso	45 días	101,725.98		67,139.15	34,586.83				
<b>II</b>	<b>SUMINISTRO Y TRANSPORTE</b>									
2.1	Materiales entregados por el MEM	75 días	1,253,547.56	501,419.02	501,419.02	250,709.52				
2.2	Materiales entregados por el Contratista	30 días	363,973.25		363,973.25					
2.3	Transporte de materiales y equipos	90 días	80,876.04	26,958.68	26,958.68	26,958.68				
<b>III</b>	<b>MONTAJE ELECTROMECAÁNICO</b>									
3.1	Excavación, erección y cimentación de postes	105 días	375,538.23		53,648.31	107,296.64	107,296.64	107,296.64		
3.2	Instalación de ensambles y armados	60 días	65,656.83				32,828.42	32,828.41		
3.3	Cadenas de aisladores	45 días	19,801.48				6,534.49	13,266.99		
3.4	Instalación de puestas a tierra	45 días	164,106.53				54,155.16	109,951.37		
3.5	Instalación de retenidas	45 días	40,812.28					26,936.10	13,876.18	
3.6	Tendido y puesta en flecha del conductor	75 días	499,071.10				99,814.22	199,628.44	199,628.44	
3.7	Revisión final, pruebas y puesta en servicio	60 días	55,702.88						27,851.44	27,851.44
	<b>SUB-TOTAL</b>	<b>S/,</b>	<b>3,174,457.15</b>	<b>588,663.85</b>	<b>1,046,959.14</b>	<b>438,249.81</b>	<b>312,613.59</b>	<b>499,526.39</b>	<b>250,974.50</b>	<b>37,469.88</b>
	<b>GASTOS GENERALES (10 %)</b>		<b>317,445.72</b>	<b>58,866.39</b>	<b>104,695.91</b>	<b>43,824.98</b>	<b>31,261.36</b>	<b>49,952.64</b>	<b>25,097.45</b>	<b>3,746.99</b>
	<b>UTILIDADES ( 15 % )</b>		<b>476,168.57</b>	<b>88,299.58</b>	<b>157,043.87</b>	<b>65,737.47</b>	<b>46,892.04</b>	<b>74,928.96</b>	<b>37,646.18</b>	<b>5,620.48</b>
	<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>3,968,071.44</b>	<b>735,829.82</b>	<b>1,308,698.92</b>	<b>547,812.26</b>	<b>390,766.99</b>	<b>624,407.99</b>	<b>313,718.13</b>	<b>46,837.35</b>
	<b>I.G.V. ( 18% )</b>		<b>714,252.86</b>	<b>132,449.37</b>	<b>235,565.81</b>	<b>98,606.21</b>	<b>70,338.06</b>	<b>112,393.44</b>	<b>56,469.26</b>	<b>8,430.72</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>S/,</b>	<b>4,682,324.30</b>	<b>868,279.19</b>	<b>1,544,264.73</b>	<b>646,418.47</b>	<b>461,105.05</b>	<b>736,801.43</b>	<b>370,187.39</b>	<b>55,268.07</b>

## OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

1. El PSE Acarí-Chala sólo tiene dos posibilidades de electrificarse: mediante la conexión al SICN o el afianzamiento térmico de la central térmica ubicada en Bella Unión.
2. Los resultados obtenidos en la evaluación técnica demuestran que la alternativa 1 es técnicamente factible en los dos escenarios analizados: con y sin cargas mineras. Ello en razón a que la regulación de tensión es menor o al 6% en barras de 23 kV y las pérdidas de energía son menores o iguales al 3% que exige la Comisión de Tarifas Eléctricas para considerar eficiente un proyecto de transmisión.
3. Los resultados obtenidos en la evaluación económica demuestran que la línea en 60 kV Marcona-Bella Unión resulta económicamente no conveniente en el caso que sólo se entregue energía a las localidades, pero en el caso que se desarrollen las cargas mineras actualmente en exploración, los indicadores económicos mejoran considerablemente pasando a ser positivos, logrando que el proyecto pueda pagarse solo y rinda beneficios.  
En el caso de no considerar a las cargas mineras el proyecto pasa a ser del tipo social, no atractivo para el capital privado, pero necesario para el desarrollo de la zona.  
Para la ejecución del proyecto el Estado deberá financiar el costo del mismo y otorgarlo como aporte de capital a SEAL. A la fecha el estudio se encuentra esperando el financiamiento del MFM para su ejecución.
4. Cuando se compara el proyecto de la línea de transmisión en 60 kV

con la generación térmica equivalente, de los resultados se demuestra que construir la línea resulta económicamente más conveniente que reforzar la generación térmica, y si se considera que dicha línea tiene una mayor capacidad para dar suministro a proyectos productivos que se puedan desarrollar en el futuro, la construcción de la línea y subestación resulta el proyecto más conveniente.

5. La zona del proyecto se ubica cercana al mar y presenta condiciones de alta contaminación, por ello se ha seleccionado aisladores de suspensión del tipo ANSI 52-3 antineblina, por la misma razón se especificó el cable de aleación de aluminio tipo engrasado.
6. Como se mencionó líneas arriba el proyecto es del tipo social, por ello se buscó la alternativa de electrificación más económica que logren una inversión inicial baja y así se posibilite la electrificación de zonas que presenten características de carga dispersa y bajo factor de carga.

Para lograr el objetivo se realizó lo siguiente:

Se diseñó la línea de transmisión con los criterios de diseño de los manuales de la Rural Electrification Administration, líder de la electrificación rural de los EE.UU. Dichos criterios se pueden aplicar hasta el nivel de 138 kV, reduciendo drásticamente los costos de inversión inicial de los proyectos de transmisión.

Se seleccionó el conductor de aleación de aluminio en lugar del cobre que para la misma conductividad es mas pesado y caro.

Se propone que la SE Bella Unión posea equipamiento tipo exterior en todos los niveles de tensión.

7. Se introduce el dibujo de estructuras y subestaciones en Autocad, mejorando el acabado de los dibujos, y el poder efectuar los mismos íntegramente a escala. Para ello se ha trabajado con librerías de los materiales y equipos que se han utilizado en el proyecto.

## BIBLIÓGRAFA

1. Plan de Expansión de la Frontera Eléctrica de Arequipa  
Consultora PRICONSA  
Mayo 1993
2. Diseño de Líneas de Transmisión Aérea a Altas Tensiones  
Ing. Hernán Untiveros Zaldivar, Lima - Perú 1983
3. Líneas de Transmisión  
ENDESA - Santiago de Chile 1982
4. Design Manual for High Voltage Transmission Lines  
REA Bulletin 62-1
5. Electric Transmission Specifications & Drawings  
U.S. Department of Agriculture Rural Electrification Administration
6. Redes Eléctricas de Alta y Baja Tensión  
Ing. Gaudencio Zoppetti Júdez, Barcelona 1978

**APÉNDICE A  
MERCADO ELÉCTRICO**

A0 Metodología

A1 Proyección de la Población Beneficiada

A2 Proyección de la Máxima Demanda de Potencia

A3 Proyección del Consumo Bruto de Energía

## APÉNDICE AO MERCADO ELÉCTRICO

La metodología empleada se basa en la Proyección de Consumo de Energía y de la Máxima Demanda, que para el caso de Pequeños y Medianos Centros Poblados involucra una relación funcional creciente entre el consumo anual de energía por abonado doméstico (kWh/abonado) y el número de abonados estimados para cada año; dicha relación considera que la expansión urbana a consecuencia del crecimiento poblacional está íntimamente vinculada con el desarrollo de actividades productivas que conducen a mejorar los niveles de ingreso y por tanto, el aumento del consumo per cápita de energía eléctrica.

Los proyecciones se efectúan utilizando un programa computacional en el cual se considera un horizonte de planeamiento de 20 años.

La secuencia de los cálculos que efectúa el programa se indican a continuación :

1. Número de Habitantes, Número de Abonados Domésticos y Coeficiente de Electrificación
  - a) Se proyecta el número de habitantes de cada uno de los centros poblados, para un horizonte de 20 años, utilizando la tasa intercensal calculada en base a los dos últimos Censos Nacionales de Población y Vivienda. La tasa de crecimiento poblacional utilizada para obtener la proyección de la demanda es de 2 %, que supera a la obtenida del censo.
  - b) En base a los resultados del último Censo Nacional de Población y Vivienda, se determina el número promedio de habitantes por familia (vivienda), y luego se calcula el número de viviendas para todo el horizonte de planeamiento.
  - c) El número de abonados domésticos se obtiene multiplicando el número

de viviendas (determinado en el punto b) por el coeficiente de electrificación (abonados/viviendas totales) cuya proyección anual de éste cumple las siguientes consideraciones:

- El coeficiente de electrificación inicial para localidades con servicio tomará su valor real y para las localidades sin servicio se asumirá un valor teniendo en cuenta los porcentajes mínimos de futuros usuarios exigidos para el financiamiento de las redes de baja tensión.
  - El coeficiente de electrificación final es asumido de acuerdo a las características socio-económicas observadas en el área del proyecto.
- d) El consumo de energía del Sector Doméstico se determina haciendo uso de curvas de tipo :

$$Y = A X^B$$

Donde:

- Y : Consumo Unitario Doméstico (kWh/Abonado doméstico)
- X : Número de Abonados Domésticos
- A, B : Parámetros de la Ecuación que relaciona el consumo unitario de energía anual con el correspondiente número de abonados, las mismas que se determinan mediante análisis de regresión histórica.

## 2. Consumo Comercial

El consumo del sector comercial, se determina a partir del consumo del Sector Doméstico, asumiendo un porcentaje del orden del 10% (estadística existente), para localidades con movimiento comercial para consumo interno.

## 3. Consumo por Pequeñas Industrias

Este consumo considera pequeños talleres de carpintería, mecánica, artesanía, etc. Se opta por tomar un valor porcentual del consumo del Sector Doméstico, el cual puede variar según experiencias previas, entre el 5% y el 10%, de acuerdo a la localidad que se esté analizando.

#### 4. Consumo por Usos Generales

Este consumo se puede asumir como porcentaje dependiente del consumo del Sector Doméstico, el cual de acuerdo a estadísticas, es del orden del 10%.

#### 5. Consumo por Alumbrado Público

El consumo por Alumbrado Público se determina considerando un consumo unitario por este concepto para cada familia; este consumo puede variar de acuerdo a registros estadísticos entre 60 y 120 kWh-año/familia, según la importancia de la localidad y el nivel de iluminación pública que se le atribuya.

#### 6. Consumo por Cargas Especiales

En los casos en que se dispone de información suficiente, en primer término se determina un diagrama de carga resultante por todas las cargas especiales existentes, y de él se obtienen las horas de utilización respectivas, las cuales luego de ser afectadas por un factor de uso estacional de algunas cargas  $K$  menor o igual a la unidad, así como la repetición diaria del diagrama de carga del día de máxima demanda del diagrama y por 365 días, obteniéndose como resultado el consumo neto de las cargas especiales durante el año.

#### 7. Consumo Neto de la Localidad (Energía Vendida)

Es la sumatoria de los consumos de cada uno de los sectores antes descritos.

#### 8. Consumo Bruto Total (Energía Distribuida)

Se obtiene de sumar el Consumo Neto, las pérdidas en la distribución las mismas que se estiman del orden de 8%-12% de la Energía Vendida.

#### 9. Máxima Demanda Neta

La máxima demanda neta de potencia por localidad, se obtiene a partir de los consumos de los sectores: servicios y alumbrado público, a los cuales se les aplica sus respectivas horas de utilización y se les asigna un diagrama de carga para cada uno de ellos, se suman horariamente dichos diagramas, a los que se les adiciona el

correspondiente a las cargas especiales, obteniéndose de esa manera la demanda neta.

10. Máxima Demanda Bruta

Es la que se obtiene al adicionar a la Demanda Neta las pérdidas de potencia en la distribución.

## APENDICE A1

### MERCADO ELECTRICO PROYECCION DE LA POBLACION BENEFICIADA

EMPRESA : Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A.

TOTAL DE POBLACION : 20616

FECHA : Octubre 1996

LOCALIDADES : 14

LOCALIDAD	DISTRITO	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BELLA UNION	BELLA UNION	1624	1656	1689	1723	1757	1793	1828	1865	1902	1940	1979	2019	1059	2100	2142	2185	2229	2273	2319	2365
CHAVIÑA	BELLA UNION	144	147	149	151	153	156	158	160	163	165	168	170	173	175	178	180	183	188	189	192
ACARI	ACARI	4033	4094	4155	4217	4281	4345	4410	4476	4543	4611	4681	4751	4822	4894	4968	5042	5118	5195	5273	5352
LOMAS	LOMAS	888	915	942	970	999	1029	1060	1092	1125	1159	1193	1229	1266	1304	1343	1384	1425	1468	1512	1557
YAUCA	YAUCA	2085	2116	2148	2180	2212	2246	2279	2313	2348	2383	2419	2455	2492	2530	2568	2606	2645	2685	2725	2768
JAQUI	JAQUI	1492	1544	1598	1654	1712	1772	1834	1898	1964	2033	2104	2178	2254	2333	2415	2499	2587	2677	2771	2866
CHALA	CHALA	2085	2126	2169	2212	2257	2302	2348	2395	2443	2491	2541	2592	2644	2697	2751	2806	2862	2919	2978	3037
TOCOTA	HUANUHUANU	188	192	197	202	207	212	218	223	229	234	240	246	252	259	265	272	279	286	293	300
ATIQUIPA	ATIQUIPA	130	132	135	138	141	143	146	149	152	155	158	162	165	168	171	175	178	182	186	189
Agua Salada	ATIQUIPA	97	99	101	103	105	108	110	112	114	116	119	121	124	126	129	131	134	136	139	142
Santa Rosa	ATIQUIPA	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	117	119	121	124	126	129	131	134
CHAPARRA	CHAPARRA	563	574	586	597	609	621	634	647	659	673	686	700	714	728	743	758	773	788	804	820
QUICACHA	QUICACHA	283	288	294	300	306	312	318	325	331	338	344	351	358	365	373	380	398	396	404	412
Achanizo	CHAPARRA	331	338	345	351	359	366	373	380	388	396	404	412	420	428	437	446	455	464	473	483

Proyección de la Población Total	14035	14315	14604	14896	15198	15507	15820	16141	16469	16804	17148	17500	16860	18226	18604	18988	19382	19784	20197	20615
----------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

## APENDICE A2

### MERCADO ELECTRICO PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA

EMPRESA : Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A.

PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA : 3569 kW

FECHA : Octubre 1996

LOCALIDADES : 14

CARGAS ESPECIALES : 6

LOCALIDAD	DISTRITO	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BELLA UNION	BELLA UNION	81	85	90	94	99	104	109	115	120	128	132	138	145	151	159	167	174	183	192	201
CHAVIÑA	BELLA UNION	7	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	15
ACARI	ACARI	220	231	241	253	265	277	190	302	315	327	342	356	370	385	402	420	439	457	477	498
Mina PERLA OTAPARA	ACARI (*)	215	215	215	215	215	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430
Minera CATA	ACARI (*)	150	150	150	150	150	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Minera ITARUMA	JAQUI (*)	200	200	200	200	200	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Minera CORIJAQUI	JAQUI (*)	150	150	150	150	150	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
LOMAS	LOMAS	51	54	58	61	65	69	73	77	81	86	91	96	102	108	114	121	128	136	144	152
Complejo Pesquero	LOMAS (*)	60	60	60	60	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
YAUCA	YAUCA	116	121	126	132	137	143	149	155	160	167	173	180	187	194	201	210	218	227	235	245
JAQUI	JAQUI	57	61	65	69	73	77	82	87	92	98	103	109	115	122	129	137	145	154	163	173
Micro Parque Indus	JAQUI (*)	80	80	80	80	110	110	110	110	110	110	110	180	180	180	180	180	180	180	180	180
CHALA	CHALA	148	156	164	172	181	190	200	210	220	230	241	252	264	276	290	304	319	335	350	367
TOCOTA	HUANUHUANU	10	10	11	12	12	13	14	14	15	16	17	18	18	19	20	21	23	24	25	26
ATIQUIPA	ATIQUIPA	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	13	13	13	14	15	16	16	17
Agua Salada	ATIQUIPA	5	5	5	6	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	11	11	12
Santa Rosa	ATIQUIPA	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	10	10	11	12
CHAPARRA	CHAPARRA	26	27	29	30	32	33	35	37	38	40	42	43	46	48	50	52	55	58	60	63
QUICACHA	QUICACHA	16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30	31	33	34	36	37
Achanizo	CHAPARRA	17	18	19	20	20	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	34	36	37	39	41

Total Máxima Demanda de Potencia (kW)	1621	1659	1700	1743	1817	2618	2567	2715	2763	2816	2869	2995	3054	3115	3180	3253	3328	3405	3483	3569
---------------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

(\*) Cargas Especiales

## APENDICE A3

### MERCADO ELECTRICO PROYECCION DEL CONSUMO BRUTO DE ENERGIA

EMPRESA : Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A.  
FECHA : Octubre 1996  
LOCALIDADES : 14

PROYECCION DE LA ENERGIA : 12869 MWh-año  
CARGAS ESPECIALES : 6

LOCALIDAD	DISTRITO	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BELLA UNION	BELLA UNION	163	173	183	195	206	218	230	243	257	270	286	301	317	334	353	373	393	415	438	463
CHAVIÑA	BELLA UNION	12	13	14	15	15	16	17	18	19	19	21	22	22	24	24	26	27	28	30	31
ACARI	ACARI	444	469	494	521	550	579	610	640	672	704	739	775	812	851	895	941	989	1038	1090	1145
Mina PERLA OTAPARA	ACARI (*)	1130	1130	1130	1130	1130	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260
Minera CATA	ACARI (*)	788	788	788	788	788	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577
Minera ITARUMA	JAQUI (*)	1051	1051	1051	1051	1051	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102	2102
Minera CORIJAQUI	JAQUI (*)	788	788	788	788	788	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577	1577
LOMAS	LOMAS	103	110	118	126	135	144	154	163	174	185	198	210	224	238	254	270	289	308	328	350
Complejo Pesquero	LOMAS (*)	315	315	315	315	315	526	528	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526	526
YAUCA	YAUCA	233	246	258	271	285	299	314	328	343	359	375	392	410	428	448	470	491	515	538	563
JAQUI	JAQUI	115	124	132	142	151	162	173	185	197	210	223	237	252	269	288	307	327	349	373	397
Micro Parque Indus	JAQUI (*)	280	280	280	280	385	385	385	385	385	385	385	631	631	631	631	631	631	631	631	631
CHALA	CHALA	298	317	335	335	376	398	422	445	470	495	521	550	579	610	645	680	718	760	801	845
TOCOTA	HUANUHUANU	17	18	19	21	22	23	24	26	27	29	31	33	34	36	38	41	43	45	48	51
ATIQUIPA	ATIQUIPA	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	24	25	27	28	30	31	33
Agua Salada	ATIQUIPA	8	9	9	10	10	11	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	19	21	22	23
Santa Rosa	ATIQUIPA	8	8	9	9	10	10	11	11	12	13	14	15	15	16	16	18	19	19	21	22
CHAPARRA	CHAPARRA	44	47	50	53	56	59	62	66	69	73	76	80	85	89	94	99	104	110	116	122
QUICACHA	QUICACHA	27	28	30	31	34	35	37	40	41	43	46	48	50	53	56	59	62	66	69	73
Achanizo	CHAPARRA	29	30	32	34	36	38	40	43	45	47	49	52	55	57	60	64	68	71	75	79

<b>Total de Consumo de Energía (MWh-año)</b>	<b>5865</b>	<b>5957</b>	<b>6049</b>	<b>6129</b>	<b>6358</b>	<b>10435</b>	<b>10549</b>	<b>10665</b>	<b>10785</b>	<b>10908</b>	<b>11042</b>	<b>11425</b>	<b>11568</b>	<b>11719</b>	<b>11887</b>	<b>12067</b>	<b>12250</b>	<b>12448</b>	<b>12653</b>	<b>12870</b>
--	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

(\*) Cargas Especiales

**APÉNDICE B**  
**ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACARI-CHALA**

B0 Flujo de carga

B1 Línea en 60 kv Marcona-Bella Unión, Máxima Demanda (Año 2016)

B2 Línea en 60 kv Marcona-Bella Unión, Mínima Demanda (Año 2016)

B3 Línea en 60 kv Marcona-Bella Unión sin cargas mineras de 2.5 y 3.5  
MW Máxima Demanda (Año 2016)

B4 Línea en 60 kv Marcona-Bella Unión con cargas mineras de 2.5 y 3.5  
MW Mínima Demanda (Año 2016)

## APÉNDICE B0 FLUJO DE CARGA

El sistema eléctrico Acarí - Chala se analiza mediante un programa de flujo de carga que determina los flujos de potencia activa y reactiva en las líneas, el perfil de tensiones en las barras y las pérdidas de potencia y energía.

La solución del flujo de carga sigue la metodología siguiente:

### a. Datos

Se tiene un sistema eléctrico compuesto de "n" barras y un cierto número de líneas y transformadores cuyos parámetros característicos: resistencia, reactancia y capacitancia son conocidos.

Asimismo se conoce las potencias activas y reactivas de las barras de carga, y la tensión y ángulo de fase de barra de referencia fijada en la barra en 60 kV de la subestación Marcona.

#### a.1 Resistencia (R)

La temperatura máxima de operación del conductor será 50°C; el cálculo de resistencia a temperatura diferente a 20 °C se realiza con la siguiente expresión:

$$\text{Donde} \quad R_{50^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} \times (1 + \alpha \Delta t) \quad \frac{\Omega}{km}$$

$\alpha$  : Coeficiente térmico de resistencia para el conductor de aleación de aluminio (0.0036 por °C)

$\Delta t$  : Incremento de temperatura (30 °C)

Entonces

Sección (mm <sup>2</sup> )	$R_{20^{\circ}C}$ (Ω/km)	$R_{50^{\circ}C}$ (Ω/km)
120	0.27982	0.31004
85	0.41370	0.45838
35	0.95644	1.05974

### a.2 Reactancia inductiva ( $X_L$ )

La reactancia inductiva depende del número de hilos del cable y de la disposición geométrica de los conductores entre sí.

$$X_L = 4 \times 10^{-4} \pi f L_n \left( 1000 \frac{\sqrt[3]{d_1 d_2 d_3}}{RMG} \right) \quad \frac{\Omega}{km}$$

Donde

f : Frecuencia = 60 Hz

RMG : Radio medio geométrico, depende del número de hilos del cable, se toma de las tablas de los fabricantes (mm)

d1, d2, d3: Distancias de separación entre conductores en m.

Entonces

Sección (mm <sup>2</sup> )	d1 (m)	d2 (m)	d3 (m)	RMG (mm)	XL (Ω/km)
120	2.0	2.7	3.4	5.374	0.46689
85	2.2	0.5	1.2	4.267	0.41556
35	2.2	0.5	1.2	2.743	0.44888

### a.3 Reactancia capacitiva ( $X_C$ )

La reactancia inductiva depende del número de hilos del cable y de la disposición geométrica de los conductores entre sí.

$$X_C = \frac{10^9}{4 \pi^2 f \epsilon_0} L_n \left( 1000 \frac{\sqrt[3]{d_1 d_2 d_3}}{r} \right) \quad \Omega km$$

Donde

f : Frecuencia = 60 Hz

$\epsilon_0$  : Constante dieléctrica del aire =  $8.85 \times 10^{-12}$  F/m

r : Radio físico del conductor (mm)

d1, d2, d3: Distancias de separación entre conductores en m.

Entonces

Sección (mm <sup>2</sup> )	d1 (m)	d2 (m)	d3 (m)	RMG (mm)	XL (Ω/km)
120	2.0	2.7	3.4	7.090	$0.28217 \times 10^6$
85	2.2	0.5	1.2	5.895	$0.24750 \times 10^6$
35	2.2	0.5	1.2	3.891	$0.26730 \times 10^6$

**b. Procedimiento**

Las ecuaciones fundamentales se obtienen a partir de la formulación nodal de las ecuaciones de la red.

La ecuación característica inicial es:  $[ I ] = [ Y ] [ V ]$ , donde:

$[ I ]$  : Matriz de corrientes en cada barra

$[ Y ]$  : Matriz de admitancias de barras

$[ V ]$  : Matriz de tensiones en cada barra

En forma desarrollada se tiene:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_k \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1k} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2k} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{k1} & Y_{k2} & \dots & Y_{kk} & \dots & Y_{kn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nk} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_k \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix}$$

Analizando la barra "k" :

$$I_k = Y_{k1} x V_1 + Y_{k2} x V_2 + \dots + Y_{kk} x V_k + \dots + Y_{kn} x V_n$$

$$I_k = Y_{kk} x V_k + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^N (Y_{kj} x V_j) \quad \dots (1)$$

Las potencias activas y reactivas en la barra "k" serán:

$$P_k + jQ_k = V_k x I_k^* \quad \dots (2)$$

Conjugando la ecuación (2), se tiene :

$$P_k - jQ_k = V_k^* x I_k \quad \dots (3)$$

Luego, reemplazando la ecuación (1) en la ecuación (3) se obtiene:

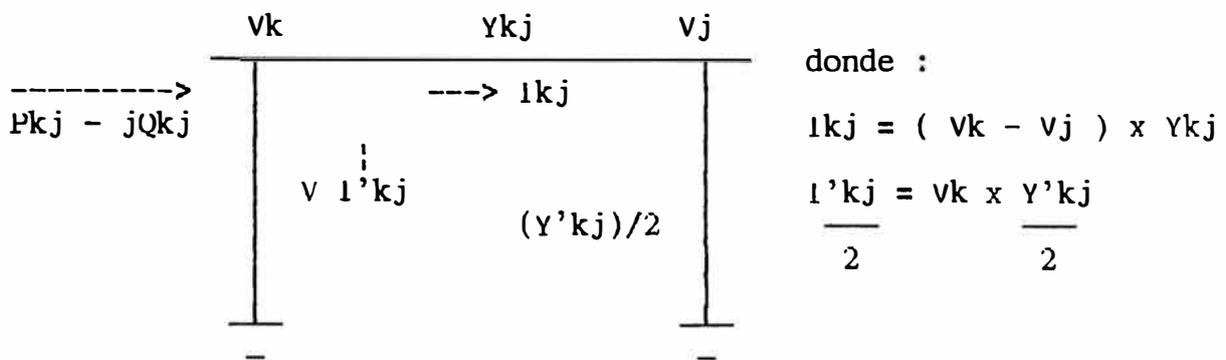
$$P_k - jQ_k = V_k^* x ( Y_{kk} x V_k + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^N (Y_{kj} x V_j) ) \quad \dots (4)$$

De la ecuación (4) se despeja el valor de la tensión "vk" :

$$V_k = \frac{P_k - jQ_k}{Y_{kk} x V_k^*} - \frac{\sum (Y_{kj} x V_j)}{Y_{kk}} \quad \dots (5)$$

Para determinar  $V_k$ , asumimos valores iniciales de  $V_j$  y  $V_k$ , y procedemos a efectuar iteraciones o cálculos repetitivos, hasta que los cambios en los valores de  $V_k$  sean menores que un valor mínimo especificado.

Calculadas las tensiones en las barras se procede a evaluar el flujo de potencia por línea, como sigue :



$$P_{kj} - jQ_{kj} = V_{*kj} \times I_{kj} + V_{*kj} \times (I'_{kj}/2)$$

Las ecuaciones algebraicas son solucionadas conjuntamente por dos métodos: las primeras aproximaciones por el método Gaus-Seidel y las restantes por el método Newton-Raphsón, para lo cuál se hace uso de un programa de cómputo.

### c. Resultados

La información que se obtiene es el módulo y el ángulo de fase de las tensiones en cada barra, las potencias activa y reactiva de cada línea y las pérdidas de potencia y energía del sistema.

Para el análisis del sistema eléctrico que involucra al PSE Acari-Chala se hace uso del programa de flujo de carga basado en la metodología descrita anteriormente.

Se presenta en los anexos B1, B2 el análisis del sistema en máxima y mínima demanda respectivamente, así como los anexos B3 y B4 que hacen el mismo análisis pero considerando la inclusión de dos importantes cargas mineras.

**APÉNDICE B1**

**ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACARI-CHALA**

Línea 60 kv Marcona-Bella Unión  
Máxima Demanda (Año 2016)

Perfil de Tensiones

BARRA NOMBRE	TENSIÓN P.U.	BARRA	ANG. GRADOS	CARGA kw	CARGA kVAR	GENERACIÓN kw	GENERACIÓN kVAR
MARCONA-60	1.000	60.00	.00	00.	00.	3755.	205.
MINA-NUEVA-60	.984	59.05	-.98	00.	00.	00.	00.
BELLA-UNIÓN-60	.976	58.55	-1.41	00.	00.	00.	00.
BELLA-23	1.030	23.59	-3.26	00.	00.	00.	00.
MINA CAT-PER	1.015	23.24	-3.75	730.	228.	00.	00.
MINA ITA-COR	1.001	22.93	-4.25	700.	219.	00.	00.
BELLA-10	1.000	10.00	-1.88	201.	63.	00.	00.
ACARI	.982	9.82	-2.44	498.	156.	00.	00.
LOMAS-23	1.025	23.47	-3.51	252.	48.	00.	00.
CHAVIÑA	1.004	22.98	-4.26	15.	5.	00.	00.
YAUCA-23	.988	22.63	-4.85	245.	81.	00.	00.
ATIQUIPA	.974	22.30	-5.39	17.	5.	00.	00.
CHALA-23	.964	22.07	-5.71	391.	128.	00.	00.
TOCOTA	.962	22.03	-5.72	26.	9.	00.	00.
CHANIZO	.954	21.85	-5.77	41.	13.	00.	00.
CHAPARRA	.951	21.77	-5.80	63.	21.	00.	00.
QUICACHA	.949	21.74	-5.81	37.	12.	00.	00.
JAQUI PARQUE	.979	22.42	-5.17	353.	116.	00.	00.
<b>TOTAL SISTEMA</b>				<b>3569.</b>	<b>1104.</b>	<b>3755.</b>	<b>205.</b>

Datos de Generación

GENERADOR	TENSIÓN P.U.	GEN. kv	ANG. GRADOS	CARGA kw	CARGA kVAR	GENERACIÓN kw	GENERACIÓN kVAR
MARCONA-60	1.000	60.00	.00	00.	00.	3755.	205.
<b>TOTAL GENERACIÓN</b>						<b>3755.</b>	<b>205.</b>

Reporte de Pérdidas de Potencia y Energía

POTENCIA		ENERGÍA ANUAL	
ACTIVA		ACTIVA	
kw	%	MWh	%
186.34	4.96	378.70	2.88

APÉNDICE B2

ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACARI-CHALA

Línea 60 kV Marcona-Bella Unión  
Mínima Demanda (Año 2016)

Perfil de Tensiones

BARRA NOMBRE	TENSIÓN P.U	BARRA kV	ANG. GRADOS	CARGA kW	CARGA kVAR	GENERACIÓN kW	GENERACIÓN kVAR
MARCONA-60	1.000	60.00	.00	00.	00.	1271.	-879.
MINA-NUEVA	.998	59.89	.47	00.	00.	00.	00.
BELLA-60	.996	59.77	-.65	00.	00.	00.	00.
BELLA-23	1.030	23.59	-1.30	00.	00.	00.	00.
MINA CAT-PER	1.025	23.47	-1.48	255.	79.	00.	00.
MINA ITA-COR	1.021	23.38	-1.69	245.	76.	00.	00.
BELLA-10	1.000	10.00	-.81	70.	22.	00.	00.
ACARI	.994	9.94	-1.00	174.	54.	00.	00.
LOMAS-23	1.029	23.55	-1.40	88.	16.	00.	00.
CHAVIÑA	1.024	23.44	-1.76	5.	1.	00.	00.
YAUCA-23	1.020	23.35	-2.01	85.	28.	00.	00.
ATIQUIPA	1.016	23.26	-2.23	5.	1.	00.	00.
CHALA-23	1.013	23.19	-2.34	136.	44.	00.	00.
TOCOTA	1.012	23.18	-2.34	9.	3.	00.	00.
CHANIZO	1.010	23.12	-2.36	14.	4.	00.	00.
CHAPARRA	1.008	23.09	-2.37	22.	7.	00.	00.
QUICACHA	1.008	23.08	-2.37	12.	4.	00.	00.
JAQUI PARQUE	1.017	23.29	-2.14	123.	40.	00.	00.
TOTAL SISTEMA				1243.	379.	1271.	-879.

Datos de Generación

GENERADOR	TENSIÓN P.U.	GEN. kV	ANG. GRADOS	CARGA kW	CARGA kVAR	GENERACIÓN kW	GENERACIÓN kVAR
MARCONA-60	1.000	60.00	.00	00.	00.	1271.	-879.
TOTAL GENERACIÓN						1271.	-879.

Reporte de Pérdidas de Potencia y Energía

POTENCIA ACTIVA kW	%	ENERGÍA ANUAL ACTIVA MWh	%
27.77	2.19	56.44	1.27

APÉNDICE B3

ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACARI-CHALA

Línea 60 kV Marcona-Bella Unión con Cargas Mineras de 2.5 y 3.5 MW  
Máxima Demanda (Año 2016)

Perfil de Tensiones

BARRA NOMBRE	TENSIÓN P.U	BARRA kV	ANG. GRADOS	CARGA kW	CARGA kVAR	GENERACIÓN kW	GENERACIÓN kVAR
MARCONA-60	1.000	60.00	.00	00.	00.	10099.	2599.
MINA-NUEVA	.950	57.02	-2.42	6000.	1874.	00.	00.
BELLA-60	.942	56.50	-21.87	00.	00.	00.	00.
BELLA-23	1.030	23.59	-4.73	00.	00.	00.	00.
MINA CAT-PER	1.015	23.24	-5.21	730.	228.	00.	00.
MINA ITA-COR	1.001	22.93	-5.71	700.	219.	00.	00.
BELLA-10	1.000	10.00	-3.34	201.	63.	00.	00.
ACARI	.982	9.82	-3.90	498.	156.	00.	00.
LOMAS-23	1.025	23.47	-4.97	252.	48.	00.	00.
CHAVIÑA	1.004	22.98	-5.73	15.	5.	00.	00.
YAUCA-23	.988	22.63	-6.31	245.	81.	00.	00.
ATIQUIPA	.974	22.30	-6.85	17.	5.	00.	00.
CHALA-23	.964	22.07	-7.17	391.	128.	00.	00.
TOCOTA	.962	22.03	-7.18	26.	9.	00.	00.
CHANIZO	.954	21.85	-7.23	41.	13.	00.	00.
CHAPARRA	.951	21.77	-7.26	63.	21.	00.	00.
QUICACHA	.949	21.74	-7.27	37.	12.	00.	00.
JAQUI PARQUE	.979	22.42	-6.63	353.	116.	00.	00.
TOTAL SISTEMA				9569.	2978.	10099.	2599.

Datos de Generación

GENERADOR	TENSIÓN P.U.	GEN. kV	ANG. GRADOS	CARGA kW	CARGA kVAR	GENERACIÓN kW	GENERACIÓN kVAR
MARCONA-60	1.000	60.00	.00	00.	00.	10099.	2599.
TOTAL GENERACIÓN						10099.	2599.

Reporte de Pérdidas de Potencia y Energía

POTENCIA ACTIVA		ENERGÍA ANUAL ACTIVA	
kW	%	MWh	%
530.45	5.25	1078.05	3.05

APÉNDICE B4

ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACARI-CHALA

Línea 60 kv Marcona-Bella Unión con Cargas Mineras de 2.5 y 3.5 MW  
Mínima Demanda (Año 2016)

Perfil de Tensiones

BARRA NOMBRE	TENSIÓN P.U	BARRA kv	ANG. GRADOS	CARGA kw	CARGA kVAR	GENERACIÓN kw	GENERACIÓN kVAR
MARCONA-60	1.000	60.00	.00	00.	00.	3406.	-112.
MINA-NUEVA	.987	59.22	-.95	2100.	655.	00.	00.
BELLA-60	.985	59.10	-1.13	00.	00.	00.	00.
BELLA-23	1.030	23.59	-1.78	00.	00.	00.	00.
MINA CAT-PER	1.025	23.47	-1.96	255.	79.	00.	00.
MINA 1TA-COR	1.021	23.38	-2.17	245.	76.	00.	00.
BELLA-10	1.000	10.00	-1.29	70.	22.	00.	00.
ACARI	.994	9.94	-1.48	174.	54.	00.	00.
LOMAS-23	1.028	23.55	-1.88	88.	16.	00.	00.
CHAVIÑA	1.024	23.44	-2.24	5.	1.	00.	00.
YAUCA-23	1.020	23.35	-2.49	85.	28.	00.	00.
ATIQUIPA	1.016	23.26	-2.71	5.	1.	00.	00.
CHALA-23	1.013	23.19	-2.82	136.	44.	00.	00.
TOCOYA	1.012	23.17	-2.82	9.	3.	00.	00.
CHANIZO	1.010	23.12	-2.84	14.	4.	00.	00.
CHAPARRA	1.008	23.09	-2.85	22.	7.	00.	00.
QUICACHA	1.008	23.08	-2.85	12.	4.	00.	00.
JAQUI PARQUE	1.017	23.29	-2.62	123.	40.	00.	00.
TOTAL SISTEMA				3343.	1034.	3406.	-112.

Datos de Generación

GENERADOR	TENSIÓN P.U.	GEN. kv	ANG. GRADOS	CARGA kw	CARGA kVAR	GENERACIÓN kw	GENERACIÓN kVAR
MARCONA-60	1.000	60.00	.00	00.	00.	3406.	-112.
TOTAL GENERACIÓN						3406.	-112.

Reporte de Pérdidas de Potencia y Energía

POTENCIA ACTIVA		ENERGÍA ANUAL ACTIVA	
kw	%	MWh	%
62.54	1.84	127.10	1.07

**APÉNDICE C**  
**METRADO Y COSTO ESTIMADO**

- C1 Línea en 60 kV Marcona-Bella Unión
- C2 Celda de salida en 60 kV Subestación Marcona
- C3 Subestación Bella Unión 7 MVA 60/23/10 kv

APÉNDICE C1

METRADO Y COSTO ESTIMADO

LÍNEA EN 60 KV MARCONA - BELLA UNIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	P.UNIT. US\$	P.TOTAL US\$
100	ESTRUCTURAS				
101	Postes 60 pies longitud, clase 3	Und	68	512	34,816
102	Postes 55 pies longitud, clase 3	Und	249	412	102,588
103	Cruceta de madera tornillo de 6" x 8" x 6 m	Und	640	33	21,075
104	Retenidas	Cjto	120	111	13,298
200	CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO Y ACCESORIOS				
201	Aleación de Aluminio - AAAC - sección 120 mm <sup>2</sup>	Km	195	829	161,655
202	Manguitos de empalme para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Und	65	10	653
203	Manguitos de reparación para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Und	56	13	731
300	AISLADORES Y ACCESORIOS				
301	Antineblina Cl 52-3 10"5 3/4" tipo Casquillo - bola, 8T	Und	4936	12	57,504
302	Herrajes de suspensión para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Jgo	890	33	28,925
303	Herrajes de anclaje normal para AAAC 120 mm <sup>2</sup>	Jgo	142	37	5,183
	Herrajes, pesas y otros	Cjto	1	48,916	48,916
400	PUESTAS A TIERRA				
401	Conductor de copperweld No 2 AWG	km	9.60	1,210	11,616
402	Jabalina copperweld 5/8"x8'+conector cable-varilla	Und	665	7	4,422
403	Conectores de doble vía	Und	1330	2	2,726
404	Conductor de cobre blando de 35 mm <sup>2</sup> para bajada tierra	km	5.1	1,600	8,160
405	Grapa de FoGo 1 1/4" x 1 1/4" x 0.114"	Und	16610	0	2,492
500	MATERIAL DE FERRETERÍA	Cjto	1	42,739	42,739
TOTAL DE SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS					547,499
MONTAJE ELECTROMECHANICO					594,371
GASTOS GENERALES					114,197
UTILIDADES					171,281
SUBTOTAL					1,427,338
I.G.V.					256,921
COSTO TOTAL					1,684,259

**APÉNDICE C2**

**METRADO Y COSTO ESTIMADO**

**CELDA DE SALIDA 60 kv SUBESTACION MARCONA**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	P.UNIT. US\$	P.TOTAL US\$
100	EQUIPO DE MANDO, PROTECCIÓN Y MEDICIÓN				
101	Interruptor 72.5 kv 1200 A, 20 kA, 325 kv-BIL	Un	1	22,250	22,250
102	Seccionador de línea 72.5 kv, 800 A, 325 kv-BIL	Un	1	9,400	9,400
103	Seccionador de barra 72.5 kv, 800 A, 325 kv-BIL	Un	2	8,150	16,300
104	Transformador de tensión 72.5 kv, 325 kv-BIL	Un	3	5,315	15,945
105	Transformador de corriente 72.5 kv, 325 kv-BIL	Un	3	4,965	14,895
106	Banco de baterías y cargador rectificador 110 Vdc, 100	Cjt	1	7,770	7,770
107	Cadena de anclaje de 5 aisladores antineblina	Cjt	3	101	303
108	Conductor Aleación de aluminio 120 mm <sup>2</sup>	m	448	1	448
109	Ampliación, tablero de Protección Marcona 60 kv	Cjt	1	20,000	20,000
110	Ampliación, tablero de medición, Marcona 60 kv	Cjt	1	4,500	4,500
111	Ampliación pupitre de control y mando LT 60 kv a Bella	Cjt	1	2,500	2,500
112	Ampliación pupitre de control y mando LT 60 kv a Nazca	Cjt	1	2,000	2,000
113	Tablero de servicios auxiliares en 110 Vdc	Cjt	1	15,000	15,000
200	PORTICOS Y BARRAS 60 kv				11,550
TOTAL DE SUMINISTROS DE MATERIALES Y EQUIPOS					142,861
MONTAJE ELECTROMECHANICO					16,000
GASTOS GENERALES					15,886
UTILIDADES					23,829
SUBTOTAL					198576.25
I.G.V.					35,744
COSTO TOTAL					432,896

**APENDICE C3**

**METRADO Y COSTO ESTIMADO**

**SUBESTACION BELLA UNION 7 MVA 60/23/10 kv**

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.UNIT. US\$	P.TOTAL US\$
100	TRANSFORMADOR DE POTENCIA				
101	Transformador 60/23/10 kv, 7/7/2 MVA ONAN (ONAF futuro)	Un	1	218,400	218,400
200	EQUIPO DE PROTECCION, MANDO Y MEDICION				
201	Interruptor 72.5 kv 1200 A, 20 kA, 325 kv-BIL	Un	1	22,250	22,250
202	Interruptor 23 kv 630 A, 20 kA, 150 kv-BIL	Un	3	17,900	53,700
203	Interruptor 17.5 kv 1200 A, 20 kA, 95 kv-BIL	Un	1	17,850	17,850
204	Seccionador de línea 72.5 kv, 800 A, 325 kv-BIL	Un	1	9,400	9,400
205	Seccionador 23 kv, 630 A, 150 kv-BIL	Un	6	3,400	20,400
206	Seccionador 17.5 kv, 630 A, 95 kv-BIL	Un	2	3,165	6,330
207	Seccionador fusible unipolar tipo cut-out, 10 kv, con f	Un	12	250	3,000
208	Seccionador fusible unipolar tipo cut-out, 23 kv, con f	Un	3	300	900
209	Pértiga para seccionador Unipolar, para 23 kv, 170 kvp	Un	1	750	750
300	TRANSFORMADORES DE MEDIDA				
301	Transformador de tensión 72.5 kv, 325 kv-BIL	Un	3	5,315	15,945
302	Transformador de tensión 23 kv, 150 kv-BIL	Un	3	1,280	3,840
303	Transformador de tensión 10 kv, 170 kv-BIL	Un	3	1,050	3,150
304	Transformador de corriente 23 kv 600/5/5/5 A-MR	Un	6	1,600	9,600
400	TRANSFORMADOR DE SS.AA. Y TABLEROS				
401	Transformador de SS.AA.	Un	1	2,000	2,000
402	Tableros de control, medición, protección y SS.AA.	Cjt	1	66,000	66,000
500	BATERIAS DE ACUMULADORES Y CARGADOR RECTIFICADOR				
501	Banco de baterías y cargador rectificador 110 Vdc, 100	Cjt	1	7,770	7,770
600	PARARRAYOS				
601	Pararrayos 60 kv óxido de zinc, clase estación	Un	3	1,720	5,160
602	Pararrayos 12 kv, óxido de zinc, clase estación	Un	3	830	2,490
	Pararrayos 21 kv, clase estación	Un	3	1,350	4,050
700	PORTICOS Y BARRAS 60, 23 y 10 kv y ENLACE SISTEMA EXIST	Cjt	1	26,793	26,793
800	RED DE TIERRA PROFUNDA	Cjt	1	4,315	4,315
900	INSTALACIONES ELECTRICAS Y CABLES DE B.T.	Cjt	1	11,815	11,815
	TOTAL DE SUMINSTROS DE MATERIALES Y EQUIPOS				515,908
	MONTAJE ELECTROMECHANICO				91,575
	OBRAS CIVILES				41,233
	GASTOS GENERALES				64,872
	UTILIDADES				97,307
	SUBTOTAL				810,895
	I.G.V.				145,961
	COSTO TOTAL				956,856

**APÉNDICE D  
EVALUACIÓN ECONÓMICA**

- D1 Alternativa 1: Línea 60 kV Marcona-Bella Unión y SS.EE.  
Marcona y Bella Unión
- D2 Alternativa 1: Línea 60 kV Marcona-Bella Unión y SS.EE.  
Marcona y Bella Unión (con cargas mineras de  
2.5 y 3.5 MW)
- D3 Comparación de Alternativa 1 (D1) vs Generación térmica

APÉNDICE D1

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Alternativa 1 : Línea 60 kv Marcona-Bella Unión y SS.EE. Marcona

(Precios en miles de dólares)

AÑOS (1)	Demanda de energ MWh-año (2)	COSTOS					BENEFICI	BENEFICI
		invers (3)	Operaci y Mante (4)	Compra Energí (5)	Pérdida de Ener (6)	COSTO TOTAL (7)	Venta de Energía (8)	NETO (8)-(7)
1997		2437				2437		(2,437)
1998	5,959		36.6	426	2.2	465	518	53
1999	6,051		36.6	433	2.3	471	526	54
2000	6,151		36.6	440	2.4	479	535	56
2001	6,360		36.6	455	2.5	494	553	59
2002	10,435		36.6	746	6.8	789	907	117
2003	10,551		36.6	754	7.0	798	917	119
2004	10,664		36.6	762	7.1	806	927	121
2005	10,785		36.6	771	7.3	815	937	122
2006	10,908		36.6	780	7.4	824	948	124
2007	11,041		36.6	789	7.6	834	959	126
2008	11,424		36.6	817	8.2	862	993	131
2009	11,569		36.6	827	8.4	872	1005	133
2010	11,720		36.6	838	8.6	883	1018	135
2011	11,887		36.6	850	8.8	895	1033	138
2012	12,065		36.6	863	9.1	908	1048	140
2013	12,252		36.6	876	9.4	922	1065	143
2014	12,448		36.6	890	9.7	936	1082	145
2015	12,652		36.6	905	10.0	951	1099	148
2016	12,869	-487	36.6	920	10.3	480	1118	638

Tasa de Descuento	%	8	10	12	14	16
Valor Actual Neto	mil \$	-1,228	-1,376	-1,481	-1,555	-1,606
Relac Benefic/Costo	p.u	0.86	0.82	0.78	0.74	0.71
Costo Energ 23 y 10 kv	c\$/kwh	10.14	10.63	11.16	11.73	12.32
Venta Energ 23 y 10 kv	c\$/kwh	8.69	8.69	8.69	8.69	8.69
Tasa Interna de retorno				0.8%		

- (1): 1997 = Inversión. 1998-2016 = Período de análisis (20 años)  
 (2): Proyección de demanda de energía del P.S.E. Acari-Chala  
 (3): Inversión línea 60 kv Marcona-B. Unión (Costos directos)  
 (4): Costos de Operación y Mantenimiento L.T. y SS.EE. (1.5% de la inversión)  
 (5): Compra de Energía barra 60 kv de SE Marcona a 7.15 c\$/kwh  
 (6): Pérdidas de energía en línea 60 kv Marcona-B.Unión  
 (7): Suma de los costos involucrados  
 (8): Venta de Energía barra 23 y 10 kv de SE B.Unión a 8.69 c\$/kwh

APÉNDICE D2

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Alternativa 1 : Línea 60 kv Marcona-Bella Unión y SS.EE. Marcona  
(con cargas mineras de 2.5 y 3.5 MW)  
(Precios en miles de dólares)

AÑOS (1)	Demanda de Energ MWh-año (2)	COSTOS					BENEFICI Venta de Energía (8)	BENEFICI NETO (8)-(7)
		Invers (3)	Operaci y Mante (4)	Compra Energía (5)	Pérdida de Ener (6)	COSTO TOTAL (7)		
1997		2437				2,437		(2,437)
1998	5,959		36.6	426	1.5	464	518	54
1999	21,381		36.6	1,529	19.6	1,585	1,858	273
2000	22,018		36.6	1,574	20.8	1,632	1,913	282
2001	22,782		36.6	1,629	22.2	1,688	1,980	292
2002	34,230		36.6	2,447	50.2	2,534	2,975	440
2003	35,179		36.6	2,515	53.0	2,605	3,057	452
2004	36,154		36.6	2,585	56.0	2,678	3,142	464
2005	37,167		36.6	2,657	59.2	2,753	3,230	477
2006	38,214		36.6	2,732	62.6	2,831	3,321	489
2007	39,302		36.6	2,810	66.2	2,913	3,415	503
2008	40,675		36.6	2,908	70.9	3,016	3,535	519
2009	41,843		36.6	2,992	75.0	3,103	3,636	533
2010	43,054		36.6	3,078	79.4	3,194	3,741	547
2011	44,318		36.6	3,169	84.2	3,289	3,851	562
2012	45,631		36.6	3,263	89.2	3,388	3,965	577
2013	46,992		36.6	3,360	94.6	3,491	4,084	593
2014	48,404		36.6	3,461	100.4	3,598	4,206	608
2015	49,867		36.6	3,565	106.6	3,709	4,333	625
2016	51,386	-487	36.6	3,674	113.1	3,337	4,465	1,129

Tasa de Descuento	%	8	10	12	14	16
Valor Actual Neto	mil \$	1,518	892	414	45	-242
Relac Benefic/Costo	p.u	1.06	1.04	1.02	1.00	0.98
Costo Energ 23 y 10 kv	c\$/kWh	8.17	8.32	8.48	8.66	8.86
Venta Energ 23 y 10 kv	c\$/kWh	8.69	8.69	8.69	8.69	8.69
Tasa Interna de retorno				14.3%		

- (1): 1997 = Inversión. 1998-2016 = Período de análisis (20 años)  
(2): Proyección de demanda de energía del P.S.E. Acarí-Chala y carga minera de 2.5 y 3.5 MW a partir de 1999 y 2002  
(3): Inversión línea 60 kv Marcona-B. Unión (Costos directos)  
(4): Costos de Operación y Mantenimiento L.T. y SS.EE. (1.5% de la inversión)  
(5): Compra de Energía barra 60 kv de SE Marcona a 7.15 c\$/kWh  
(6): Pérdidas de energía en línea 60 kv Marcona-B.Unión  
(7): Suma de los costos involucrados  
(8): Venta de Energía barra 23 y 10 kv de SE B.Unión a 8.69 c\$/kWh

**APÉNDICE D3  
EVALUACIÓN TÉRMICA**

**COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS  
Alternativa I vs Alternativa II**

(Precios en miles de dólares)

AÑOS	Demanda de Energ MWh-año	COSTOS Alternativa I					COSTOS Alternativa II					AHORRO NETO
		Invers	Operaci y Mante	Compra Energí	Pérdida de Ener	COSTO TOTAL	Invers	OVER HALL	Operaci y Mante	Combust Lubrica	COSTO TOTAL	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(12)-(7)
1997		2437				2437	1,300				1,300	-1,137
1998	5,959		36.6	426	2.2	465			104	268	372	-93
1999	6,051		36.6	433	2.3	471			106	272	378	-93
2000	6,151		36.6	440	2.4	479		320	108	277	705	226
2001	6,360		36.6	455	2.5	494	650		111	286	1,047	553
2002	10,435		36.6	746	6.8	789			183	470	653	-136
2003	10,551		36.6	754	7.0	798	800		185	475	1,460	662
2004	10,664		36.6	762	7.1	806		160	187	480	827	21
2005	10,785		36.6	771	7.3	815			189	485	674	-141
2006	10,908		36.6	780	7.4	824	650	320	191	491	1,652	828
2007	11,041		36.6	789	7.6	834	400		193	497	1,090	256
2008	11,424		36.6	817	8.2	862			200	514	714	-148
2009	11,569		36.6	827	8.4	872	800	160	202	521	1,683	811
2010	11,720		36.6	838	8.6	883		160	205	527	892	9
2011	11,887		36.6	850	8.8	895			208	535	743	-152
2012	12,065		36.6	863	9.1	908	400		211	543	1,154	246
2013	12,252		36.6	876	9.4	922	400	320	214	551	1,485	563
2014	12,448		36.6	890	9.7	936			218	560	778	-158
2015	12,652		36.6	905	10.0	951	800	160	221	569	1,750	799
2016	12,869	-487	36.6	920	10.3	480	-1170		225	579	-312	-792

Tasa de Descuento	%	8	10	12	14	16
Valor Actual Neto	mil \$	465	242	64	-79	-194
Relac Benefic/Costo	p.u	1.05	1.03	1.01	0.99	0.96
Costo Energ SICN en MT	c\$/kwh	10.14	10.63	11.16	11.73	12.32
Costo Energ térmica MT	c\$/kwh	10.69	10.98	11.27	11.58	11.89
Tasa Interna de retorno				12.80 %		

- (1): 1997 = Inversión. 1998-2016 = Período de análisis (20 años)  
(2): Proyección de demanda de energía del P.S.E. Acarí-Chala  
(3): Inversión línea 60 kV Marcona-B. Unión (Costos directos)  
(4): Costos de Operación y Mantenimiento L.T. y SS.EE. (1.5% de la inversión)  
(5): Compra de Energía barra 60 kV de SE Marcona a 7.15 c\$/kwh  
(6): Pérdidas de energía en línea 60 kV Marcona-B.Unión  
(7): Suma de costos para alternativa I : Proyecto en 60 kV  
(8): Inversiones de CC.TT. para cubrir la demanda  
(9): Overhall de grupos térmicos  
(10): Costos de Operación y Mantenimiento de CC.TT. 1.75 c\$/kwh  
(11): Costos de combustible y lubricante 4.5 c\$/kwh  
(12): Suma de costos para alternativa II : Grupos Térmicos

**APÉNDICE E**  
**FORMULACION DE TARIFAS ELÉCTRICAS**

Se presenta la formulación del cálculo realizado para obtener los precios de Potencia y energía en horas de punta y fuera de punta en las barras del sistema analizado. La metodología empleada se basa en la resolución de la Comisión de Tarifas Eléctricas N° 008-94 P/CTE del 28/10/94.

La formulación es la siguiente:

FPME        Factor de pérdidas marginales de energía

FPMP        Factor de pérdidas marginales de Potencia

donde

$$FPME = FPET (1+PEL/100*L)$$

$$FPMP = FPPT (1+PPL/100*L)$$

FPET    .    Factor de pérdidas marginales de energía por transformación  
(si no hay transformación → FPET = 1)

FPPT    :    Factor de pérdidas marginales de Potencia por transformación  
(si no hay transformación → FPPT = 1)

PEL     :    Pérdidas marginales de energía por transmisión (%/km).

PPL     :    Pérdidas marginales de potencia por transmisión (%/km).

L        :    Longitud de la Línea de transmisión (en km).

**a. Cargos de pérdidas marginales de potencia y energía**

**Por transformación:**

Relación:

Primario/Secundario	<u>FPPT</u>	<u>FPET</u>
1) kv>100 /100≥kv≥30	1.0088	1.0052
2) kv>100 /30>kv>.44	1.0242	1.0142
3) 100≥kv≥30/30>kv>.44	1.0153	1.0089

La relación de transformación 60/33 kv no se encuadra en ninguna de las tres opciones, pero las pérdidas por transformación existen, entonces le asigno los valores de la tercera opción en razón de que la tensión de 33 kv está cercana al extremo de 30 kv en la relación de transformación.

Por transporte:

<u>kv</u>	<u>PPL</u> %/Km	<u>PEL</u> %/Km
220	0.0510	0.0426
110-138	0.0598	0.0500
Menor 100	0.1158	0.0968

**b. Cargo base por peaje secundario (potencia)**

$$CBPS = CBPST + (CBPSL)(L)(C)$$

CBPS : Cargo base por peaje secundario → S./ /kw-mes.

CBPST : Cargo base por peaje secundario → S./ /kw-mes.

Cuando no hay transformación CBPST = 0.0

CBPSL : Cargo base por peaje secundario p/transporte S./kw-mes-km

**Valores de CBPST (Sistema Interconectado Centro Norte)**

kv>100/100≥kv≥30	kv>100/30>kv>.44	100≥kv≥30/30>kv>.44
CBPST	0.841	2.232
		1.391

**Valores de CBPSL (Sistema Interconectado Centro Norte)**

	220 kv	138 kv	100≥kv≥30
CBPSL	0.00986	0.02087	0.02698

**Variable "C"**

		L1	
C=1.0	(MW)(km) ≤	1) 15,000	kv=220
		2) 6500	kv=110-138
		3) 1000	30<kv<100

$$C=0.7 \quad LS < (MW)(km) < L1$$

LS

C=0.3 (MW)(km) ≥

- 1) 20000 kv=220
- 2) 8000 kv=110-138
- 3) 1250 30<kv<100

**c. Precio en barras de potencia y energía**

- PEBP : Precio barra energía hora punta
  - PEBF : Precio barra energía fuera punta
  - PPB : Precio barra potencia Punta
  - PEMP : Precio energía marginal punta
  - PEMF : Precio energía marginal fuera punta
  - PPM : Precio potencia marginal
  - CPSEE : Cargo por peaje secundario equivalente en energía para las SS.EE.
  - PCSPT : Peaje de conexión al sistema principal de transmisión.
- donde :

$$PEBP = PEMP + CPSEE$$

$$PEBF = PEMF + CPSEE$$

$$PPB = PPM + PCSPT$$

**d. Precio la energía equivalente**

La energía equivalente es el parámetro que resume en forma práctica los precios de la energía en horas punta, fuera de punta y el cargo de potencia punta. Para definirla se toman las siguientes consideraciones: se considera 5 las horas punta y 19 las horas fuera de punta, el factor de carga se toma de la proyección de la demanda de potencia y energía.

$$\% \text{ Energía punta} = \%Ep = \frac{\text{Paño} \times 5 \times 365}{\text{Eaño}}$$

$$\% \text{ Energía fuera de punta} = \%Efp = 1 - \%Ep$$

$$\text{Cargo por potencia punta} = Cpp = \frac{1}{87.6 \times Fc}$$

Precio de la energía equivalente = (%Ep)PEBP + (%Efp)PEBF + (Cpp)PPBaño  
expresado en ctv \$/kW-h al año

**e. Cálculo de los precios de potencia y energía en la SE Marcona**

**Barras 220 kv:**

PPM	=	12.70 S/. / kw-mes <>	67.7336\$/kw-año
PCSPT	=	1.87 S/. / kw-mes <>	9.9733\$/kw-año
CPSEE	=	1.17 ctm S/. / kw-h <>	0.5202 ctv \$/kw-h
PEMF	=	5.47 ctm S/. / kw-h <>	2.4308 ctv \$/kw-h
PEMP	=	13.67 ctm S/. / kw-h <>	6.0759 ctv \$/kw-h
PEBF	=	2.9511 ctv US\$/kw-h	
PEBP	=	6.5956 ctv US\$/kw-h	
PPB	=	77.7040 US\$/kw-año	
E equiva	=	6.84 ctv \$/kw-h	

**Barras 60 kv :**

FPMP	=	FPPT(1+PPL/100*L)	
FPME	=	FPET(1+PEL/100*L)	
CBPS	=	CBPST+(CBPSL)(L)(C)	
L	=	0.0 (el transformador se ubica en la misma SE)	
FPET	=	1.0052	FPPT = 1.0088
CBPST	=	4.4854 US/kw-año	
FPME	=	1.0052	
FPMP	=	1.0088	
CBPS	=	4.4854 US/kw-año	
PEBF <sup>(60 kv)</sup>	=	(2.9511 ctv US\$/kw-h)xFPME	
PEBP <sup>(60 kv)</sup>	=	(6.5956 ctv US\$/kw-h)xFPME	
PPB <sup>(60 kv)</sup>	=	(77.70 US\$/kw-año)xFPMP+CBPS	

Los precios de Potencia y energía en horas de punta y fuera de punta en la Subestación Marcona barra en 60 kv son los siguientes:

PEBF	=	2.9664 ctv US\$/kw-h
PEBP	=	6.6299 ctv US\$/kw-h
PPB	=	82.8764 US\$/kw-año
E equiva	=	7.15 ctv \$/kw-h

**f. Cálculo de los precios de potencia y energía en la SE Bella Unión  
Barra 60 kv**

Partiendo de la SE Marcona L = 63 km

FPET	=	1.0	(no existe transformación)
FPPT	=	1.0	(no existe transformación)
PEL	=	0.0968	
PPL	=	0.1158	
CBPST	=	0.0	(no existe transformación)
CBPSL	=	0.1439	US\$/kw-año-km
C	=	1.0	

Los precios de potencia y energía en horas de punta y fuera de punta en barras de 60 kv de la SE Bella Unión son los siguientes:

PEBF	=	3.1474	ctv US\$/kw-h
PEBP	=	7.0342	ctv US\$/kw-h
PPB	=	97.9921	US\$/kw-año
E equiva	=	8.15	ctv \$/kw-h

**Barras en 23 y 10 kv**

FPET	=	1.0089	
FPPT	=	1.0153	
PEL	=	0.0968	
PPL	=	0.1158	
CBPST	=	7.4187	US\$/kw-año
CBPSL	=	0.1437	US\$/kw-año-km
C	=	1.0	

Los precios de potencia y energía en horas de punta y fuera de punta en la Subestación Bella Unión en barras de 23 y 10 kv son:

PEBF	=	3.1754	ctv US\$/kw-h
PEBP	=	7.0969	ctv US\$/kw-h
PPB	=	106.9101	US\$/kw-año
E equiva	=	8.69	ctv \$/kw-h

**APÉNDICE F**  
**TABLAS DE DATOS TÉCNICOS DE SUMINISTROS**

- F1 Conductor de aleación de aluminio
- F2 Accesorios para conductor de aleación de aluminio
- F3 Aisladores de suspensión
- F4 Accesorios de cadenas de aisladores
- F5 Postes de madera
- F6 Crucetas de madera
- F7 Pernos, arandelas y tuercas
- F8 Material de retenidas y accesorios
- F9 Material de puesta a tierra

APENDICE F1

DATOS TECNICOS  
CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A</b>	<b>DATOS GENERALES</b>			
1	Postor			
2	Fabricante			
3	País de procedencia		-	
4	Normas de fabricación IEC			
<b>B</b>	<b>DATOS DEL CONDUCTOR</b>			
5	Material		Aleación de Aluminio	
6	Sección nominal	mm <sup>2</sup>	120	
7	Sección real	mm <sup>2</sup>		
8	Número de hilos		19	
9	Diámetro de cada hilo	mm		
10	Diámetro exterior	mm	14.25	
11	Carga de rotura	kg.	3600	
12	Resistencia eléctrica cc 20°C	ohm/km.	0.29	
13	Peso unitario	kg./m	0.333	
14	Tipo de grasa protectora		---	
15	Cantidad de grasa	g/m	---	
16	Coefficiente de dilatación lineal	1/°C	0.000023	
17	Módulo de elasticidad final	kg/mm <sup>2</sup>		

APENDICE F2

DATOS TECNICOS  
ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A</b>	<b>MANGUITOS DE EMPALME</b>			
1	Fabricante			
2	País de procedencia			
3	Normas de Fabricación			
4	Longitud	mm		
5	Material		Aluminio	
6	Diámetro de conductor	mm	14.25	
7	Resistencia de rotura	kg.	3420	
<b>B</b>	<b>MANGUITOS DE REPARACION</b>			
1	Fabricante			
2	País de procedencia			
3	Normas de fabricación			
4	Longitud	mm		
5	Material			
6	Diámetro de conductor	mm	14.25	
<b>C</b>	<b>VARILLAS DE ARMAR PREFORMADAS</b>			
1	Fabricante			
2	País de procedencia			
3	Normas de fabricación			
4	Longitud	mm		
5	Material		Aluminio	
6	Diámetro de cada hilo	mm	5.625	
7	Número de varillas/cjto			
<b>D</b>	<b>AMORTIGUADORES</b>			
1	Fabricante			
2	País de procedencia			
3	Normas de fabricación			
4	Tipo			
5	Material			
6	Diámetro de conductor	mm	14.25	
7	Peso	kg		

APENDICE F3

DATOS TECNICOS  
AISLADORES DE SUSPENSION

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
1	Material dieléctrico		Porcelana	Porcelana
2	Clase ANSI		52-3	52-3
			Standar	Antifog
3	Tipo de ensamble		Ball-Socket	Ball-Socket
4	Diámetro	mm	254	254
5	Altura	mm	146	
6	Longitud mínima de línea de fuga	mm	292	
7	Carga mínima de impacto	kg/cm	78	
8	Resistencia combinada mecánica	kg	7000	
9	Tensión de flameo a baja frecuencia			
	En seco	kV	80	
	Bajo lluvia	kV	50	
10	Tensión crítica de impulso (1.2x50us)			
	Positivo	kV	125	
	Negativo	kV	130	
11	Tensión de perforación baja frecuencia	kV	110	
12	Tensión de interferencia de radio			
	Tensión de ensayo a tierra	kV	10	
	Máximo RIV 1,000 kc	uV	50	
13	Peso neto aproximado	kg	11	

APENDICE F4

DATOS TECNICOS  
ACCESORIOS DE CADENA DE AISLADORES

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
1	<b>ADAPTADOR - BOLA (EYE - BALL)</b>			
	Norma de fabricación			
	Carga de rotura mínima	kg	8000	
	Acoplamiento		ANSI B	
	Sección transversal	mm <sup>2</sup>	16	
	Material		Acero	
	Galvanizado en caliente	g/m <sup>2</sup>	500	
2	<b>SOPORTE DE CONTRAPESOS</b>			
	Norma de fabricación			
	Longitud			
	Carga de rotura mínima	kg	8000	
	Sección transversal	mm <sup>2</sup>	16	
	Material		Acero	
	Galvanizado en caliente		Si	
3	<b>CONTRAPESOS</b>			
	Norma de fabricación			
	Peso	kg	25	
	Longitud	m		
	Diámetro	m	0.2	
	Sección transversal del agujero	pulg	11/16	
	Material		Acero	
	Galvanizado en Caliente		Si	
4	<b>GRAPA DE ANCLAJE</b>			
	Norma de fabricación			
	Material		Aluminio	
	Tipo		Compresión	
	Diámetro de conductor		14.25	
	Resistencia mecánica		3420	
5	<b>GRAPA DE SUSPENSION</b>			
	Norma de fabricación			
	Material		Aluminio	
	Tipo		Empernado	
	Diámetro de garganta		25.82	
	Resistencia mecánica		2160	

**APENDICE F5**

**DATOS TECNICOS  
POSTES DE MADERA**

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
1	Fabricante			
2	Norma de fabricación			
3	Tipo de madera		Southern Yelow Pine	
4	Tratamiento preservante			
	- Norma		Celdilla vacia	
	- Método		Presión	
	- Solución		Creosota y Alquitrán de hulla	
	- Retención	lb/pie3	8	
	- Penetración			
<b>B</b>	<b>CARACTERISTICAS PARTICULARES</b>			
1	Postes de 60 pies Clase 3		Nominal	
	Dimensiones			
	Peso del poste	kg	1282	
	Fuerza en la punta	kg	1360	
	Diámetro mínimo en la punta	cm	18.6	
	Diámetro mínimo en la base	cm	35.7	

**APENDICE F6**

**DATOS TECNICOS  
CRUCETAS DE MADERA**

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
1	Fabricante			
2	Norma de fabricación		ITINTEC	
3	Tipo de madera		Tornillo	
4	Características mecánicas			
	- Módulo de elasticidad mínimo	kg/cm2	175400	
	- Módulo de elasticidad promedio	kg/cm2	287100	
	- Ezfuerxo a la flexión paralelo al grano	kg/cm2	319	
	- Esfuerzo a la compresión paralela	kg/cm2	160	
	- Esfuerzo a la compresión perpendicular	kg/cm2	24	
	- Esfuerzo al corte paralelo	kg/cm2	32	
	- Esfuerzo a la tracción paralela	kg/cm2	75	
5	Tratamiento preservante			
	- Norma		ITINTEC, DGE	
	- Método			
	- Solución		Sales CCA, CCB	
	- Penetración			
<b>B</b>	<b>CARACTERISTICAS PARTICULARES</b>			
1	Cruceta 5"x 6 1/2 x 3m		Nominal	
	Dimensiones	ind		
	Peso	kg		
2	Cruceta 6 "x 8" x 3m		Nominal	
	Dimensiones	ind		
	Peso	kg		
3	Cruceta 6 "x 8" x 6m		Nominal	
	Dimensiones	ind		
	Peso	kg		

APENDICE F7

DATOS TECNICOS  
PERNOS, ARANDELAS Y TUERCAS

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A</b>	<b>PERNOS</b>			
	Material		Ao Go en caliente	
1	Perno doble armado		ø3/4"x26"	
2	Perno horquilla		ø5/8"x10"	
3	Perno maquinado		ø1/2"x10"	
			ø3/4"x10"	
			ø3/4"x18"	
			ø3/4"x22"	
			ø5/8"x10"	
4	Perno ojo con hombros		ø3/4"x10"	
5	Extensor de angulo para cadena		ø5/8" x 0.30m x 0.30m	
<b>B</b>	<b>ARANDELAS</b>			
	Material		Ao Go en caliente	
1	Arandela cuadrada curvada		3"x3"x1/4" - ø11/16	
			3"x3"x1/4" - ø13/16	
2	Arandela cuadrada plana		2"x2"x1/8" - ø9/16	
			3"x3"x1/4" - ø11/16	
			3"x3"x1/4" - ø13/16	
<b>C</b>	<b>TUERCAS Y CONTRATUERCAS</b>			
	Material		Ao Go en caliente	
1	Tuerca		p/perno ø3/4"	
			p/perno ø5/8"	
			p/perno ø1/2"	
2	Contratuerca		p/perno ø3/4"	
			p/perno ø5/8"	
3	Tuerca Ojo		p/perno ø3/4"	
<b>D</b>	<b>PLATINA y EXTENSOR DE ANGULO</b>			
	Material		Ao Go en caliente	
1	Platina de Retenida		2 agujero 2"x1/4" - ø13/16"	
			1 agujero 2"x1/4" - ø13/16"	
2	Extensor de Angulo para Cadena		5/8"ø x 0.3m x 0.3m	
	Carga de rotura minima (kg)		5636	

APENDICE F8

DATOS TECNICOS  
MATERIAL DE RETENIDAS Y ACCESORIOS

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A</b>	<b>CABLE PARA RETENIDA</b>			
1	Carga de rotura	kg	5680	
2	Diámetro nominal	pulg	1/2	
3	Número de hilos		7	
4	Peso	kg/m		
5	Material		Ao Go	
6	Dirección de cableado		Sentido izquierdo	
<b>B</b>	<b>GUARDACABO</b>			
1	Ancho	pulg	1	
2	Espesor	pulg	0.095	
3	Material		Acero	
4	Galvanizado en caliente	g/m2	500	
<b>C</b>	<b>MORDAZA PREFORMADA</b>			
1	Carga de rotura	kg	5680	
2	Diámetro nominal	pulg	7/16	
3	N° de hilos			
4	Dirección de cableado		Sentido izquierdo	
5	Peso	Kg/m		
	Material		Ao Go	
<b>D</b>	<b>PERNO DE ANCLAJE</b>			
1	Longitud	pie	8	
2	Diámetro	pulg	5/8	
3	Peso	kg		
4	Carga de rotura mínima	kg	6960	
5	Material		Ao Go	
6	Galvanizado en caliente	g/m2	500	
7	N° de croquis dimensional			

**APENDICE F9**

**DATOS TECNICOS  
MATERIAL DE PUESTA A TIERRA**

	DESCRIPCION	UNID.	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A</b>	<b>CONDUCTOR DE COBRE BLANDO DE 35 mm2</b>			
1	Material		Cu	
2	Sección	mm2	35	
3	Número de hilos		7	
4	Diámetro del hilo	mm	2.52	
5	Diámetro del conductor	mm	7.56	
6	Resistencia eléctrica cc a 20°C	ohm/km.	0.5114	
7	Esfuerzo de rotura del conductor	kg.	876	
8	Esfuerzo de rotura de cada hilo	kg.	125	
9	Módulo de elasticidad inicial	kg/mm2		
10	Módulo de elasticidad final	kg/mm2	10000	
11	Peso del conductor	kg./m	314	
<b>B</b>	<b>CONECTOR DE DOBLE VIA</b>			
1	Fabricante			
2	Material		Bronce estañado	
3	Longitud	m		
4	Diámetro del conductor	mm	7.56	
5	Peso unitario	kg.		
<b>C</b>	<b>GRAMPAS DE FIJACION</b>			
1	Norma de Fabricación			
2	Longitud	pulg	1 1/4	
3	Abertura	pulg	1/4	
4	Espesor	pulg	0.114	
5	Peso	kg.		
6	Material	kg.		
<b>D</b>	<b>CONDUCTOR DE COPPERWELD 35 mm2</b>			
1	Material		Cu	
2	Sección	mm2	35	
3	Diámetro del conductor	mm	7.56	
4	Resistencia eléctrica cc a 20°C	ohm/km		
5	Esfuerzo de rotura del conductor	kg		
6	Módulo de elasticidad inicial	kg/mm2		
7	Módulo de elasticidad final	kg/mm2		
8	Peso del conductor	kg./m		

**APÉNDICE G**  
**CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS**

- G1 Cálculo mecánico de estructura de alineamiento "S" [ $0^\circ - 7^\circ$ ]
- G2 Cálculo mecánico de estructura de ángulo "A1" [ $7^\circ - 30^\circ$ ]
- G3 Cálculo mecánico de estructura de ángulo "A2" [ $30^\circ - 60^\circ$ ]
- G4 Cálculo mecánico de estructura de ángulo "A3" [ $60^\circ - 90^\circ$ ]
- G5 Cálculo mecánico de estructura de estructura de retención "R" [ $0^\circ$ ]

APENDICE G1

CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURA DE ALINEAMIENTO "S" [0° - 7°]

PROYECTO : L.T. 60 KV MARCONA - BELLA UNION

DATOS DE LA ESTRUCTURA:

Longitud de Poste	H	m	16.8
Clase y Grupo			3 - C
Longitud de Empotramiento	He	m	2.3
Altura Útil del Poste	Hu	m	14.5
Diámetro en la Punta	Dp	mm	171.9
Diámetro de Empotramiento	De	mm	321.5
Sección de Empotramiento	S	cm²	811.8
Coefficiente del Material	K		2.0
Momento de Inercia de S	I	cm⁴	52443.8
Factor Seguridad	Fs		3.0
Carga de Rotura	Cr	kg	1360.0
Carga de Trabajo	Ct	kg	453.3
Esfuerzo Máximo	Esf	kg/cm²	700.0
Brazo de Torsión en Cruceta	Bc	m	1.4

DATOS DE LOS CONDUCTORES

		1	2	3
Material		Aa	Aa	Aa
Sección	S	mm²	120	120
Diámetro	d	mm	14.25	14.25
Peso Unitario	Wc	kg/m	0.333	0.333
Vano Viento	Vv	m	260	260
Vano Peso	Vp	m	260	260
Tensión Horizontal	Th	kg	750.00	750.00
Altura Aplicación de Fuerzas	Ha	m	14.20	12.20
Longitud del Aislador	La	mm	800.00	800.00
Diámetro del Aislador	Da	mm	304.00	304.00
Peso de los Aisladores	Wa	kg	35.00	35.00

CARGAS TRANSVERSALES

Velocidad del Viento	V	km/hr	90.00
Presión del Viento	Pv	kg/m²	34.02
Superficie del Poste expuesta	W	m²	3.58
Fuerza del Viento sobre el Poste	Fv	kg	121.86
Altura de Aplicación	Hv	m	6.53
Fza. del Viento sobre el Aislador	Fva	kg	8.27

CARGAS VERTICALES

Peso total de Conductores	Wtc	kg	259.74
Peso total de Aisladores	Wta	kg	105
Peso del Poste	Wp	kg	850
Peso de la(s) Cruceta(s)	Wk	kg	90
Peso del Operario	Wo	kg	80
Peso Extra	Wx	kg	20
Carga Vertical sin Retenida	Cvt	kg	1404.74

CALCULO DEL POSTE

Hipótesis 1 : CONDICIONES NORMALES

Angulo	α	°	0	2	4	7
M Tracción de Cond. por ángulo	M trac.	kg-m	0.00	1010.49	2020.68	3534.71
M Viento sobre el Conductor	M vc	kg-m	4865.30	4864.56	4862.34	4856.23
M Viento sobre el Poste y Aislador	M vpa	kg-m	1114.67	1114.67	1114.67	1114.67
Momento Vuelco (Tracción y Viento)	Mt	kg-m	5979.97	6989.72	7997.69	9505.61
Fuerza equiv. 30 cm de la Punta	Fp	kg	420.53	491.54	562.43	668.47
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS s/ret.		3.23	2.77	2.42	2.03
Requiere Retenida (Si/No) ?			No	Si	Si	Si
Deseas colocar Retenida (Si/No) ?			No	Si	Si	Si
Comp Vertical por Retenida(s)	Fvr	kg		2535.40	1450.51	1724.00

Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	185.42	0.00	0.00	0.00
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	46.91	131.57	95.34	104.48
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	232.33	131.57	95.34	104.48
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		3.01	5.32	7.34	6.70

Hipótesis 2 : FALLA ROTURA DE UN CONDUCTOR

Angulo	α	°	0	2	4	7
M Tracción de Cond. balancendos	M trac.	kg-m	0.00	691.12	1382.02	2417.52
M Viento sobre el Conductor	M vc	kg-m	4096.43	4095.81	4093.94	4088.79
M Viento sobre el Poste y Aislador	M vpa	kg-m	1114.67	1114.67	1114.67	1114.67
My Vuelco (Tracción, Viento)	Mv	kg-m	5211.10	5901.59	6590.63	7620.98

SIN RETENIDA

Mx flector por Rotura de Conductor	Mfalla	kg-m	4575.00	4574.30	4572.21	4566.47
M resultante	Mf	kg-m	6934.42	7530.06	8153.01	9125.08
M Torsor (Rotura de Cond. en Cruceta)	Mt	kg-m	525.00	534.92	524.68	524.02
Momento Equivalente	Me	kg-m	6944.34	7529.20	8161.44	9132.59
Fuerza a 30 cm de la Punta	Fpta	kg	485.35	530.18	573.94	642.24
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS s/ret.		2.78	2.57	2.37	2.12
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	215.32	233.77	253.06	283.18
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	46.91	46.91	46.91	46.91
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	262.23	280.68	299.97	330.08
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		2.67	2.49	2.33	2.12

CON RETENIDA

Momento Equivalente	Me	kg-m	4590.012	4589.313	4587.216	4581.451
Fuerza a 30 cm de la Punta	Fpta	kg	322.79	322.74	322.59	322.18
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS		4.21	4.21	4.22	4.22
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	142.32	142.50	142.24	142.06
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	46.91	46.91	46.91	46.91
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	189.23	173.87	173.58	173.58
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		3.70	2.56	2.95	2.84

CALCULO DE RETENIDAS

Angulo	α	°	0	2	4	7
Nº de Retenidas			0	2	1	1
Altura de Instalación de Retenida 1	Hrl	m	9.55	9.55	9.55	9.55
Angulo de la Retenida	α	°	30	30	30	30
Factor de Seguridad	FS		2.0			
Carga de Rotura	Carg. Rot. kg		5630.0			
Carga de Trabajo Máximo	Carg. Trab kg		2340.0			
Fuerza de la Retenida	Fr	kg		1463.9	1674.9	1990.7
Factor de Seguridad	FS Reten.			3.9	3.4	2.9

APENDICE G2

CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURA DE ANGULO "A1" <7° - 30°

PROYECTO : L.T. 60 KV MARCONA - BELLA UNION

DATOS DE LA ESTRUCTURA:

Longitud de Poste	H	m	16.3
Clase y Grupo			3 - C
Longitud de Empotramiento	He	m	2.3
Altura útil del Poste	Hu	m	14.5
Diámetro en la Punta	Dp	mm	171.9
Diámetro de Empotramiento	De	mm	321.5
Sección de Empotramiento	S	cm²	811.8
Coefficiente del Material	K		2.0
Momento de Inercia de S	I	cm⁴	52443.3
Factor Seguridad Mínimo	Fs		3.0
Carga de Rotura	Cr	kg	1360.0
Carga de Trabajo	Ct	kg	453.3
Esfuerzo Máximo	Esf	kg/cm²	700.0

DATOS DE LOS CONDUCTORES

		1	2	3
Material		Aa	Am	Aa
Sección	S	mm²	120	120
Diámetro	d	mm	14.25	14.25
Peso Unitario	Wc	kg/m	0.333	0.333
Vano Viento	Vv	m	260	260
Vano Peso	Vp	m	260	260
Tensión Horizontal	Th	kg	750.00	750.00
Altura Aplicación de Fuerzas	Ha	m	14.30	12.30
Longitud del Aislador	La	mm	800.00	800.00
Diámetro del Aislador	Da	mm	304.00	304.00
Peso de los Aisladores	Wa	kg	35.00	35.00

CARGAS TRANSVERSALES

Velocidad del Viento	V	km/hr	90.00
Presión del Viento	Pv	kg/m²	34.02
Superficie del Poste expuesta	W	m²	3.58
Fuerza del Viento sobre el Poste	Fv	kg	121.86
Altura de Aplicación	Hv	m	6.53
Fza. del Viento sobre el Aislador	Fva	kg	8.27

CARGAS VERTICALES

Peso total de Conductores	Wtc	kg	259.74
Peso total de Aisladores	Wta	kg	105
Peso del Poste	Wp	kg	850
Peso de la(s) Cruceta(s)	Wk	kg	90
Peso del Operario	Wo	kg	80
Peso Extra	Wx	kg	20
Carga Vertical sin Retenida	Cvt	kg	1404.74

CALCULO DEL POSTE

Hipótesis 1 :

CONDICIONES NORMALES

Angulo	a	7	10	20	30
M Tracción de Cond. por Angulo	M trac.	kg-m	3351.56	4734.85	9533.28
M Viento sobre el Conductor	M vc	kg-m	4604.61	4595.66	4543.13
M Viento sobre el Poste y Aislador	M vpa	kg-m	1098.12	1098.12	1098.12
Momento Vuelco (Tracción y Viento)	Mt	kg-m	9054.30	10478.63	15174.54
Fuerza equiv. 30 cm de la Punta	Fp	kg	636.73	736.89	1067.13
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS s/ret.		2.14	1.85	1.27
Requiere Retenida (Si/No) ?		Si	Si	Si	Si
Desea colocar Retenida (Si/No) ?		Si	Si	Si	Si
Comp Vertical por Retenida(s)	Fvr	kg	1285.45	1487.67	2154.35
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	0.00	0.00	0.00
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	89.33	96.59	118.85
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	89.33	96.59	118.85
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		7.79	7.25	5.89

Hipótesis 2

FALLA: ROTURA DE UN CONDUCTOR

Angulo	a	7	10	20	30
M Tracción de Cond. balanceados	M trac.	kg-m	2417.52	3451.37	6876.47
Fza. del Viento sobre el Cond. 1	Fv1	kg	125.81	125.56	124.13
Fza. del Viento sobre el Cond. 2	Fv2	kg	125.81	125.56	124.13
Fza. del Viento sobre el Cond. 3	Fv3	kg	62.90	62.78	62.06
M Viento sobre el Conductor	M vc	kg-m	3962.98	3955.23	3910.07
M Viento sobre el Poste y Aislador	M vpa	kg-m	1098.12	1098.12	1098.12
M Vuelco (Tracción, Viento)	Mv	kg-m	7473.63	8504.77	11884.66

SIN RETENIDA

Mx flector por Rotura de Conductor	Mfalla	kg-m	3817.87	3810.44	3766.89
M resultante	Mf	kg-m	2605.41	9624.56	13102.04
M Torsor (Rotura de Cond. en Cruceta)	Mt	kg-m	0.00	0.00	0.00
Momento Equivalente	Me	kg-m	8605.41	9624.56	13102.04
Fuerza a 30 cm de la Punta	Fpta	kg	605.16	676.53	921.38
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS s/ret.		2.25	2.01	No cumple
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	266.83	298.43	406.26
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	46.91	46.91	46.91
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	313.74	345.34	453.17
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		2.23	2.03	1.54

CON RETENIDA

Momento Equivalente	Me	kg-m	3817.866	3810.445	3766.89
Fuerza a 30 cm de la Punta	Fpta	kg	268.49	267.96	264.90
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS		5.07	5.08	5.13
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	118.38	118.15	116.88
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	39.33	39.59	113.35
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	208.21	214.74	235.63
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		3.36	3.26	2.97

CALCULO DE RETENIDAS

Angulo	a	7	10	20	30
Nº de Retenidas		3	3	3	3
Altura de Instalación de Retenida 1	Hr1	m	14.20	14.20	14.20
Altura de Instalación de Retenida 2	Hr2	m	12.20	12.20	12.20
Altura de Instalación de Retenida 3	Hr3	m	10.20	10.20	10.20
Angulo de la Retenida	a	°	30	30	30
Factor de Seguridad	FS		2.0		
Carga de Rotura	Carg. Rot.	kg	5680.0		
Carga de Trabajo Máximo	Carg. Trab.	kg	2340.0		
Fuerza de la Retenida	Fr	kg	494.8	572.6	829.2
Factor de Seguridad	FS Reten.		11.5	9.9	6.8

APENDICE G3

CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURA DE ANGULO "A2" <30° - 60°]

PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION

DATOS DE LA ESTRUCTURA:

Longitud de Poste	H	m	16.8
Clase y Grupo			3 - C
Longitud de Empotramiento	He	m	2.3
Altura útil del Poste	Hu	m	14.5
Diámetro en la Punta	Dp	mm	171.9
Diámetro de Empotramiento	De	mm	321.5
Sección de Empotramiento	S	cm²	811.8
Coefficiente del Material	K		2.0
Momento de Inercia de S	I	cm4	52443.8
Factor Seguridad Mínimo	Fs		3.0
Carga de Rotura	Cr	kg	1360.0
Carga de Trabajo	Ct	kg	453.3
Esfuerzo Máximo	Esf	kg/cm²	700.0

DATOS DE LOS CONDUCTORES

		1	2	3
Material		AA	AA	AA
Sección	S	mm²	120	120
Diámetro	d	mm	14.25	14.25
Peso Unitario	Wc	kg/m	0.333	0.333
Vano Viento	Vv	m	260	260
Vano Peso	Vp	m	260	260
Tensión Horizontal	Th	kg	750.00	750.00
Altura Aplicación de Puerzas	Ha	m	14.20	12.20
Longitud del Aislador	La	mm	300.00	300.00
Diámetro del Aislador	Da	mm	304.00	304.00
Peso de los Aisladores	Wa	kg	35.00	35.00

CARGAS TRANSVERSALES

Velocidad del Viento	V	km/hr	90.00
Presión del Viento	Pv	kg/m²	34.02
Superficie del Poste expuesta	W	m²	3.58
Fuerza del Viento sobre el Poste	Fv	kg	121.86
Altura de Aplicación	Hv	m	6.53
Fza. del Viento sobre el Aislador	Fva	kg	8.27

CARGAS VERTICALES

Peso total de Conductores	Wtc	kg	259.74
Peso total de Aisladores	Wta	kg	105
Peso del Poste	Wp	kg	850
Peso de la(s) Cruceta(s)	Wk	kg	90
Peso del Operario	Wo	kg	80
Peso Extra	Wx	kg	20
Carga Vertical sin Retenida	Cvt	kg	1404.74

CALCULO DEL POSTE

Hipótesis 1 : CONDICIONES NORMALES

Angulo	α	°	30	40	50	60
M Tracción de Cond. por ángulo	M trac.	kg-m	14209.17	18776.91	23201.74	27450.00
M Viento sobre el Conductor	M vc	kg-m	4456.02	4335.00	4180.99	3995.16
M Viento sobre el Poste y Aislador	M vpa	kg-m	1098.12	1098.12	1098.12	1098.12
Momento Vuelco (Tracción y Viento)	Mt	kg-m	19763.31	24210.03	28480.86	32543.28
Fuerza equiv. 30 cm de la Punta	Fp	kg	1389.82	1702.53	2002.37	2288.56
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS s/ret.		0.98	0.80	0.68	0.59
Requiere Retenida (Si/No) ?		Si	Si	Si	Si	Si
Desear colocar Retenida (Si/No) ?		Si	Si	Si	Si	Si
Comp Vertical por Retenida(s)	Fvr	kg	2305.82	3437.13	4043.47	4620.21
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²				
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	140.60	161.68	181.93	201.19
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	140.60	161.68	181.93	201.19
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		4.98	4.33	3.85	3.48

Hipótesis 2 :

FALLA ROTURA DE UN CONDUCTOR

Angulo	α	°	30	40	50	60
M Tracción de Cond. balanceados	M trac.	kg-m	10349.33	13544.00	16735.68	19800.00
Fza. del Viento sobre el Cond. 1	Fv1	kg	121.75	118.44	114.23	109.16
Fza. del Viento sobre el Cond. 2	Fv2	kg	121.75	118.44	114.23	109.16
Fza. del Viento sobre el Cond. 3	Fv3	kg	60.37	59.22	57.12	54.58
M Viento sobre el Conductor	M vc	kg-m	3835.10	3730.95	3595.39	3438.46
M Viento sobre el Poste y Aislador	M vpa	kg-m	1098.12	1098.12	1098.12	1098.12
Momento Vuelco (Tracción, Viento)	Mv	kg-m	15182.46	18373.06	21432.20	24336.58

SIN RETENIDA

Mx flector por Rotura de Conductor	Mfalla	kg-m	3694.67	3594.32	3466.63	3312.55
M resultante	Mf	kg-m	16589.10	20006.31	23307.95	26457.27
M Torsor (Rotura de Cond. en Cruceta)	Mt	kg-m				
Momento Equivalente	Me	kg-m	16589.10	20006.31	23307.95	26457.27
Fuerza a 30 cm de la Punta	Fpta	kg	1166.60	1406.95	1639.10	1860.57
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS s/ret.		No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	514.38	620.36	722.72	820.37
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	46.91	46.91	46.91	46.91
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	561.29	667.26	No cumple	No cumple
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		1.25	1.05	ERR	ERR

CON RETENIDA

Momento Equivalente	Me	kg-m	3694.666	3594.324	3466.627	3312.547
Fuerza a 30 cm de la Punta	Fpta	kg	259.82	252.77	243.79	232.95
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS		5.23	5.38	5.54	5.84
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	114.56	111.45	107.49	102.71
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	140.60	161.68	181.93	201.19
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	255.16	273.13	289.42	303.90
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		2.74	2.56	2.42	2.30

CALCULO DE RETENIDAS

Angulo	α	°	30	40	50	60
NO Cimentaciones para Retenidas			3	3	3	3
Altura de Instalación de Retenida 1	Hr1	m	14.20	14.20	14.20	14.20
Altura de Instalación de Retenida 2	Hr2	m	12.20	12.20	12.20	12.20
Altura de Instalación de Retenida 3	Hr3	m	10.20	10.20	10.20	10.20
Angulo de la Retenida	α	°	30	30	30	30
Factor de Seguridad	FS		3.0			
Carga de Rotura	Carg.Rot.kg		5680.0			
Carga de Trabajo Máximo	Carg.Trab.kg		2840.0			
Fuerza de la Retenida	Fr	kg	1080.0	1223.0	1556.3	1778.3
Factor de Seguridad	FS Reten.		5.3	4.3	3.6	3.2

APENDICE G4

CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURA DE ANGULO "A3" <60° - 90°]

PROYECTO : L.T. 60 KV MARCONA - BELLA UNION

DATOS DE LA ESTRUCTURA:

Longitud de Poste	H	m	16.8
Clase y Grupo			3 - C
Longitud de Empotramiento	He	m	2.3
Altura Útil del Poste	Hu	m	14.5
Diámetro en la Punta	Dp	mm	171.9
Diámetro de Empotramiento	De	mm	321.5
Sección de Empotramiento	S	cm²	311.8
Coefficiente del Material	K		2.0
Momento de Inercia de S	I	cm⁴	52443.2
Factor Seguridad Mínimo	Fs		3.0
Carga de Rotura	Cr	kg	1260.0
Carga de Trabajo	Ct	kg	453.3
Esfuerzo Máximo	Esf	kg/cm²	700.0

DATOS DE LOS CONDUCTORES

		1	2	3
Material		Aa	Aa	Aa
Sección	S	mm²	120	120
Diámetro	d	mm	14.25	14.25
Peso Unitario	Wc	kg/m	0.333	0.333
Vano Viento	Vv	m	260	260
Vano Peso	Vp	m	260	260
Tensión Horizontal	Th	kg	750.00	750.00
Altura Aplicación de Fuerzas	Hla	m	14.20	14.20
Longitud del Aislador	La	mm	800.00	800.00
Diámetro del Aislador	Da	mm	304.00	304.00
Peso de los Aisladores	Wa	kg	70.00	70.00

CARGAS TRANSVERSALES

Velocidad del Viento	V	km/hr	90.00
Presión del Viento	Pv	kg/m²	34.02
Superficie del Poste expuesta	W	m²	3.58
Fuerza del Viento sobre el Poste	Fv	kg	121.86
Altura de Aplicación	Hz	m	6.53
Fza. del Viento sobre el Aislador	Fva	kg	8.27

CARGAS VERTICALES

Peso total de Conductores	Wtc	kg	259.74
Peso total de Aisladores	Wta	kg	280
Peso del Poste	Wp	kg	850
Peso de la(s) Cruceta(s)	Wk	kg	90
Peso del Operario	Wo	kg	80
Peso Extra	Wx	kg	20
Carga Vertical sin Retenida	Cvt	kg	1579.74

CALCULO DEL POSTE

Hipótesis 1 : CONDICIONES NORMALES

Angulo	α	°	90
M Tracción de Cond. por ángulo	M trac.	kg-m	38820.16
M Viento sobre el Conductor	M vc	kg-m	3262.03
M Viento sobre el Poste y Aislador	M vpa	kg-m	1098.12
Momento Vuelco (Tracción y Viento)	Mt	kg-m	43130.32
Fuerza equiv. 30 cm de la Punta	Fp	kg	3036.59
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS s/ret.		0.45
Requiere Retenida (Si/No) ?			Si
Debe colocarse Retenida (Si/No) ?			Si
Comp Vertical por Retenida(s)	Fvr	kg	5005.38
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	219.90
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	219.90
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		3.18

Hipótesis 2

FALLA: ROTURA DE UNA RETENIDA SUPERIOR

Distancia a la siguiente retenida	d	m	2.20
M flexión de Conductor sin retenida	M f	kg-m	1650.00
Diámetro en el punto de flexión	D	mm	182.203
Sección en el punto de flexión	S	cm²	260.776
Momento de inercia de S	I	cm⁴	5409.938
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm²	281.08
Comp Vertical por Retenida operativa	F	kg	750
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm²	25.61
Esfuerzo Total	R total	kg/cm²	306.69
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		2.28

CALCULO DE RETENIDAS

Angulo	α	°	90
Nº de Retenidas			3
Altura de Instalación de Retenida 1	Hr1	m	14.20
Altura de Instalación de Retenida 2	Hr2	m	12.20
Altura de Instalación de Retenida 3	Hr3	m	10.20
Angulo de la Retenida	α	°	45
Factor de Seguridad	FS		2.0
Carga de Rotura	Carg.Ret.kg		5680.0
Carga de Trabajo Máximo	Carg.Trabkg		2840.0
Fuerza de la Retenida	Fr	kg	1668.5
Factor de Seguridad	FS Reten.		3.4

APENDICE G5

CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURA DE RETENCION "R" [ 0° ]

PROYECTO : L.T. 60 kv MARCONA - BELLA UNION

DATOS DE LA ESTRUCTURA:

Longitud de Poste	H	m	16.8
Clase y Orupo			3 - C
Longitud de Empotramiento	lle	m	2.3
Altura útil del Poste	Hu	m	14.5
Diámetro en la Punta	Dp	mm	171.9
Diámetro de Empotramiento	De	mm	321.5
Sección de Empotramiento	S	cm <sup>2</sup>	811.8
Coficiente del Material	K		2.0
Momento de Inercia de S	I	cm <sup>4</sup>	52443.8
Factor Seguridad Mínimo	Fs		3.0
Carga de Rotura	Cr	kg	1360.0
Carga de Trabajo	Ct	kg	453.3
Esfuerzo Máximo	Esf	kg/cm <sup>2</sup>	700.0
Brazo de Torsión en Cruceta	Bc	m	1.4

DATOS DE LOS CONDUCTORES

			1	2	3
Material			Aa	Aa	Aa
Sección	S	mm <sup>2</sup>	120	120	120
Diámetro	d	mm	14.25	14.35	14.25
Peso Unitario	Wc	kg/m	0.333	0.333	0.333
Vano Viento	Vv	m	200	200	200
Vano Peso	Vp	m	200	200	200
Tensión Horizontal	Th	kg	750.00	750.00	750.00
Altura Aplicación de Fuerzas	Ra	m	14.20	12.30	10.30
Longitud del Aislador	La	cm	300.00	300.00	300.00
Diámetro del Aislador	Da	cm	304.00	304.00	304.00
Peso de los Aisladores	Wa	kg	70.00	70.00	70.00

CARGAS TRANSVERSALES

Velocidad del Viento	V	km/hr	90.00		
Presión del Viento	Pv	kg/m <sup>2</sup>	34.02		
Superficie del Poste expuesta	W	m <sup>2</sup>	3.53		
Fuerza del Viento sobre el Poste	Fv	kg	121.36		
Altura de Aplicación	Hz	m	6.53		
Fza. del Viento sobre el Aislador	Fva	kg	8.27	8.27	8.27

CARGAS VERTICALES

Peso total de Conductores	Wtc	kg	199.80
Peso total de Aisladores	Wta	kg	280
Peso del Poste	Wp	kg	850
Peso de la(s) Cruceta(s)	Wk	kg	90
Peso del Operario	Wo	kg	80
Peso Extra	Wx	kg	20
Carga Vertical sin Retenida	Cvt	kg	1519.80

CALCULO DEL POSTE

Hipótesis 1 :	CONDICIONES NORMALES: DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES 50%			Hipótesis 2 :
				DESEQUILIBRIO 100%
Angulo	α	°	0	0
M por desequilibrio de tiros	M trac.	kg-m	13725.00	27450.00
Fza. del Viento sobre el Cond. 1	Fv1	kg	96.96	48.48
Fza. del Viento sobre el Cond. 2	Fv2	kg	96.96	48.48
Fza. del Viento sobre el Cond. 3	Fv3	kg	96.96	48.48
M Viento sobre el Conductor	M vc	kg-m	3548.63	1774.31
M Viento sobre el Poste y Aislador	M vpa	kg-m	1078.12	1098.12
M total del viento perpendicular a la lila v	M v	kg-m	4646.747	2372.434
Momento Vuelco (Tracción y Viento)	Mt	kg-m	14490.27	27599.88

Hipótesis 1 :

CONDICIONES NORMALES: DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES 50%

Hipótesis 2 : DESEQUILIBRIO 100%

Fuerza equiv. 30 cm de la Punta	Fp	kg	1019.01	1940.92
Factor de Seguridad (Carga de Rotura)	FS s/ret.		1.33	0.70
Requiere Retenida (Si/No) ?		Si		Si
Debe colocarse Retenida (Si/No) ?		Si		Si
Comp Vertical por Retenida(s)	Pvr	kg	1080.71	2161.42
Esf. de Cargas Horizontales	Rv	kg/cm <sup>2</sup>	144.08	89.07
Esf. de Cargas Verticales	Rc	kg/cm <sup>2</sup>	36.84	122.93
Esfuerzo Total	R total	kg/cm <sup>2</sup>	230.92	211.99
Factor de Seguridad (Esfuerzo)	FS		3.03	3.30

CALCULO DE RETENIDAS

Angulo	α	°	0	0
Nº de Retenidas			2	2
Altura de Instalación de Retenida 1	Hr1	m	13.70	13.70
Altura de Instalación de Retenida 2	Hr2	m	11.70	11.70
Altura de Instalación de Retenida 3	Hr3	m	0.00	0.00
Angulo de la Retenida	α	°	45	45
Factor de Seguridad	FS		2.0	2.0
Carga de Rotura	Carg.Rot.kg		5680.0	5680.0
Carga de Trabajo Máximo	Carg.Trabkg		2340.0	2840.0
Fuerza de la Retenida	Fr	kg	764.2	1528.4
Factor de Seguridad	FS Reten.		7.4	3.7

**APÉNDICE H**  
**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

APENDICE H

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. No	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
H 1	REPLANTEO TOPOGRAFICO	KM				
1	Materiales					
	Cemento tipo I	BLS	0.52	16.48	8.57	
	Materiales consumibles	%MO	5.00	209.75	10.49	
	Banderola para topografia	UN	0.07	39.75	2.83	
	Estaca de madera tornillo cepillada	UN	12.00	2.65	31.80	
	Pintura esmalte sintetico	GLN	0.05	47.44	2.37	56.06
2	Mano de Obra					
	Topógrafo	HH	5.00	11.21	56.05	
	Operario	HH	10.00	8.53	85.33	
	Peón	HH	10.00	6.84	68.37	209.75
3	Equipo					
	Motosierra Remington para madera	HM	5.00	2.65	13.25	
	Herramientas manuales	%MO	5.00	209.75	10.49	
	Jalon y mira	HM	10.00	1.75	17.49	
	Camioneta doble tracción de 1 Ton.	HM	5.00	37.90	189.48	
	Radio Walkie Talkie corto alcance	HM	10.00	0.93	9.28	
	Teodolito + accesorio	HM	10.00	6.10	60.95	300.94
	TOTAL RUBRO S/.				566.75	
H 2	ESTUDIO GEOTECNICO	PTO				
	Estudio Geotécnico - Subcontrato	PTO	1.00	1325.00	1325.00	1325.00
	TOTAL RUBRO S/.				1325.00	
H 3	GESTION DE SERVIDUMBRE	GLB				
1	Materiales					
	Materiales consumibles	%MO	5.00	5233.75	261.69	
	Pintura esmalte sintetico	GLN	10.50	47.44	498.07	
	Estaca de madera tornillo cepillada	UN	300.00	2.65	795.00	1554.76
2	Mano de obra					
	Topógrafo	HH	100.00	11.21	1120.95	
	Capataz	HH	200.00	10.41	2082.90	
	Peón	HH	200.00	6.84	1367.40	
	Viáticos	HH	200.00	3.31	662.50	5233.75
3	Equipo					
	Camioneta doble tracción 1 Ton.	DM	200.00	37.90	7579.00	
	Teodolito y accesorios	HM	200.00	6.10	1219.00	
	Herramientas manuales	%MO	5.00	5233.75	261.69	
	Indemnización (Estimado)	HCT	0.00			9059.59
	TOTAL RUBRO S/.				15848.20	

PROYECTO : L.T. 60 KV MARCONA - BILLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. No	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
H 4	LIMPIEZA DE LA FRANJA DE SERVIDUMBRE	HA				
1	Materiales					
	Soga de manila 5/8"	KG	3.00	2.44	7.31	
	Materiales consumibles	%MO	5.00	709.01	35.45	42.76
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	5.00	10.41	52.07	
	Operario	HH	5.00	8.53	42.67	
	Peón	HH	85.00	6.84	581.15	
	Viáticos	HH	10.00	3.31	33.13	709.02
3	Equipo				0.00	
	Herramientas manuales	%MO	5.00	709.01	35.45	
	Motosierra Remington para madera	HM	10.00	2.65	0.27	
	Camion volquete 4x2 140-210 HP 6 m3	HM	1.50	106.00	159.00	194.72
	TOTAL RUBRO S/.				946.50	
H 5	CAMPAMENTOS Y ALMACENES	GLB				
1	Materiales					
	Alquiler de local	MES	12.00	901.00	10812.00	
	Alquiler de terreno	MES	12.00	397.50	4770.00	
	Materiales consumibles	%MO	5.00	21132.55	1056.63	
	Mobiliario alojamiento	MES	12.00	927.50	11130.00	
	Mobiliario oficina (inc. supervisión)	MES	12.00	662.50	7950.00	
	Caseta para almacen	M2	30.00	132.50	3975.00	
	Utensilios de limpieza	MES	12.00	79.50	954.00	
	Tablero de dibujo de madera y banco	UND	2.00	530.00	1060.00	41707.63
2	Mano de obra				0.00	
	Guardián	HH	1440.00	6.93	9973.64	
	Almacenero	HH	1440.00	7.75	11158.91	21132.55
3	Equipo				0.00	
	Grupo electrogrno 2-12 kW	HM	1440.00	9.06	13050.72	
	Herramientas manuales	%MO	5.00	21132.55	1056.63	14107.35
	TOTAL RUBRO S/.				76947.53	
H 6	CAMINOS DE ACCESO EN TERRENO PLANO	KM				
1	Mano de obra					
	Capaláz	HH	18.00	10.41	187.46	
	Oficial	HH	18.00	7.75	139.49	
	Peón	HH	36.00	6.84	246.13	
	Viático	HH	18.00	3.31	59.63	632.71
2	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	632.70	31.64	
	Motosierra Remington para madera	HM	36.00	2.65	0.95	
	Tractor Catarpillar Mod DGO	HM	18.00	132.50	2385.00	
	Camión Volquete 4x2 140-210 HP 6 m3	HM	18.00	106.00	1908.00	4325.59
	TOTAL RUBRO S/.				4958.30	

PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. No	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
H 7	CAMINO DE ACCESO EN TERRENO ONDULADO	KM				
1	Mano de obra					
	Capatáz	HH	20.00	10.41	208.29	
	Oficial	HH	20.00	7.75	154.98	
	Peón	HH	40.00	6.84	273.48	
	Viático	HH	20.00	3.31	66.25	703.00
2	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	703.00	35.15	
	Motosierra Remington para madera	HM	40.00	2.65	106.00	
	Tractor Caterpillar Mod DGO	HM	20.00	132.50	2650.00	
	Camión Volquete 4x2 140-210 HP 6 m3	HM	20.00	106.00	2120.00	
	Motoniveladora de 85-120 HP	HM	20.00	66.91	1338.25	6249.40
	TOTAL RUBRO S/.				6952.40	
H 8	POSTES DE 60 O 55 PIES EN TERRENO NORMAL (CM1)	UND				
1	Materiales					
	Estaca de madera	Und	2.00	2.65	5.30	
	Yeso	bol	0.03	13.25	0.40	
	Materiales consumibles	%	5.00	359.08	17.95	
	Pidra grande	M3	1.00	66.25	66.25	89.90
2	Mano de Obra					
	Capataz	HH	5.00	10.41	52.07	
	Operario	HH	10.00	8.53	85.33	
	Peón	HH	30.00	6.84	205.11	
	Viático	HH	5.00	3.31	16.56	359.07
3	Equipo					
	Tirforde de 3 Tn	HM	5.00	0.50	2.52	
	Teodolito y accesorios	HM	2.50	6.10	15.24	
	Apisonadora gasolinera	HM	1.00	15.32	15.32	
	Cisterna de 900 Gls	HM	1.00	1.35	1.35	
	Grua hidráulica Hiab 6 Tn	HM	2.50	14.58	36.44	
	Grua 18 TN	HM	1.50	172.25	258.38	
	Camión Plataforma 4x4x8 Tn	HM	5.00	84.80	424.00	
	Útiles y herramientas %M.O.	%	5.00	359.08	17.95	771.20
	TOTAL RUBRO S/.				1220.17	
H 9	POSTES DE 60 O 55 PIES EN TERRENO ROCOSO (CM2)	UND				
1	Materiales					
	Mecha Naranja	ML	5.00	0.11	0.53	
	Fulminante	UND	8.00	0.24	1.91	
	Dinamita	KG	1.20	2.76	3.31	
	Manguera alta presión 3/4"	M	1.70	6.23	10.59	
	Barreno de 7/8" x 3 pies	UND	0.02	397.50	7.95	
	Estaca de madera	Und	1.15	2.65	3.05	
	Tierra vegetal	m3	1.70	25.65	43.61	
	Pidra grande	M3	1.00	66.25	66.25	
	materiales consumibles (5% M.O.)	%	5.00	359.08	17.95	155.15

PROYECTO : L.T. 60 KV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. Nº	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	5.00	10.41	52.07	
	Operario	HH	10.00	8.53	85.33	
	Peón	HH	30.00	6.84	205.11	
	Viático	HH	5.00	3.31	16.56	359.07
3	Equipos					
	Afilador de barrenos portátil	HM	0.85	2.12	1.80	
	Tirford de 3 Ton	HM	5.00	0.50	2.52	
	Teodolito y accesorios	HM	2.50	6.10	15.24	
	Compresora 250 P3	HM	1.80	47.70	85.86	
	Apisonadora gasolinera	HM	0.63	15.32	9.65	
	Perforadora Neumática	HM	3.50	10.12	35.43	
	Cisterna de 900 Gls	HM	0.63	1.35	0.85	
	Grua hidráulica Hiab 6 Tn	HM	2.50	14.58	36.44	
	Grua 18 TN	HM	2.50	172.25	430.63	
	Camión Plataforma 4x4x8 Tn	HM	5.00	84.80	424.00	
	Útiles y herramientas %M.O.	%	5.00	359.08	17.95	1060.37
	TOTAL RUBRO S/.				1574.59	
H 10	POSTES DE 60 O 55 PIES EN TERRENO SUELTO (CM3)	UND				
1	Materiales					
	Estaca de madera	Und	2.00	0.27	0.53	
	Yeso	bol	0.03	13.25	0.40	
	Materiales consumibles	%	5.00	359.08	17.95	
	Piedra bien graduada	M3	1.50	119.25	178.88	
	Concreto de 175 kg/cm2	M3	0.50	198.75	99.38	
	Armadura de Fierro	kg	5.00	2.25	1.91	299.05
2	Mano de Obra					
	Capataz	HH	5.00	10.41	52.07	
	Operario	HH	10.00	8.53	85.33	
	Peón	HH	30.00	6.84	205.11	
	Viático	HH	5.00	3.31	16.56	359.07
3	Equipo					
	Tirfords de 3 Tn	HM	5.00	0.50	2.52	
	Teodolito y accesorios	HM	2.50	6.10	15.24	
	Apisonadora gasolinera	HM	1.00	15.32	15.32	
	Cisterna de 900 Gls	HM	1.00	1.35	1.35	
	Grua hidráulica Hiab 6 Tn	HM	2.50	14.58	36.44	
	Grua 18 TN	HM	1.50	172.25	258.38	
	Camión Plataforma 4x4x8 Tn	HM	5.00	84.80	424.00	
	Útiles y herramientas %M.O.	%	5.00	359.08	17.95	771.20
	TOTAL RUBRO S/.				1429.32	
H 11	ARMADOS DE ESTRUCTURA TIPO "S", "S1" Y "S2"	UND				
1	Materiales					
	Materiales consumibles 5% M.O.	%	5.00	91.48	4.57	4.57

PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. No	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	1.50	10.41	15.62	
	Operario	HH	3.50	8.53	29.87	
	Peón	HH	6.00	6.84	41.02	
	Viáticos	HH	1.50	3.31	4.97	91.48
3	Equipos					
	Tirford de 3 Ton	HM	2.50	0.50	1.26	
	Grua Hidráulica Hiab 6 Ton	HM	1.50	14.58	21.86	
	Camión Plataforma 4x4x8 Ton	HM	1.00	84.80	84.80	
	Útiles y herramientas % M.O.	%	5.00	91.48	4.57	112.49
	TOTAL RUBRO S/.				208.54	
H 12	ARMADOS DE ESTRUCTURA TIPO "A1" Y "A2"	UND				
1	Materiales					
	Materiales consumibles 5% M.O.	%	5.00	91.48	4.57	4.57
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	1.50	10.41	15.62	
	Operario	HH	3.50	8.53	29.87	
	Peón	HH	6.00	6.84	41.02	
	Viáticos	HH	1.50	3.31	4.97	91.48
3	Equipos					
	Tirford de 3 Ton	HM	4.50	0.50	2.27	
	Grua Hidráulica Hiab 6 Ton	HM	2.00	14.58	29.15	
	Camión Plataforma 4x4x8 Ton	HM	1.50	84.80	127.20	
	Útiles y herramientas % M.O.	%	5.00	91.48	4.57	163.19
	TOTAL RUBRO S/.				259.24	
H 13	ARMADOS DE ESTRUCTURA TIPO "A3", "R", "H1"	UND				
1	Materiales					
	Materiales consumibles 5% M.O.	%	5.00	104.26	5.21	5.21
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	2.00	10.41	20.83	
	Operario	HH	4.00	8.53	34.13	
	Peón	HH	6.00	6.84	41.02	
	Viáticos	HH	2.50	3.31	8.28	104.26
3	Equipos					
	Tirford de 3 Ton	HM	6.00	0.50	3.02	
	Grua Hidráulica Hiab 6 Ton	HM	3.00	14.58	43.73	
	Camión Plataforma 4x4x8 Ton	HM	2.00	84.80	169.60	
	Útiles y herramientas % M.O.	%	5.00	104.26	5.21	221.56
	TOTAL RUBRO S/.				331.03	
H 14	CADENA DE AISLADORES DE SUSPENSION	JCO				
1	Materiales					
	Soga de manila 1/2"	KC	0.25	1.46	0.36	
	Materiales consumibles	%MO	5.00	12.32	0.62	0.98

PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. No	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	0.15	10.41	1.56	
	Peón	HH	1.50	6.84	10.26	
	Viáticos	HH	0.15	3.31	0.50	12.32
3	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	12.32	0.62	
	Estuche de herramientas de montaje electromecánico	HM	0.15	0.48	0.07	
	Tirfor de 1.5 TON.	HM	0.30	0.27	0.08	
	Camioneta doble tracción de 1 Ton.	HM	0.10	37.90	3.79	4.56
	TOTAL RUBRO S/.				17.86	
H 15	CADENA DE AISLADORES DE ANCLAJE	JGO				
1	Materiales					
	Soga de manila 1/2"	KG	0.25	1.46	0.36	
	Materiales consumibles	%MO	5.00	25.12	1.26	1.62
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	0.30	11.20	3.36	
	Peón	HH	3.00	6.93	20.78	
	Viáticos	HH	0.30	3.31	0.99	25.13
3	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	25.12	1.26	
	Estuche de herramientas de montaje electromecánico	HM	0.15	0.40	0.06	
	Camioneta doble tracción de 1 Ton.	HM	0.15	37.90	5.68	
	Tirfor de 1.5 TON	HM	0.45	0.27	0.12	7.12
	TOTAL RUBRO S/.				33.87	
H 16	CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO 120 mm2	KM				
1	Materiales					
	Alambre negro #8	KG	0.09	2.41	0.22	
	Alambre negro #16	KG	0.06	2.44	0.15	
	Fierro corrugado promedio	KG	0.77	1.72	1.33	
	Cinta aislante	UND	6.84	3.66	25.01	
	Cable de acero	KG	1.50	5.30	7.95	
	Materiales consumibles	%MO	5.00	1074.37	53.72	
	Soga de manila de 5/8"	KG	0.10	1.72	0.17	
	Soga de nylon de 5/8"	KG	0.74	4.77	3.53	
	Palos de 6 m	PZA	0.28	39.75	11.13	
	Pintura esmalte	GLN	0.04	47.44	1.90	105.11
2	Mano de obra					
	Capataz de trabajos eléctricos	HH	14.25	10.41	148.41	
	Operario de trabajos eléctricos	HH	7.35	8.53	62.72	
	Operario	HH	14.45	8.53	123.30	
	Oficial	HH	14.45	7.75	111.98	
	Peón	HH	84.00	6.84	574.31	
	Viáticos	HH	16.20	3.31	53.66	1074.38
3	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	1074.37	53.72	
	Estuche de herramientas de montaje electromecánico	HM	6.86	0.48	3.27	
	Tecie de Ratchet de 3 TON	HM	2.18	0.80	1.73	
	Cortadora de cable de aluminio	HM	4.65	0.61	2.83	
	Dinamómetro de 5000 Kg	HM	1.98	1.62	3.20	

PROYECTO : L.T. 60 KV MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. Nº	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
	Pértiga de Alta Tensión	HM	2.73	0.53	1.45	
	Torquimetro de 1" de 0-800 Lbs	HM	1.78	1.48	2.64	
	Tirfor de 3 TON	HM	4.99	0.50	2.51	
	Caballete alzabobina	HM	10.50	0.74	7.79	
	Cordina de acero	HM	2.09	3.29	6.87	
	Freno hidraulico 6 TON	HM	2.10	60.90	127.88	
	Radio base largo alcance	HM	6.86	3.31	22.72	
	Radio Walkie Talkie corto alcance	HM	7.18	0.93	6.66	
	Winche 6 TON	HM	3.15	34.45	108.52	
	Prensa empalmadora hidráulica	HM	2.56	7.87	20.15	
	Teodolito - accesorios	HM	1.10	6.10	6.70	
	Camión grúa 6 TON	HM	3.50	106.00	371.00	
	Nivel topografico	HM	1.10	2.92	3.21	
	Termómetro de línea	HM	2.09	2.36	4.93	
	Camión plataforma 4x2 122 HP 8 TON.	HM	8.13	84.80	689.42	1447.20
	TOTAL RUBRO S/.				2626.69	
H 17	INSTALACION DE JABALINA DE COPPERWELD	UND				
1	Materiales					
	Materiales consumibles	%MO	5.00	38.49	1.92	1.92
2	Mano de obra					
	Capataz de trabajos eléctricos	HH	0.96	10.41	10.00	
	Operario	HH	0.96	8.53	8.19	
	Peon	HH	2.00	6.84	13.67	
	Viáticos	HH	2.00	3.31	6.63	38.49
3	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	38.49	1.92	
	Estuche de herramientas de montaje	HM	0.96	0.48	0.46	
	Meghometro	DM	0.03	15.90	0.48	
	Camioneta doble tracción de 1 Ton.	HM	0.24	37.90	9.09	11.95
	TOTAL RUBRO S/.				52.36	
H 18	INSTALACION DE CONDUCTOR DE COPPERWELD 2 AWC (Incluye zanja)	KM				
1	Materiales					
	Materiales consumibles	%MO	5.00	7335.17	366.76	
	Yeso	BLS	2.50	13.25	33.13	
	Estaca de madera	UND	144.00	2.65	381.60	781.49
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	52.18	10.41	543.43	
	Operario	HH	36.00	8.53	307.19	
	Peón	HH	900.00	6.84	6153.30	
	Viáticos	HH	100.00	3.31	331.25	7335.17
3	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	7335.17	366.76	
	Camioneta cisterna 4x4 (agua)	HM	24.00	106.00	2544.00	
	Camion volquete 4x2 140-210 HP 6 m3	HM	12.00	106.00	1272.00	4182.76
	TOTAL RUBRO S/.				12299.42	

PROYECTO : L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION  
 LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. No	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
H 19	MEDICION DE RESISTIVIDAD Y RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	PTO				
1	Materiales					
	Materiales consumibles	%MO	5.00	8.64	0.43	0.43
2	Mano de obra					
	Operario de trabajos	HH	0.85	8.53	7.25	
	Peón	HH	0.85	6.84	5.81	
	Viáticos	HH	0.85	3.31	2.82	8.63
3	Equipo			0.00		
	Herramientas manuales	%MO	5.00	8.64	0.43	
	Equipo de medición de resistividad y R. P. a Tierra	HM	0.85	13.25	11.26	
	Camioneta doble tracción de 1 Ton.	HM	0.85	37.90	32.21	43.90
	TOTAL RUBRO S/.				52.96	
H 20	INSTALACION DE CABLE DE RETENIDA Y ACCESORIOS	CJT				
1	Materiales					
	Materiales consumibles	%MO	5.00	22.23	1.11	1.11
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	0.50	10.41	5.21	
	Operario	HH	1.00	8.53	8.53	
	Peon	HH	1.00	6.84	6.84	
	Viáticos	HH	0.50	3.31	1.66	22.24
3	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	22.23	1.11	
	Camión plataforma 4x4 8 Tn	HM	0.25	84.80	21.20	22.31
	TOTAL RUBRO S/.				45.66	
H 21	INSTALACION DE VARILLA DE ANCLAJE Y BLOQUE	CJT				
1	Materiales					
	Materiales consumibles	%MO	5.00	242.05	12.10	
	Estaca de madera	UND	0.28	2.65	0.74	12.84
2	Mano de obra					
	Capataz	HH	3.00	10.41	31.24	
	Operario	HH	6.00	25.97	155.82	
	Peon	HH	20.00	2.25	45.05	
	Viáticos	HH	3.00	3.31	9.94	242.05
3	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	242.05	12.10	
	Compresora 250 P3	HM	0.50	47.70	23.85	
	Apisonadora gasolinera	HM	1.00	15.32	15.32	51.27
	TOTAL RUBRO S/.				306.16	

PROYECTO : L.T. 60 kv MARCONA - BELLA UNION

LUGAR : PROVINCIA DE CARAVELI - DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

SET/97

ITEM. No	DESCRIPCION	Unidad	Rend.	C O S T O		SUB_TOTAL
				UNITARIO	TOTAL	
				S/.	S/.	
H 22	REVISION. PRUEBAS Y OPERACION EXPERIMENTAL	GLB				
1	Materiales					
	Materiales consumibles	%MO	5.00	8902.68	445.13	445.13
2	Mano de obra					
	Ingeniero electricista	DH	24.00	169.60	4070.40	
	Capataz de trabajos eléctricos	HH	200.00	10.41	2082.90	
	Operario de trabajos eléctricos	HH	75.00	8.53	639.98	
	Peon	HH	200.00	6.84	1367.40	
	Viáticos	HH	224.00	3.31	742.00	8902.68
3	Equipo					
	Herramientas manuales	%MO	5.00	8902.68	445.13	
	Camioneta doble tracción de 1 TON	HM	100.00	37.90	3789.50	
	Equipo de medición de puesta a tierra	HM	50.00	13.25	662.50	
	Multimetro digital	HM	50.00	15.90	795.00	
	Meghometro	HM	50.00	15.90	795.00	
	Pértiga de Alta Tensión	HM	100.00	0.53	53.00	
	Waltimetro de 120 600 Voltios	HM	50.00	0.37	18.55	
	Radio Walkie Talkie corto alcance	HM	50.00	0.93	46.38	6605.06
	TOTAL RUBRO S/.				15952.87	

**APÉNDICE 1**  
**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**Objetivo**

Los objetivos del estudio de impacto ambiental son dos:

- a. Definir los criterios ambientales para la selección de la ruta de la línea.
- b. Presentar los efectos más significativas causados por la construcción y operación de la línea en 60 kV Marcona-Bella Unión.

**Antecedentes**

La ley de Concesiones Eléctricas D.L. 25844 y el Art. 13 del Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas - D.S. No 29-94-EM, establecen los requerimientos de un Estudio de Impacto Ambiental del proyecto.

**Reconocimiento y selección de la ruta**

Para el reconocimiento y selección de la ruta de la línea en 60 kV Marcona -Bella Unión se ha contado con las cartas escala 1:25,000 del ministerio de Agricultura, y las cartas 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional, así como la visita de campo efectuada por los ingenieros y topógrafo a cargo del proyecto.

Los factores ambientales encontrados en el área del proyecto son los siguientes :

La SE Marcona 220/60/10 kV se ubica en los linderos de la empresa minera de hierro Shougang.

La ruta de la línea se ubica en terrenos desérticos no aptos para terrenos de cultivo, no existiendo localidades ni viviendas en la ruta de la línea. El terreno es relativamente plano, existiendo lomadas con poca pendiente.

En los últimos 6 km de la línea de 63 km, ésta se ubica paralela a

un camino rural, y en el ámbito de denuncios mineros, para entrar por detrás del área urbana del distrito de Bella Unión.

## **Diagnóstico del área de influencia**

### **a. Características físicas**

#### **a.1 Suelos**

La ruta de la línea se ubica en terrenos desérticos y pedregosos con un suelo bastante compacto, no apto para terrenos de cultivo, no existiendo localidades ni viviendas en la ruta de la línea. El terreno es relativamente plano, existiendo lomadas con poca pendiente, por lo que no se tiene riesgo de deslizamientos.

En dicha ruta no se cuenta con ríos o canales de regadío, no existiendo riesgo de inundaciones ni debilitamiento del suelo por humedad.

#### **a.2 Condiciones climáticas**

El clima de la zona es variado y en general no presenta características extremas de calor o frío. Normalmente, las precipitaciones pluviales son escasas y moderadas; no habiéndose registrado descargas atmosféricas dentro del área de estudio en los últimos años.

Las temperaturas ambientales determinadas como límites a lo largo de la línea son:

Temperatura promedio mínima	10 °C
Temperatura media	20 °C
Temperatura promedio máxima	30 °C

La velocidad máxima del viento no supera el promedio los 90 km/hr

### **b. Características biológicas**

El terreno que cruza la ruta de la línea es de tipo desértico, encontrándose sólo gallinazos, no presenta flora ni fauna.

En los últimos 10 km de la línea llegando a Bella Unión, se cuenta con denuncios mineros relacionados con la ex-mina Hierro Acarí y de otra mina de cobre actualmente en exploración.

**c. Aspecto socio-económico**

El proyecto suministrará energía al PSE Acarí-Chala, que comprende a los distritos de Bella Unión, Acarí, Lomas, Yauca, Atiquipa, Chala, Tocota, Cháparra, Quicacha y anexos, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa.

En la tabla N° 19 se muestra el resumen de la proyección de población, máxima demanda de potencia y energía del PSE Acarí-Chala:

**TABLA N° 13**

**RESUMEN: PROYECCIÓN DE POBLACIÓN, MÁXIMA DEMANDA Y ENERGÍA**

Año de estudio	1997	2001	2006	2011	2016
Total (habitantes)	14034	15198	16806	18603	20616
Total de potencia (kw)	1621	1818	2815	3181	3569
Total de energía (MWh-año)	5870	6360	10908	11887	12869

La población de las localidades mencionadas se dedica predominantemente a la agricultura, y existe en el área un desarrollo de la pequeña minería dedicada a la extracción de oro, en la cual trabajan familias en forma artesanal.

Siendo escasos los recursos de agua para riego se utiliza bombas de agua accionadas por motores diesel y gasolineros, que con el proyecto de electrificación serán reemplazados por motores eléctricos que moverán las bombas.

**Evaluación de los impactos ambientales**

**a. Impactos en la fase de diseño**

El desarrollo del proyecto para la electrificación del PSE Acarí-Chala ha generado expectativas en cuanto a tener un servicio eléctrico continuo y confiable que permita la instalación de talleres, impulso a la pequeña y mediana minería, y al reemplazo de las bombas accionadas por petróleo o gasolina por motores eléctricos.

Las autoridades de Bella Unión están evaluando electrificar las

estaciones de bombeo para riego y la pequeña minería está interesada en que el suministro eléctrico llegue a ella para poderla utilizar con un valor agregado

Asimismo se ha generado la expectativa de la etapa de construcción, para ofrecer sus servicios de mano de obra y transporte.

#### **b. Impactos durante la Obra**

La construcción de la línea está prevista para unos cinco meses y va a permitir la utilización de la mano de obra local, el desarrollo de servicios como alojamiento, alquiler de locales y servicio de transporte público temporal.

En cuanto a la construcción, se van a instalar postes de madera de pino para lo cual se van a efectuar hoyos en la ruta de la línea cada 230 m que van a producir un pequeño desmonte que son fácilmente depositados en botaderos.

Debido a que la línea pasa por zonas desérticas, no se afecta flora, fauna ni agricultura.

#### **c. Impactos durante la operación**

##### **c.1 Impactos en la sociedad**

La entrada en operación de la línea va a producir los siguientes impactos:

- Contar con un servicio eléctrico continuo y confiable que se extiende a aquellas localidades que no cuentan con dicho servicio.
- Mejora de la calidad de vida de la población a través de la mejora de los servicios básicos.
- Desarrollo la pequeña industria en las localidades, lo que redundará en el incremento del empleo y de los ingresos, así como en la mejora de la calidad del trabajo .
- Mejora de la agricultura a través del incremento de la disponibilidad de agua subterránea en época de estiaje mediante la utilización de estaciones de bombeo con motores eléctricos. Todo ello influye en la mejora de la cantidad y calidad del empleo y la

calidad de vida.

### c.2 Impactos sobre el medio físico

El proyecto no tiene impactos sobre los terrenos agrícolas, deforestación de la faja de servidumbre, reubicación de casas, ruidos, erosión de suelos, estabilidad de taludes, cantidad y calidad de agua superficial y subterránea, salud pública.

#### **Programa de manejo ambiental y monitoreo**

La línea en 60 kV Marcona-Bella Unión será administrada por la empresa de distribución SEAL, que cuenta con sus programas de mantenimiento preventivo y correctivo de todas sus instalaciones, que comprende líneas, subestaciones, redes de distribución primaria y secundaria, y alumbrado público, con el fin de preservar la seguridad de las personas y las instalaciones

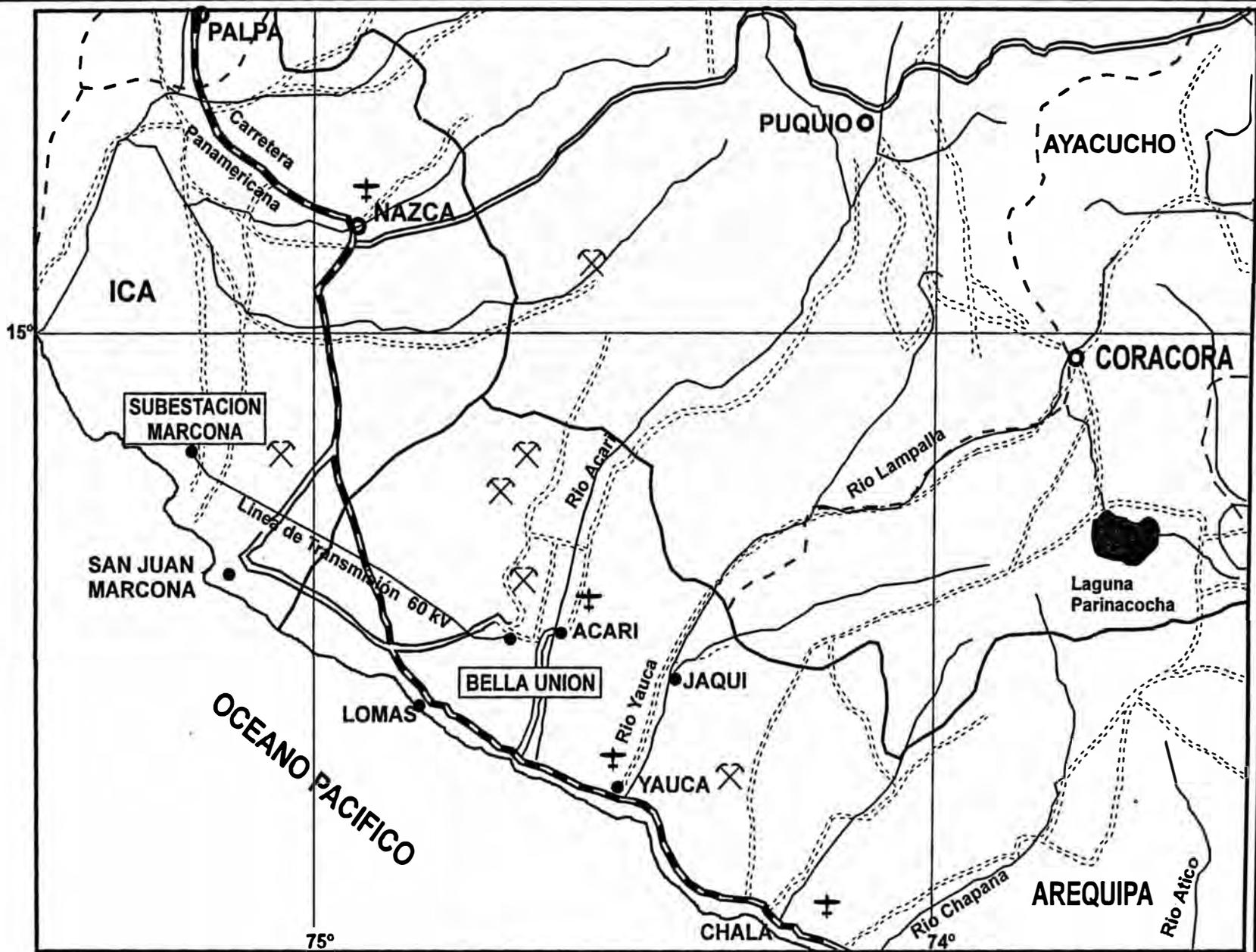
Los programas de mantenimiento lo efectúan de acuerdo a normas nacionales y/o internacionales, y a la experiencia obtenida en la operación de sus instalaciones.

Asimismo, de acuerdo a la ley de Concesiones Eléctricas, existe una empresa de auditoría externa, que rinde cuentas a la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas en cuanto al cumplimiento de las directivas emanadas por dicho ministerio.

La línea tiene una vida útil de 25 años y eventualmente luego de dicho período, se debería renovar con una mayor capacidad para satisfacer el crecimiento de la demanda de energía, por lo que en el corto o mediano plazo no se prevé ningún programa de abandono de las instalaciones.

## LAMINAS Y PLANOS

- 01 Plano de ubicación
- 02 Trazo de ruta L.T. Marcona - Bella Unión
- 03 S.E. Marcona 60 kV. Esquema unifilar
- 04 S.E. Marcona 60 kV. Planeamiento general y obras civiles.
- 05 S.E. Bella Unión 60/23/10 kV. Esquema unifilar
- 06 S.E. Bella Unión 60/23/10 kV. Disposición de equipos. Planta
- 07 Distribución de estructuras, km 00 + 000.00 a km 02 + 268.61
- 08 Distribución de estructuras, km 17 + 480.57 a km 20 + 383.53
- 09 Distribución de estructuras, km 61 + 479.13 a km 63 + 012.56
- 10 Diagrama unifilar P.S.E. Acarí-Chala
- 11 Armado de suspensión
- 12 Armado de suspensión [0°-7°>
- 13 Armado de ángulo
- 14 Armado doble anclaje
- 15 Armado derivación especial
- 16 Detalle de ensambles. Fijación de cadena de aisladores
- 17 Detalle de ensambles. Fijación de crucetas, brazos y retenidas
- 18 Detalle de ferretería
- 19 Detalle de cadenas de aisladores y accesorios
- 20 Detalle de retenida
- 21 Tipo de retenida
- 22 Detalle de puesta a tierra
- 23 Detalle de crucetas y postes de madera
- 24 Detalle de cimentación en terreno normal y rocoso
- 25 Detalle de cimentación en terreno excesivamente suelto
- 26 Detalle de placas de seguridad
- 27 Armado de derivación



**LEYENDA**

- Limite Departamental
- - - Limite Provincial
- Rio
- - - - - Trocha Carrozable
- ==== Carretera Secundaria
- ==== Carretera Panamericana
- Capital de Provincia
- Localidad

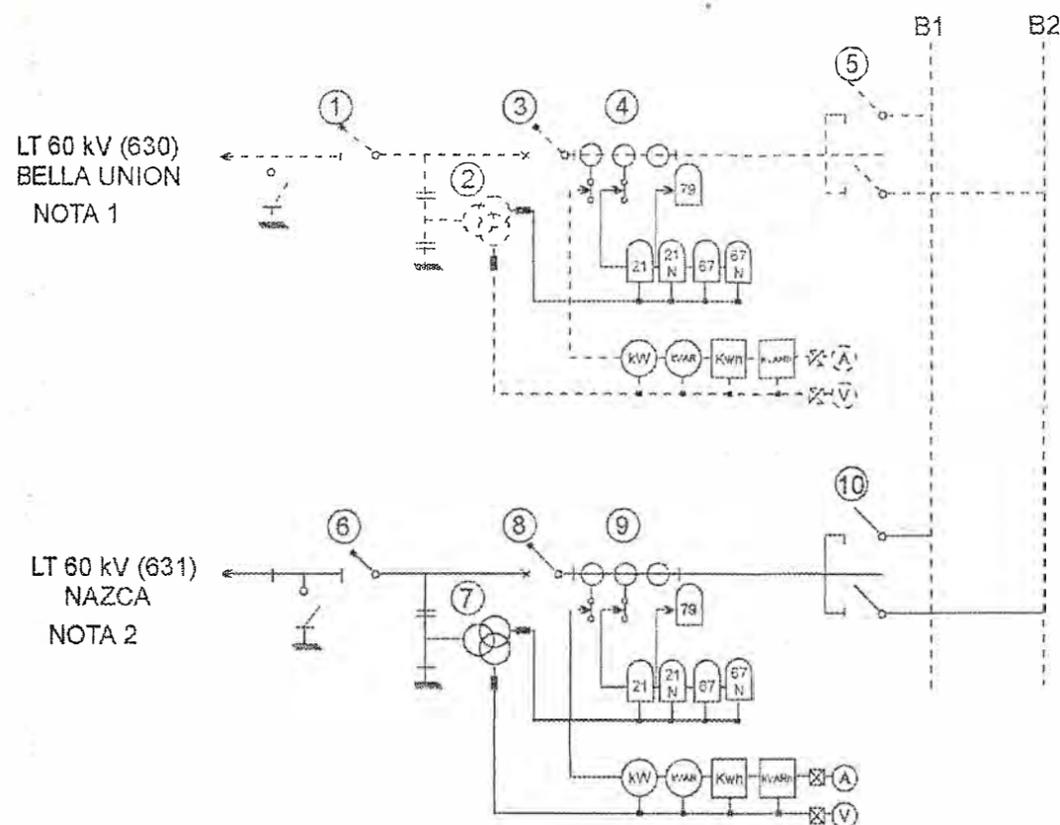


ESC. 1:1,000,000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	ESTUDIO DEFINITIVO DE LA LT. 60 kV MARCONA - BELLA UNION	ESCALA : INDICADA	FECHA : ENERO - 97
<b>PLANO DE UBICACION</b>	DIS. : J. TOLEDO G.    APR. : C. HUAYLLASCO M. REV. : C. HUAYLLASCO M.    DIB. : M. CALLE G.	PLANO Nº : <div style="text-align: right; font-size: 1.2em;"><b>01</b></div>	



## ESQUEMA UNIFILIAR : CELDA 60 kV



### LEYENDA DE EQUIPO DE MANIOBRA

- ① SECCIONADOR DE LINEA 72.5 kV  
ACCIONAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO  
TENSION AUXILIAR 220 Vdc.
- ② TRANSFORMADOR DE TENSION  
66:√3 / 0.100:√3 / 0.100:√3 kV, 50VA 0.2 50VA 0.5
- ③ INTERRUPTOR EN ACEITE 100 kV, 1250 A, 20 KA  
ACCIONAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO  
TENSION AUXILIAR 220 Vdc
- ④ TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 66 kV  
200 - 400 / 1 / 1 / 1A 30 VA CL 0.2, 30 VA CL 05 30 VA 5P15
- ⑤ SECCIONADOR DE BARRA 72.5 kV  
ACCIONAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO  
TENSION AUXILIAR 220 Vdc.
- ⑥ SECCIONADOR DE LINEA 72.5 kV, 800A, 325 kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO  
INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE, PERNOS DE ANCLAJE
- ⑦ TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITATIVO  
60:√3 / 0.100:√3 / 0.100 kV 50 VA CL 0.5, 50 VA 3P  
SUMINISTRO PROPIETARIO: INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE,  
PERNOS DE ANCLAJE. CAJA DE AGRUPAMIENTO DE CABLES
- ⑧ INTERRUPTOR DE POTENCIA 72.5kV, 1200A, 20kA 325 kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO  
INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE, PERNOS DE ANCLAJE
- ⑨ TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 72.5 kV 600 / 5 / 5 / 5A MR  
5 P20 30 VA 5P20 30VA CL 0.5 30VA  
SUMINISTRO PROPIETARIO: INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE,  
PERNOS DE ANCLAJE, CAJA DE AGRUPAMIENTO DE CABLES
- ⑩ SECCIONADOR DE BARRA 72.5 kV, 800 A, 325 kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO  
INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE, PERNOS DE ANCLAJE

### LEYENDA DE EQUIPO DE PROTECCION (PANEL DE PROTECCION)

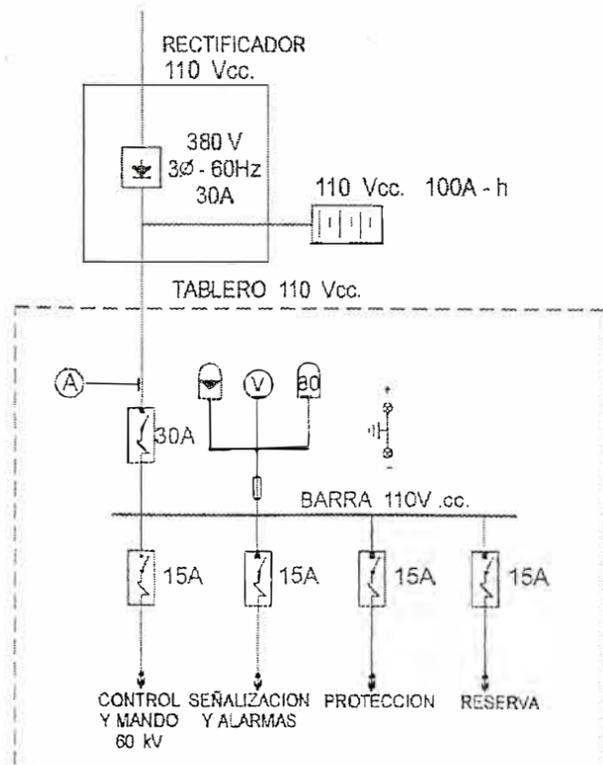
- 21 21 N PROTECCION PRINCIPAL DE DISTANCIA  
FALLA TIERRA. FALLA FASES, 3 ESCALONES
- 79 RECIERRE MONO - TRIFASICO
- 67 67 N PROTECCION DE RESPALDO DIRECCIONAL  
FALLA TIERRA. FALLA FASES

### LEYENDA DE EQUIPO DE MEDICION (PUPITRE DE CONTROL, PANEL DE MEDICION)

- kV kVAR INDICADOR DE POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA
- A V INDICADOR DE CORRIENTE Y TENSION
- kWh kWh INDICADOR DE ENERGIA ACTIVA, REACTIVA  
ELECTRONICO MULTIFUNCION  
V, I, P, Q, KVarh, kWh  
ENERGIA ACTIVA Y REACTIVA DOBLE TARIFA  
POTENCIA ACTIVA TARIFA SIMPLE

## ESQUEMA UNIFILIAR : SERVICIOS AUXILIARES

3 x 16mm<sup>2</sup> + 1 x 10mm<sup>2</sup> NYY  
de tablero 380 - 220 Vca existente



### LEYENDA

- 27 RELE DE MINIMA TENSION C.A.
- 80 RELE DE MINIMA TENSION C.C.
- Dispositivo de TENSION DE PUESTA A TIERRA
- LAMPARAS INDICADORAS DE PUESTA A TIERRA

NOTA 1 : CELDA DE SALIDA 60kV QUE ALIMENTA ACTUALMENTE LT. MARCONA - NAZCA  
SE SUMINISTRARA EQUIPAMIENTO DE PROTECCION NUEVO, INDICADORES DE POTENCIA  
LA CELDA ALIMENTARA A LT. MARCONA - BELLA UNION

NOTA 2 : CELDA DE SALIDA 60kV DISPONIBLE ALIMENTARA MARCONA NAZCA  
SUMINISTRO PROPIETARIO : EQUIPO MANIOBRA ALTA TENSION

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD  
L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION  
SUBESTACIONES MARCONA Y BELLA UNION

ESCALA :  
S / E

FECHA :  
ENERO - 97

S.E MARCONA 60 kV  
ESQUEMA UNIFILAR

DIS. : J. TOLEDO G.  
REV. : C. HUAYLLASCOM.

APR. : C. HUAYLLASCOM.  
DIB. : M. CALLE G.

PLANO N° :  
03

ITEM	EQUIPO	Nº DE EQUIPOS	Nº DE BASES POR EQUIPO
1	TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO 60KV	03	01
2	SECCIONADOR DE BARRAS 60KV	02	02
3	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 60KV	03	01
4	INTERRUPTOR EN SF6 TRIPOLAR 60KV	01	02
5	SECCIONADOR DE LINEA CDN CUCHILLA DE P.T. 60KV	01	02

L.T. 60 KV SHOUGANG (TERNA #1)

L.T. 60 KV SHOUGANG (TERNA #2)

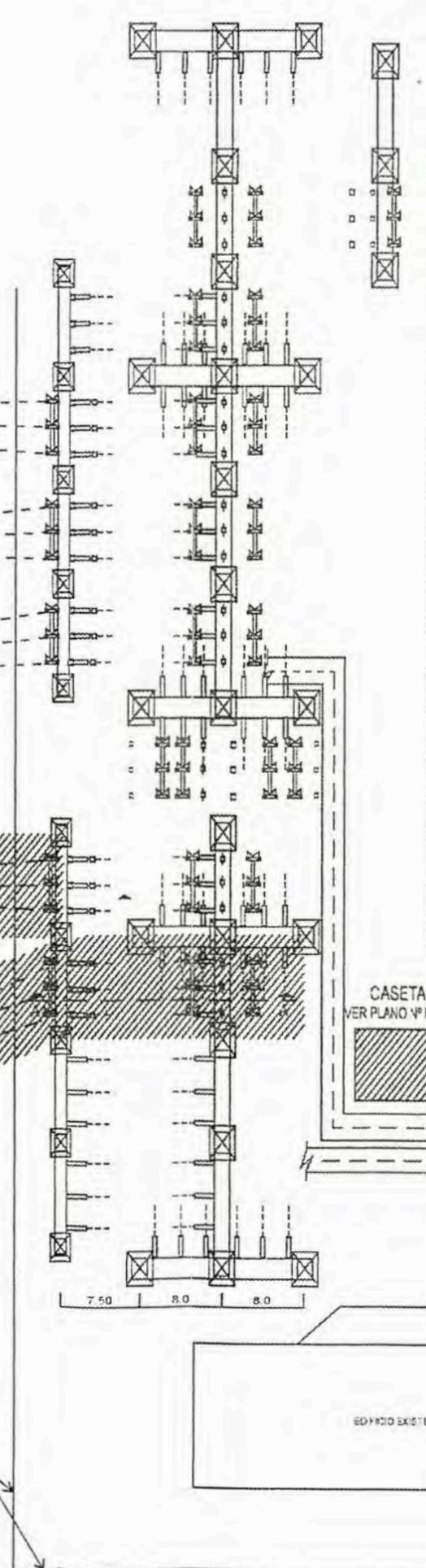
L.T. 60 KV SHOUGANG (TERNA #3)

L.T. 60 KV MARCONA - NAZCA

V. JIRO PERIMETRAL

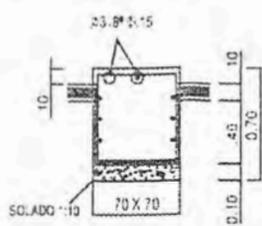
NOTA 1: CELDA DE SALIDA 60 KV QUE SE MONTA ACTUALMENTE EN L.T. MARCONA - NAZCA SE LE DA UN EQUIPAMIENTO DE PROTECCION NUEVO INDICADORES DE POTENCIA LA CELDA ALIMENTARIA A L.T. MARCONA - BELLA UNION

NOTA 2: CELDA DE SALIDA 60 KV DISPONIBLE ALIMENTARA A L.T. MARCONA - NAZCA SUMINISTRO PROPIETARIO EQUIPO MANO DE OBRERA ALTA TENSION



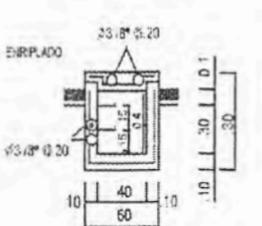
**BASE DE EQUIPOS**

SECCION : B - B  
ESCALA : 1/25



**CANALETA**

SECCION : C - C  
ESCALA : 1/25

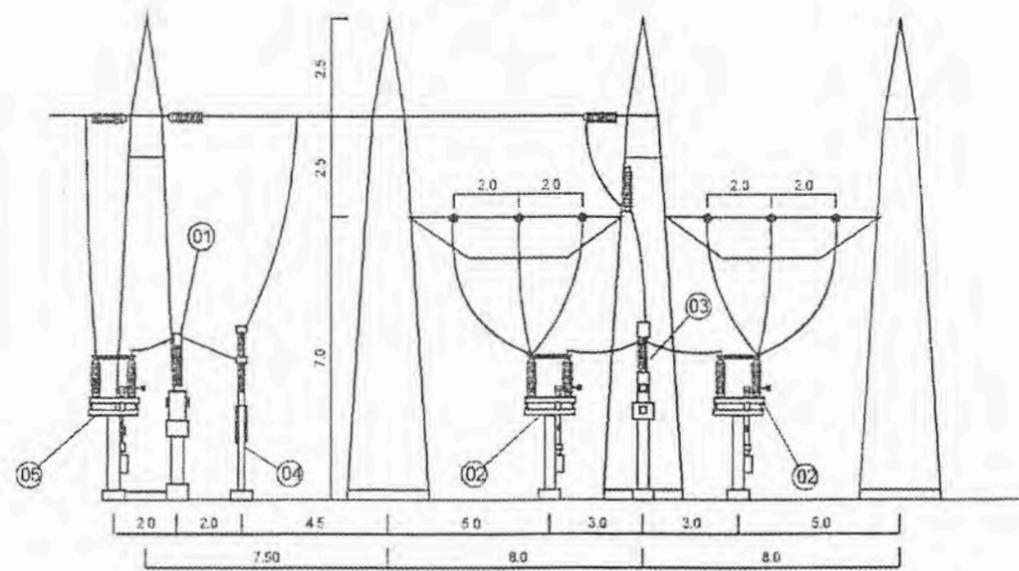


**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

CANALETA	
CONCRETO	$f_c = 75 \text{ Kg/cm}^2$
ACERO	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
RECURTIMIENTO	4cm
CIMENTACION	
CONCRETO	$f_c = 75 \text{ Kg/cm}^2$
ACERO	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
RECURTIMIENTO	5cm

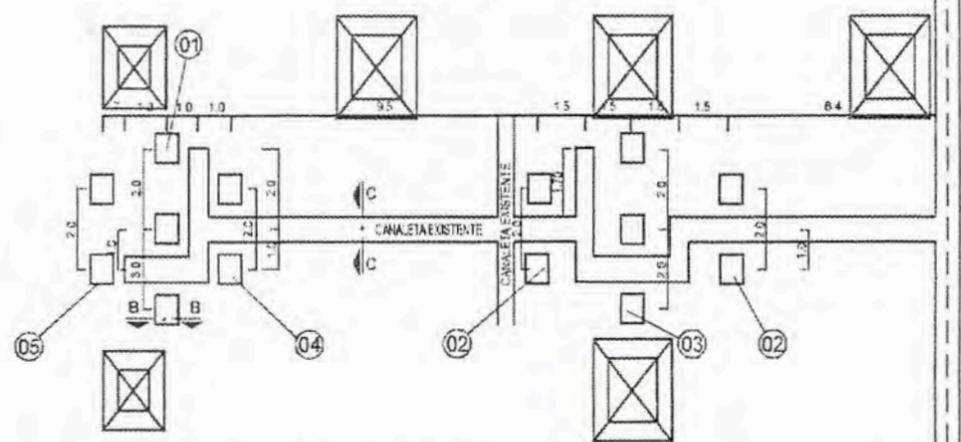
**DETALLE DE EQUIPOS**

SECCION A - A  
ESCALA : 1/100



**DETALLE DE CANALETA Y BASES**

VISTA DE PLANTA  
ESCALA : 1/100



CASITA Nº3  
VER PLANO Nº MAR - 03

EDIFICIO EXISTENTE

BOMBAS

CISTERNA

CASITA DEL GUARDIA

LOSA ARMADA

ANTIGUO EDIFICIO DE CONTROL

EDIFICIO DE CONTROL

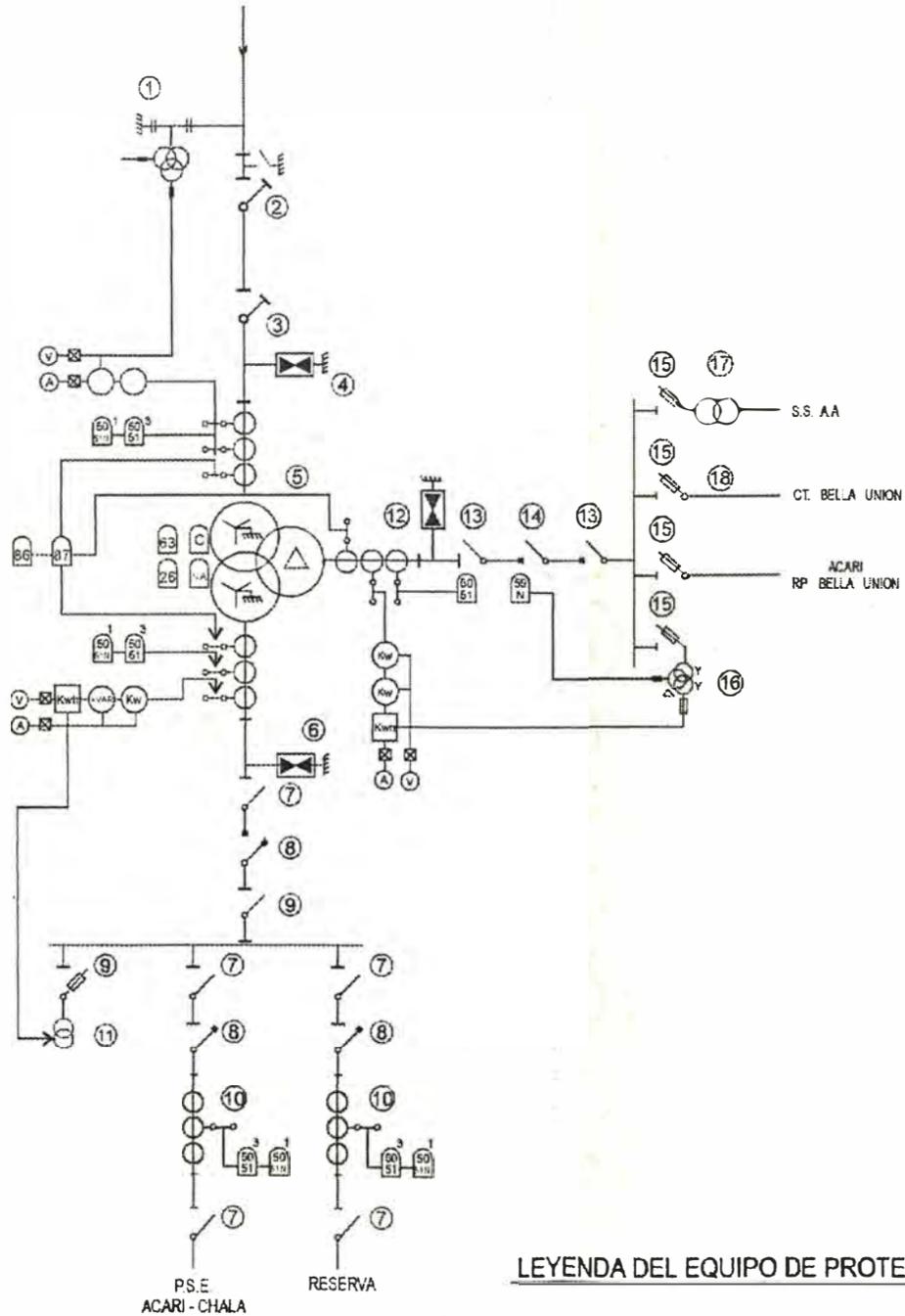
CANALETA EXISTENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD L.T. 60 KV MARCONA - BELLA UNION Y SUBSTACIONES	ESCALA: IND.	FECHA: ENERO - 97
S.E. MARCONA 60 KV PLANTEAMIENTO GENERAL Y OBRAS CIVILES VISTA Y SECCIONES	ING. J. TOLEDO ING. C. HUAYLANO	APR. C. HUAYLANO DIR. M. CALLE	PLANO Nº: 04

ESQUEMA UNIFILAR : DEL SISTEMA

ESQUEMA UNIFILAR : SERVICIOS AUXILIARES

LT. 60 kV MARCONA - BELLA UNION



LEYENDA DEL EQUIPO DE MEDICION

- INDICADORES DE POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA
- INDICADOR DE TENSION Y CORRIENTE
- CONMUTADOR AMPERIMETRICO, VOLTIMETRICO
- CONTADOR DE ENERGIA ACTIVA, ELECTRONICO  
ENERGIA ACTIVA SIMPLE TARIFA  
MAXIMA DEMANDA

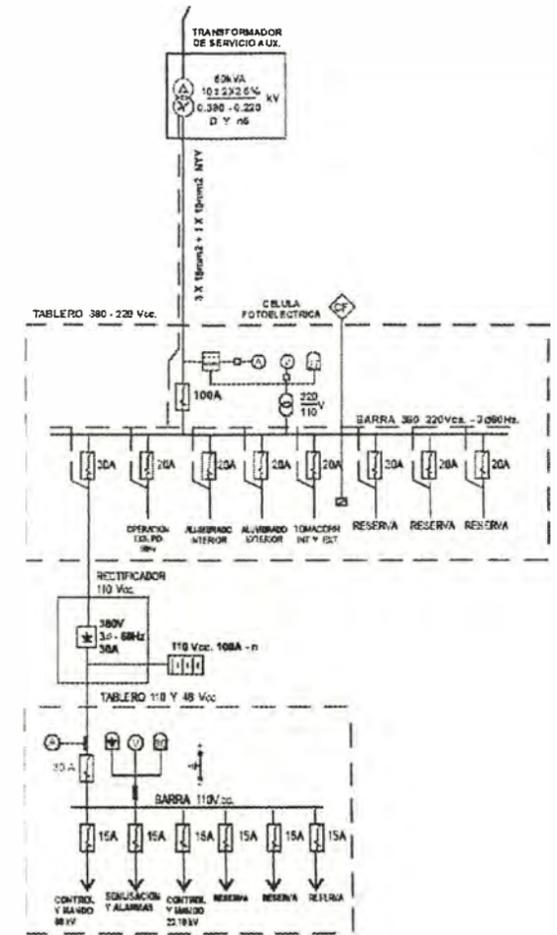
LEYENDA DEL EQUIPO DE PROTECCION

- RELES DE SOBRECORRIENTE, SOBRECORRIENTE A TIERRA  
FALLA FASE TIERRA, FASE - FASE
- RELES DE SOBRETENSION HOMOPOLAR  
POLARIZACION POR TENSION HOMOPOLAR  $V_0$
- TERMOMETRO
- RELE BULCHOZ
- RELE DE IMAGEN TERMICA
- RELE DIFERENCIAL TRANSFORMADOR
- NIVEL DE ACEITE
- RELE MECANICO DE BLOQUEO

LEYENDA DEL EQUIPO DE MANIOBRA

- TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO  
60:  $\sqrt{3}/0.100$ :  $\sqrt{3}/0.100$  kV 50VA CL 0.5. 50VA 3P  
SUMINISTRO PROPIETARIO  
INCLUYE SOPORTE, PERNOS DE ANCLAJE  
CAJA DE AGRUPACION CABLES
- SECCIONADOR DE LINEA 72.5kV, 800A 325kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO  
INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE, PERNOS DE ANCLAJE
- INTERRUPTOR 72.5kV, 1200A 20kV 325kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO  
INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE, PERNOS DE ANCLAJE
- PARARRAYOS 60kV - 325kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO
- TRANSFORMADOR DE POTENCIA 60±13X1% / 23 / 10kV  
7/7/2MVA ONAN (ONAF Futuro)  
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE EN BUSHING  
SUMINISTRO PROPIETARIO
- PARARRAYOS 23kV 150 kV - BIL
- SECCIONADOR 23kV, 150kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO
- INTERRUPTOR 23kV, 150kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO  
INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE, PERNOS DE ANCLAJE
- SECCIONADOR UNIPOLAR CUT - OUT MAS FUSIBLE 1A
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 600/ 5 / 5A MR 23kV - 150kV - BIL  
30VA 5P2Q, 30VA CL 0.5
- TRANSFORMADOR DE TENSION 23:  $\sqrt{3}/0.100$ :  $\sqrt{3}/0.100$  kV  
30VA CL 0.5  
SUMINISTRO PROPIETARIO
- PARARRAYOS 10kV 95 kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO
- SECCIONADOR 17.5 kV 95 kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO
- INTERRUPTOR 17.5kV, 95kV - BIL  
SUMINISTRO PROPIETARIO  
INCLUYE ESTRUCTURA SOPORTE PERNOS DE ANCLAJE
- SECCIONADOR UNIPOLAR CUT - OUT  
10kV 95kV - BIL MAS FUSIBLES
- TRANSFORMADOR DE TENSION  
10:  $\sqrt{3}/0.100$ :  $\sqrt{3}/0.100$  kV 30VA CL 0.5  
SUMINISTRO PROPIETARIO
- TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES  
10/ 0.4 - 0.23 kV 50kVA
- CABLE SECO UNIPOLAR 10 kV  
TERMINAL TERMOTRACTIL

BARRAS 10kV

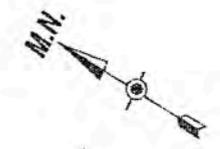


LEYENDA

- RELE DE MINIMA TENSION C.A.
- RELE DE MINIMA TENSION C.C.
- DISPOSITIVO DE TENSION DE PUESTA A TIERRA
- LAMPARAS INDICADORAS DE PUESTA A TIERRA

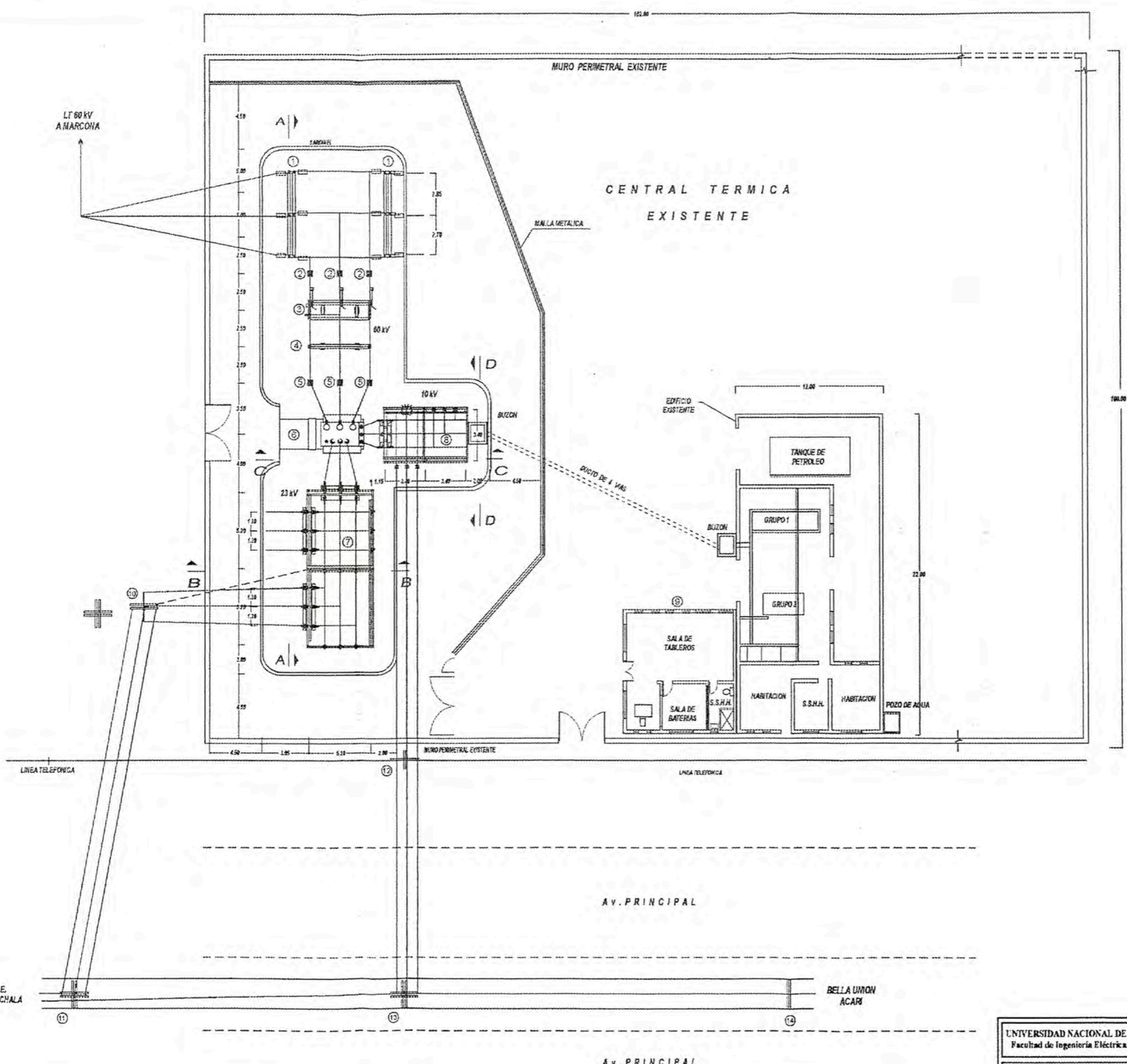
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD L.T. 60 kV MARCONA - BELLA UNION SUBESTACIONES MARCONA Y BELLA UNION		ESCALA : <b>S / E</b>	FECHA : <b>ENERO - 97</b>
	<b>S.E BELLA UNION 60/ 23/ 10 kV ESQUEMA UNIFILAR</b>		DIS. : J. TOLEDO G. REV. : C. HUAYLLASCO M.	APR. : C. HUAYLLASCO M. DIR. : M. CALLE G.
			PLANO N° : <b>05</b>	

LT 60 KV  
A MARCONIA



MURO PERIMETRAL EXISTENTE

CENTRAL TERMICA  
EXISTENTE

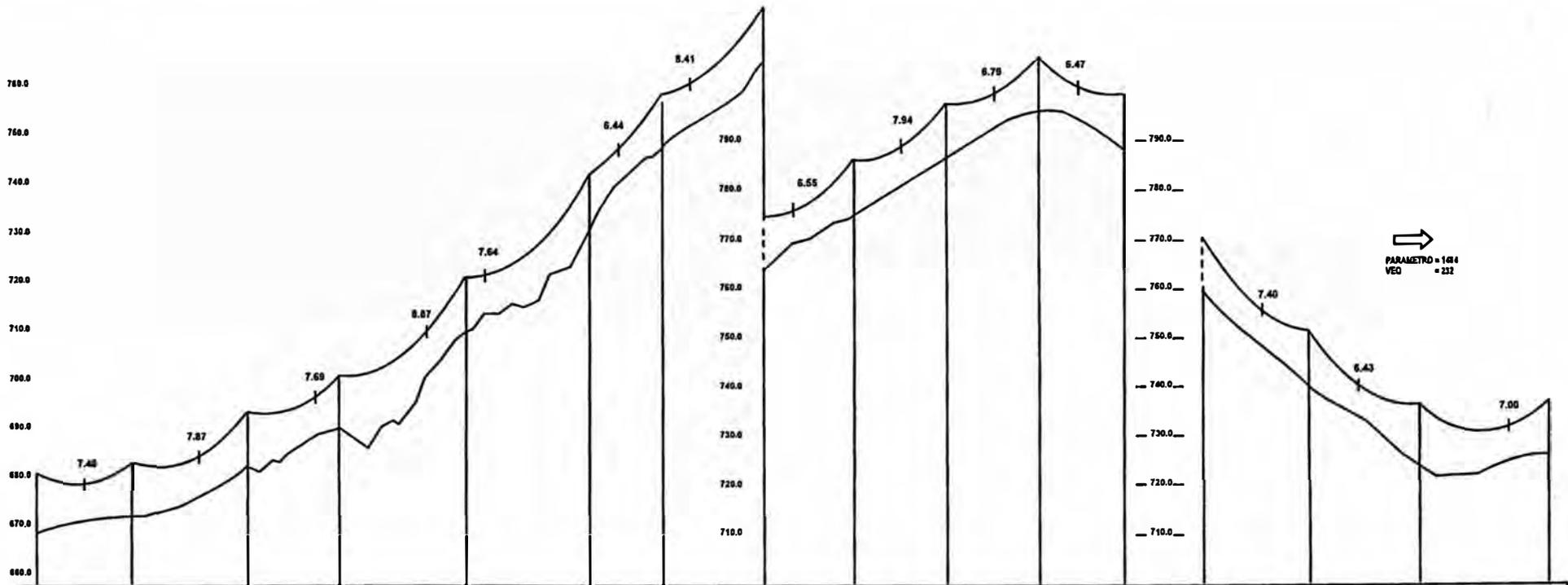


- ① ESTRUCTURA ESPECIAL PORTICO 60 KV
- ② TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO 60 KV
- ③ SECCIONADOR TRIPOLAR DE LINEA CON C.P.T. 60 KV
- ④ INTERRUPTOR TRIPOLAR EN SF6 60 KV
- ⑤ PARARRAYOS DE OXIDO DE ZINC TIPO ESTACION
- ⑥ TRANSFORMADOR DE POTENCIA 60/23/10 KV - 7772 MVA
- ⑦ SISTEMA DE PORTICO Y BARRAS EN 23 KV
- ⑧ SISTEMA DE PORTICO Y BARRAS EN 10 KV
- ⑨ EDIFICIO DE CONTROL DE S.E.
- ⑩ ESTRUCTURA N° 1
- ⑪ ESTRUCTURA N° 2
- ⑫ ESTRUCTURA N° 3
- ⑬ ESTRUCTURA N° 4
- ⑭ ESTRUCTURA N° 5

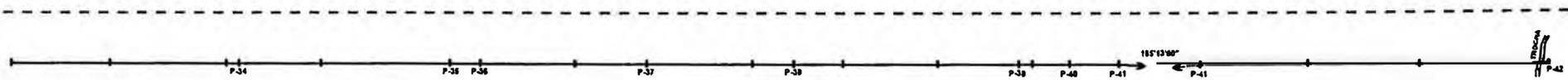
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD L.T. 60 KV MARCONIA - BELLA UNION SUBESTACIONES MARCONIA Y BELLA UNION		ESCALA: 1 / 150	FECHA: ENERO - 97
	S.E. BELLA UNION 60/ 23/ 10 KV DISPOSICION DE EQUIPOS - PLANTA		DIS.: J. TOLEDO G.    APR.: C. HUAYLLASCO M. REV.: C. HUAYLLASCO M.    DIR.: J. CALLE G.	PLANO N°: 06



NÚMERO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
VANO REAL		186.84	236.79	1728.34	183.89	18884.83	255.41	18344.34	289.64	18394.82	164.56	18739.82	1846.73	178.10	10123.88	18211.66	19489.64	18687.54	18887.54	212.58	18879.89	20184.33	383.38	28345.53	
PROGRESIVA	17485.87	17672.55	17859.23	18045.91	18232.59	18419.27	18605.95	18792.63	18979.31	19166.00	19352.68	19539.36	19726.04	19912.72	20099.40	20286.08	20472.76	20659.44	20846.12	21032.80	21219.48	21406.16	21592.84	21779.52	21966.20
VANO VIENTO	207.84	218.23	228.62	239.01	249.40	259.79	270.18	280.57	290.96	301.35	311.74	322.13	332.52	342.91	353.30	363.69	374.08	384.47	394.86	405.25	415.64	426.03	436.42	446.81	
VANO PESO	311.23	321.62	332.01	342.40	352.79	363.18	373.57	383.96	394.35	404.74	415.13	425.52	435.91	446.30	456.69	467.08	477.47	487.86	498.25	508.64	519.03	529.42	539.81	550.20	



ESTACION	P-34		P-35		P-36		P-37		P-38		P-39		P-40		V-P-41		V-P-41		P-42																																														
DIST. PARCIAL	855.21		426.83	87.38		328.81		293.46		443.01		87.82	123.21			684.98																																																	
DIST. ACUMULADA		17106.34		18322.17	18399.55		18718.36		19003.82		19446.83		19570.04		19693.25		19693.25				20388.23																																												
TIPO DE TERRENO																																																																	
COTA DE TERRENOS	669.82	670.16	671.21	671.96	672.84	673.98	674.87	677.40	678.87	682.38	683.27	683.46	687.83	688.90	688.99	688.99	688.23	690.39	691.74	695.49	700.20	704.82	709.78	713.82	718.20	714.38	715.27	721.07	722.85	730.22	726.78	739.24	742.89	744.85	748.42	749.41	761.43	764.27	767.80	764.86	768.76	770.76	773.28	775.26	782.73	786.61	790.12	793.28	794.73	796.92	796.12	793.27	789.52	783.37	778.71	789.17	767.89	763.22	754.90	753.04	748.86	751.02	753.66	754.71	754.83
COTA DE ESTRUCTURAS																																																																	



REV	DESCRIPCION	DIS	DIB	APR	FECH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

ESTUDIO DEFINITIVO DE LA LT. 60 kV  
MARCONA - BELLA UNION

ESCALA :  
HORIZONTAL : 1:4000  
VERTICAL : 1:500

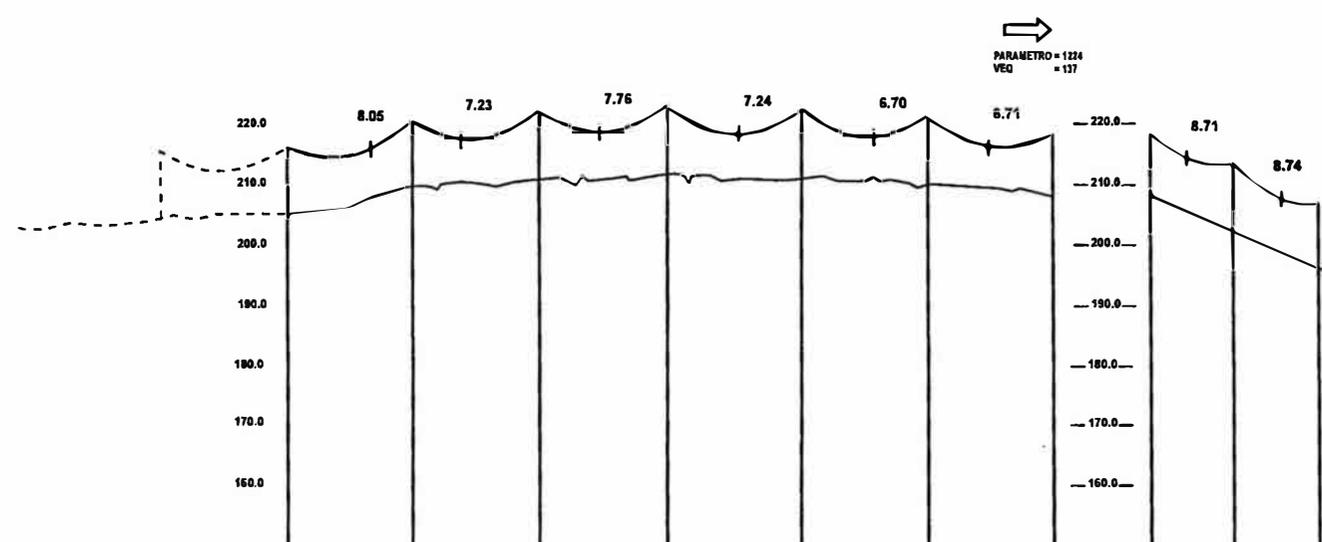
FECHA :  
ENERO - 97

DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS  
PERFIL Y PLANIMETRIA  
Km 17 + 480.57 A Km 20 + 383.53

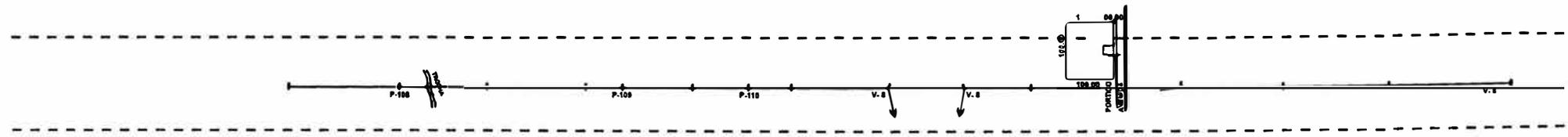
DIS : J TOLEDO G.  
APR : C. HUAYLLASCO M.  
REV : C. HUAYLLASCO M.  
DIB : M. CAJUELO G.

PLANO N° :  
08

MANO REAL	61479.53	289.09	61869.02	61656.92	62100.01	62326.10	62636.89	6	188.60	137.24	68.64
PROGRESIVA	216.10	210.11	210.09	216.80	214.26	204.39	204.39	188.60	182.48	164.64	68.64
MANO VIENTO	166.09	230.56	242.45	226.37	216.86	217.16	182.48	182.48	164.64	68.64	6.83



ESTACION	P. 187	P. 108	P. 109	P. 110	V. 6	V. 6	PORTICO - 3
DIST. PARCIAL		678.38	468.38	468.38	490.26	282.98	
DIST. ACUMULADA	61031.08	61709.46	62178.86	62648.24	62738.50	62738.50	63021.48
TIPO DE TERRENO							
COTA DE TERRENOS	203.31	203.79	204.02	204.17	204.86	205.19	206.61
COTA DE ESTRUCTURAS	204.36	205.84	206.20	206.71	208.51	210.06	210.25
	210.25	210.89	209.99	211.01	211.23	211.87	211.20
	211.10	210.83	210.29	211.05	210.97	210.82	210.86
	210.30	210.19	209.89	209.69	209.55	209.49	208.49
	208.49	207.09	206.62	203.92	203.31	199.04	196.56



REV.	DESCRIPCION	DIS	DIB	APR	FECH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

**DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS**  
PERFIL Y PLANIMETRIA  
Km 61 + 479 I3 A Km. 63 + 012.56

ESTUDIO DEFINITIVO DE LA LT. 60 KV  
MARCONA - BELLA UNION

DIS : J TOLEDO G.    APR. : C. HUAYLLASCO M.  
REV. : C. HUAYLLASCO M.    DIB. : M. CALLE G.

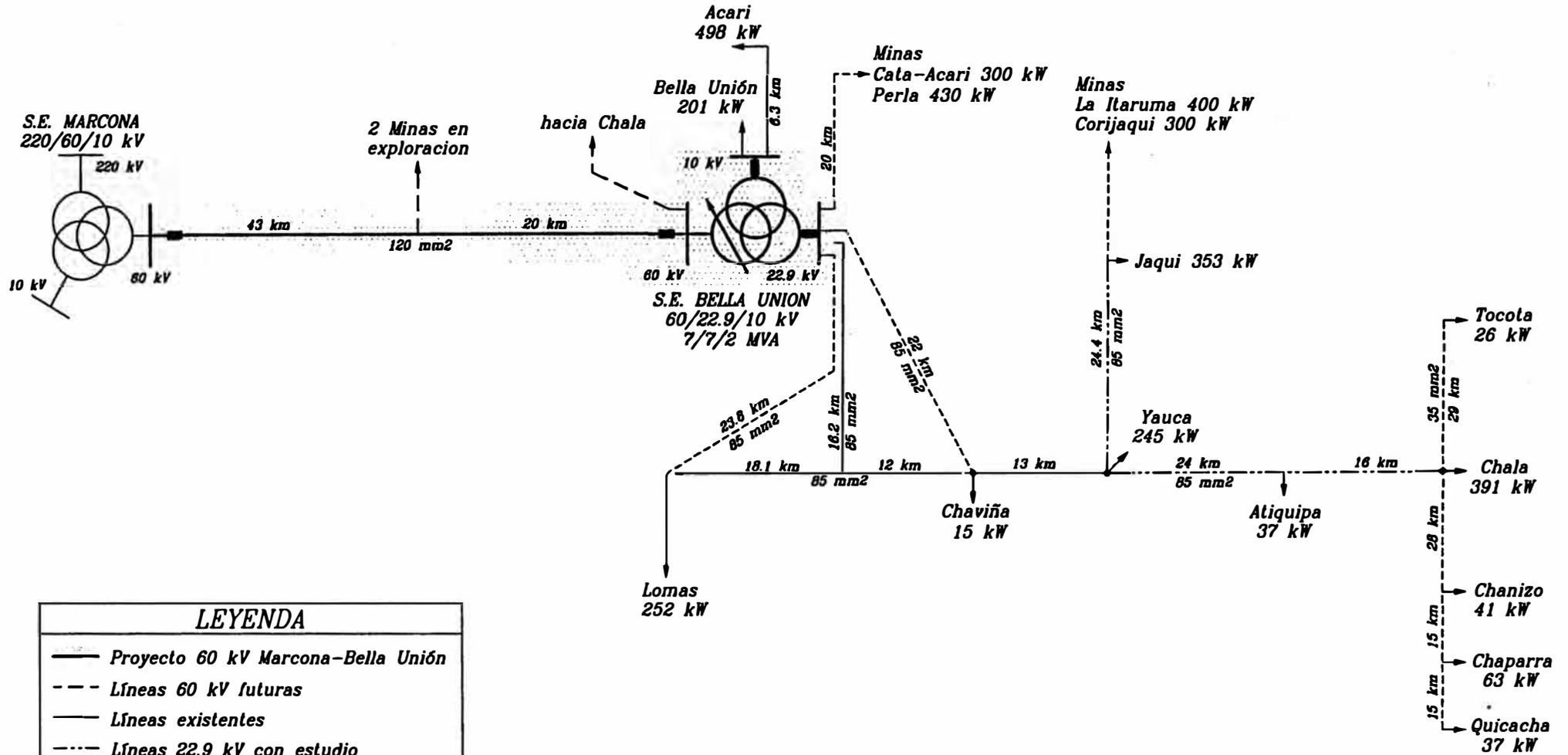
ESCALA :  
HORIZONTAL : 1:4000  
VERTICAL : 1:500

FECHA :  
**ENERO - 97**

PLANO N° :  
**09**

# PROYECTO LINEA 60 kV MARCONA - BELLA UNION

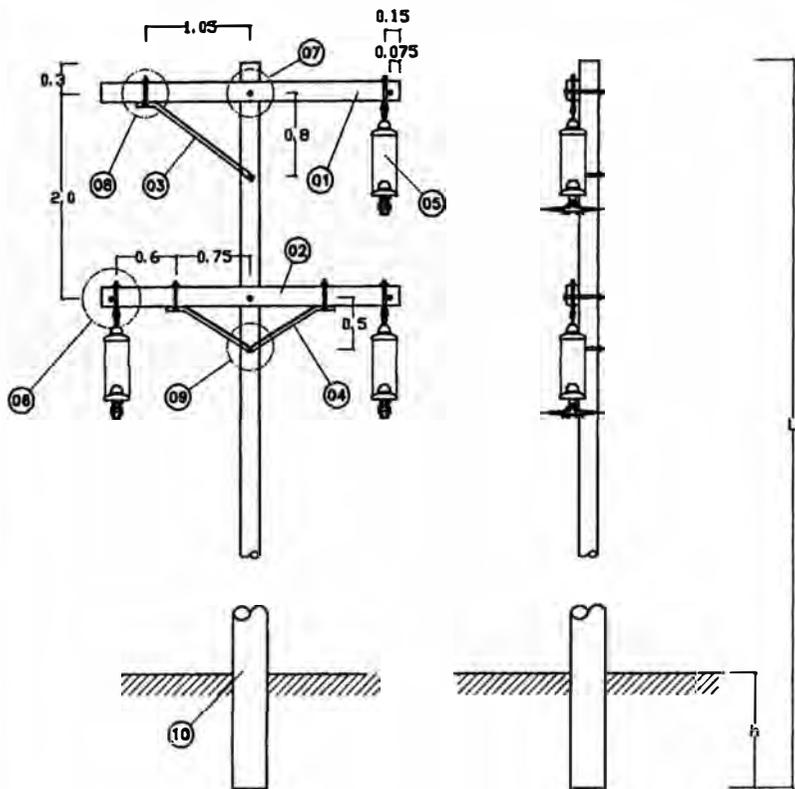
## Pequeño Sistema Eléctrico Acari - Chala



### LEYENDA

- Proyecto 60 kV Marcona-Bella Unión
- - - Líneas 60 kV futuras
- Líneas existentes
- · - · - Líneas 22.9 kV con estudio
- · - · - Líneas 22.9 kV futuras

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica	DIS: J.Toledo G.	LAMINA: 10
	DIB: J.Toledo Z.	
DIAGRAMA UNIFILAR P.S.E. ACARI - CHALA	REV: C. Huayllasco	
	ESC: S/E	
	FECHA: Enero/97	



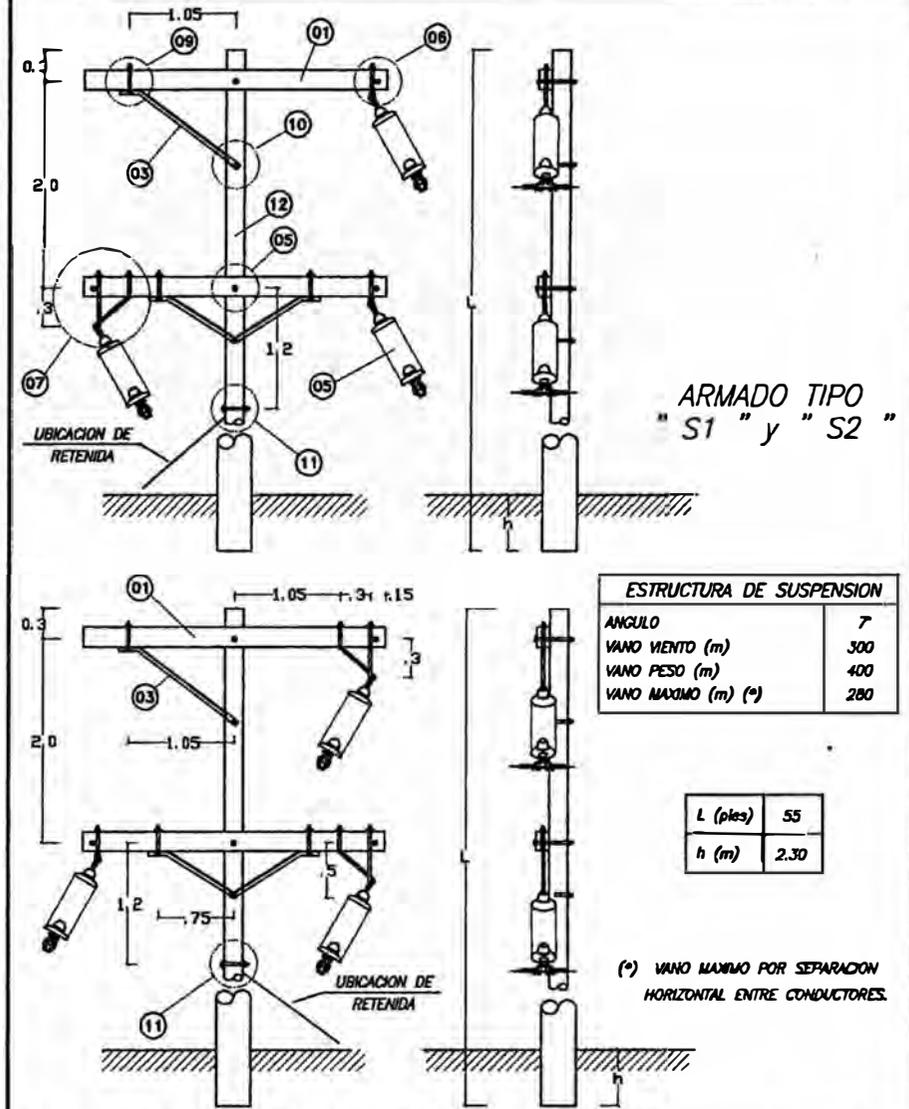
ESTRUCTURA DE SUSPENSION	
ANGULO	0°
VANO VIENTO (m)	300
VANO PESO (m)	400
VANO MAXIMO (m) (*)	280

L (pies)	55	60
h (m)	2.30	2.45

(\*) VANO MAXIMO POR SEPARACION HORIZONTAL ENTRE CONDUCTORES.

N°	DESCRIPCION	CANT	N°	DESCRIPCION	CANT
09	Cadena de aisladores de suspension Ensamble E-10		03	10	Punto de madera clase X, longitud requerida
04	Soporte angular de cruzeta doble		01	08	Ensamble Soporte angular - Poste tipo E8
03	Soporte angular de cruzeta simple		01	08	Ensamble Soporte angular - Cruzeta tipo E5
02	Cruzeta de madera 5'x6-1/2"x3.0m		01	07	Ensamble Poste - Cruzeta simple tipo E3
01	Cruzeta de madera 6'x6"x3.0m		01	06	Ensamble Cadena - Cruzeta tipo E1-A

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingenieria Electrica y Electronica		DIS: J.Toledo C.	LAMDA: 11
ARMADO DE SUSPENSION		DIB: J.Toledo Z.	TIPO: S
		REV: C. Huayllasco	
		ESC: 1/60	
		FECHA: Enero/97	



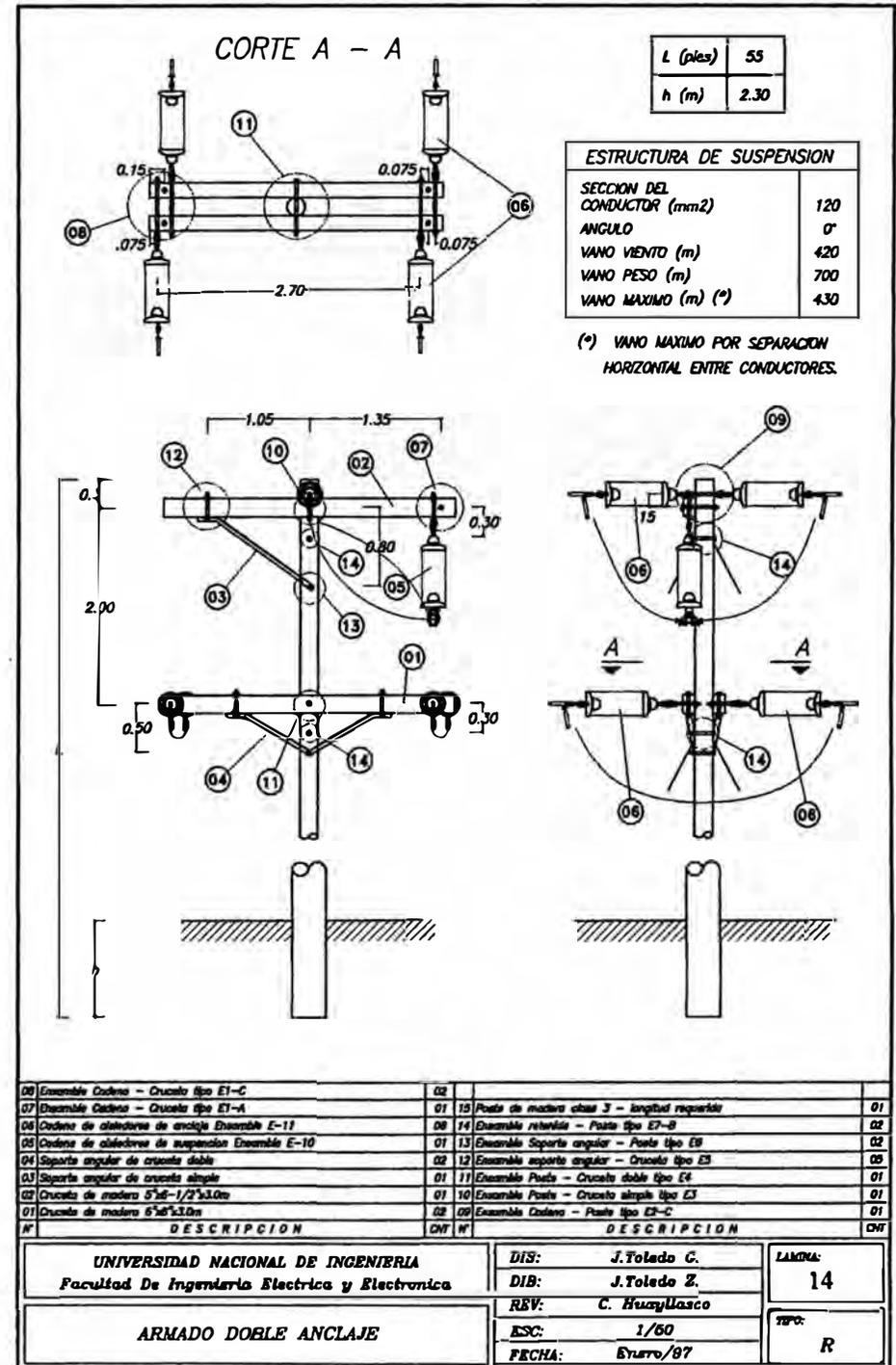
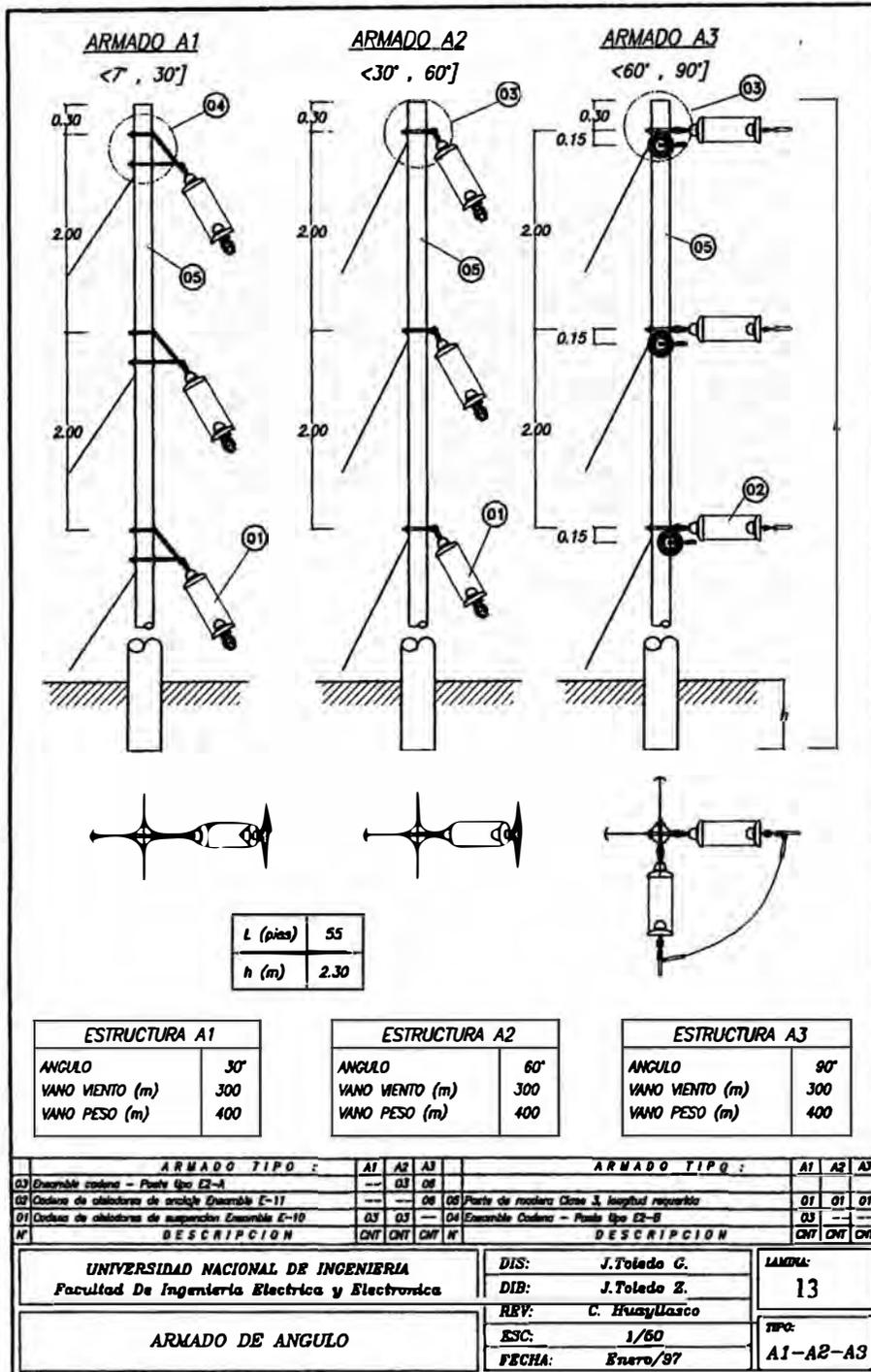
ESTRUCTURA DE SUSPENSION	
ANGULO	7°
VANO VIENTO (m)	300
VANO PESO (m)	400
VANO MAXIMO (m) (*)	280

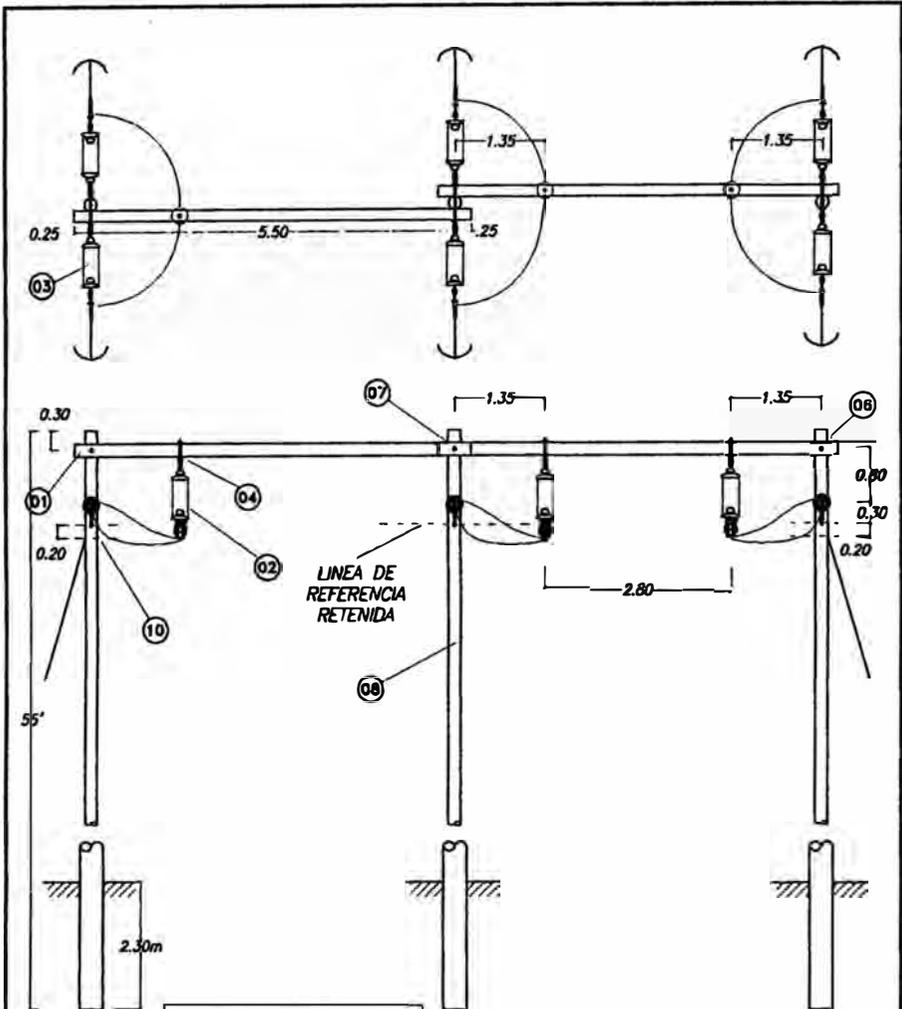
L (pies)	55
h (m)	2.30

(\*) VANO MAXIMO POR SEPARACION HORIZONTAL ENTRE CONDUCTORES.

TIPO DE ARMADO		S1	S2	TIPO DE ARMADO		S1	S2
09	Ensamble Cadena - Cruzeta tipo E1-A	02	01	12	Punto de madera clase X, longitud requerida	01	01
09	Cadena de aisladores de suspension Ensamble E-10	03	03	11	Ensamble Retenido - Poste tipo E7-A	01	01
04	Soporte angular de Cruzeta doble	01	01	10	Ensamble soporte angular - Poste tipo E8	02	02
03	Soporte angular de cruzeta simple	01	01	09	Ensamble Soporte angular - Cruzeta tipo E5	03	03
02	Cruzeta de madera 5'x6-1/2"x3.0m	01	01	08	Ensamble Poste - Cruzeta simple tipo E3	02	02
01	Cruzeta de madera 6'x6"x3.0m	01	01	08	Ensamble Cadena - Cruzeta tipo E1-B	01	02

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingenieria Electrica y Electronica		DIS: J.Toledo C.	LAMDA: 12
ARMADO DE SUSPENSION (0° - 7°)		DIB: J.Toledo Z.	TIPO: S1-S2
		REV: C. Huayllasco	
		ESC: 1/60	
		FECHA: Enero/97	





ESTRUCTURA H2	
ANGULO	7
VANO VIENTO (m)	500
VANO PESO (m)	700
VANO MAXIMO (m) (*)	1000

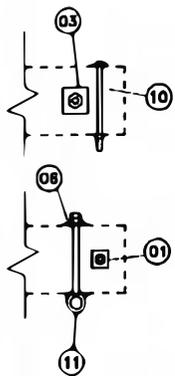
(\*) VANO MAXIMO POR SEPARACION HORIZONTAL ENTRE CONDUCTORES.

01	Ensamble Cera - Poste tipo E2-C	08	Ensamble Retenido - Poste tipo E7-A	02	
04	Ensamble Cadena - cruzeta tipo E1-A	03	Ensamble Retenido - Poste tipo E-7-B	03	
03	Cadena de aisladores de anclaje Ensamble E-11	09	Poste de madera Clase 3, longitud requerida	03	
02	Cadena de aisladores de suspension, Ensamble E-10	05	Ensamble Poste - Cruzeta Doble tipo E-4	01	
07	Cruzeta de madera 8" x 8" x 0.6m	06	Ensamble Poste - Cruzeta simple tipo E-3	02	
N°	DESCRIPCION	CNT	N°	DESCRIPCION	CNT

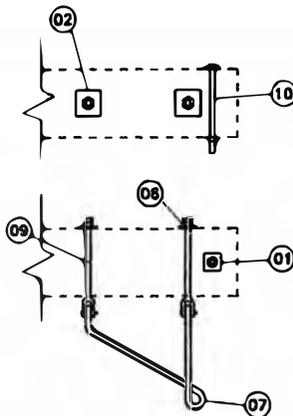
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		DIS:	J. Toledo G.	LAMINA:	15
Facultad De Ingenieria Electrica y Electronica		DIB:	J. Toledo Z.	TIPO:	
ARMADO DERIVACION ESPECIAL		REV:	C. Huayllasco	H2	
		ESC:	1/60		
		FECHA:	Enero/97		

ENSAMBLES CADENA - CRUCETA

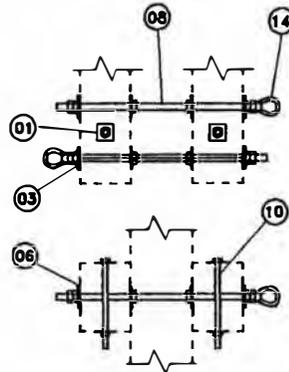
TIPO E1-A



TIPO E1-B

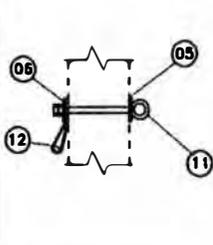


TIPO E1-C

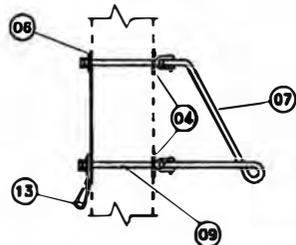


ENSAMBLES CADENA - POSTE

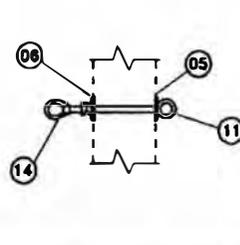
TIPO E2-A



TIPO E2-B



TIPO E2-C

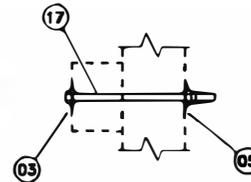


ENSAMBLE TIPO:		E1-A	E1-B	E1-C	E2-A	E2-B	E2-C
14	Punta Ojo c/ punta 42/4"	---	02	---	---	---	01
13	Platina de Refuerzo Dos agujeros 2"x1/4" - Anclera 13/16"	---	---	---	---	01	---
12	Platina de refuerzo Un agujero 2"x1/4" - Agujero 13/16"	---	---	---	01	---	---
11	Punta Ojo con bordes 42/4"x10" c/ punta y carbuera	01	---	---	01	---	01
10	Punta Mandrillo 41/2"x10" c/ punta	01	01	02	---	---	---
08	Punta Mandrillo 41/2"x10" c/ punta y carbuera	---	02	---	---	02	---
08	Punta Doble Armado 43/4"x30" c/ punta, carbuera y dos carbueras	---	---	02	---	---	---
07	Dimension de Anclaje para cadena de cilindros 42/8" x 0.30 m	---	01	---	---	01	---
06	Conector Cable de Tierra 1/16"x1-1/2" c/ Arandela	01	02	02	01	02	01
05	Arandela Cuadrada Curvada 3/2"x1/4" - Anclera 413/16"	---	---	---	01	---	02
04	Arandela Cuadrada Curvada 3/2"x1/4" - Anclera 411/16"	---	---	---	---	02	---
03	Arandela Cuadrada plana 3/2"x1/4" - agujero 413/16"	01	---	08	---	---	---
02	Arandela Cuadrada Plana 3/2"x1/4" - agujero 411/16"	---	02	---	---	---	---
01	Arandela Cuadrada Plana 3/2"x1/8" - Anclera 48/16"	02	02	04	---	---	---
N°	DESCRIPCION	ONT	ONT	ONT	ONT	ONT	ONT

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingenieria Electrica y Electronica	DIS:	J.Toledo G.	LAMINA: 16
	DIB:	J.Toledo Z.	
DETALLE DE ENSAMBLES FIJACION CADENA DE AISLADORES	REV:	C. Huayllasco	
	ESC:	1/60	
	FECHA:	Enero/97	

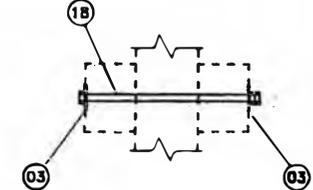
ENSAMBLE POSTE - CRUCETA SIMPLE

TIPO E3



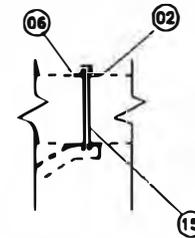
ENSAMBLE POSTE - CRUCETA SIMPLE

TIPO E4



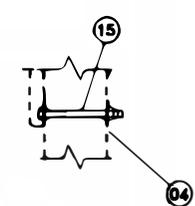
ENSAMBLE SOPORTE ANGULAR-CRUCETA

TIPO E5



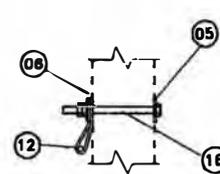
ENSAMBLE SOPORTE ANGULAR-POSTE

TIPO E6

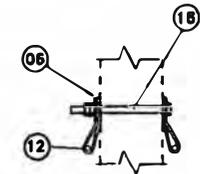


ENSAMBLES RETENIDA - POSTE

TIPO E7-A

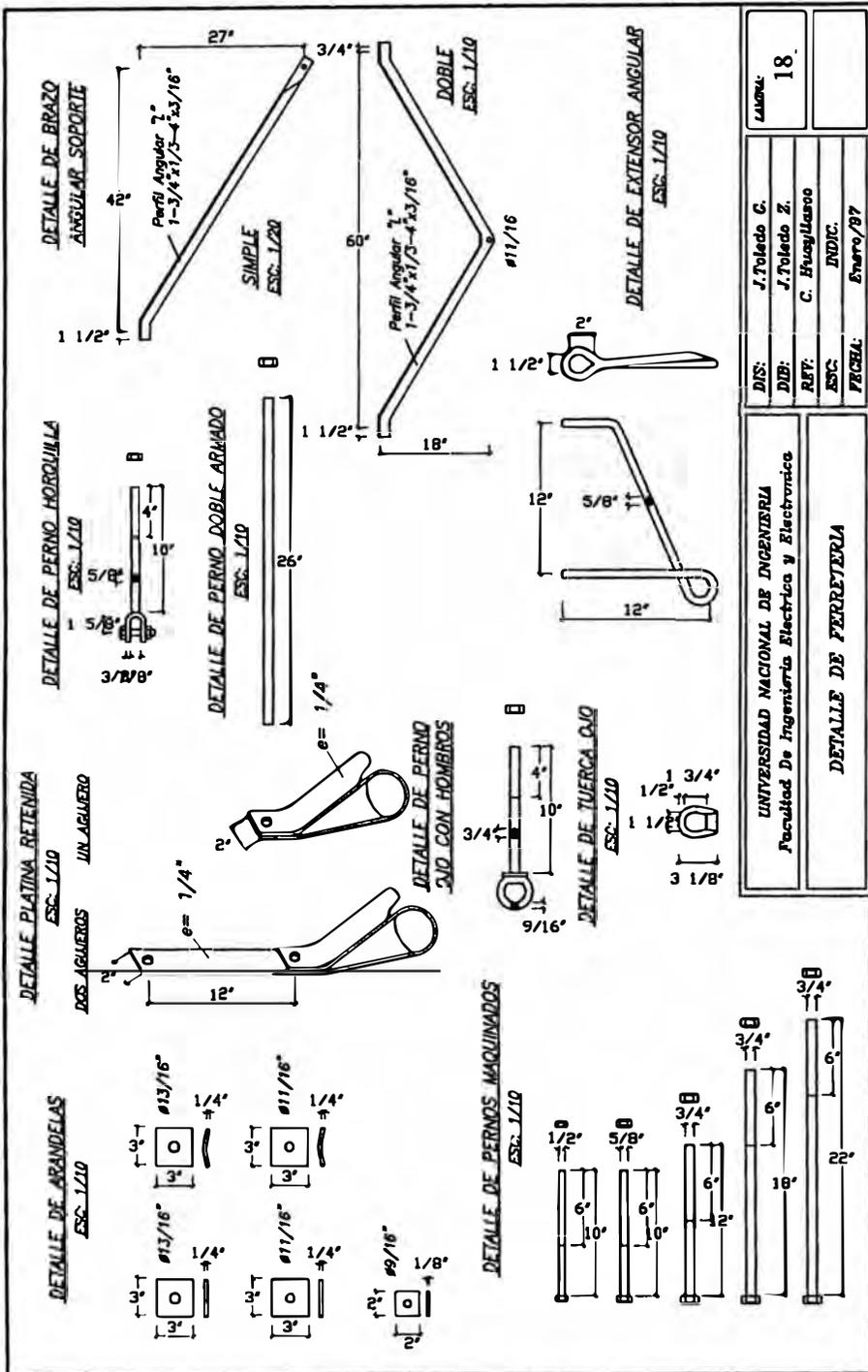


TIPO E7-B

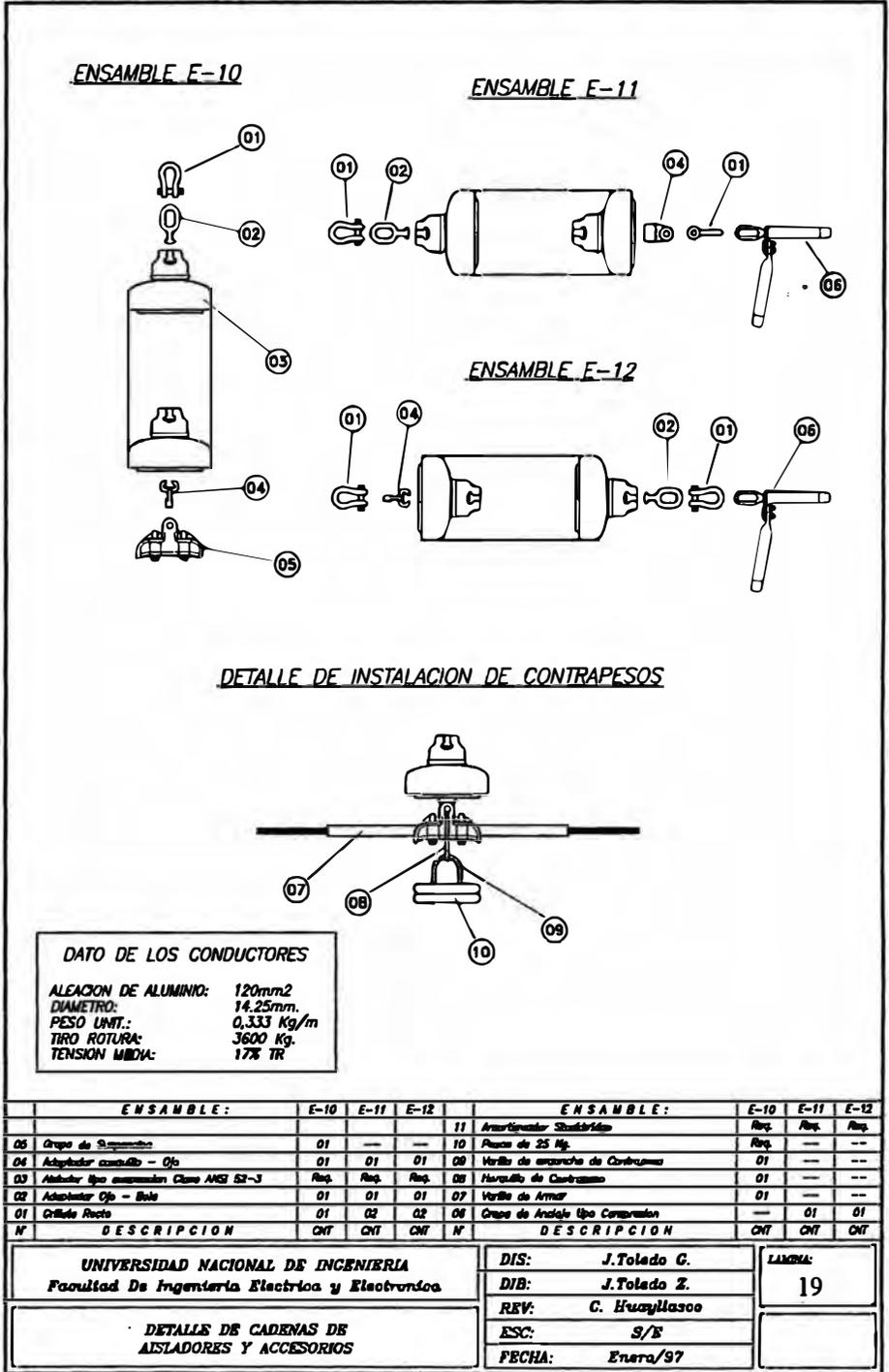


ENSAMBLE TIPO:		E3	E4	E5	E6	E7-A	E7-B
18	Punta Mandrillo 43/4"x22" c/ punta y carbuera	---	01	---	---	---	---
17	Punta Mandrillo 43/4"x18" c/ punta y carbuera	01	---	---	---	---	---
16	Punta Mandrillo 43/4"x10" c/ punta y carbuera	---	---	---	---	01	01
15	Punta Mandrillo 45/8"x10" c/ punta y carbuera	---	---	01	01	---	---
12	Platina de refuerzo Un Agujero 2"x1/4" - agujero 413/16"	---	---	---	---	01	02
08	Conector Cable de Tierra 1/16"x1-1/2" c/ Arandela	---	---	01	---	01	01
06	Arandela Cuadrada Curvada 3/2"x1/4" - Anclera 413/16"	01	---	---	---	01	---
04	Arandela Cuadrada Curvada 3/2"x1/4" - Anclera 411/16"	---	---	---	01	---	---
03	Arandela Cuadrada Plana 3/2"x1/4" - Anclera 413/16"	01	02	---	---	---	---
02	Arandela Cuadrada Plana 3/2"x1/4" - Anclera 411/16"	---	---	01	---	---	---
N°	DESCRIPCION	ONT	ONT	ONT	ONT	ONT	ONT

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingenieria Electrica y Electronica	DIS:	J.Toledo G.	LAMINA: 17
	DIB:	J.Toledo Z.	
DETALLE DE ENSAMBLES FIJACION DE CRUCETAS, BRAZOS Y RETENIDAS	REV:	C. Huayllasco	
	ESC:	1/16	
	FECHA:	Enero/97	

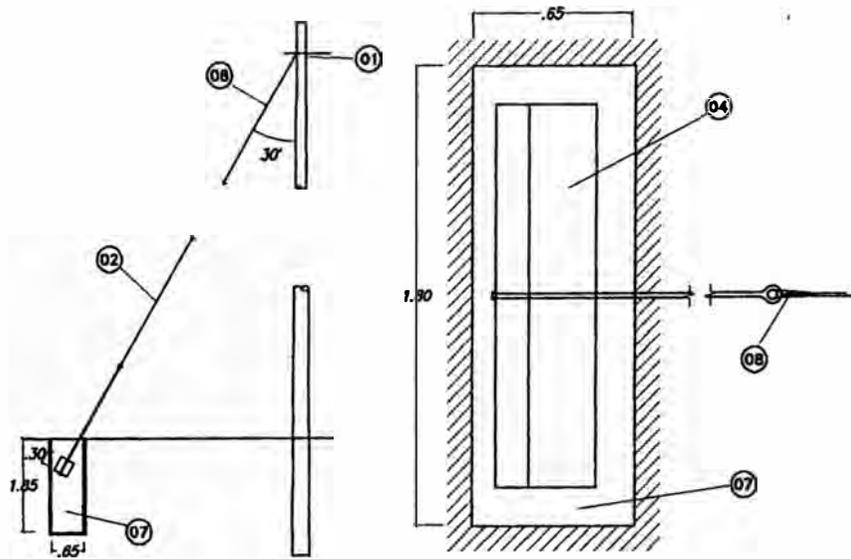


LABORA:	18
DIS:	J. Toledo G.
DIB:	J. Toledo Z.
REV:	C. Huayllaso
ESC:	INDIC.
FECHA:	Enero/97
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
DETALLE DE FERRETERIA	



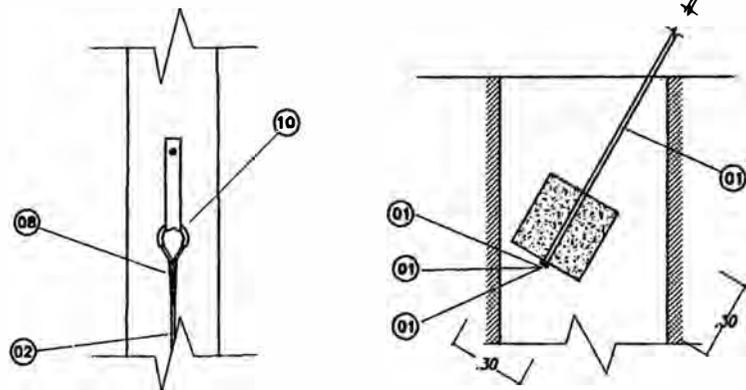
ENSAMBLE:				ENSAMBLE:			
	E-10	E-11	E-12		E-10	E-11	E-12
05	01	—	—	11	Resp.	Resp.	Resp.
04	01	01	01	08	—	—	—
03	Resp.	Resp.	Resp.	07	—	—	—
02	01	01	01	06	—	—	—
01	01	02	02	05	—	01	01
N	DESCRIPCION	CNT	CNT	N	DESCRIPCION	CNT	CNT

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica		DIS:	J. Toledo G.	LABORA:	19
DETALLE DE CADENAS DE AISLADORES Y ACCESORIOS		DIB:	J. Toledo Z.		
		REV:	C. Huayllaso		
		ESC:	S/S		
		FECHA:	Enero/97		



ENSAMBLE DE RETENIDA

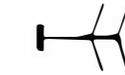
DETALLE CIMENTACION RETENIDA



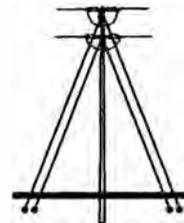
02	Arandela plana cuadrada de AcCo 4"x4"x1/2" - agujero #13/16	01	10	Cuadrado	01
04	Bloque de concreto de 0.3x0.3x1.5m, hacha #11/16"	01	08	Tuerca para perno de anclaje #5/8"	01
03	Varilla de anclaje 4/8" cuadrado #5/8"x2.4m 4/barras	01	09	Módulo perforado para cable de Retenida	02
02	Cable de Retenida tipo RS #1/2"	18m	07	Huaco hacer refrendo y compactado mec. 1.85x0.65x1.80m	—
01	Ver detalle Ensamble Retenido - Poste	—	06	Contrabarra para perno de anclaje #5/8"	01

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica	DIS:	J. Toledo G.	LÁMINA: 20
	DIB:	J. Toledo Z.	
	REV:	C. Huayllasco	
	ESC:	S/E	
DETALLE DE RETENIDA	FECHA:	Enero/97	

TIPO R1  
(S1, S2)



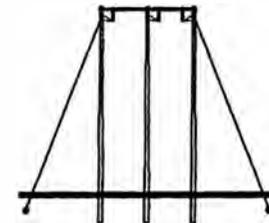
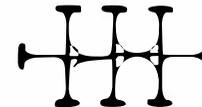
TIPO R4  
(R)



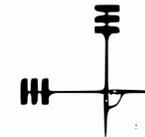
TIPO R2  
(A1, A2)



TIPO R5  
(H2)

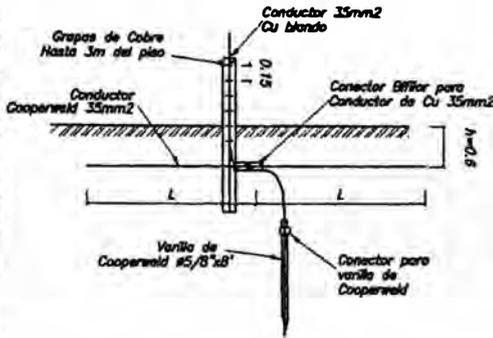


TIPO R3  
(A3)

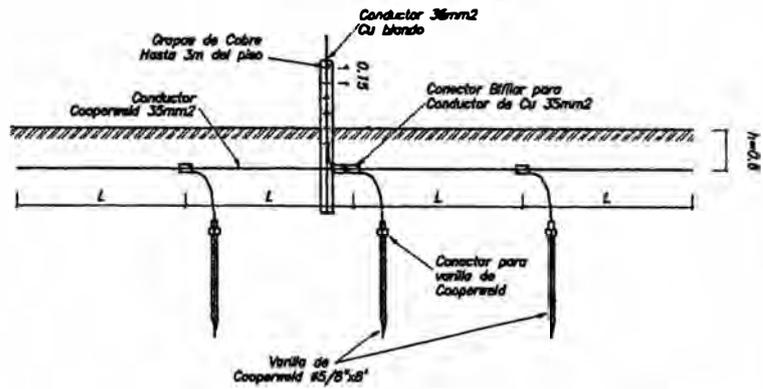


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica	DIS:	J. Toledo G.	LÁMINA: 21
	DIB:	J. Toledo Z.	
	REV:	C. Huayllasco	
	ESC:	1/400	
TIPO DE RETENIDA	FECHA:	Enero/97	

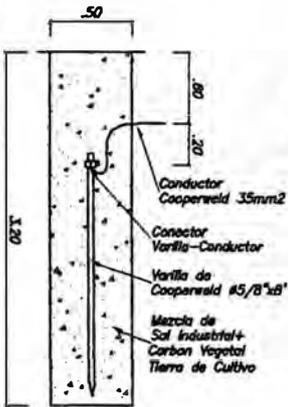
**PUESTA A TIERRA TIPO PT1**



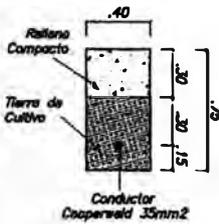
**PUESTA A TIERRA TIPO PT2**



**DETALLE DE ENTERRAMIENTO DE VARILLA**



**DETALLE DE ENTERRAMIENTO DE CONTRAPESOS**



RANGO RESISTIVIDAD DEL TERRENO (Ohm-m)	RECOMENDACIONES REFERENCIALES					
	ZONA I		ZONA II		ZONA III	
	TPO DE LONGITUD P.T. (m)	TPO DE LONGITUD P.T. (m)	TPO DE LONGITUD P.T. (m)	TPO DE LONGITUD P.T. (m)	TPO DE LONGITUD P.T. (m)	TPO DE LONGITUD P.T. (m)
A 0 - 250	PT1 10	PT1 4	PT1 0			
B 251 - 500	PT1 20	PT1 8	PT1 4			
C 500 - 750	PT2 13	PT1 12	PT1 8			
D 750 - 1000	PT2 20	PT1 20	PT1 8			
E >= 1000 (*)	PT2 Res.	PT2 Res.	PT2 Res.			

(\*) NOTA: AUMENTAR LONGITUD DEL CONTRAPESO PARA OBTENER LA RESISTENCIA MÁXIMA RECOMENDADA

CONDICIONES DE PUESTA TIERRA		
ZONA	DESCRIPCION	RESISTENCIA MÁXIMA
I	ZONA URBANA TEMERABLE - TODA ZONA DONDE SE PRECUIENTE EL TRÁNSITO DE PERSONAS - ZONAS DENTRO DEL LIMITE URBANO	10
II	ZONA POCO TEMERABLE - ZONAS DE CULTIVO - ZONAS PARQUEAS A CARRETERAS (DISTANCIAS MENORES A 50m) - ZONA DONDE EL TRÁNSITO DE PERSONAS ES POCO FRECUENTE	25
III	ZONA DESHABILADO - ZONAS ALEJADAS A LAS VÍAS DE CIRCULACION (DISTANCIAS MAYORES A 50m) - ZONAS RESERVADAS, PAMPAS O DESHABILADAS	50

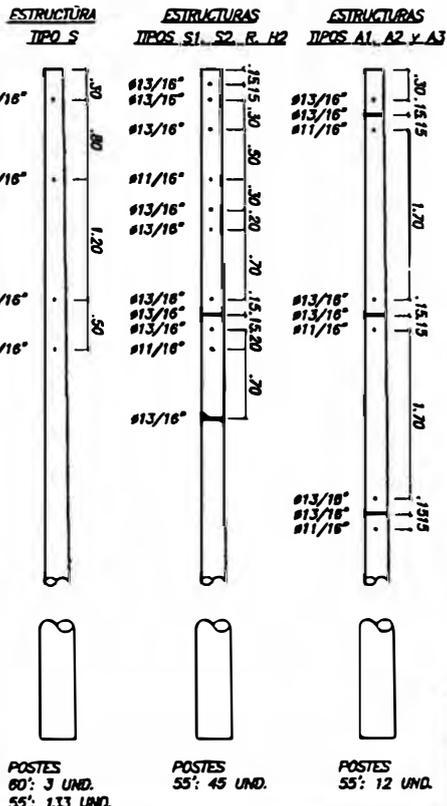
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica

**DETALLE DE PUESTA A TIERRA**

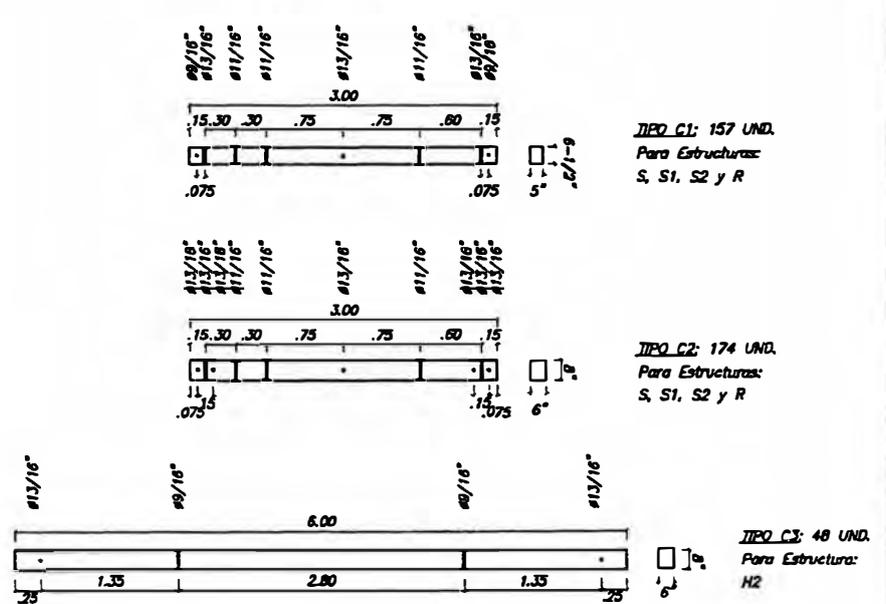
**DIS:** J.Toledo C.  
**DIB:** J.Toledo Z.  
**REV:** C. Bruayllasco  
**ESC:** S/B  
**FECHA:** Enero/87

**LÁMINA:** 22

**DETALLE DE POSTES DE MADERA**



**DETALLE DE CRUCETAS DE MADERA**



NOTA: En el Armado H el agujero en el poste que lo fija con la cruzeta se efectuara en obra

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica

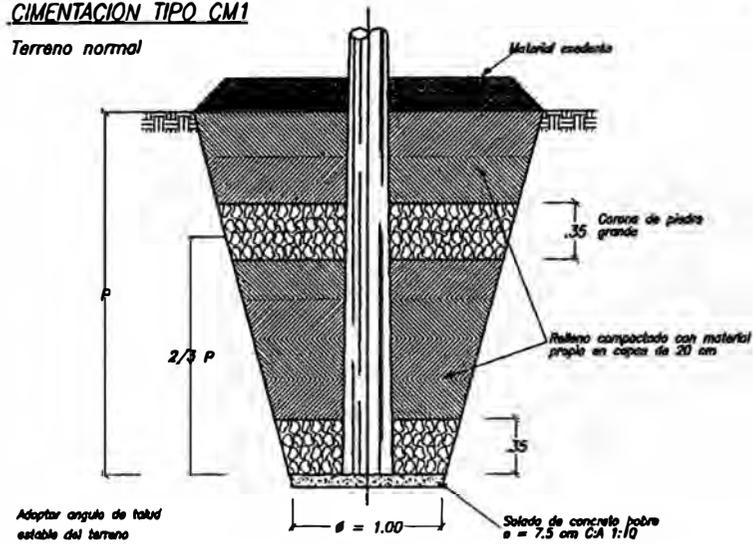
**DETALLE DE CRUCETAS Y POSTES DE MADERA**

**DIS:** J.Toledo C.  
**DIB:** J.Toledo Z.  
**REV:** C. Bruayllasco  
**ESC:** 1/60  
**FECHA:** Enero/87

**LÁMINA:** 23

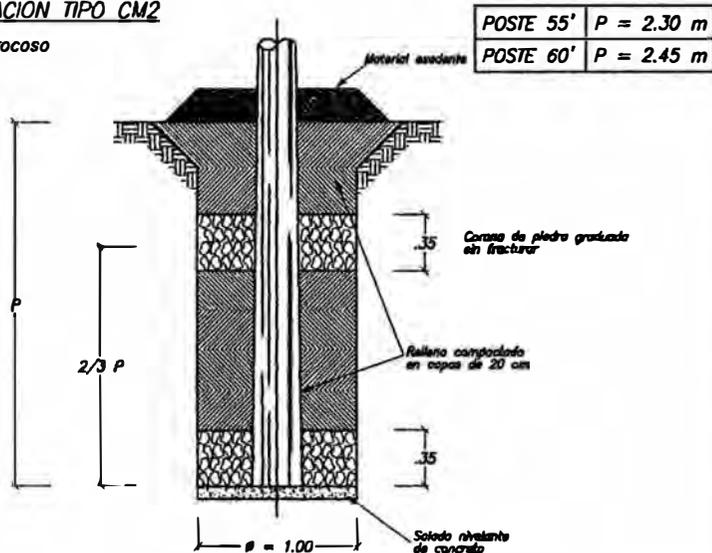
**CIMENTACION TIPO CM1**

Terreno normal



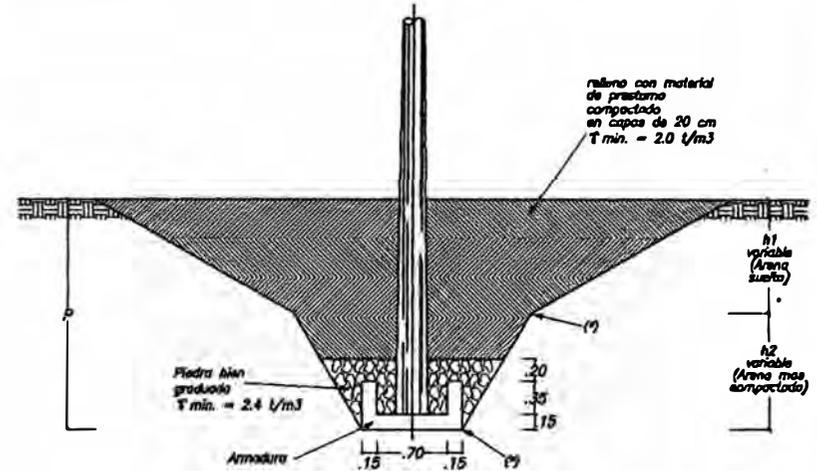
**CIMENTACION TIPO CM2**

Terreno rocoso



**CIMENTACION TIPO CM3**

ESC. 1/50

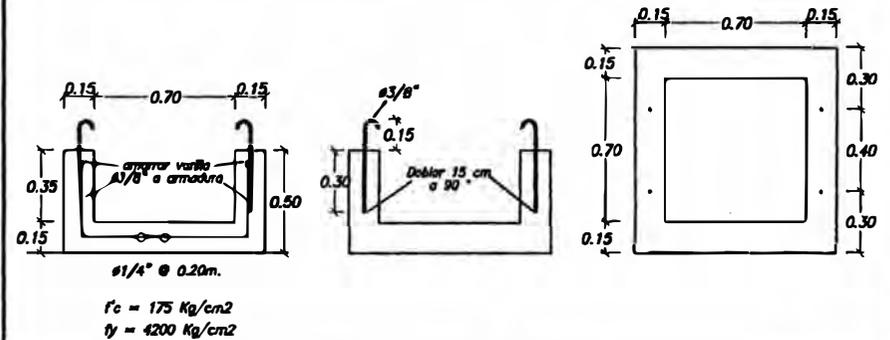


(\*) Adaptar angulo de talud estable del terreno

POSTE 55'	P = 2.30 m
POSTE 60'	P = 2.45 m

**DETALLE DE ARMADURA**

ESC. 1/25



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica

DIS: J.Toledo G.  
DIB: J.Toledo Z.  
REV: C. Huayllaso  
ESC: S/E  
FECHA: Enero/97

LAMINA:  
24  
TPO:  
CM1-CM3

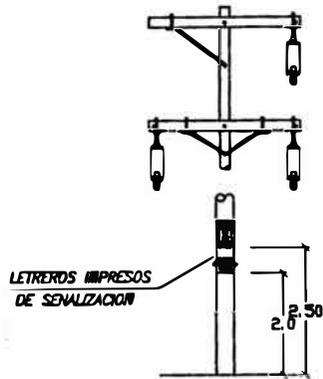
DETALLE DE CIMENTACION EN  
TERRENO NORMAL Y ROCOSO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica

DIS: J.Toledo G.  
DIB: J.Toledo Z.  
REV: C. Huayllaso  
ESC: INDIC.  
FECHA: Enero/97

LAMINA:  
25  
TPO:  
CM3

DETALLE DE CIMENTACION EN  
TERRENO EXCESIVAMENTE SUELTO

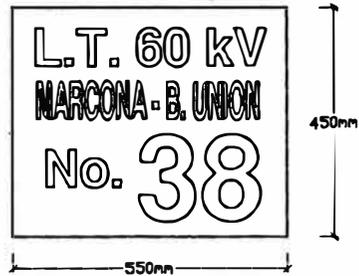


ESTRUCTURA TIPICA DE MADERA

PLANTILLA DE SENAL DE SEGURIDAD



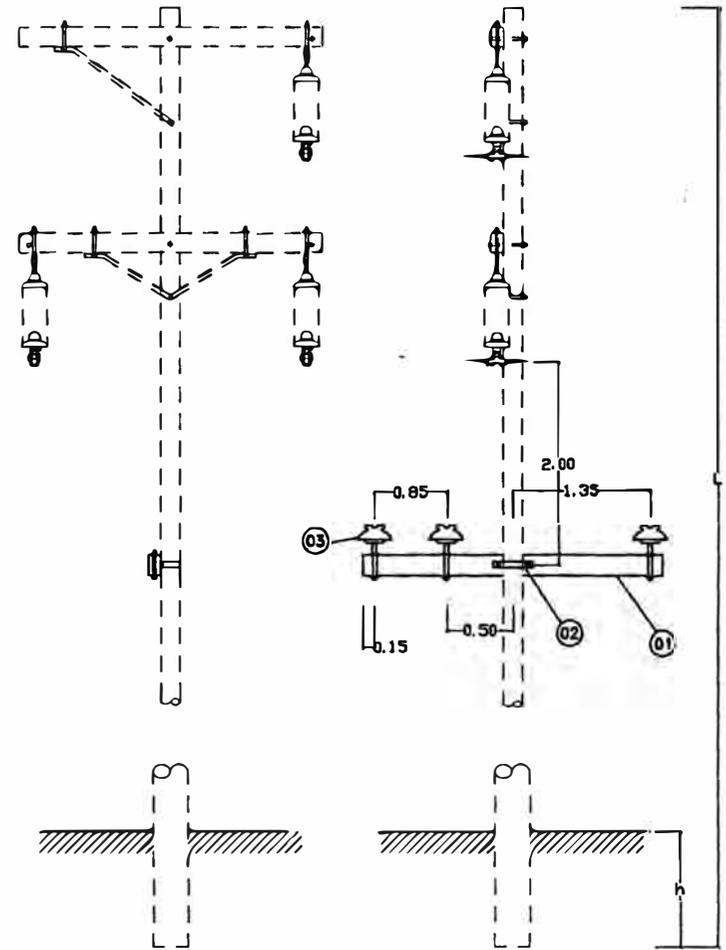
PLANTILLA DE NUMERACION DE ESTRUCTURA



NOTAS

- LAS PLANTILLAS SERAN SUMINISTRADAS POR EL CONTRATISTA EN PLANCHAS DE ACEROP st 37 DE 1mm. DE ESPESOR
- LA NUMERACION DE ESTRUCTURAS SE HARA TOMANDO EN CUENTA LA PLANILLA DE NUMERACION
- ESTAS INDICACIONES SERAN PINTADAS EN LOS POSTES DE MADERA A 2 y 2.50 m. RESPECTIVAMENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica	DIS: J.Toledo G.	LAMINA: 26
	DIB: J.Toledo Z.	
DETALLE DE PLACAS DE SEGURIDAD	REV: C. Huayllasco	
	ESC: S/Z	
	FECHA: Enero/97	



02 Vibradores U # 125mm x 100 mm x 3/16"	01 07 Elevador Poste - Cruce alamb tipo E3	02			
01 Cruce de madera 6-1/2" x 3.0m	01				
N°	DESCRIPCION	CNT	N°	DESCRIPCION	CNT
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica			DIS: J.Toledo G.		
			DIB: J.Toledo Z.		
			REV: C. Huayllasco		
			ESC: 1/80		
			FECHA: Enero/97		
ARMADO DE DERIVACION			TPO: D		