

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



**“ESTUDIO DE ALTERNATIVAS TECNICAS EN  
UNA RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA CON  
FUNDAMENTO A LA MEJORA DE LA  
CALIDAD DEL PRODUCTO”**

**INFORME DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**LUIS JUAN CHUQUILLANQUI BERNAOLA**

**LIMA - PERU**

**1998**

A mis padres y hermanos  
en agradecimiento a su  
constante apoyo y confianza

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS TECNICAS EN UNA  
RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA CON  
FUNDAMENTO A LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL  
PRODUCTO**

## **SUMARIO**

El presente trabajo consiste en analizar diferentes alternativas que solucionan el problema de bajo nivel de tensión en un alimentador de distribución de media tensión. El objetivo del trabajo es mejorar la calidad del producto, manteniendo los niveles de tensión dentro del rango admisible dado en la nueva norma técnica de la calidad. Para lograr esto se considera la alternativa más favorable desde el punto de vista técnico y económico, que para este caso en particular resulta conveniente instalar un banco de reguladores automáticos de tensión.

## **INDICE**

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>FINDAMENTOS LEGALES Y TECNICOS SOBRE LA CALIDAD DEL PRODUCTO</b>	<b>4</b>
1.1      Requerimientos Legales sobre la Calidad del Producto	4
1.2      Consideraciones Técnicas para la Evaluación de la Calidad del Producto	5
1.2.1    Efectos de los bajos niveles de tensión en el equipo	5
1.2.2    Beneficios de la compensación de tensión	6
<b>CAPITULO II</b>	
<b>ANTECEDENTES TECNICOS DE LA RED PRIMARIA</b>	<b>8</b>
2.1      Máxima Demanda	8
2.2      Caída de Tensión	8
2.3      Pérdidas Técnicas	9
2.4      Capacidad Instalada	10
2.5      Factor de Utilización	10
2.6      Indicadores de Calidad del Producto	11

**CAPITULO III****CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES DE LA RED**

<b>PRIMARIA</b>	13
3.1 Esquemas de la Red de Distribución	13
3.2 Sistema de Protección	13
3.3 Características del Sistema de Distribución	14
3.4 Características de la Red	14
3.5 Capacidad Instalada de Transformadores MT/BT	14

**CAPITULO IV****ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DE ALTERNATIVAS PARA EL**

<b>LOGRO DEL OBJETIVO</b>	16
4.1 Elevar el nivel de tensión nominal de distribución a 20kV.	16
4.1.1 Descripción de la alternativa	16
4.1.2 Perfil de Tensiones	16
4.1.3 Pérdidas Técnicas	17
4.1.4 Parámetros de Evaluación	17
4.1.5 Costos y Beneficios	17
4.1.6 Inversión	19
4.1.7 Evaluación Económica	19
4.2 Instalar un nuevo alimentador 10kV.	20
4.2.1 Descripción de la alternativa	20
4.2.2 Perfil de Tensiones	20

4.2.3	Pérdidas Técnicas	20
4.2.4	Parámetros de Evaluación	21
4.2.5	Costos y Beneficios	21
4.2.6	Inversión	22
4.2.7	Evaluación Económica	22
4.3	Instalar Banco de Reguladores Automáticos de Tensión	22
4.3.1	Descripción de la alternativa	22
4.3.2	Perfil de tensiones	23
4.3.3	Pérdidas Técnicas	23
4.3.4	Parámetros de Evaluación	23
4.3.5	Costos y Beneficios	24
4.3.6	Inversión	24
4.3.7	Evaluación Económica	24
4.4	Instalar Banco de Condensadores Fijos	25
4.4.1	Descripción de la alternativa	25
4.4.2	Perfil de tensiones	25
4.4.3	Pérdidas Técnicas	26
4.4.4	Parámetros de Evaluación	26
4.4.5	Costos y Beneficios	26
4.4.6	Inversión	28
4.4.7	Evaluación Económica	28
4.5	Selección de Alternativas	28

4.5.1	Indicadores económicos	28
4.5.2	Selección de Alternativa	28
<b>CAPITULO V</b>		
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO EN DETALLE</b>		
5.1	Memoria Descriptiva	30
5.1.1	Generalidades	30
5.1.2	Alcances del Proyecto	30
5.1.3	Descripción del Proyecto	32
5.2	Especificaciones Técnicas	32
5.2.1	Especificación Técnica del Banco de Reguladores	32
5.2.2	Especificación Técnica del Interruptor de Recierre	41
5.2.3	Especificación Técnica del Seccionador Bypass	46
5.2.4	Especificación Técnica del Parrarayos	47
5.2.5	Especificación Técnica de Aislafores Híbridos	49
5.2.6	Especificación Técnica de Aislafores Poliméricos	52
5.2.7	Especificación Técnica de Extensores de Línea de Fuga Poliméricos	55
5.3	Cálculo Justificativos	58
5.3.1	Cálculo de la capacidad del regulador	58
5.3.2	Selección del tipo de Banco	59
5.3.3	Selección del rango de regulación	59
5.3.4	Protección contra sobretensiones	60
5.3.5	Protección contra cortacircuitos	60

5.4	Metrado y Presupuesto	61
5.4.1	Metrado	61
5.4.2	Presupuesto	62
5.5	Evaluación Económica del Proyecto	64
5.5.1	Indicadores Económicos	64
5.5.2	Análisis de Sensibilidad	64
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>65</b>
	<b>ANEXOS</b>	
	<b>ANEXO A</b>	
	<b>ESQUEMA UNIFILAR DEL ALIMENTADOR 10KV P-21.</b>	<b>67</b>
	<b>ANEXO B</b>	
	<b>PARAMETROS ELECTRICOS DE CABLES Y CONDUCTORES</b>	<b>68</b>
	<b>ANEXO C</b>	
	<b>REGULACION DE TRANSFORMADORES MT/BT</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXO D</b>	
	<b>FLUJO DE CARGA DE ALTERNATIVAS</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXO E</b>	
	<b>CALCULOS DE COMPENSACION DE CLIENTES</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXO F</b>	
	<b>FLUJOS DE CAJA DE ALTERNATIVAS</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXO G</b>	
	<b>PROYECCION DE LA DEMANDA</b>	<b>87</b>

**ANEXO H**

**APLICACION DE PARARRAYOS TIPO SHUNT**

88

**ANEXO I**

**BANCO DE REGULADORES AUTOMATICOS DE TENSION 10 kV**

89

**BIBLIOGRAFIA**

90

## **PROLOGO**

### **ANTECEDENTES**

El alimentador de distribución primaria 10kV denominado P-21, el cual pertenece a una salida de la Subestación de Transmisión (SET) Santa Rosa, presenta problemas de caída de tensión por debajo de lo permisible. El alimentador atiende a nueve clientes en media tensión y a través de 73 subestaciones de distribución atiende a los clientes de baja tensión, de los cuales el 60% se encuentra con tensiones menores a 9500 voltios, de mediciones efectuadas se tiene que la tensión en máxima demanda la subestación de distribución aérea N° 2106 tiene 9276 voltios.

En la zona afectada por bajo nivel de tensión se encuentran seis clientes regulados de media tensión y las siguientes urbanizaciones: Daniel Alcides Carrión, San Cristobal, Brisas, Bellas Artes, San Hilarión, El Valle, Cerro Angeles, Primavera, Pallan Chacra, Campoy.

Esta zona se encuentra en el limite de la zona de concesión de EDELNOR, debido a esto el alimentador involucrado no cuenta con enlaces auxiliares con los cuales se podría realizar traslados de carga para mejorar la situación actual.

Los bajos niveles de tensión en la zona afectada se encuentran fuera del rango el 51% del período de medición, por lo tanto la energía entregada se considera de mala calidad según lo establece la Norma de Calidad.

Para mejorar el perfil de caída de tensión del alimentador en la zona afectada, se plantea las siguientes alternativas:

- a) Cambio en el nivel de alimentación a 20 kV., que consiste en instalar un transformador de potencia 10/20kV de 7 MVA a la salida de la SET Santa Rosa, adecuar la red para 20kV y cambiar los transformadores de distribución de 10/0.23 por los de 20/0.23 kV.
- b) Construcción de un nuevo alimentador, que consiste en instalar 5300m de red aérea y 1050m de red subterránea.
- c) Instalar un banco de reguladores de tensión , que contempla la colocación de un banco de reguladores de tensión a la salida de la subestación de distribución N° 1010.
- d) Instalar un banco de condensadores, que contempla la colocación de un banco de condensadores de 600 kVAR a la salida de la subestación de distribución N° 1005.

Luego de realizar la evaluación técnica y económica, la alternativa c) resulta ser la más favorable. De la alternativa seleccionada se desarrolla el proyecto en detalle, en el cual se detallan las especificaciones técnicas de los equipos y materiales nuevos involucrados, los cálculos justificativos, así como también el metrado y presupuesto.

### **OBJETIVO Y ALCANCES**

El objetivo del presente proyecto es mejorar la Calidad de Producto de los puntos de entrega ubicados en la zona de influencia del alimentador 10kV, utilizando un banco de reguladores automáticos de tensión.

Con el presente proyecto se consigue mejorar el perfil de tensiones del alimentador afectado, y con el cual se asegura brindar el servicio eléctrico con un nivel de calidad acorde con las exigencias establecidas en la Norma de Calidad de los Servicios Eléctricos.

## **CAPITULO I FUNDAMENTOS LEGALES Y TECNICOS SOBRE LA CALIDAD DEL PRODUCTO**

### **1.1. Requerimientos Legales sobre la Calidad del Producto.**

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos fue publicado en el periódico El Peruano el 11 de octubre de 1997, a partir de esta fecha empieza a regir la norma, el cual se dicta para garantizar a los usuarios un suministro eléctrico confiable, adecuado y oportuno.

La norma es aplicable para los suministros de servicios relacionados con la generación, transmisión, y distribución de la electricidad.

El control de la calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos :

- a) Calidad del Producto
- b) Calidad de Suministro
- c) Calidad de Servicio Comercial
- d) Calidad de Alumbrado Público

Centraremos nuestra atención en lo que respecta a la Calidad del Producto referido a un alimentador de media tensión de una empresa de distribución eléctrica.

La calidad del producto esta referido a tres condiciones de servicio; la tensión, la frecuencia y las perturbaciones en donde estan incluidos los flicker y las tensiones

armónicas. Para nuestro caso sólo requeriremos verificar los indicadores de tensión y las tensiones armónicas, el indicador de la frecuencia no será de nuestro interés ya que éste compete a los generadores, y con respecto a los flickers es necesario realizar un estudio aparte porque es un tema relativamente nuevo para las empresas de distribución.

El ente creado para hacer cumplir y respetar la norma en todas sus etapas es el Organismo Supervisor de Inversión en Energía OSINERG.

La primera etapa es para la adecuación de todas las empresas de servicios a la nueva norma. En la segunda y tercera etapa cualquier transgresión de las tolerancias de los indicadores de calidad dará lugar a compensaciones y/o multas.

## **1.2. Consideraciones Técnicas para la Evaluación de la Calidad del Producto.**

Un equipo esta diseñado para operar con un nivel de tensión adecuado, si la variación de la tensión excede a la tensión máxima del equipo, entonces esto trae como consecuencia la reducción de la vida útil del equipo, el deterioro del mismo y perjuicio para el cliente.

### **1.2.1 Efectos de los bajos niveles de tensión en el equipo.**

A continuación citamos algunos equipos que son afectados por las variaciones del nivel de tensión:

- \* Lámparas Incandescentes: una reducción del 10% en la tensión de servicio implica reducir en 30% la potencia de salida de la lámpara.

- \* Elementos Calefactores: en este grupo se tiene a los equipos tales como calentadores de agua, secadoras de ropa, tostadoras eléctricas, en los cuales si se reduce en 10% la tensión de servicio, se reduce en 9.75% el calor disipado.
- \* Cargas Inductivas: en este grupo se tiene a los motores, ventiladores, equipos de aire acondicionado, bombas de agua, refrigeradoras, congeladoras y máquinas lavadoras, en los cuales una reducción de la tensión de servicio causan sobrecalentamiento y sobrecarga de los motores, acelerando su deterioro.
- \* Equipos Electrónicos: en este grupo se tiene a los televisores, computadoras y equipos de audio. En la televisión una reducción en la tensión causa una pobre imagen. En las computadoras un bajo voltaje trae como consecuencia la inoperatividad del equipo.

### **1.2.2 Beneficios de la Compensación de Tensión**

- \* Beneficios del aumento en el nivel de tensión para cargas puramente resistivos.

A continuación cuantificamos los beneficios para este caso:

$$kW = V * I * fp$$

$$I = V / R$$

$$kW = V^2 / R * fp$$

Asumiendo R y fp constantes, entonces se tiene

$$kW = C * V^2$$

$$\% \Delta kW = (kW_2 - kW_1) / kW_1 * 100\%$$

$$\% \Delta kW = (V_2^2 - V_1^2) / V_1^2 * 100\% \dots (\alpha)$$

Si consideramos un incremento de 5% en la tensión de servicio, entonces se tiene un aumento en la potencia de consumo de 10.25%, para demostrar esto se aplica :

$$(V_2 = 1.05 * V_1) \text{ en } (\alpha)$$

$$\% \Delta kW = ( (1.05 V_1)^2 - (V_1)^2 ) / V_1^2 * 100 = 10.25 \%$$

\* Beneficios por el aumento en el nivel de tensión para cargas mixtas resistivas e inductivas

A continuación cuantificamos los beneficios para este caso:

$$kW = kW_{RESISTIVA} + kW_{INDUCTIVA}$$

$$\% \Delta kW = (\%CARGA_{RES} * \% \Delta kW_{RES} + \%CARGA_{IND} * \% \Delta kW_{IND}) * 100$$

Si consideramos un incremento de 5% en la tensión y 40% de carga resistiva, el incremento en la potencia de consumo es de 4.1%, esto se obtiene de la siguiente relación:

$$\% \Delta kW = (0.40 * 0.1025 + 0.60 * 0) * 100\%$$

$$\% \Delta kW = 4.1 \%$$

## **CAPITULO II**

### **ANTECEDENTES TECNICOS DE LA RED PRIMARIA**

#### **2.1. Máxima Demanda**

Es la mayor carga que se presenta en un período de tiempo. La máxima demanda anual del alimentador correspondiente al año 1997 es de 3377 kVA.

#### **2.2. Caída de Tensión**

Cuando no se cuenta con un programa de flujo de carga, la caída de tensión puede ser calculada con la siguiente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * L * Z, \text{ en voltios}$$

donde:

I = corriente de las cargas alimentadas en el tramo analizado, en amperios.

L = longitud del tramo analizado en metros.

Z =  $R * \cos\phi + X * \sin\phi$  en ohmios/metro

R = resistencia del conductor en ohmios/metro

X = reactancia del conductor en ohmios/metro

$\cos\phi$  = factor de potencia de las cargas alimentadas

Para efectuar el cálculo de caída de tensión se utilizó el programa de flujo de potencia "WINFLU", del cual se obtiene las tensiones en la red troncal en máxima demanda.

Tabla N° 1

Ubicación	Tensión (voltios)	$\Delta V\%$
SET	10200	+2.0%
SE 1173	10070	+0.7%
SE 675	9910	-0.9%
SE 1010	9720	-2.8%
SE 1011	9660	-3.4%
SE 1526	9560	-4.4%
SE 1005	9390	-6.1%

### **2.3. Pérdidas Técnicas**

#### **Pérdidas de Potencia**

Las pérdidas de potencia obtenidas para máxima demanda luego de ejecutar el programa es de 216 kW, para comprobar el resultado se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$\text{Pérdidas en el tramo analizado} = 3 * I_{\text{máx}}^2 * R, \text{ en kW}$$

$$\text{Pérdidas totales} = \sum 3 * I_i^2 * R_i, \text{ en kW}$$

#### **Pérdidas de Energía**

Las pérdidas de energía se calcula de:

$$\text{Pérd. (kWh) diario} = \text{Pérd. (kW)} * f.p.\text{diario} * 24$$

$$\text{Pérd. (kWh) anual} = \text{Pérd. (kW)} * f.p.\text{anual} * 365 * 24$$

donde:

$$f.p_{\text{anual}} = \text{factor de pérdidas anual} = 0.40$$

Las pérdidas de energía anual que se obtiene para un factor de pérdidas es de 756 864 kWh

#### **2.4. Capacidad Instalada**

La capacidad instalada del alimentador se dará por tramos, los cuales constituyen la red troncal, es decir entre subestaciones convencionales.

Tabla N° 2

Tramo	Sección Crítica	Capacidad (kVA)
1° tramo	120 mm <sup>2</sup> NKY	4382
2° tramo	120 mm <sup>2</sup> NKY	4382
3° tramo	120 mm <sup>2</sup> NKY	4382
4° tramo	120 mm <sup>2</sup> NKY	4382
5° tramo	70 mm <sup>2</sup> NKY	3290

#### **2.5. Factor de Utilización**

El factor de utilización (f.u.) se calcula de:

$$f.u. = \text{Demanda Máxima} / \text{Capacidad Instalada}$$

Tabla N° 3

Tramo	Capacidad (kVA)	Dem. Maz (kVA)	f.u.
1° tramo	4382	3464	0.79

2° tramo	4382	3117	0.71
3° tramo	4382	3031	0.69
4° tramo	4382	2335	0.53
5° tramo	3290	1540	0.47

## **2.6. Indicadores de Calidad del Producto**

Para el caso analizado se considera tres indicadores importantes que son los más relevantes en un alimentador de distribución primaria según la nueva Norma Técnica de Calidad de los Servicios.

\* Indicador de Duración del Tiempo Fuera del Rango Admisible (DTFRA), esta definido como:

$$\text{DTFRA} = \text{Tiempo total fuera del rango} / \text{Tiempo total de medición}$$

De los registros efectuados durante una semana, se contabilizó 85 horas en que la tensión estuvo fuera del rango admisible, entonces el indicador será:

$$\text{DTFRA} = 85 / 168 = 0.505 \text{ (50.58\%)}$$

Según este indicador el alimentador tiene problemas, ya que sólo esta permitido tener como máximo el 3%.

\* Indicador de Tensión Fuera del Rango Admisible (TFRA), esta definido como:

$$\text{TFRA} = \Delta V_k(\%) = (V_k - V_n) / V_n * 100\%$$

Donde:

$V_k$  : Es el valor medio eficaz (RMS) medido en el punto de entrega durante un intervalo de medición (15 minutos) expresada en voltios.

$V_n$  : Es la tensión nominal del punto de entrega expresada en voltios.

Los registros obtenidos en barras de 10kV de la SE 1005 el día 12 de Noviembre de 1997 a partir de las 14 horas es como sigue:

Tabla N° 4

Hora	Tensión	$ \Delta V\% $
14:00	9377	6.23%
14:15	9286	7.14%
14:30	9228	7.72%
14:45	9241	7.59%

De los resultados obtenidos se puede concluir que se tiene problemas en el punto de entrega por este indicador, ya que los porcentajes son mayores al 5%.

\* Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD), está definido como:

$$\text{THD} = ( \sqrt{\sum_{y=2} (v_i^2 / v_n^2)} ) * 100 \%$$

Donde:

$V_i$  : Es el valor eficaz (RMS) de la tensión armónica “i” (para  $i = 2..40$ ) expresada en voltios.

$V_n$  : Es la tensión nominal del punto de medición expresada en voltios.

Para este caso se realizó mediciones en el alimentador, de estos datos se tiene que el máximo THD registrado es de 2.8% menor que lo exigido, de lo cual se concluye que no se tiene problemas por este indicador.

## **CAPITULO III**

### **CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES DE LA RED PRIMARIA**

#### **3.1. Esquema de la Red de Distribución**

El alimentador P-21 esta compuesta por redes troncales y redes laterales, los cuales se ilustra en un esquema eléctrico unifilar, en donde se señalan las distancias, secciones, tipos de cables subterráneos y conductores aéreos. Además se muestran los diferentes tipos de subestaciones de distribución que existen en las redes primarias de Edelnor (ver anexo A).

#### **3.2. Sistema de Protección**

La redes de distribución en 10 kV actualmente está protegida de la siguiente manera:

- Alimentadores Troncales:

1° tramo: con relé de distancia direccional

2° tramo: con relés primarios de máxima corriente

3° tramo: con relés primarios de máxima corriente

4° tramo: con relés primarios de máxima corriente

- Alimentadores Laterales subterráneos: con fusibles limitadores de corriente

- Alimentadores Laterales aéreos: con fusibles de expulsión tipo “K” ANSI.

- Enlace auxiliar: con relés primarios de máxima corriente.

La selectividad de la protección en todo el alimentador se realiza por el método de discriminación por tiempo.

### **3.3. Características del Sistema de Distribución**

Edelnor cuenta con un sistema de distribución de media tensión de tres conductores con el neutro aislado con las siguientes características de operación:

- Tensión nominal del sistema : 10 kV
- Tensión máxima de operación : 10.5 kV
- Tensión máxima del equipo : 12 kV
- Frecuencia nominal del sistema : 60 Hz

### **3.4. Características de la Red**

La red del alimentador P-21 tiene instalado 6790 m de red subterránea y 16655 m de red aérea, por lo cual el alimentador es el más extenso en la zona de influencia de la SET Santa Rosa.

Las características eléctricas de los diferentes cables subterráneos y conductores aéreos existentes en la red de distribución se dan en la tabla del anexo B.

### **3.5. Capacidad Instalada de Transformadores MT/BT**

El alimentador P-21 cuenta con 72 subestaciones de distribución, y esta conformado por cinco tipos de subestaciones tales como:

- Subestación convencional de superficie
- Subestación compacta pedestal
- Subestación compacta subterránea
- Subestación aérea biposte

- Subestación aérea monoposte

La suma total de las potencia nominales de los transformadores instalados es de 7910 KVA.

Las potencias normalizadas de transformadores trifásicos que se utilizan son las siguientes: 100, 160, 250, 400, 640 KVA.

Las características eléctricas principales son:

- Tipo : Trifásico
- Relación de transformación en vacío :10000/230 V
- Frecuencia :60 Hz
- Número de bornes terminales en el  
primario : 3
- Número de bornes terminales en el  
secundario : 4
- Conexión en el lado primario : Triángulo
- Conexión en el lado secundario : Estrella
- Grupo de conexión : Dy5

Las regulaciones que tienen los diferentes tipos de transformadores se dan en la tabla del anexo C.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS TÉCNICO-ECONOMICO DE ALTERNATIVAS PARA EL LOGRO DEL OBJETIVO**

#### **4.1. Elevar el nivel de tensión de distribución a 20 KV.**

##### **4.1.1 Descripción de la alternativa.**

La alternativa contempla instalar un transformador de potencia 10/20 KV de 5 MVA a la salida de la SET Santa Rosa, equipar una celda de salida de 20 KV, adecuar las líneas aéreas para 20 KV, reemplazar los cables subterráneos de 10 KV. por cables de 20 KV, cambiar los transformadores de 10/0.23 KV. por nuevos transformadores de 20/0.23 KV. y adecuar las conexiones de los nueve clientes que se alimentan en media tensión.

##### **4.1.2 Perfil de Tensiones.**

Las tensiones que se obtiene luego de realizar flujo de carga en el circuito de 20kV (ver anexo D).

Tabla N° 5

Ubicación	Tensión (voltios)	$\Delta V\%$
SE 1173	19940	0.30%
SE 675	19850	0.75%
SE 1010	19760	1.20%

SE 1011	19730	1.35%
SE 1526	19680	1.60%
SE 1005	19590	2.05%

#### **4.1.3 Pérdidas Técnicas.**

Las pérdidas técnicas en situación actual es de 216 kW, considerando que los parámetros eléctricos de las cables subterráneos se mantiene constante, entonces las pérdidas de potencia y energía en 20 KV obtenidas mediante flujo de carga, son 54 kW y 189216 kWh respectivamente.

#### **4.1.4 Parámetros de Evaluación.**

- Horizonte de Evaluación: 10 años
- Vida Util (redes): 15 años
- Depreciación : Lineal en cinco años
- Moneda : Dólares americanos
- Tipo de cambio : 2.75

#### **4.1.5 Costos y Beneficios.**

##### **Costo de Mantenimiento**

costo de mantenimiento = 2.5% del monto de inversión

##### **Beneficios por Reducción de las Pérdidas**

costo energía =  $A * B * 8760 * C / 1000$  (MUS\$)

costo potencia =  $A * 12 * D / 1000$  (MUS\$)

donde:

A = Ahorro de Pérdidas de potencia (kW) = 162

B = Factor de pérdidas = 0.4

C = costo de energía = 0.0379 US\$ / kWh

D = costo de potencia = 7.19 US\$ / kW

Con las fórmulas dadas se cuantifican los costos de las pérdidas técnicas totales anuales.

La proyección de los ingresos se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Ingresos}_1 = \text{Ingersos}_0 * (1 + \alpha)^2$$

Donde  $\alpha$  es la tasa de crecimiento.

### **Beneficios por Recupero de Transformadores 10/0.23 kV**

Los transformadores que serán reemplazados tiene un valor de recupero, ya que éstos pueden ser vendidos o utilizados nuevamente en otras redes de distribución.

### **Beneficios por Incremento de Tensión**

El elevar la tensión hasta el rango permisible, trae consigo ingresos por mayor facturación de los clientes residenciales, esto se debe a que se considera que del total de las cargas conectadas el 70% son resistivas. La ganancia de tensión es de 420 voltios para una carga de 110 A.

### **Beneficios por Calidad de Producto**

Para realizar el cálculo de compensación por mala calidad del producto, primero se debe realizar mediciones en el punto de la red a partir del cual se tiene tensiones menores a 9500 voltios, el punto se obtiene del perfil de tensiones del alimentador, en este caso se eligió la subestación de distribución N° 1005. Las mediciones

registradas y los cálculos para obtener el monto de compensación se muestran en el anexo E.

Los montos a ser compensados por mala calidad de producto correspondientes al año 1999 es de US\$ 44109, ya que esta comprendido dentro de la segunda etapa, el cual rige a partir del mes de abril de 1999 hasta el mes de setiembre de 2000.

#### **4.1.6 Inversión.**

- Adecuación de redes aéreas	26959
- Instalar cable subterráneo 20 kV.	612000
- costo de transformadores 20/0.23 kV	246240
- costo de transformador de potencia	50000
- costo de celda de maniobra y protección	20000
- recupero de transformadfores 10/0.23	-179136
- monto total de inversión US\$	776063

#### **4.1.7 Evaluación Económica.**

A continuación se presenta el cuadro resumen del flujo de fondos para la alternativa propuesta (ver anexo F).

Tabla N° 6

Tasa	8%	12%	14%	17%	20%	25%
VAN	-344.5	-399.9	-423.1	-453.6	-479.6	-515.4
TIR	-6%					

## **4.2. Instalar un nuevo alimentador 10 KV.**

### **4.2.1 Descripción de la alternativa.**

Construir un nuevo alimentador 10 kV desde la SET Santa Rosa hasta la subestación de distribución N° 1005, instalando 1150m de cable subterráneo 240mm<sup>2</sup> N2XSY, 5300m de línea aérea 240mm<sup>2</sup>.

Equipar una celda de salida 10kV de la SET Santa Rosa con equipos de maniobra, protección y medida.

### **4.2.2 Perfil de Tensiones.**

Las tensiones que se obtiene luego de realizar flujo de carga en el circuito modificado de 10kV (ver anexo D).

Tabla N° 7

Ubicación	Tensión (voltios)	$ \Delta V\% $
SE 1173	10140	1.4%
SE 675	10050	0.5%
SE 1010	9970	0.3%
SE 1011	9950	0.5%
SE 1526	9930	0.7%
SE 1005	9890	1.1%

### **4.2.3 Pérdidas Técnicas.**

Las pérdidas totales de potencia que se obtienen luego de efectuar la reforma planteada es de 76 kW y las pérdidas de energía es de 266304 kWh.

#### **4.2.4 Parámetros de Evaluación.**

- Horizonte de Evaluación: 10 años
- Vida Util (redes): 15 años
- Depreciación : Lineal en cinco años
- Moneda : Dólares americanos
- Tipo de cambio : 2.75

#### **4.2.5 Costos y Beneficios.**

##### **Costo de Mantenimiento**

costo de mantenimiento = 2.5% del monto de inversión

##### **Beneficios por Reducción de las Pérdidas**

$$\text{costo energía} = A * B * 8760 * C / 1000 \text{ (MUS\$)}$$

$$\text{costo potencia} = A * 12 * D / 1000 \text{ (MUS\$)}$$

donde:

A = Ahorro de Pérdidas de potencia (kW) = 140

B = Factor de pérdidas = 0.4

C = costo de energía = 0.0379 US\$ / kWh

D = costo de potencia = 7.19 US\$ / kW

Con las fórmulas dadas se cuantifican los costos de las pérdidas técnicas totales anuales.

##### **Beneficios por Incremento de Tensión**

El elevar la tensión hasta el rango permisible, trae consigo ingresos por mayor facturación de los clientes residenciales, esto se debe a que se considera que del total de las cargas conectadas el 70% son resistivas. La ganancia de tensión es de 520 voltios para una carga de 110 A.

### **Beneficios por Calidad de Producto**

Los beneficios para esta alternativa se considera el mismo monto calculado en la primera alternativa.

#### **4.2.6 Inversión.**

- Instalar 5300m de redes aéreas	144000
- Instalar 1050m de red subterránea	126000
- Equipar celda 10 kV	50000
- monto total de inversión US\$	320000

#### **4.2.7 Evaluación Económica.**

A continuación se presenta el cuadro resumen del flujo de fondos para la alternativa "B" (ver anexo F).

Tabla N° 8

Tasa	8%	12%	14%	17%	20%	25%
VAN	-13.2	-55.7	-73.3	-96.1	-115.5	-141.7
TIR	7%					

### **4.3 Instalar Banco de Reguladores Automáticos de Tensión.**

#### **4.3.1 Descripción de la alternativa.**

Esta alternativa contempla la colocación de un banco de reguladores automático de tensión a la salida de la subestación de distribución N° 1010.

#### **4.3.2 Perfil de tensiones.**

Las tensiones que se obtiene luego de realizar flujo de carga con el regulador de 10kV (ver anexo D).

Tabla N° 9

Ubicación	Tensión (voltios)	$ \Delta V\% $
SE 1173	10070	0.7%
SE 675	9910	0.9%
SE 1010	9720	2.8%
SE 1011	10130	1.3%
SE 1526	10030	0.3%
SE 1005	9870	1.3%

#### **4.3.3 Pérdidas Técnicas.**

Las pérdidas técnicas no se reducen significativamente para esta alternativa, por lo que se considera las mismas pérdidas calculadas en el alimentador en situación sin proyecto.

#### **4.3.4 Parámetros de Evaluación.**

- Horizonte de Evaluación: 10 años
- Vida Util (equipo): 10 años

- Depreciación : Lineal en cinco años
- Moneda : Dólares americanos
- Tipo de cambio : 2.75

#### **4.3.5 Costos y Beneficios.**

##### **Costo de Mantenimiento**

costo de mantenimiento = 2.5% del monto de inversión

##### **Beneficios por Reducción de las Pérdidas**

Debido a que las pérdidas se mantienen constantes, para este caso no se tiene ingresos por reducción de pérdidas.

##### **Beneficios por Incremento de Tensión**

El elevar la tensión hasta el rango permisible, trae consigo ingresos por mayor facturación de los clientes residenciales, esto se debe a que se considera que del total de las cargas conectadas el 70% son resistivas. La ganancia de tensión es de 490 voltios para una carga de 160 A.

##### **Beneficios por Calidad de Producto**

Los beneficios para esta alternativa se considera el mismo monto calculado en la primera alternativa.

#### **4.3.6 Inversión.**

- costo del banco de reguladores	65000
- costo del interruptor aéreo	15000
- monto total de inversión US\$	80000

#### **4.3.7 Evaluación Económica**

A continuación se presenta el cuadro resumen del flujo de fondos para la alternativa propuesta.

Tabla N° 10

Tasa	8%	12%	14%	17%	20%	25%
VAN	38.4	23.4	17.2	9.1	2.3	-7.1
TIR	21%					

#### **4.4 Instalar Banco de Condensadores Fijos.**

##### **4.4.1 Descripción de la alternativa.**

Esta alternativa contempla instalar un banco de condensadores tipo shunt del tipo fijo de 600 kVAR, la instalación se hace en la red troncal a inmediaciones de la subestación de distribución N° 1005. El cual es considerado el centro de carga del alimentador, debido a que desde este punto se atiende a los clientes de MT.

##### **4.4.2 Perfil de tensiones.**

Las tensiones que se obtiene luego de realizar flujo de carga con el condensador de 10kV (ver anexo D).

Tabla N° 11

Ubicación	Tensión (voltios)	$ \Delta V\% $
SE 1173	10090	0.9%
SE 675	9940	0.6%
SE 1010	9770	2.3%

SE 1011	9720	2.8%
SE 1526	9630	3.7%
SE 1005	9490	6.1%

#### **4.4.3 Pérdidas Técnicas.**

Las pérdidas totales de potencia que se obtienen luego de instalar el banco de condensadores es de 196 kW y las pérdidas de energía anual es de 686784 kWh.

#### **4.4.4 Parámetros de Evaluación.**

- Horizonte de Evaluación: 10 años
- Vida Util (equipo): 10 años
- Depreciación : Lineal en cinco años
- Moneda : Dólares americanos
- Tipo de cambio : 2.75

#### **4.4.5 Costos y Beneficios**

##### **Costo de Mantenimiento**

costo de mantenimiento = 2.5% del monto de inversión

##### **Costo por Calidad de Producto**

En esta alternativa se tiene que realizar el pago de compensación por calidad de producto, porque la tensión obtenida en la subestación N° 1005 es menor a 9500 voltios, y los clientes afectados tienen su punto de entrega en dicha subestación.

##### **Beneficios por Reducción de las Pérdidas**

costo energía =  $A * B * 8760 * C / 1000$  (MUS\$)

$$\text{costo potencia} = A * 12 * D / 1000 \text{ (MUS\$)}$$

donde:

A = Ahorro de Pérdidas de potencia (kW) = 20

B = Factor de pérdidas = 0.4

C = costo de energía = 0.0379 US\$ / kWh

D = costo de potencia = 7.19 US\$ / kW

Con las fórmulas dadas se cuantifican los costos de las pérdidas técnicas totales anuales.

### **Beneficios por Incremento de Tensión**

El elevar la tensión hasta el rango permisible, trae consigo ingresos por mayor facturación de los clientes residenciales, esto se debe a que se considera que del total de las cargas conectadas el 70% son resistivas. La ganancia de tensión es de 110 voltios para una carga de 110 A.

### **Beneficios por Menor Consumo de Energía Reactiva**

El consumo de energía reactiva desde las 10 a 12 horas, 18 a 23 horas con factor de potencia menor a 0.93, la empresa de distribución tiene que realizar el pago por el consumo de energía reactiva, ya que el factor de potencia que se registra esta en orden de 0.88 a 0.90. Los condensadores permite consumir menos energía reactiva, lo que equivale a tener un ahorro en el pago a los generadores.

La potencia del banco de condensadores será de 600 kVAR, el ahorro de energía reactiva anual es de 1533 MVARh. El costo de potencia reactiva es de 0.39 ctv.US\$/kVARh, con este valor se cuantifica el ahorro anual que es de US\$ 5978.

#### **4.4.6 Inversión.**

- Costo banco de condensadores 600 kVAR	5000
- monto total de inversión US\$	5000

#### **4.4.7 Evaluación Económica.**

A continuación se presenta el cuadro resumen del flujo de fondos para la alternativa "D".

Tabla N° 12

Tasa	8%	12%	14%	17%	20%	25%
VAN	31.1	21.7	18.0	13.3	9.4	4.4
TIR	31%					

### **4.5. Selección de Alternativas**

#### **4.5.1 Indicadores económicos.**

Los cuadros de flujo de caja para cada alternativa considerada se muestran en el anexo F, los indicadores económicos obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla N° 13

	Alter. "A"	Alter. "B"	Alter. "C"	Alter. "D"
VAN (14%)	-423.1	-73.3	17.2	18.0
TIR	-6%	7%	21%	31%

#### **4.5.2 Selección de Alternativa.**

Los indicadores económicos que se consideran para la selección son el VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

Para que un proyecto por mejora sea rentable para la empresa de distribución, en este caso Edelnor S.A., la tasa interna de retorno deberá ser mayor a 14%.

La alternativa "D" queda descartada ya que no cumple con el objetivo, que es de mejorar la calidad de producto en todo el alimentador P-21, aunque sea altamente rentable.

De las tres alternativas restantes, la alternativa "C" resulta ser la más rentable económicamente y técnicamente cumple con lo exigido, por lo que se recomienda su ejecución en el más breve plazo.

## **CAPITULO V DESARROLLO DEL PROYECTO EN DETALLE**

### **5.1. Memoria Descriptiva**

#### **5.1.1 Generalidades.**

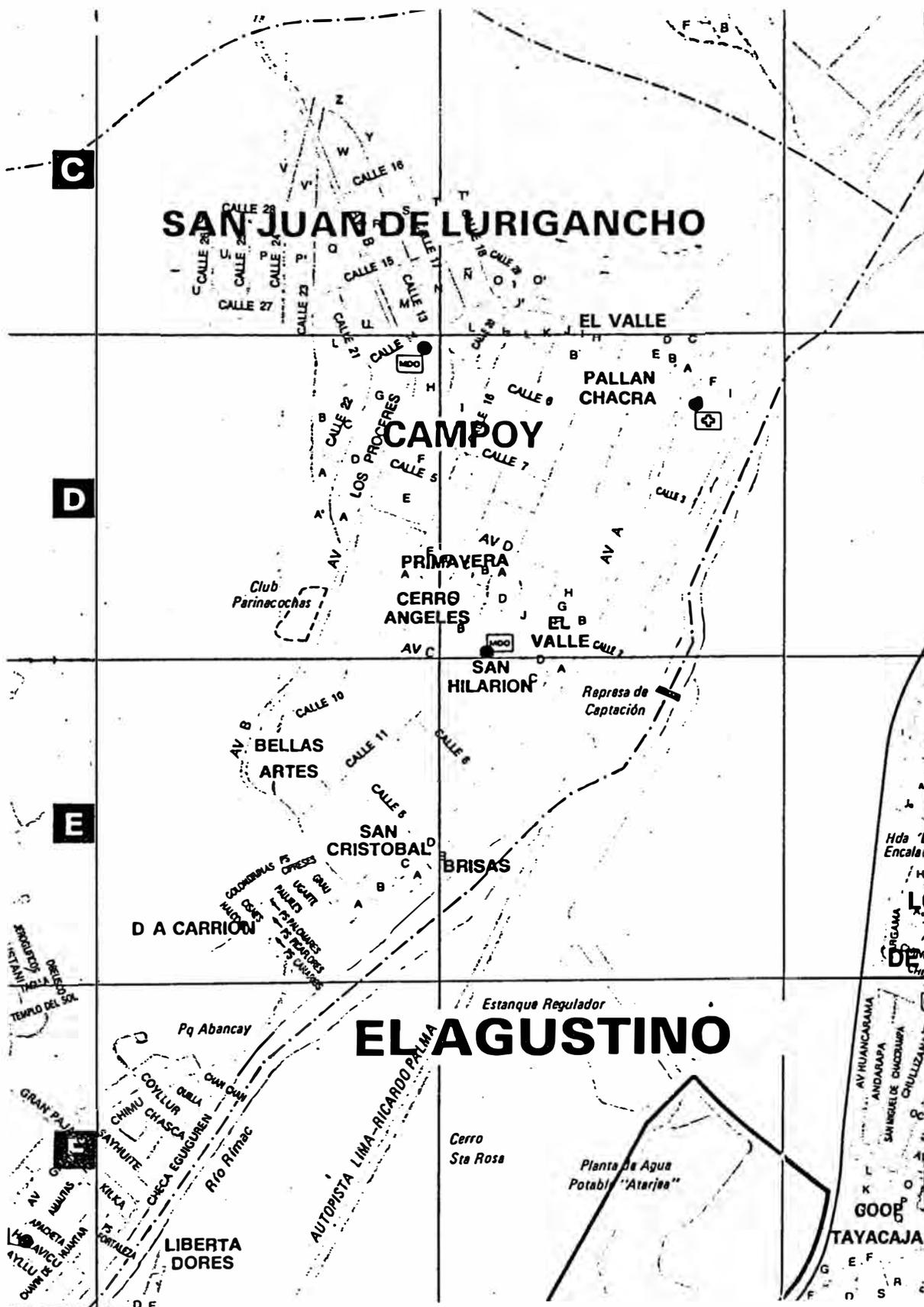
La Empresa de Distribución Eléctrica Lima Norte S.A. (EDELNOR S.A.) por intermedio del Comité Técnico y de Inversiones dió por aprobado el proyecto de instalar el banco de reguladores en el alimentador P-21, y encargó a la Sección Proyectos de Distribución Primaria para que realice el proyecto de detalle, adquisición de los equipos y su puesta en servicio.

El proyecto ha sido elaborado con base a la Ley de Concesiones Eléctricas, la Norma “Elaboración y Aprobación de Proyectos de Sub-Sistemas de Distribución Primaria a carga de las Empresas Regionales de Servicio Público de Electricidad” del Ministerio de Energía y Minas, el Código Nacional de Electricidad - Tomo IV, utilizando además los criterios técnicos y de ingeniería.

#### **5.1.2 Alcances del Proyecto.**

El presente proyecto comprende el diseño y montaje de un banco de reguladores en el alimentador P-21, que en la actualidad presenta problemas de caída de tensión mayores a lo permisible por la Norma de Calidad. La zona involucrada se muestra en el siguiente plano de ubicación.

Plano de Ubicación de la Zona del Proyecto



La demanda máxima esperada para el año 2008 en el alimentador P-21 es de 4330 KVA (ver anexo G).

### **5.1.3 Descripción del Proyecto.**

#### **a) Banco de Reguladores**

Será de tipo aéreo, formado por tres unidades monofásicas y para su conexión a la red troncal se utilizarán conductores de aleación de aluminio de 120 mm<sup>2</sup> de sección transversal.

La red primaria aérea será alimentada en 10 kV, 60 Hz, trifásica de tres hilos. Los soportes previstos serán cuatro postes de concreto armado centrifugado de 13/400, con seis plataformas y tres palomilla dobles formarán la estructura de concreto armado.

La disposición de los conductores en los soportes será del tipo triangular.

#### **a) Interruptor de Recierre Automático**

Será de tipo aéreo y para su conexión a la red troncal se utilizarán conductores NYY de 120 mm<sup>2</sup> de sección transversal.

La red primaria aérea será alimentada en 10 kV, 60 Hz, trifásica de tres hilos.

Los soportes previstos serán un poste de concreto armado centrifugado de 13/400, con su respectiva abrazadera.

La disposición de los conductores en el soporte será del tipo triangular.

## **5.2. Especificaciones Técnicas**

### **5.2.1 Especificación Técnica del Banco de Reguladores.**

#### **Introducción**

Los reguladores automáticos de tensión 10 kV están previstos para usarse en alimentadores troncales de distribución primaria con problemas de excesiva caída de tensión, es decir si, la tensión en condiciones de operación normal y en horas de máxima demanda, es inferior a 9.5 kV.

Los reguladores descritos son monofásicos para ser instalados en banco de tres unidades conectadas en delta o en banco de dos unidades conectadas en delta abierto.

### **Normas de Fabricación y Pruebas**

Los reguladores automáticos de tensión 10 kV, deben cumplir con las siguientes normas:

- \* Norma ANSI ( American National Standard Institute ) - publicación C57.15-1986 (Step-Voltage and Induction-Voltage Regulators) que se refiere a reguladores sumergidos en aceite que operan a la intemperie. El voltaje del consumo será regulado mediante derivaciones (taps) ubicados en el enrollado en serie.

### **Condiciones de Servicio**

#### **\* Condiciones Ambientales.**

Los reguladores automáticos de tensión 10 kV, serán instalados a la intemperie, en zonas de severa contaminación salina e industrial, de neblina y carente de lluvias, con las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura ambiente : 5 a 35 °C
- Humedad relativa : 70 a 100 %
- Altura máxima sobre el nivel del mar : 1 000m

#### **\* Condiciones de Operación.**

Los reguladores automáticos de tensión 10 kV, serán utilizados exclusivamente en alimentadores trocales de distribución primaria con problemas de excesiva caída de tensión, trifásicos, de tres conductores con el neutro aislado, y con las siguientes características de operación.

- Tensión nominal : 10 kV
- Tensión mínima del sistema : 9.5 kV
- Tensión máxima del sistema : 10.5 kV
- Frecuencia nominal : 60 Hz

\* Descripción de la instalación del banco de reguladores monofásicos de tensión

El banco de reguladores automáticos será instalado sobre una estructura especial de concreto, y estará ubicado aproximadamente a una altura de 5m del nivel del suelo.

Se considera en la presente especificación reguladores de 32 pasos.

### **Características Técnicas**

Regulador de tensión de 32 pasos

### **Características Eléctricas**

- Tensión nominal de operación (  $V_n$  ) : 10 kV
- Tensión de aislamiento : 15 kV
- Nivel básico de aislamiento : 95 kV
- Frecuencia nominal : 60 Hz
- Porcentaje de regulación : +/- 10 %  $V_n$
- Número derivaciones para regulación : 32

- Corriente nominal ( $I_n$ ) a  $\pm 10\%$  de regulación : 200 A
- Capacidad nominal de cortocircuito durante 2 segundos : 40  $I_n$
- Número de terminales por cada unidad (1 entrada, 1 común y 1 salida) : 3
- Clase de precisión del transformador de corriente de medida : 1.0
- Clase de precisión del regulador automático de tensión 10kV : 1.0
- Tipo de montaje : Exterior
- Tipo de enfriamiento : ONAN
- Aisladores : Poliméricos
- Línea de fuga : 520mm
- Asilamiento interior : Aceite
- Sobre-elevación de temperatura promedio en devanados : 65 °C
- Sobre-elevación de temperatura del aceite en la parte superior del tanque : 60 °C
- Características de terminales : 2-12 Stud
- Características del Tanque : Sellado y lleno de aceite
- Número de motores monofásicos para

- cada mecanismo de conmutación : 1
- Número de maniobras antes de la  
inspección de contactos en los  
mecanismos de conmutación : 150 000
- Número de maniobras antes del  
cambio del aceite : 1 000 000

### **Componentes del regulador**

#### **Terminales**

Pueden ser de perno de argolla de pasador roscado o de plancha. Estos deben ser bimetálicos para conductores de sección de 33 mm<sup>2</sup> hasta 240 mm<sup>2</sup> de cobre o aluminio, y resistentes a un ambiente altamente corrosivo.

#### **Pararrayos en serie**

Es del tipo polimérico y está montado externamente. Protege el devanado serie contra esfuerzos anormales producidos por rayos y por cambios súbitos de voltaje durante la operación de los interruptores. Tendrá una línea de fuga similar a los aisladores del regulador.

#### **Aisladores**

Preferiblemente poliméricos resistente a ambientes altamente corrosivos. actos vandálicos y libres de mantenimiento.

#### **Orificio de inspección**

Provee un acceso conveniente al interior del tanque para trabajos de amntenimiento y para grandes correcciones en la relación de voltaje en el cambiador de derivaciones.

### **Tapa del tanque**

Con empaquetadura nitrogenada para sellaje positivo a prueba de humedad. La totalidad del montaje interior estará empernado con seguridad a la tapa, para una inspección conveniente del montaje, y para una comprobación visual durante la operación del regulador. No debe haber esfuerzos mecánicos entre el montaje del núcleo y la bobina.

### **Indicador de Posición**

Permite determinar fácilmente la posición del cambiador de derivaciones (números grandes; escala con 16 graduaciones a cada lado del cero), con manecillas de frenado, fáciles de reajustar, que indiquen el rango máximo de operación del regulador.

### **Asas de levantamiento**

Proveen resistencia mecánica adecuada para levantar el regulador completo

### **Características de amperios adicionales (no visible)**

Interruptores limitadores (para aumentar o disminuir), con ajuste externo y con escalas individuales graduadas en pasos de 1-1/4 % para valores de regulación entre 5 y 10 %, permiten aumentar la capacidad de corriente. Para aumentar la capacidad del regulador hasta el 160% de la carga especificada (con regulación reducida)

simplemente se altera el rango de los interruptores limitadores. Para capacidades específicas de amperios adicionales debe verse la placa de identificación.

### **Transformador de corriente**

Es del tipo toroidal. Refleja las variaciones de corriente de línea en el circuito compensador de caída de voltaje, y en el medidor de demanda en amperios cuando este se usa.

### **Radiadores tipo placa**

Aseguran la transferencia efectiva de calor del regulador.

### **Núcleo y bobina**

- Núcleo.- Se construirá con planchas de hierro silicoso de grano orientado, no deberán presentar deformaciones, rebabas ni oxidaciones.

Bobina.- El conductor será de cobre, de por lo menos 99.8 % de pureza.

### **Placa de identificación de acero inoxidable**

Muestra los datos completos de la clasificación. Los diagramas esquemáticos de ambos tipos de conexión (subida y bajada) vendrán indicados en cada placa. Un pasador móvil indicará el tipo de conexión que se usa.

### **Tanque sellado**

De acero laminado en caliente. de espesor adecuado resistente a la corrosión. No habrá flujo de aire a través del montaje, lo que reduce a un mínimo la sedimentación y oxidación del aceite mientras mantiene la eficiencia en el enfriamiento.

### **Bases**

La base o fondo del regulador debe estar provista de dos canales para montar el regulador en vigas porta transformadores.

### **Características del control automático de tensión**

La compensación en el control electrónico por caída de tensión en la línea, simula la impedancia de línea de forma tal que el regulador de tensión puede instalarse en el punto más conveniente de un sistema de distribución

Circuitos de estado sólido con microprocesador aseguren una regulación de voltaje con una exactitud óptima, los parámetros del regulador podrán ajustarse con exactitud por control digital. Todas las perillas de control estarán provistas de un ajuste de cierre. Un gabinete a prueba de intemperie (el cual puede montarse en el regulador o lejos del regulador) debe acomodar los accesorios.

- Limitador de voltaje
- Control de reducción de voltaje
- Medidor de demanda en amperios
- Voltímetro

El control electrónico debe contar con lo siguiente:

- Gabinete y panel de control
- Nivel de tensión
- Interruptor de control
- Interruptor interno/externo
- Contador de operaciones
- Relé sensor de tensión

- Compensador de caída de tensión en la reactancia de la línea (ajuste de precisión).
- Compensador de caída de tensión en la resistencia de la línea.
- Control del compensador de caída de voltaje en la línea (control de los voltajes de reactancia y resistencia)
- Relé retardador de tiempo
- Control y protección de cada uno de los tres motores monofásicos
- Terminales para potencia externa
- Terminales del voltímetro
- Conmutador manual y automático de las 32 derivaciones para regulación

#### **Accesorios Adicionales del regulador**

- Válvula para evitar la deformación del tanque por sobrepresión interna (sin alarma)
- Válvula para drenaje de aceite.
- Indicador de nivel de aceite (orientado teniendo en cuenta instalación)
- Borne para puesta a tierra a tanque
- La placa con datos características y diagrama de conexión: Deberá contener por lo menos la siguiente información:
  - \* La palabra regulador
  - \* Capacidad de paso en amperios (A)
  - \* Voltaje de alimentación
  - \* % de regulación de voltaje
  - \* Impedancia en %
  - \* Peso total con aceite, en Kg

- \* N° de serie
- \* Marca de fábrica
- \* Cantidad de aceite en litros
- \* Año de fabricación
- \* Indicador de posición de tomas
- \* Contador del número de maniobras
- \* Termómetro indicador de la temperatura del aceite en la parte superior del tanque  
(sin alarma)
- \* Dos ganchos u orejas para izamiento, ubicados de tal forma que no queden  
alineados con los aisladores

### **5.2.2 Especificación Técnica del Interruptor de Recierre.**

#### **Introducción**

Establece las características técnicas que deben cumplir los interruptores de recierre automático (reclosers), que serán utilizados en el sistema de distribución aérea de energía eléctrica de media tensión 10 kV, del area de concesión de EDELNOR S.A.

#### **Normas de Fabricación y Pruebas**

Los equipos deben cumplir con las siguientes normas:

- ANSI/IEEE C37.60-1989 : Requerimientos de utilización de los interruptores de recierre automático.
- ANSI/IEEE C37.61-1973 : Guía de aplicación, operación y mantenimiento de interruptores de recierre automático.

- ANSI/IEEE C37.100-1981 : Definiciones sobre interruptores de potencia.
- IEEE N° 80EH0157-8-PWR : Aplicación, coordinación de los reclosers, seccionalizadores y fusibles.

### **Condiciones de Servicio**

\* Condiciones Ambientales.- El área de concesión de Edelnor se caracteriza por tener zonas de severa contaminación salina e industrial, de neblina y carente de lluvias, con las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura ambiente : 5 a 30 °C
- Humedad relativa : 70 a 100 %
- Altura máxima sobre el nivel del mar : 1 000m

\* Condiciones de Operación.- Los equipos serán usados en un sistema de distribución de media tensión de tres conductores con el neutro aislado y con las siguientes características de operación.

- Tensión nominal : 10 kV
- Tensión máxima de operación : 10.5 kV
- Regulación de tensión máximo : 5%
- Tiempo máximo de despeje de falla : 5%
- Frecuencia nominal : 60 Hz

### **Características Técnicas del Interruptor de Recierre Automático de 10 kV (Reclosers)**

Características Eléctricas.

- Número de fases : 3

- Corriente nominal continua : 560 A
- Tipo de control : Relé microprocesador
- Medio de interrupción : Vacío
- Corriente de cortocircuito  
simétrica : 12 kA
- Nivel básico de aislamiento (BIL) : 95 kV
- Longitud mínima de línea de fuga  
de los aisladores : 520 mm
- Número de operaciones de recierre : 4 disparos, 3 recierres
- Tensión de descarga, en húmedo 60 Hz,  
durante 10 s : 45 kV
- Radio interferencia 100 kHz, 9.41 kV : 100  $\mu$ V
- Tolerancia de operación solenoide  
de cierre de alta tensión :  $\pm 10$

### **Características de Diseño y Construcción**

Diseñado para montaje exterior en estructuras aéreas, de líneas aéreas de distribución.

- Previsto para apertura con carga, con ayuda de pértiga, para lo cual deberá estar equipado con cuernos o ganchos apropiados.
- Con indicador de posición (abierto/cerrado), visible desde la superficie del suelo.

El tanque del interruptor deberá ser completamente sellado y deberá ser de un material resistente a la fuerte corrosión salina, preferentemente de aluminio.

- El sistema de montaje será con abrazadera para instalación en postes de madera ó concreto. Deberá ser ajustable y de un material resistente a la fuerte corrosión salina.
- Los bornes de conexión deberán ser de bronce, galvanizado con un espesor mínimo de 80 micrones.
- El interruptor deberá contar con una caja de control ubicada a una distancia adecuada, para permitir su acceso con el equipo de servicio.

Esta caja deberá contar con:

- \* El sistema de protección y control (relé microprocesador), con conexión tipo RS232 para comunicación con una PC.
  - \* La fuente de alimentación del relé y del mecanismo de mando del interruptor.
  - \* Un interruptor de local/distancia.
- El sistema de protección y de control (relé controlado por microprocesador) deberá contar con:
- \* Panel de señalización de estados
  - \* Control e indicación a distancia
  - \* Relé homopolar direccional a tiempo definido, con regulación de 0 a 5 segundos.
  - \* Rango de fallas de sobrecorriente entre fases de 20% A 320% de la corriente nominal, con incrementos de 20%.
  - \* Rango de fallas a tierra de 10% a 160% de la corriente nominal con incremento de 10%.

- \* Rango de fallas sensibles a tierra de 1% al 8% de la corriente nominal, con incremento del 1%.
- \* Tiempo muerto entre ciclos independiente en cada ciclo de 0,25 a 180 segundos por pasos progresivos.
- \* Tiempo de reposición de 5 a 180 segundos, por pasos progresivos.
- \* Las curvas de protección según normas IEC o similar.
- \* Registro de los últimos eventos.
- \* Contador electrónico de las operaciones.
- \* Registro o monitoreo de la corriente instantánea en cada una de las fases de la red.

El fabricante debe garantizar que los componentes electrónicos de la caja de control no sufran daños ante las inclemencias del clima.

Los equipos serán libres de mantenimiento, con una vida mecánica mínima de 2000 operaciones, ó 10 años, en condiciones normales.

- El funcionamiento del sistema de protección y control del interruptor no deberá ser afectado de ninguna manera por fluctuaciones de tensión en la líneaa. Los requisitos de energía para el propio funcionamiento del interruptor de recierre deberán ser suministrados por un sistema totalmente independiente de la energía de la línea, y del sentido de la corriente en la línea.
- Los aisladores serán del tipo polimérico, resistente a ambientes de alta contaminación salina y alta polución, asimismo resistente a actos vandálicos, como tiro de piedras o disparos.

- Deberán tener incorporados transformadores de corriente de 300/100/1 A.

### **5.2.3 Especificación Técnica del Seccionador Bypass.**

Diseñado para automatizar y prevenir errores por parte del liniero en cuanto a lo que es la secuencia de operaciones a seguirse en el proceso de poner y/o sacar de funcionamiento un regulador monofásico de tensión.

Es aplicable en todos los reguladores monofásicos y es un dispositivo de dos posiciones (los reguladores son aislados o energizados en la operación abierto o cerrado, respectivamente).

Estos seccionadores tendrán las siguientes características:

- Voltaje máximo de diseño : 15.5 kV
- Corriente de operación continua : 400 A
- Flujo momentáneo (A rms)
- + Posición cerrado : 10 000 A
- + Posición de by pass : 10 000 A
- Nivel de aislamiento (BIL) 1. 2x 50 : 110 kV
- Tensión disruptiva baja frecuencia  
en seco (1 min) : 50 kV
- Tensión disruptiva baja frecuencia  
en húmedo (10 s) : 45 kV
- Distancia de línea de fuga : 430 mm
- Distancia de arco en seco aislador : 183 mm
- Distancia de arco en seco open gap : 251 mm

- Peso aproximado : 39.1 Kg

#### **5.2.4 Especificación Técnica de Pararrayos.**

##### **Introducción**

Define el comportamiento requerido y los criterios de prueba para descargadores o pararrayos de varistor de óxido metálico con cuerpo exterior (contenedor) polimérico, para uso en ambientes exteriores e interiores en el sistema de media tensión de EDELNOR S.A. para un voltaje de 10 kV.

##### **Normas de fabricación y pruebas**

Los descargadores deberán cumplir con las siguientes normas, excepto cuando se destaque en esta especificación

- \* IEC 99-4 Parte 4 “Metal Oxide Surge Arresters Without Gaps for A.C. Systems”, 1999-11
- \* IEEE C62.11 Draft Revisión Standard for Metal Oxide Surge Arrester on A.C. Systems 19xx.
- \* CEA Purchasing Specification LWIWG- 01 (91) Dead-end/Suspensión Composite Insulator for Overhead Distribution Lines.

##### **Condiciones de Servicio**

###### **\* Condiciones Ambientales**

El área de Edelnor se caracteriza por tener zonas de severa contaminación salina e industrial, de neblina y carente de lluvias, y con las siguientes condiciones ambientales :

-Temperatura : 5 a 30°C

- Humedad relativa : 70 a 100%
- Altura máxima sobre el nivel del mar : 1000m

### **Condiciones de Operación**

Los pararrayos serán usados a la salida de los alimentadores troncales en un sistema de distribución de media tensión (10kV) de tres conductores con el neutro aislado con las siguientes características:

- Tensión nominal del sistema : 10 kV
- Tensión máxima del sistema : 12 kV
- Regulación de voltaje máximo : 5 %
- Tiempo máximo de despeje de falla : 2 seg
- Frecuencia : 60 Hz

### **Clases de Descargadores**

#### **\* Clases de voltajes**

Los descargadores deben ser clasificados según norma IEC -99-4.

El oferente deberá especificar la clase de voltaje ( $U_r$ ) y voltaje máximo de operación continua ( $U_c$ ) del descargador ofrecido, basándose en un análisis gráfico de la resistencia al sobrevoltaje del descargador a frecuencia industrial versus la condición de sobrevoltaje máxima estimada a frecuencia industrial, que puede ocurrir en el sistema de EDELNOR en las fases sanas.

#### **\* Capacidad de corriente de descarga**

Los descargadores deberán cumplir los siguientes valores :

- Índice de corriente de descarga : 10 kA
- Corriente de cresta de corta duración : 100 kA
- Descarga de línea : Clase 1

**\* Capacidad de manejo (absorción ) de energía**

Debido a la presencia de sobrevoltajes por interrupciones de servicio (switching), EDELNOR recomienda que el pararrayos tenga una clase de manejo de por lo menos 31200 J, verificados usando el procedimiento de prueba de descarga de línea IEC 99-4

**5.2.5 Especificación Técnica de Aisladores Híbridos**

**Introducción.**

Establece las características técnicas y las pruebas que deben cumplir los aisladores híbridos diseñados para zonas de alta corrosión y/o polución a usarse en las redes aéreas de distribución de 10kV en el área de concesión regional de Edelnor.

**Normas de referencia.-**

Los aisladores deberán cumplir principalmente con las siguientes normas de referencia :

- ANSI C29.1 : Para métodos de prueba de aisladores
- ANSI C29.7 : Para aisladores de porcelana
- ANSI C29.11 : Para aisladores poliméricos
- ANSI/IEEE 4-1978 : Técnicas para pruebas de alta tensión

**Condiciones de Servicio.**

**\* Condiciones Ambientales**

Mayormente los aisladores serán instalados en zonas costeras de alta corrosión y en zonas de alta polución, que se caracterizan por las siguientes condiciones atmosféricas:

- Altura sobre el nivel del mar : Hasta 300m
- Humedad relativa : 70% hasta 99%
- Temperatura ambiente : 15 a 30 °C
- Neblina con suspensiones de sal, humos industriales y carencia de lluvias.  
Ambiente muy corrosivo y contaminado.

#### **\* Condiciones de Operación**

Los aisladores híbridos serán utilizados en un sistema de distribución de media tensión, trifásico con neutro aislado y con las siguientes características de operación:

- Tensión nominal del sistema : 10 kV
- Tensión máxima del sistema : 12 kV
- Frecuencia del sistema : 60 Hz

#### **\* Características Técnicas.-**

El aislador híbrido deberá estar compuesto de dos partes; un núcleo central de porcelana y una cubierta polimérica con línea de fuga protegida.

El núcleo central del aislador será de porcelana de alta calidad color gris, libre de imperfecciones.

La cubierta polimérica con distancia de fuga protegida, deberá ser de un material polimérico de alta calidad, la cual será demostrada por las pruebas indicadas en la presente especificación. Dicho material deberá ser el óptimo para aplicación en redes

aéreas de distribución en cualquier medio ambiente (ambientes de alta corrosión y contaminación ambiental y ambientes de baja corrosión y contaminación).

La cubierta polimérica deberá ser químicamente unida al núcleo de porcelana con un adhesivo especial.

La zona de línea de fuga protegida, deberá ser tal que inhiba el ingreso de contaminación en la misma.

La parte metálica deberá ser de acero, hierro maleable o dúctil, debiendo ser galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo a la norma ASTM A153, con un mínimo espesor de galvanizado de 86µm.

Cada aislador ofertado incluirá un perno de acero de 3/4”- 14 UNC galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo a la norma ASTM A153.

Cada aislador deberá tener impreso el nombre del fabricante y el año de fabricación. Dichas impresiones deberán ser legibles y durables durante la vida del aislador.

#### **Características Electromecánicas:**

- Tensión (clase)	15 kV
- Distancia de fuga total	450 mm
- Distancia de fuga protegida	250 mm
- Tensión disruptiva a baja frecuencia	
En seco	75 kV
En lluvia	50 kV
- Tensión disruptiva al impulso posit.	125 kV

- Tensión disruptiva al impulso negat. 145 kV
- Esfuerzo en cantiliver (mínimo) 965 kg

### **5.2.6 Especificación Técnica de Aisladores Poliméricos**

#### **Introducción.**

Establece las características técnicas y las pruebas que deben cumplir los aisladores poliméricos de anclaje diseñados para zonas de alta corrosión y/o polución a usarse en el sistema de distribución aéreo de media tensión en el área de concesión de Edelnor.

#### **Normas de referencia.**

Los aisladores deberán cumplir principalmente con las siguientes normas de referencia

- ANSI C29.1 Métodos de prueba de aisladores de potencia eléctrica
- IEC 383 Para método de prueba de aisladores
- ANSI C29.11 Pruebas para aisladores compuestos de suspensión para líneas de transmisión aéreas
- IEC-1109 Aisladores compuestos para líneas de corriente alterna, de voltajes nominales mayores que 1000 voltios
- IEC-815 Guía para la selección de aisladores en base a las condiciones de contaminación
- ANSI/IEEE 4-1978 Técnicas para pruebas de alta tensión
- ASTM A-153 Galvanización en caliente de herrajes de hierro y acero.
- CEA Purchasing Specification LWING-01(91)

## **Condiciones de Servicio.**

### **\* Condiciones Ambientales**

Mayormente los aisladores serán instalados en zonas costeras de alta corrosión y en zonas de alta polución, que se caracterizan por las siguientes condiciones atmosféricas:

- Altura sobre el nivel del mar                      Hasta 300m
  - Humedad relativa                                      70% hasta 99%
  - Temperatura ambiente                                15 a 35 °C
  - Neblina con suspensiones de sal, humos industriales y carencia de lluvias.
- Ambiente muy corrosivo y contaminado.

### **\* Condiciones de Operación**

Los aisladores poliméricos serán utilizados en un sistema de distribución de media tensión, trifásico con neutro aislado y con las siguientes características de operación:

- |                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Tensión nominal del sistema | 10kV    |
| Tensión máxima del sistema  | 12kV    |
| Frecuencia del sistema      | 60 Hz   |
| - Nivel de cortocircuito    | 500 MVA |

## **Características Técnicas.**

Los aisladores solicitados se requieren libres de operaciones de mantenimiento (lavado, engrase, etc)

El aislador polimérico deberá estar compuesto de tres partes; un núcleo central de fibra de vidrio, una cubierta polimérica con línea de fuga alta y los extremos con herrajes metálicos o fibra de vidrio con cubierta polimérica.

El núcleo central del aislador será de fibra de vidrio reforzada del tipo “rodillo de fibra de vidrio con epoxy o vinilester de grado eléctrico” para lograr máxima resistencia a la tracción. El núcleo del aislador deberá ser mecánicamente y eléctricamente confiable, libre de burbujas de aire, sustancias extrañas, o defectos de manufactura.

El material polimérico aislante que recubre el rodillo, y el de los discos aislantes tendrá una estructura química tal que la energía de unión entre los átomos de la cadena del polímero exceda la energía de la radiación ultravioleta. La intensidad de la luz solar se considera 398 kJ/m.

Alrededor del núcleo de fibra de vidrio, se extruirá o inyectará por molde un recubrimiento polimérico o de goma de silicon, de una sola pieza sin juntas ni costuras. Este recubrimiento deberá ser uniforme alrededor de la circunferencia del rodillo, en toda la longitud del aislador.

La cubierta polimérica deberá ser unida al núcleo con un adhesivo especial y deberá estar sellado contra el ingreso de humedad.

El recubrimiento polimérico estará firmemente unido al rodillo de fibra de vidrio, y deberá ser suave y libre de imperfecciones. La resistencia de la interfase entre el recubrimiento polimérico y el rodillo de fibra de vidrio será mayor que la resistencia al desgarramiento (tearing strength) del polímero empleado.

**Características Electromecánicas:**

- Tensión (clase)	15 kV
- Distancia de fuga total (mínimo)	520 mm
- Tensión disruptiva a baja frecuencia	
En seco	90 kV
En húmedo (horizontal)	65 kV
(vertical)	50 kV
- Tensión disruptiva al impulso posit.	140 kV
- Tensión disruptiva al impulso negat.	180 kV
- Máxima carga mecánica de falla (kN)	70
- Máxima carga mecánica de rutina (kN)	50
- Máxima carga a torsión (N-m)	55

**5.2.7 Especificación Técnica de Extensores de Línea de Fuga Poliméricos.****Introducción.**

Los extensores de línea de fuga mejoran el comportamiento de los aisladores frente a las descargas en zonas de alta contaminación, reduciendo el esfuerzo eléctrico en la superficie, reduciendo la corriente de fuga e incrementando la resistencia eléctrica de los aisladores.

Los extensores de línea de fuga son una solución para las descargas en los aisladores.

La instalación de los extensores de línea de fuga

- Incrementa la longitud de línea de fuga.

- Mejora la forma del aislador.
- Adiciona un material polimérico de alta performance al camino de línea de fuga.

### **Normas de Fabricación**

El extensor de línea de fuga debe cumplir con los requerimientos especificados en el presente documento, así como también con la IEC 507 y la ASTM D2303 relativas a las propiedades de los materiales.

### **Condiciones de Servicio**

#### **\* Condiciones Ambientales**

El área de concesión de Edelnor se caracteriza por tener zonas de severa contaminación salina e industrial, de neblina y carente de lluvias, y con las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura : 5 a 30 °C
- Humedad relativa : 70 a 100 %
- Altura máxima sobre el nivel del mar : 1000 m
- Velocidad del viento máximo : 50 km/hr
- Dirección predominante de vientos : costa-sierra
- Fluviosidad : sólo garúas

Además del ambiente muy corrosivo, existe alta contaminación natural de tierra y polvo, la cual se adhiere rápidamente a los aisladores, conductores y ferretería eléctrica.

#### **\* Condiciones de Operación**

Los equipos serán usados en un sistema de distribución aéreo de 10 kV y 20 kV de tres conductores y con las siguientes características de operación :

- Tensión nominal del sistema : 10 kV ó 20 kV
- Tensión máxima de operación : 12 kv ó 24 kV
- Regulación de voltaje máximo : 5%
- Frecuencia : 50 Hz

Además la red cuenta con equipos de recierre y banco de condensadores.

#### **Características Técnicas:**

- Línea de fuga : 100 mm
- Densidad : 1,2 g/cm<sup>3</sup>
- Esfuerzo de tensión : 10 N/mm<sup>2</sup>
- Elongación final : 400%
- Flexibilidad a baja temperatura  
4 horas a -40 °C : no rajadura
- Resistencia térmica : 120 °C
- Rigidez dieléctrica : 140 kV/cm
- Constante dieléctrica : 3
- Resistividad de volumen : 1x10<sup>14</sup> Ω/cm
- Relación de termo contracción : 40%

#### **Características de Diseño**

Incrementa la longitud de la línea de fuga: se reduce el esfuerzo eléctrico, disminuyendo la corriente de fuga.

- Mejora la forma del aislador: el incremento del diámetro de la campana mejora la distancia de arco y mejora el comportamiento frente a un alto humedecimiento creando un efecto sombrilla.
- Adherencia a la superficie del aislador: el adhesivo del extensor será especialmente preparado para una alta adherencia a la porcelana o vidrio. Este ensamblaje sólo necesitará inspección periódica y será mucho más efectiva que la grasa.  
Resistencia: los extensores serán diseñados para ser resistentes a las técnicas convencionales de lavado con spray y soportarán los excesos de manipuleo normal y las condiciones climáticas externas.
- Materiales probados: los extensores serán fabricados con materiales de tecnología de alto voltaje.
- Fácil de instalar: sólo será necesario desengrasar el aislador y contraer el extensor con un soplete a gas o una pistola de aire caliente.

### **5.3. Cálculo Justificativo**

#### **5.3.1 Cálculo de la capacidad del regulador.**

La corriente proyectada a la salida de la subestación de distribución N° 1010, en donde esta previsto instalar el banco de reguladores, es de 160 amperes. Las capacidades normalizadas de los reguladores son de 100 y 200 amperes, de los cuales se selecciona el de 200 amperes.

La capacidad nominal del regulador monofásico es calculado con la siguiente fórmula:

$$kVA_{REG} = V * I * (\%Reg) / 1000$$

$$\text{si } V_{\text{nom}} = 10 \text{ kV}, I_{\text{nom}} = 200 \text{ amperes}$$

$$\text{kVA}_{\text{REG}} = 10000 * 200 * 0.1 / 1000 = 200 \text{ kVA}$$

### **5.3.2 Selección del tipo de Banco.**

Se tiene dos tipos de banco: banco de dos unidades y banco de tres unidades monofásicas, conectados en delta abierto y delta cerrado respectivamente. La diferencia entre los dos tipos se encuentra en la ganancia de tensión, mientras el de dos unidades tiene una ganancia de 10%, el de tres unidades tiene una ganancia de 15% de la tensión del sistema.

La tensión en barras de la subestación de distribución N° 1005, obtenida para el año 2008 es de 8700 voltios, aplicando los porcentajes correspondientes a los dos tipos, se tiene:

$$1^{\text{a}} \text{ tipo: } 8700 * 1.10 = 9570$$

$$2^{\text{o}} \text{ tipo: } 8700 * 1.15 = 10005$$

De los resultados obtenidos se selecciona el banco de tres unidades en conexión delta cerrado por tener mayor margen de regulación.

### **5.3.3 Selección del rango de regulación.**

La tensión en la subestación más alejada es de 9276 voltios, para que este dentro del rango permisible se debe incrementar 224 voltios, lo equivale al 2.24% de incremento.

El regulador tiene 32 pasos con  $\pm 10\%$  de regulación, o sea 1 paso equivale a 0.625%(62.5 voltios).

$$\text{N}^{\circ} \text{Paso} = 2.24\% / 0.625\% = 3.584 \approx 4$$

El rango de regulación inicial será  $\pm 2.5\%$

#### **5.3.4 Protección contra sobretensiones.**

Los reguladores están equipados con un parrarrayos bypass conectado a través del devanado serie entre los pasatapas de la fuente (S) y la carga (L). Este parrarrayos bypass limita la tensión desarrollada a través del devanado serie durante las descargas atmosféricas, sobretensiones por conmutación y fallas de líneas a tierra. Un parrarrayos serie del tipo varistor de óxido metálico de 3kV ofrece la protección del devanado serie en todos los reguladores VR-32.

Para la protección del devanado shunt se debe instalar parrarrayos en paralelo sobre el tanque del regulador, conectado entre los pasatapas "L", "S" y tierra. La selección del parrarrayos shunt se realiza con la tabla de datos del fabricante ver anexo E. De la tabla se obtiene parrarrayos shunt del tipo varistor de óxido metálico de 15kV.

#### **5.3.5 Protección contra cortocircuitos.**

El regulador tiene una capacidad nominal de corto circuito de 8 kA (40In) durante 2 segundos. La potencia de cortocircuito en el punto de instalación es de 66 MVA (3.8 kA). En la subestación N° 1010 se tiene protección con relés primarios HB de 300A, que tiene la regulación de corriente en 1.2 In, regulación de tiempo en 0.2 segundos, con lo cual se asegura la protección del regulador.

Para proteger el regulador contra fallas a tierra se instalará un interruptor aéreo aguas abajo, el cual se programará en tiempo definido instantáneo ( $t=0$ ), y para una corriente de falla sensitiva a tierra de 5 amperios.

## 5.4. Metrado y Presupuesto

### 5.4.1 Metrado

#### Suministro de Materiales y Equipos

Tabla N° 14

Descripción	unid	cant
<b>BIPOSTES Y CRUCETAS</b>		
Bipostes de concreto	u	3
cruceta de concreto 2m	u	3
<b>AISLADORES Y FERRETERIA</b>		
Aislador polim. anclaje	u	9
Aislador hibrido tipo pin	u	10
soporte para aislador	u	6
soporte lateral/aislad.	u	4
arandela plana acero	u	16
arandela curvada acero	u	8
conector perno partido	u	9
perno con ojal 5/8"	u	6
varilla roscada 400mm	u	16
plancha de Cu tipo J	u	14
pozo de tierra convenc.	u	2
conexionado puesta/tierra	u	2
Grapa tipo pistola	u	12

pararrayos poliméricos	u	6
conector derivación "H"	u	12
extensor linea fuga polim.	u	9
<b>EQUIPOS</b>		
secc. unip. aéreo 400A	u	3
regulador aut. de tensión	u	3
interruptor automático ext.	u	1

#### 5.4.2 Presupuesto

Para realizar el presupuesto se considera el costo en soles de cada material:

Tabla N° 15

Descripción	unid	cant	P. unitario	subtotal
<b>BIPOSTES Y CRUCETAS</b>				
Bipostes de concreto	u	3	1401.30	4204
cruceta de concreto 2m	u	3	60.33	181
<b>AISLADORES Y FERRETERIA</b>				
Aislador polim. anclaje	u	9	108.70	979
Aislador hibrido tipo pin	u	10	122.30	1223
soporte para aislador	u	6	15.16	91
soporte lateral/aislad.	u	4	19.25	77
arandela plana acero	u	16	0.43	7
arandela curvada acero	u	8	0.75	6

conector perno partido	u	9	2.11	19
perno con ojal 5/8"	u	6	5.16	31
varilla roscada 400mm	u	16	4.38	70
plancha de Cu tipo J	u	14	2.00	28
pozo de tierra convenc.	u	2	129.00	258
conexionado puesta/tierra	u	2	99.50	199
Grapa tipo pistola	u	12	26.60	320
pararrayos poliméricos	u	6	325.60	1954
conector derivación "H"	u	12	6.16	74
extensor linea fuga polim.	u	9	71.30	642
<b>EQUIPOS</b>				
secc. unip. aéreo 400A	u	3	230.00	690
regulador aut. de tensión	u	3	47186.30	141559
interruptor automático ext.	u	1	31991.00	31991
<b>Costo Total (S/.)</b>				<b>184603</b>

### **Presupuesto Base Referencial (S/.)**

Materiales y equipos	184603
Mano de obra	5372
Sub-total	189975
Imprevistos	14248
Total costos directos	204223

Gastos Generales	15316
Total Presupuesto (S/.)	219539

## **5.5. Evaluación Económica del Proyecto**

### **5.5.1 Indicadores Económicos.**

Los indicadores que se consideran para la evaluación económica del proyecto son la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN).

- TIR 21%

- VAN (14%) US\$ 17200

De acuerdo con estos resultados el tiempo de recuperación de la inversión es de dos años.

### **5.5.2 Análisis de Sensibilidad.**

El análisis se realiza variando la inversión, los ingresos y los gastos, los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 16

	Variación	VAN (14%)	TIR
Caso Base		17.2	21%
Inversión	+10%	10.3	18%
	-10%	24.0	25%
Ingresos	+10%	25.8	25%
	-10%	8.6	18%
Gastos	+10%	16.5	21%
	-10%	17.9	21%

## CONCLUSIONES

- 1.- La instalación del regulador es una solución para mejorar el perfil de caída de tensión, en redes con alto porcentaje de línea aérea y que tienen escasa carga reactiva.
- 2.- Se utiliza aisladores híbridos, poliméricos y extensores de línea de fuga para evitar las fallas de descarga a tierra a través de los aisladores, así obtener una mejor performance del equipo.
- 3.- La alternativa correspondiente a la utilización del banco de reguladores resulta rentable debido en gran parte al ingreso obtenido por dejar de pagar las compensaciones a los clientes por la mala calidad de energía.
- 4.- Los datos técnicos de conductores, equipos y los registros de máxima y mínima demanda son necesarios para elaborar este tipo de estudio. Además estos datos deben ser fidedignos, ya que son la base para realizar los flujos de carga y así obtener resultados reales.
- 5.- En los cálculos de los costos de compensación sólo se tomaron en cuenta a los clientes que tienen su punto de alimentación en 10 kV., si fuerán considerados los clientes de baja tensión el proyecto resultaría más rentable.

6.- Con la ejecución del proyecto se logrará mejorar la calidad del producto y mantener el nivel de tensión en los puntos de entrega, a valores que estén dentro de los límites permisibles.

7.- El continuo crecimiento de la demanda en zonas alejadas del punto de suministro a los alimentadores, y la importancia de servirlos con una confiabilidad y calidad de servicio adecuadas, hace necesario considerar el uso de reguladores de tensión bajo criterios técnico-económicos.

10.- Se deberá poner en servicio el banco de reguladores antes del mes de abril de 1999, en el que empieza a regir la segunda etapa, en donde los factores de compensación son diferentes de cero, y así evitar las compensaciones.



## PARAMETROS ELECTRICOS DE CABLES Y CONDUCTORES

Tabla N° 17

Tipo	Sección mm <sup>2</sup>	Resistencia $\Omega/\text{Km}$	Inductancia $\Omega/\text{Km}$	Capacidad Amperios
NKY	16	1.380	0.144	81
NKY	25	0.929	0.210	110
NKY	35	0.626	0.117	133
NKY	70	0.325	0.106	189
NKY	120	0.183	0.102	253
NKY	240	0.089	0.086	378
N2XSY	25	0.928	0.239	184
N2XSY	35	0.670	0.231	219
N2XSY	70	0.343	0.215	314
N2XSY	120	0.197	0.204	417
N2XSY	240	0.103	0.189	595
Cu	13	1.585	0.481	90
Cu	16	1.349	0.483	112
Cu	21	0.997	0.464	120
Cu	33	0.627	0.446	160
Cu	35	0.616	0.453	182
Cu	42	0.497	0.437	180
Cu	67	0.313	0.416	240

Cu	70	0.315	0.427	275
Al	33	1.197	0.445	160
Al	67	0.589	0.420	201
Al	70	0.583	0.449	250
Al	120	0.323	0.429	284
Al	125	0.316	0.393	350
Al	185	0.181	0.353	391
Al	240	0.157	0.344	471

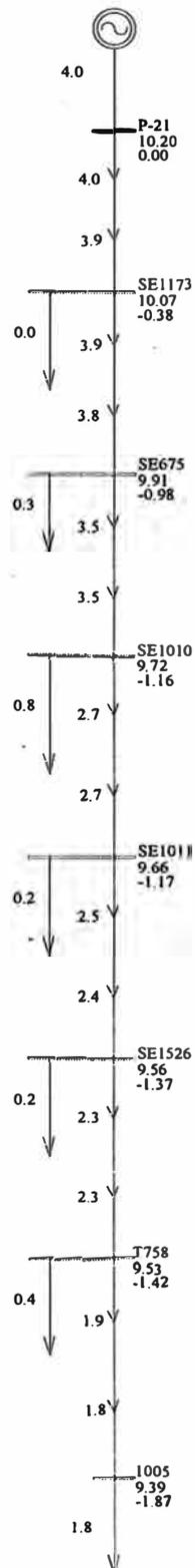
## REGULACION DE TRANSFORMADORES MT/BT

Tabla N° 18

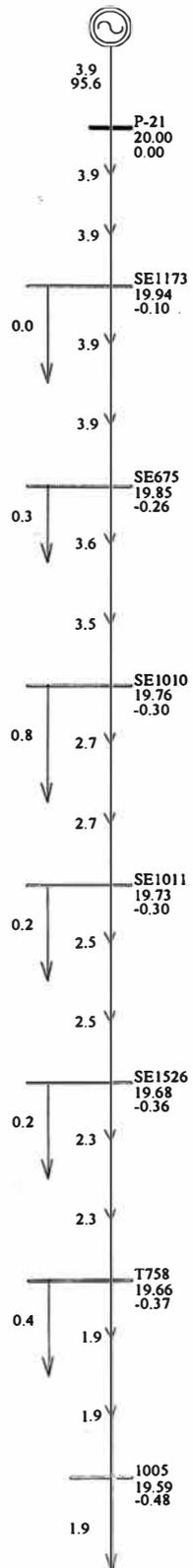
Tipo	Tap N°	Tensión Primario	Tensión Secundario
A	1	10125	236
	2	10000	
	3	9875	
	4	9750	
	5	9625	
B	1	10500	230
	2	10250	
	3	10000	
	4	9750	
	5	9500	
C	1	10250	230
	2	10000	
	3	9750	
	4	9500	

## FLUJO DE CARGA DE ALTERNATIVAS

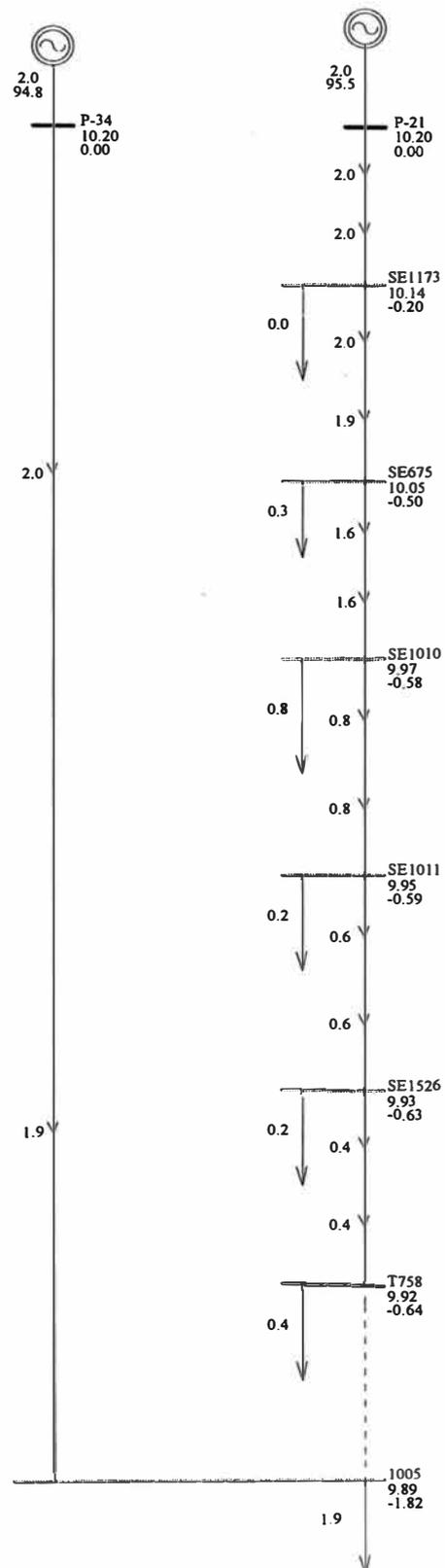
### Flujo de Carga Situación Actual



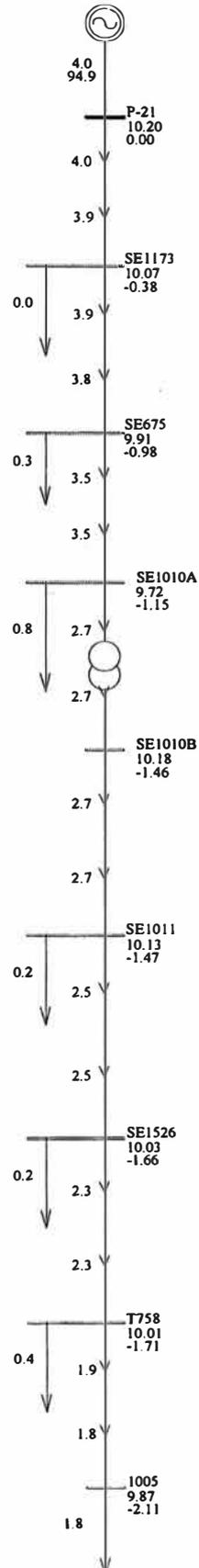
## Flujo de Carga Alternativa "A"



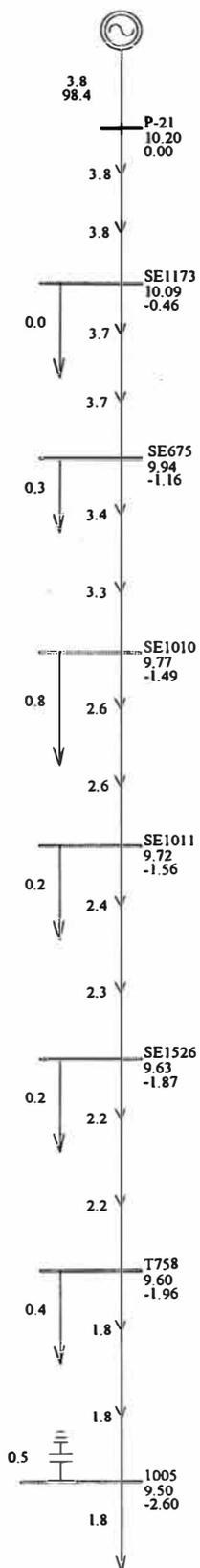
## Flujo de Carga Alternativa "B"



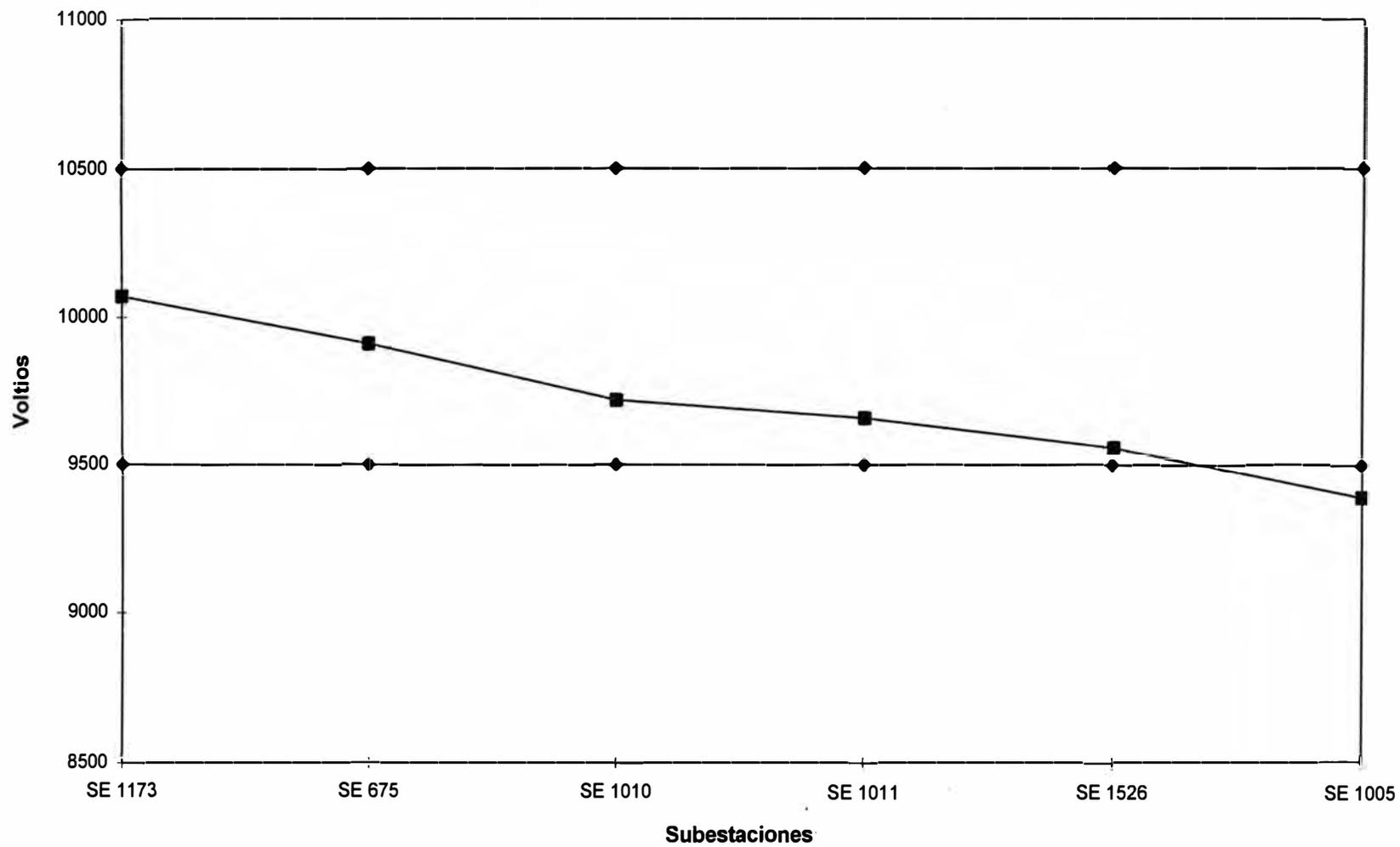
## Flujo de Carga Alternativa "C"



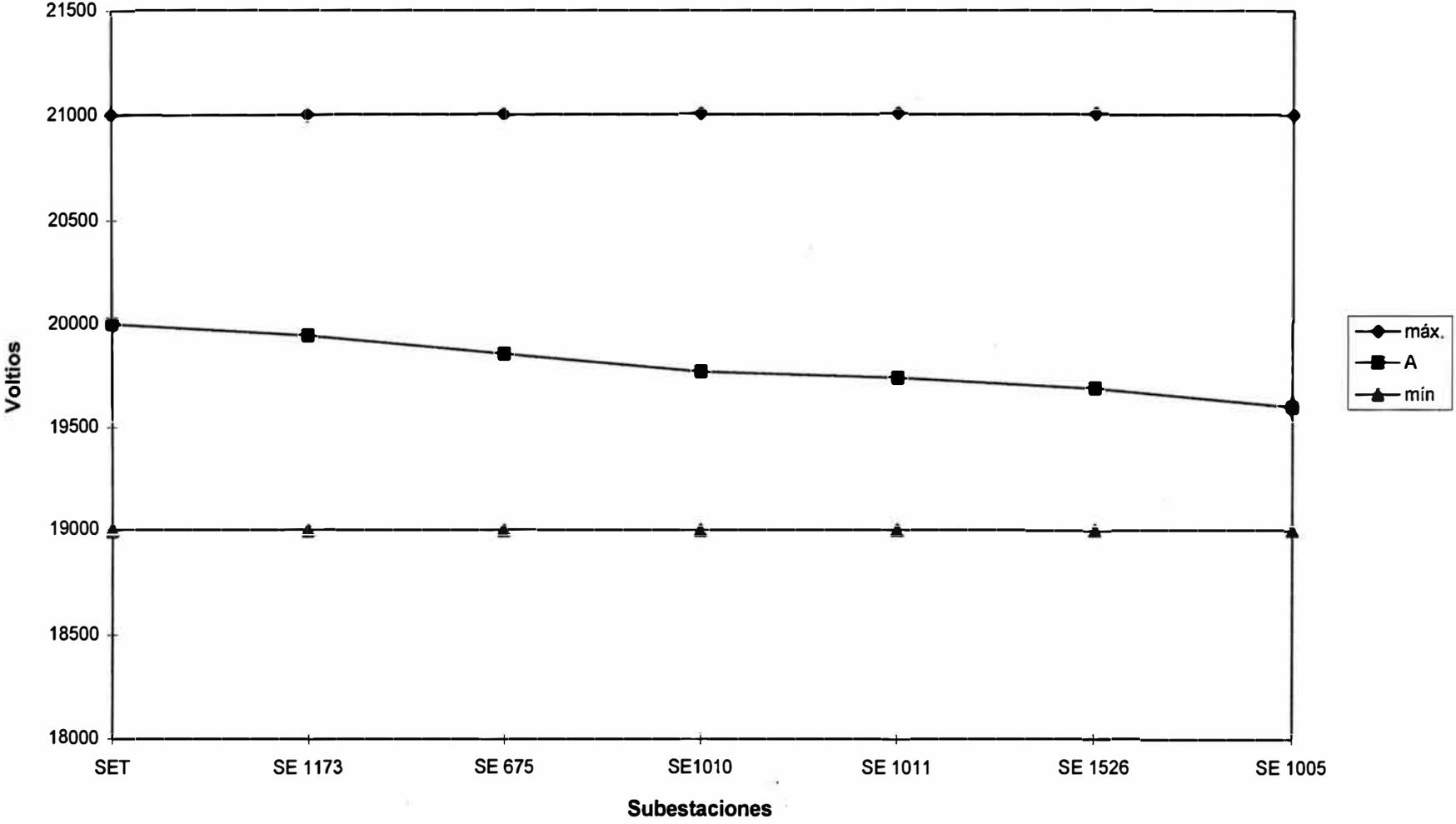
## Flujo de Carga Alternativa "D"



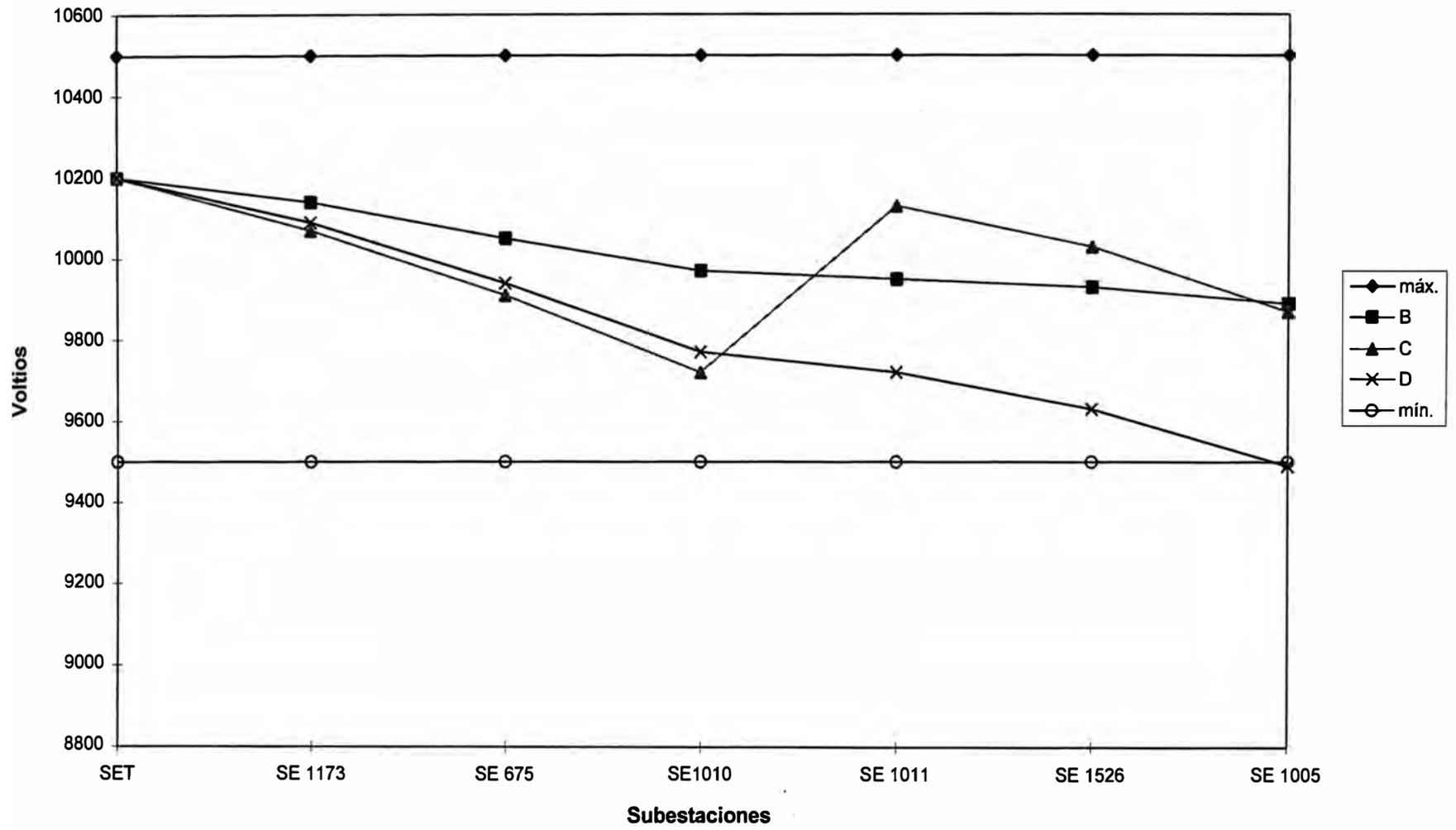
### Diagrama de Tensiones Situación Actual



### Diagrama de Tensiones Alternativa "A"



**Diagrama de Tensiones  
Alternativas B,C,D**



## CALCULOS DE COMPENSACION DE CLIENTES

Registros de Tensión de la SE 1005

Tabla N° 19

Día	Hora	Tensión regist.	Tensión Nominal	AV (%)	Ap	3ºetapa US\$	2ºetapa US\$
12-nov	11:30	9309	10000	6,9%	1	8,47	1,69
	11:45	9291		7,1%	1	8,47	1,69
	12:00	9327		6,7%	1	8,33	1,67
	12:15	9377		6,2%	1	8,33	1,67
	12:30	9381		6,2%	1	7,97	1,59
	12:45	9408		5,9%	1	7,97	1,59
	13:00	9404		6,0%	1	7,19	1,44
	13:15	9417		5,8%	1	7,19	1,44
	13:30	9404		6,0%	1	6,98	1,40
	13:45	9408		5,9%	1	6,98	1,40
	14:00	9377		6,2%	1	7,05	1,41
	14:15	9286		7,1%	1	7,05	1,41
	14:30	9228		7,7%	6	46,14	9,23
	14:45	9241		7,6%	6	46,14	9,23
	15:00	9187		8,1%	6	49,98	10,00
	15:15	9214		7,9%	6	49,98	10,00
	15:30	9205		8,0%	6	49,13	9,83
	15:45	9196		8,0%	6	49,13	9,83
	16:00	9259		7,4%	1	8,05	1,61
	16:15	9273		7,3%	1	8,05	1,61
	16:30	9313		6,9%	1	7,83	1,57
	16:45	9358		6,4%	1	7,83	1,57
	17:00	9390		6,1%	1	7,83	1,57
	17:15	9431		5,7%	1	7,83	1,57
	17:30	9422		5,8%	1	7,90	1,58
	17:45	9399		6,0%	1	7,90	1,58
	18:00	9422		5,8%	1	8,90	1,78
	18:15	9390		6,1%	1	8,90	1,78
	18:30	9313		6,9%	1	10,68	2,14
	18:45	9241		7,6%	6	64,08	12,82
19:00	9250		7,5%	1	11,25	2,25	
19:15	9264		7,4%	1	11,25	2,25	
19:30	9255		7,5%	1	11,25	2,25	

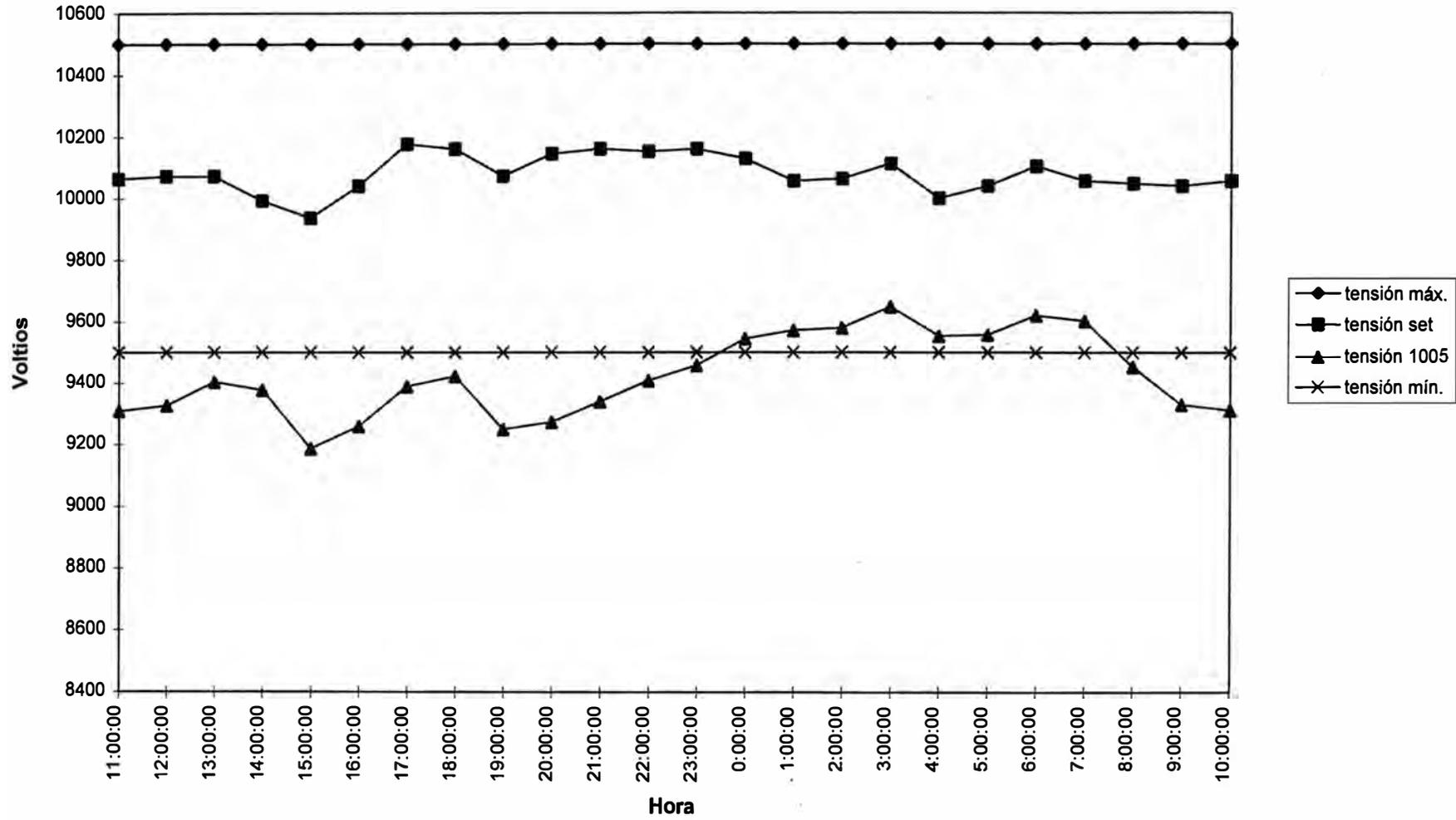
	19:45	9241		7,6%	6	67,50	13,50
	20:00	9273		7,3%	1	11,25	2,25
	20:15	9304		7,0%	1	11,25	2,25
	20:30	9304		7,0%	1	11,18	2,24
	20:45	9331		6,7%	1	11,18	2,24
	21:00	9340		6,6%	1	11,18	2,24
	21:15	9349		6,5%	1	11,18	2,24
	21:30	9377		6,2%	1	11,11	2,22
	21:45	9399		6,0%	1	11,11	2,22
	22:00	9408		5,9%	1	10,89	2,18
	22:15	9372		6,3%	1	10,89	2,18
	22:30	9417		5,8%	1	10,47	2,09
	22:45	9444		5,6%	1	10,47	2,09
	23:00	9458		5,4%	1	9,54	1,91
	23:15	9480		5,2%	1	9,54	1,91
	23:30	9499		5,0%	0	0,00	0,00
	23:45	9499		5,0%	0	0,00	0,00
13-nov	0:00	9544		4,6%	0	0,00	0,00
	0:15	9566		4,3%	0	0,00	0,00
	0:30	9584		4,2%	0	0,00	0,00
	0:45	9535		4,7%	0	0,00	0,00
	1:00	9571		4,3%	0	0,00	0,00
	1:15	9553		4,5%	0	0,00	0,00
	1:30	9562		4,4%	0	0,00	0,00
	1:45	9593		4,1%	0	0,00	0,00
	2:00	9580		4,2%	0	0,00	0,00
	2:15	9620		3,8%	0	0,00	0,00
	2:30	9634		3,7%	0	0,00	0,00
	2:45	9652		3,5%	0	0,00	0,00
	3:00	9648		3,5%	0	0,00	0,00
	3:15	9670		3,3%	0	0,00	0,00
	3:30	9616		3,8%	0	0,00	0,00
	3:45	9598		4,0%	0	0,00	0,00
	4:00	9553		4,5%	0	0,00	0,00
	4:15	9530		4,7%	0	0,00	0,00
	4:30	9535		4,7%	0	0,00	0,00
	4:45	9553		4,5%	0	0,00	0,00
	5:00	9557		4,4%	0	0,00	0,00
	5:15	9553		4,5%	0	0,00	0,00
	5:30	9526		4,7%	0	0,00	0,00

5:45	9539		4,6%	0	0,00	0,00
6:00	9620		3,8%	0	0,00	0,00
6:15	9598		4,0%	0	0,00	0,00
6:30	9562		4,4%	0	0,00	0,00
6:45	9553		4,5%	0	0,00	0,00
7:00	9602		4,0%	0	0,00	0,00
7:15	9548		4,5%	0	0,00	0,00
7:30	9480		5,2%	1	7,62	1,52
7:45	9440		5,6%	1	7,62	1,52
8:00	9453		5,5%	1	7,41	1,48
8:15	9408		5,9%	1	7,41	1,48
8:30	9336		6,6%	1	7,97	1,59
8:45	9349		6,5%	1	7,97	1,59
9:00	9331		6,7%	1	8,26	1,65
9:15	9295		7,1%	1	8,26	1,65
9:30	9318		6,8%	1	8,26	1,65
9:45	9291		7,1%	1	8,26	1,65
10:00	9313		6,9%	1	8,33	1,67
10:15	9300		7,0%	1	8,33	1,67
10:30	9358		6,4%	1	8,05	1,61
10:45	9375		6,3%	1	8,05	1,61
11:00	9410		5,9%	1	8,19	1,64
11:15	9390		6,1%	1	8,19	1,64

	3ºetapa US\$	2ºetapa US\$
Compensación Diaria	919	184
Compensación Semanal	4595	919
Compensación Anual	220546	44109

Clientes afectados en MT.	6
Potencia Contratada Total	1800 kW
Factor de simultaneidad : f.s.	0,5
Máxima Demanda Simultánea	900 kW
Tiempo del intervalo de medición	0,25 hora
Energía consumida : E(p)	225 kWh
Período de medición	7 días
Porcentaje fuera del rango	48%

**Diagrama de Tensiones de SE 1005  
Día 12/13-Nov-1997**



**ANEXO F : FLUJOS DE CAJA DE ALTERNATIVAS**

**Flujo de Caja de Alternativa "A" (miles US\$)**

**Tabla N° 20**

Descripción	Periodo de Evaluación (Años)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Ingresos (I)</b>												
Disminución de pérdidas técnicas.		37,1	38,9	40,7	42,6	44,6	46,6	48,8	51,1	53,4	55,9	
Mejora de calidad (tensión y continuidad)		15,6	16,4	17,1	18,0	18,8	19,7	20,6	21,6	22,6	23,7	
No pago de multas		44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>96,8</b>	<b>55,2</b>	<b>57,8</b>	<b>60,5</b>	<b>63,4</b>	<b>66,3</b>	<b>69,4</b>	<b>72,6</b>	<b>76,0</b>	<b>79,6</b>	
<b>Gastos (G)</b>												
Operación y mantenimiento		19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	
<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>19,4</b>										
Margen $M = I - G$		77,4	35,8	38,4	41,1	44,0	46,9	50,0	53,2	56,6	60,2	
Depreciación acelerada D		155,2	155,2	155,2	155,2	155,2						
Utilidad de part. de trab $UAPT = M - D$		-77,8	-119,4	-116,8	-114,1	-111,2	46,9	50,0	53,2	56,6	60,2	
Particip. de Trabaj. $PT = 5\% * UAPT$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,5	2,7	2,8	3,0	
Utilidad desp. de part. t $UDPT = UAPT - PT$		-77,8	-119,4	-116,8	-114,1	-111,2	44,6	47,5	50,6	53,8	57,2	
Impuestos $IM = 30\% * UDPT$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	14,3	15,2	16,1	17,2	
Utilidad desp. impuesto $UDI = UDPT - IM$		-78	-119	-117	-114	-111	31	33	35	38	40	
Inversión $I_0$	-776,0											
Valor residual VR												
Ahorro Pago de Imp. $APIM = -0,335 * UAPT$		26,1	40,0	39,1	38,2	37,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Flujo de caja neto $FCN = UDI + D - I_0 + VR + APIM$	-776,0	103,5	75,8	77,5	79,3	81,2	31,2	33,3	35,4	37,7	40,0	

Tasa de descuento	8%	12%	14%	17%	20%	25%
<b>VAN</b>	-344,5	-399,9	<b>-423,1</b>	-453,6	-479,6	-515,4

<b>TIR</b>	<b>-6%</b>
------------	------------

Flujo de Caja de Alternativa "B" (miles US\$)

Tabla N° 21

Descripción	Periodo de Evaluación (Años)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Ingresos (I)</b>												
Disminución de pérdidas técnicas.		32,1	33,6	35,2	36,8	38,5	40,3	42,2	44,1	46,2	48,3	
Mejora de calidad (tensión y continuidad)		10,7	11,2	11,7	12,3	12,9	13,5	14,1	14,8	15,5	16,2	
No pago de multas		44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>86,8</b>	<b>44,8</b>	<b>46,9</b>	<b>49,1</b>	<b>51,4</b>	<b>53,8</b>	<b>56,3</b>	<b>58,9</b>	<b>61,7</b>	<b>64,5</b>	
<b>Gastos (G)</b>												
Operación y mantenimiento		8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	
<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>8,0</b>										
Margen $M = I - G$		78,8	36,8	38,9	41,1	43,4	45,8	48,3	50,9	53,7	56,5	
Depreciación acelerada D		64,0	64,0	64,0	64,0	64,0						
Utilidad de part. de trab $UAPT = M - D$		14,8	-27,2	-25,1	-22,9	-20,6	45,8	48,3	50,9	53,7	56,5	
Particip. de Trabaj. $PT = 5\% * UAPT$		0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	
Utilidad desp. de part. t $UDPT = UAPT - PT$		14,1	-27,2	-25,1	-22,9	-20,6	43,5	45,9	48,4	51,0	53,7	
Impuestos $IM = 30\% * UDPT$		4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	13,8	14,5	15,3	16,1	
Utilidad desp. impuesto $UDI = UDPT - IM$		10	-27	-25	-23	-21	30	32	34	36	38	
Inversión $I_0$		320,0										
Valor residual VR												
Ahorro Pago de Imp. $APIM = -0,335 * UAPT$		0,0	9,1	8,4	7,7	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Flujo de caja neto $FCN = UDI + D - I_0 + VR + APIM$		-320,0	73,8	45,9	47,3	48,8	50,3	30,4	32,1	33,9	35,7	37,6

Tasa de descuento	8%	12%	14%	17%	20%	25%
VAN	-13,2	-55,7	-73,3	-96,1	-115,5	-141,7

<b>TIR</b>
<b>7%</b>

**Flujo de Caja de Alternativa "C" (miles US\$)**

**Tabla N° 22**

Descripción	Periodo de Evaluación (Años)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Ingresos (I)</b>												
Disminución de pérdidas técnicas.		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mejora de calidad (tensión)		14,6	15,3	16,1	16,8	17,6	18,4	19,3	20,2	21,2	22,2	
No pago de multas		44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>58,6</b>	<b>15,3</b>	<b>16,1</b>	<b>16,8</b>	<b>17,6</b>	<b>18,4</b>	<b>19,3</b>	<b>20,2</b>	<b>21,2</b>	<b>22,2</b>	
<b>Gastos (G)</b>												
Operación y mantenimiento		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>2,0</b>										
Margen $M = I - G$		56,6	13,3	14,1	14,8	15,6	16,4	17,3	18,2	19,2	20,2	
Depreciación acelerada D		16,0	16,0	16,0	16,0	16,0						
Utilidad de part. de trab $UAPT = M - D$		40,6	-2,7	-1,9	-1,2	-0,4	16,4	17,3	18,2	19,2	20,2	
Particip. de Trabaj. $PT = 5\% * UAPT$		2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	
Utilidad desp. de part. t $UDPT = UAPT - PT$		38,6	-2,7	-1,9	-1,2	-0,4	15,6	16,4	17,3	18,2	19,2	
Impuestos $IM = 30\% * UDPT$		11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	4,9	5,2	5,5	5,8	
Utilidad desp. impuesto $UDI = UDPT - IM$		27	-3	-2	-1	0	11	12	12	13	13	
Inversión $Io$	-80,0											
Valor residual VR												
Ahorro Pago de Imp. $APIM = -0,335 * UAPT$		0,0	0,9	0,6	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Flujo de caja neto $FCN = UDI + D - Io + VR + APIM$	-80,0	43,0	14,2	14,7	15,2	15,7	10,9	11,5	12,1	12,8	13,4	

<b>Tasa de descuento</b>	8%	12%	<b>14%</b>	17%	20%	25%
<b>VAN</b>	38,4	23,4	<b>17,2</b>	9,1	2,3	-7,1

<b>TIR</b>
<b>21%</b>

**Flujo de Caja de Alternativa "D" (miles US\$)**

**Tabla N° 23**

Descripción	Periodo de Evaluación (Años)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Ingresos (I)</b>												
Disminución de pérdidas técnicas.		4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,3	6,6	6,9	
Mejora de calidad (tensión)		2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	
Disminución de kVAR		5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>12,6</b>	<b>12,9</b>	<b>13,3</b>	<b>13,6</b>	<b>14,0</b>	<b>14,3</b>	<b>14,7</b>	<b>15,2</b>	<b>15,6</b>	<b>16,0</b>	
<b>Gastos (G)</b>												
Operación y mantenimiento		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Pago de multas		44,0	0,0									
<b>TOTAL GASTOS</b>		<b>44,1</b>	<b>0,1</b>									
Margen $M = I - G$		-31,5	12,8	13,1	13,5	13,8	14,2	14,6	15,0	15,5	15,9	
Depreciación acelerada D		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0						
Utilidad de part. de trab $UAPT = M - D$		-32,5	11,8	12,1	12,5	12,8	14,2	14,6	15,0	15,5	15,9	
Particip. de Trabaj. $PT = 5\% * UAPT$		0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	
Utilidad desp. de part. t $UDPT = UAPT - PT$		-32,5	11,2	11,5	11,9	12,2	13,5	13,9	14,3	14,7	15,1	
Impuestos $IM = 30\% * UDPT$		0,0	3,4	3,5	3,6	3,7	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	
Utilidad desp. impuesto $UDI = UDPT - IM$		-33	8	8	8	9	9	10	10	10	11	
Inversión $Io$	5,0											
Valor residual VR												
Ahorro Pago de Imp. $APIM = -0,335 * UAPT$		10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Flujo de caja neto $FCN = UDI + D - Io + VR + APIM$	-5,0	-20,6	8,8	9,1	9,3	9,5	9,5	9,7	10,0	10,3	10,6	

<b>Tasa de descuento</b>	8%	12%	14%	17%	20%	25%
<b>VAN</b>	31,1	21,7	18,0	13,3	9,4	4,4

<b>TIR</b>
31%

## PROYECCION DE LA DEMANDA

### Máxima Demanda Actual del Alimentador

La máxima demanda registrada en el año 1997 es de 195 amperios (3377 KVA), con una tasa de crecimiento prevista para el año 1998 de 2.3%, con el cual se tiene la nueva demanda esperada de 200 amperios (3464 KVA).

### Proyección de la Máxima Demanda hasta el año 2008

Conociendo la máxima demanda actual y aplicando la fórmula siguiente:

$$I_i = I_1 (1 + \alpha)^i$$

se obtiene la demanda máxima esperada año por año hasta el año 2008.

Si tenemos la tasa promedio de crecimiento  $\alpha = 2.3\%$ , se obtiene la siguiente proyección de la demanda en amperios:

Tabla N° 24

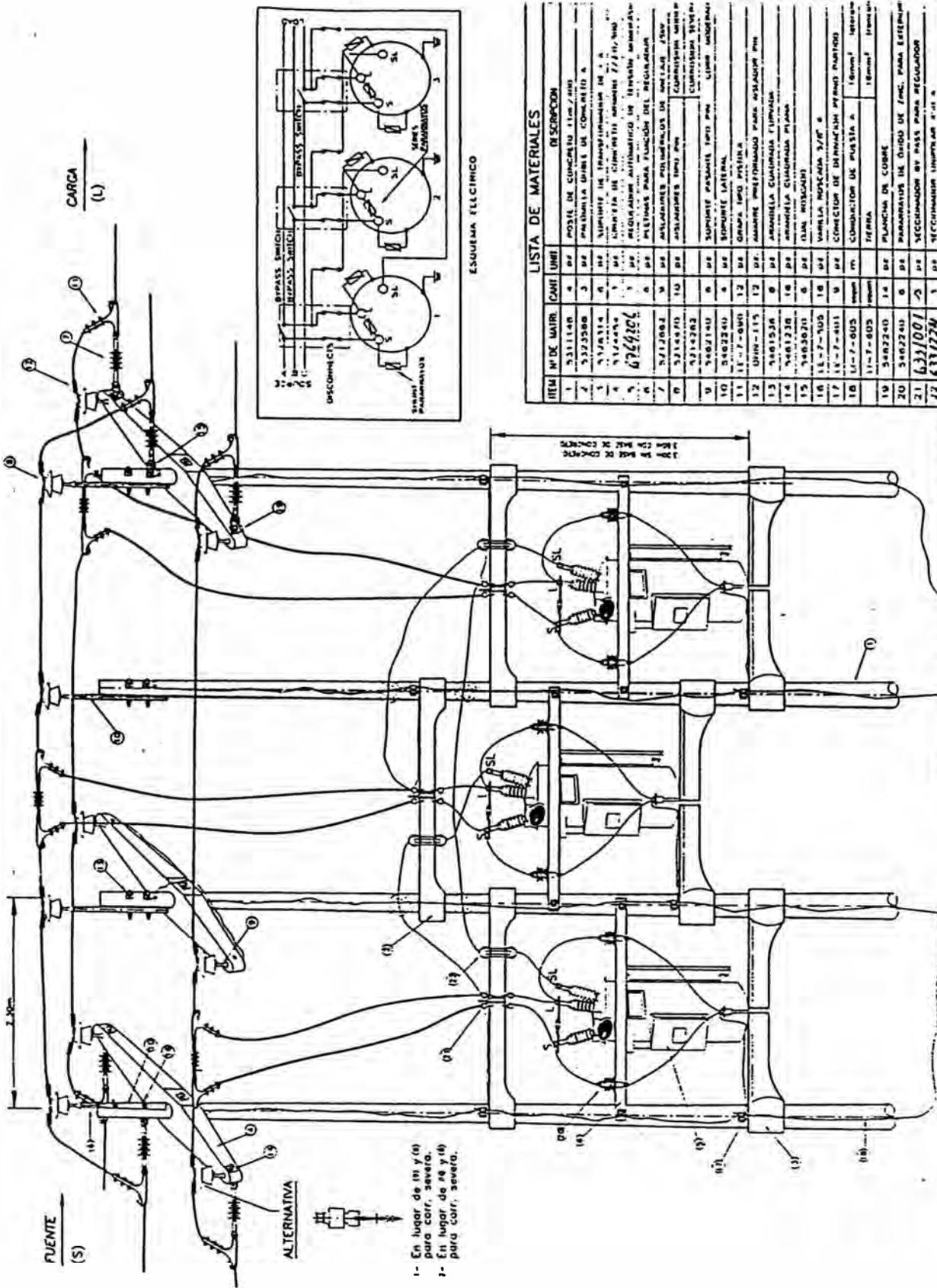
Año	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08
Dem	200	204	208	213	218	223	228	233	239	244	250

## APLICACION DE PARARRAYOS TIPO SHUNT

Tabla N° 25

Valores de Tensión del Regulador	Tensión Nominal del Sistema (volts)		Pararrayos MOV Shunt kV
	Delta ó Monofásico	Estrella multi-aterrado	
2500/4330Y	2400 2500	2400/4160 2500/4300	3
5000/8660Y	4160 4330 4800 5000	4160/7200 4330/7500 4800/8320 5000/8660	6
7620/13200Y	6900 7200	6900/11950 7200/12470	9
	7620 7970	7620/13200 7970/13800	10
	11000	11000	15
13800	12000 12470 13200 13800 14400		15
14400/24940Y		13800/23900 14400/24940	18
19920/34500GrdY		19920/34500	27
22000	22000		27
33000	33000		36

MOV : Varistor de Oxido Metálico

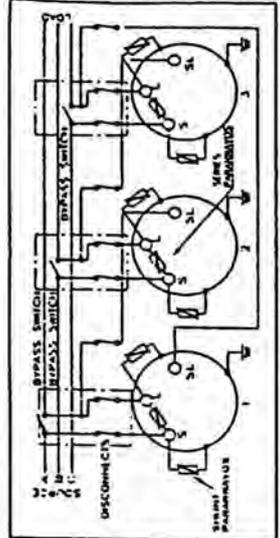


FUENTE  
(S)

CARGA  
(L)

ALTERNATIVA

- 1- En lugar de 11 y (11) para corr. severa.
- 2- En lugar de 22 y (22) para corr. severa.



ESQUEMA ELÉCTRICO

**LISTA DE MATERIALES**

ITEM	Nº DE MATR.	CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN
1	3311148	4	DE	POSTE DE CONCRETO 11x17x110
2	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR A
3	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR B
4	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR C
5	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR D
6	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR E
7	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR F
8	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR G
9	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR H
10	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR I
11	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR J
12	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR K
13	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR L
14	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR M
15	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR N
16	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR O
17	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR P
18	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR Q
19	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR R
20	3322388	3	DE	MATERIAL PARA UN CONECTOR S
21	633/001	3	DE	SECCIONADOR BY PASS PARA REGULADOR
22	633/001	3	DE	SECCIONADOR BY PASS PARA REGULADOR
23	633/001	3	DE	SECCIONADOR BY PASS PARA REGULADOR

BANCO DE REGULADORES AUTOMATICOS DE TENSION 10KV  
(3 UNIDADES MONOFASICAS)

**BIBLIOGRAFIA**

- 1.- MANUAL DE INGENIERIA ELECTRICA  
Donald G. Fink, H. Wayne Beaty  
McGraw-Hill Interamericana de Mexico, S.A. de C.V., 1996
- 2.- NORMA TECNICA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELECTRICOS  
Decreto Supremo N° 020-97-EM  
El Peruano, 11 de Octubre de 1997
- 3.- CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD  
Ministerio de Energía y Minas - 1978
- 4.- ESPECIFICACION TECNICA DE REGULADORES DNN-ET-045a  
Edelnor S.A. - 1996
- 5.- ESPECIFICACION TECNICA DE INTERRUPTORES DE RECIERRE  
DNN-ET-027b  
Edelnor S.A. - 1996
- 6.- ESPECIFICACION TECNICA DE EXTENSORES DE LINEA DE FUGA  
POLIMERICOS DNN-ET-054a  
Edelnor S.A. - 1998
- 7.- ESPECIFICACION TECNICA DE AISLADORES POLIMERICOS DE  
ANCLAJE DNN-ET-046  
Edelnor S.A. - 1996
- 8.- ESPECIFICACION TECNICA DE AISLADORES HIBRIDO PARA REDES  
AEREAS DE 10 kV. DNN-ET-016  
Edelnor S.A. - 1996
- 9.- ESPECIFICACION TECNICA DE PARARRAYOS DNN-ET-041  
Edelnor S.A. - 1996
- 10.- INSTALACIONES ELECTRICAS II  
Carlos Huallasco Montalva  
UNI, FIEE - 1994
- 11.- REGULADORES DE TENSION VR-32  
McGraw-Edison, boletin 97020 (5/97)  
Cooper Power Systems, Inc. 1997