

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS**

**“PROTECCIÓN PARA SOBRETENSIONES POR FALLAS DE LÍNEA  
A TIERRA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN TORRE BLANCA EN  
CARABAYLLO”**

**AUTORES:**

ORDOÑEZ CALDERON, EDMAR HEINER  
BRIONES PAZ, DAVID JAFET  
GAHONA MUÑOZ, CESAR RAYMUNDO

**ASESOR:**

ASESOR: ING. RAMOS TORRES, ERNESTO  
**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA**

CALLAO – PERU  
FEBRERO – 2015

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO.  
ELECTRICISTA**

**“PROTECCIÓN PARA SOBRETENSIONES POR FALLAS DE LÍNEA A  
TIERRA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN TORRE BLANCA EN  
CARABAYLLO”**

**PRESENTADO POR LOS BACHILLERES  
BRIONES PAZ, DAVID JAFET  
GAHONA MUÑOZ, CESAR RAYMUNDO  
ORDOÑEZ CALDERON, EDMAR HEINER**

**CALIFICACIÓN:**

**(18) DIECIOCHO**

---

**Dr. Ing. JUAN HERBER GRADOS  
GAMARRA  
Presidente de Jurado**

---

**MSc. Ing. ÁLVARO HUMBERTO  
VELARDE ZEVALLOS  
Secretario de Jurado**

---

**Ing. ROBERTO ENRIQUE SOLÍS FARFÁN  
Vocal de Jurado**

**CALLAO – PERÚ**

**“Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.”**

**MIS PADRES**

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	5
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	7
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	9
<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	13
<b>1.1 Determinación del problema</b> .....	13
<b>1.2 Formulación de problemas</b> .....	13
<b>1.2.1 Problema General</b> .....	13
<b>1.2.2 Problema específico</b> .....	13
<b>1.3 Objetivos de la Investigación</b> .....	14
<b>1.3.1 Objetivo General</b> .....	14
<b>1.3.2 Objetivo Especifico</b> .....	14
<b>1.4 Justificación de la investigación</b> .....	14
<b>1.5 Limitaciones y Facilidades</b> .....	14
<b>1.6 Planteamiento de la Hipótesis</b> .....	15
<b>1.6.1 Hipótesis General</b> .....	15
<b>1.6.2 Hipótesis Específica</b> .....	15
<b>1.7 Caracterización de las variables</b> .....	15
<b>1.7.1 Variable Dependiente</b> .....	15
<b>1.7.2. Variable Independiente</b> .....	15
<b>II. METODOLOGIA</b> .....	16
<b>2.1 Tipo de investigación</b> .....	16

<b>2.2</b>	<b>Diseño de la Investigación</b> .....	17
<b>2.3</b>	<b>Etapas de la Investigación</b> .....	17
<b>2.4</b>	<b>Población y tamaño de muestra</b> .....	17
<b>III.</b>	<b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	18
<b>3.1</b>	<b>Antecedentes</b> .....	18
<b>3.2</b>	<b>Desarrollo del tema</b> .....	19
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	124
<b>V.</b>	<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b> .....	142
<b>VI.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	143
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	145
	<b>ANEXO 1. Topografía de la zona de estudio (J-05)</b> .....	146
	<b>ANEXO 2. Histórico de fallas ocurrido en el año 2013 (J-05)</b> .....	148
	<b>ANEXO 3. Agrupación de subestaciones (J-05)</b> .....	150
	<b>ANEXO 4. Elementos de protección para la propuesta #1 (J-05)</b> .....	152
	<b>ANEXO 5. Elementos de protección para la propuesta #2 (J-05)</b> .....	154
	<b>ANEXO 6. Matriz de consistencia (J-05)</b> .....	156

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Momento de ruptura del conductor por sobretensión .....	18
Figura 2. Cadena de valor de la energía .....	20
Figura 3. Corriente en las tres fases en estado estable .....	21
Figura 4. Voltaje en las tres fases en estado estable .....	22
Figura 5. Falla franca en fase A .....	23
Figura 6. Falla bifásica A y B a tierra .....	24
Figura 7. Falla bifásica A y B aislada .....	25
Figura 8. Ejemplo de falla bifásica aislada .....	25
Figura 9. Gráfico de una sobretensión permanente .....	27
Figura 10. Gráfico de una sobretensión transitoria .....	28
Figura 11. Red de distribución de energía eléctrica .....	30
Figura 12. Distrito de Carabayllo .....	34
Figura 13. Ejemplo de una red de distribución eléctrica .....	35
Figura 14. Esfuerzo de un conductor entre torres eléctricas .....	37
Figura 15. Aluminio y Acero en un conductor eléctrico .....	39
Figura 16. Formación de un conductor eléctrico .....	40
Figura 17. Cable auto-soportado o auto-portantes .....	41
Figura 18. Corriente por conductividad de la masa en un aislador .....	49
Figura 19. Corriente por conductividad superficial en un aislador .....	49
Figura 20. Corriente por perforación de masa en un aislador .....	50
Figura 21. Corriente por descarga disruptiva en un aislador .....	50
Figura 22. Aislador Tipo Pin (10 a 13.8 kV) .....	52
Figura 23. Aislador Tipo Pin (34.4 kV) .....	52
Figura 24. Aislador Line Post (Cualquier tensión) .....	53
Figura 25. Aislador Tipo Suspensión (Bola y Casquillo) .....	53
Figura 26. Curvas comparativas de la humedad y la temperatura .....	56
Figura 27. Influencia de las sales disueltas .....	57
Figura 28. Curvas comparativas de la compactación del suelo .....	57
Figura 29. Resistividad de los suelos .....	58

Figura 30. Medición de la resistividad por método Wernner.....	59
Figura 31. Calculo por semi-esfera de la resistencia de la tierra .....	60
Figura 32. Cálculo por varilla única de la resistencia de la tierra.....	61
Figura 33. Calculo por varilla única enterrada de la resistencia de la tierra.....	61
Figura 34. Alambre enterrado horizontalmente .....	62
Figura 35. Alambre en ángulo recto .....	63
Figura 36. Estrella de tres brazos.....	63
Figura 37. Estrella de cuatro brazos.....	63
Figura 38. Arco de alambre.....	64
Figura 39. Medida de la resistencia del electrodo de puesta tierra por método de caída de potencial .....	64
Figura 40. Tensión de paso en un ser humano .....	65
Figura 41. Circuito de la tensión de paso .....	66
Figura 42. Tensión de toque en un ser humano.....	67
Figura 43. Circuito de la tensión de toque .....	67
Figura 44. Tensión de transferencia en un ser humano .....	68
Figura 45. Circuito de la tensión de transferencia .....	68
Figura 46. Interruptor SF6 .....	75
Figura 47. Operación del interruptor SF6 .....	76
Figura 48. Interruptor SF6 (17.5 kV).....	77
Figura 49. Tanque vivo y tanque muerto .....	82
Figura 50. Localizador de falla RGDAT .....	95
Figura 51. Módem GSM.....	96
Figura 52. Primera reconexión lenta .....	98
Figura 53. Detección de falla.....	99
Figura 54. Realimentación de la primera macro sección.....	99
Figura 55. Cierre del seccionador.....	100
Figura 56. Apertura del interruptor.....	100
Figura 57. Apertura definitiva del seccionador.....	101
Figura 58. Cierre del interruptor.....	101
Figura 59. Aislamiento automático de la falla .....	102

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores Típicos de resistividad .....	55
Tabla 2. Prueba de un interruptor .....	87
Tablā 3. Cōndiciōnēs Ambiēntālēs ēn un ĩntērruptōr .....	92
Tabla 4. Número de clientes por subestación .....	103
Tablā 5. Análisis cliēntē-hōrā parā fallā #1 ēn āmbās sōluciōnēs .....	104
Tabla 6. Análisis cliente-hora para falla #2 en ambas soluciones .....	105
Tablā 7. Análisis cliēntē-hōrā parā fallā #3 ēn āmbās sōluciōnēs .....	106
Tabla 8. Análisis cliente-hora para falla #4 en ambas soluciones .....	107
Tāblā 9. Análisis cliēntē-hōrā parā fallā #5 ēn āmbās sōluciōnēs .....	108
Tabla 10. Análisis cliente-hora para falla #6 en ambas soluciones .....	109
Tablā 11. Análisis cliēntē-hōrā parā fallā #7 ēn āmbās sōluciōnēs .....	110
Tabla 12. Análisis cliente-hora para falla #8 en ambas soluciones .....	111
Tāblā 13. Análisis cliēntē-hōrā parā fallā #9 ēn āmbās sōluciōnēs .....	112
Tabla 14. Análisis cliente-hora para falla #10 en ambas soluciones .....	113
Tāblā 15. Análisis cliēntē-hōrā parā fallā #11 ēn āmbās sōluciōnēs .....	114
Tabla 16. Análisis cliente-hora para falla #12 en ambas soluciones .....	115
Tāblā 17. Análisis cliēntē-hōrā parā fallā #13 ēn āmbās sōluciōnēs .....	116
Tabla 18. Análisis cliente-hora para falla #14 en ambas soluciones .....	117
Tāblā 19. Análisis cliēntē-hōrā parā fallā #15 ēn āmbās sōluciōnēs .....	118
Tabla 20. Análisis cliente-hora para falla #16 en ambas soluciones .....	119
Tablā 21. Resúmen de cliēntēs-hōrā parā āmbās sōluciōnēs .....	120
Tabla 22. Ubicación geográfica de los elementos de protección .....	121
Tablā 23. Cōmparaciōn de cōstōs .....	122
Tabla 24. Cuadro Resumen .....	123

## RESUMEN

Se ha analizado las sobretensiones para fallas de línea a tierra de la red de distribución Torreblanca-Jicamarca para lo cual se ha presentado una propuesta de solución comparativa con respecto a la propuesta de la empresa EDELNOR que tiene la distribución de dicha zona. El presente trabajo ha consistido en maximizar el sistema de protección que tiene la línea mediante una propuesta de solución que permita la reducción de costos para la empresa y mayor confiabilidad en la red, repercutiendo esto en una mejor calidad de servicio para los usuarios.

Gracias a una labor en conjunto pudimos obtener valores confiables sobre las fallas sucedidas en nuestra zona de estudio Torreblanca-Jicamarca y así poder sustentar nuestra solución (propuesta #2), así como también precios con respecto a los equipos que se utilizarán para poder realizar la respectiva comparación

Los resultados fueron realmente favorables considerando la nueva reforma que se planificó en esa área y la facilidad que tuvimos en contar con los planos respectivos para poder mostrar de manera real nuestro estudio.

## ABSTRACT

We analyzed the surge line to ground fault network Torreblanca-Jicamarca distribution for which it has submitted a proposal for benchmarking solution regarding the proposed EDELNOR having the distribution of that area. The present work has been to maximize protection system that has the line by proposing a solution that enables cost reduction for the company and increased network reliability, and this influences a better quality of service for users.

Through a collaborative effort we could obtain reliable values for the failures occurred in our area of Torreblanca-Jicamarca study so we can sustain our solution (proposal # 2), as well as prices with regard to equipment that will be used to perform the respective comparison

The results were really favorable considering the new reform which was planned in this area and ease we had in the respective planes have to show real way our study.

## INTRODUCCIÓN

Un aspecto relevante y pocas veces considerado en el estudio de los sistemas eléctricos de distribución, además de los clásicos estudios: Flujo de Carga y Estabilidad, es el relacionado al estudio del fenómeno transitorio propio de las sobretensiones, que causan daños a equipos y por lo tanto impiden la continuidad del suministro de energía en un sistema.

Es por eso que en este estudio se presenta un procedimiento para la evaluación de las sobretensiones en los sistemas eléctricos de distribución. Las causas de las sobretensiones en un sistema pueden ser diversas, sin embargo en este trabajo se considerarán las atribuidas a la fallas de línea a tierra.

La intención de conectar a tierra los sistemas es el poder controlar el voltaje con respecto a tierra y proveer un camino a la corriente que nos permita detectar la conexión no deseada entre conductores de línea y tierra y al detectar esta corriente iniciar la operación de los dispositivos de protección para retirar el voltaje de estos conductores.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Determinación del problema

El estudio de las sobretensiones es importante ya que este fenómeno ocasiona deterioro del aislamiento y por ende destrucción de equipos tanto en líneas aéreas de distribución como en subestaciones, conllevan a la pérdida de continuidad en el suministro de la energía, y podrían originar otros tipos de fallas.

De manera general el fenómeno transitorio de la sobretensión puede derivarse de diferentes fuentes, cada una con características propias, estas requieren de una revisión independiente para determinar la más severa; aunque dada la configuración específica del sistema de potencia podemos inferir de antemano cuales son los estudios necesarios a realizar.

### 1.2 Formulación de problemas

#### 1.2.1 Problema General

¿En qué medida afecta las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Subestación Carabaylo a los equipos eléctricos y a los mismos trabajadores?

#### 1.2.2 Problema específico

¿Se puede seleccionar los equipos de protección para las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Subestación Carabaylo para poder evitar el mal funcionamiento del mismo y evitar accidentes?

### **1.3 Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Detectar las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Subestación Carabayllo e implementar un sistema de protección.

#### **1.3.2 Objetivo Especifico**

Seleccionar los equipos de protección para las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Subestación Carabayllo para poder evitar el mal funcionamiento del mismo y evitar accidentes.

### **1.4 Justificación de la investigación**

La planificación de estos sistemas resalta que los criterios de operación más importantes son la continuidad, confiabilidad, maniobrabilidad y la flexibilidad que se logra mediante los equipos de conexión/corte, tomando en cuenta estas características, se pretende realizar un estudio de la funcionalidad del Sistema de Distribución con el fin de establecer criterios convenientes que permitan sugerir los equipos de protección con eficiencia y eficacia en su operación dentro del sistema.

### **1.5 Limitaciones y Facilidades**

La presente investigación es para protección por sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Subestación Carabayllo. La limitación dentro del presente trabajo es la inaccesibilidad a la zona de estudio, lo cual dificulta obtener información.

Las facilidad dentro de nuestro trabajo de investigación es obtener información por medio de la empresa EDELNOR ya que uno de los que conforman nuestro grupo actualmente se encuentra laborando en dicha empresa.

## **1.6 Planteamiento de la Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis General**

Verificandō las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Sub-estación Carabayllo se implementará un sistema de protección adecuado.

### **1.4.2 Hipótesis Específica**

Seleccionandō los equipos de protección para las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Sub-estación Carabayllo se optimizará el funcionamiento de la red de distribución y se evitaran accidentes.

## **1.7 Caracterización de las variables**

### **1.7.1 Variable Dependiente:**

Protección de la red de distribución torre blanca-Jicamarca proveniente de la subestación Carabayllo

### **1.7.2. Variable Independiente:**

Sobretensiones de fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la subestación Carabayllo.

## II. METODOLOGIA

### 2.1 Tipo de investigación

El llevar a cabo un plan de solución para este problema requiere conocimientos técnicos del área, asimismo conocimientos normativos contenidos en el Código Nacional de Electricidad. A pesar que la prevención de este tipo de riesgo es un tema muy técnico, nos apoyaremos en herramientas administrativas para cumplir nuestro cometido.

Para esto tomaremos en cuenta la Jerarquización de Controles:

- Eliminación de la Condición detectada como peligro
- Sustitución de actividades que presenten esta condición
- Controles de Ingeniería Aplicables
- Señalización, advertencia y/o controles administrativos
- Equipos de Protección Personal

Esto está en la Ley 29783 que es la Ley de SST

Se deben combatir y controlar los riesgos en su origen, en el medio de transmisión y en el trabajo, privilegiando el control colectivo al individual.

Tratamiento, control o aislamiento de los peligros y riesgos, adoptando medidas o técnicas o administrativas

Minimizar los peligros y riesgos, adoptando sistemas de trabajo seguro que incluyan disposiciones administrativas de control

## **2.2 Diseño de la Investigación**

Explicativa

### **2.3 Etapas de la Investigación**

- Identificación de problemas anteriores.
- Verificación de clientes afectados por fallas de línea a tierra.
- Comparación de Clientes hora afectado con los planes de mejora

### **2.4 Población y tamaño de muestra**

#### **Población**

Red de distribución Torre Blanca-Jicamarca

#### **Muestra**

Red de distribución Torre Blanca - Jicamarca

### III. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

En vista de la importancia de este problema, en ELECTROLIMA a fines de la década del 70, se estudió el comportamiento de las fallas a tierra en diferentes tipos de terreno, encontrando el modelo matemático que permite analizar teóricamente estas fallas.

En las pruebas que se efectuaron y que fueron complementadas por el sector de Proyectos de ET s de aquella poca se registraron características muy importantes del comportamiento de las tensiones y corrientes homopolares en condiciones de falla que identifican claramente este tipo de fenómeno eléctrico.

En la figura.1 que se muestra a continuación se puede observar el momento en que se rompe el conductor aéreo y cuando el conductor toca el suelo, el momento en que aparecen las tensiones y corrientes homopolares es el instante que el conductor toca el suelo.

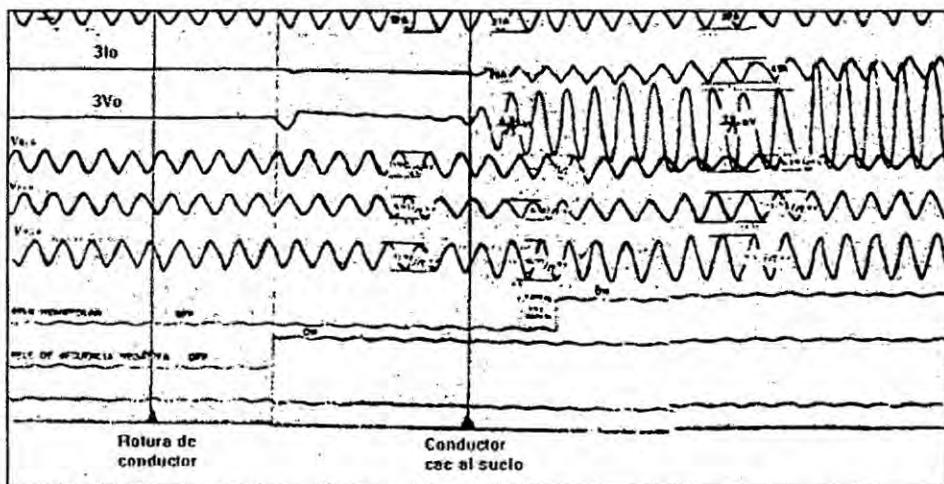


Figura 1. Momento de ruptura del conductor por sobretensión

### 3.2 Desarrollo del tema

#### SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA (SEP)

Un sistema eléctrico de potencia (SEP) está constituido por las centrales de generación, líneas de transmisión interconectadas entre sí, sistemas de distribución y comercialización, esenciales para el consumo de energía eléctrica, los cuales deben ser operados eficazmente para el cumplimiento de la regulación y estándares de calidad.

Centrales de Generación: Este es el primer eslabón de la cadena de valor de la energía eléctrica, generalmente se encuentran situadas cerca de la fuente de energía primaria y lejana de los centros de consumo, es aquí donde se lleva a cabo la producción de energía eléctrica, mediante la transformación de la fuente de energía primaria, pudiéndose clasificar de acuerdo a esta, de la siguiente manera:

- Centrales hidroeléctricas
- Centrales termoeléctricas
- Centrales geo-termoeléctricas
- Centrales nucleoelectricas
- Centrales eolicas
- Centrales solares

Las centrales generadoras se construyen de tal forma, que por las características del terreno se adaptan para su mejor funcionamiento, rendimiento y rentabilidad.

Líneas de Transmisión: Están compuestas por conductos cuando son subterráneas o por grandes torres metálicas cuando son aéreas, que soportan los cables que transportan la energía eléctrica desde los centros de Generación hasta zonas de distribución más cercanas a los consumidores. Para un transporte

eficiente se eleva el voltaje, por medio de un transformador elevador en la subestación de generación y se reduce el nivel a través de un transformador reductor en la subestación de distribución.

Los voltajes de transmisión comúnmente utilizadas en Perú son: 220kV y 500 kV.

Los voltajes de subtransmisión comúnmente utilizadas en Perú son: 60, 138 kV

Una de las formas de clasificar las líneas de transmisión, es de acuerdo a su longitud, siendo:

- Línea corta de menos de 80 Km.
- Línea media de entre 80 y 240 Km.
- Línea larga mayor de 240 Km.

*Sistemas de Distribución y Uso Final:* En esta etapa se reducen más el nivel voltaje a medida que el SEP se acerca más a los poblados, para facilitar el transporte de la energía eléctrica a los grandes centros industriales y residenciales de las ciudades, para finalmente llegar a cada uno de estos por medio de transformadores instalados en los postes que reducen el voltaje a valores comerciales (220 Voltios, 480 Voltios).

En la figura.2, se ilustra la Cadena de Valor de la Energía en Perú.



Figura 2. Cadena de Valor de la Energía

## FALLAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA (SEP)

Un SEP está balanceado cuando la magnitud de la corriente y voltaje en sus tres fases presentan un nivel similar, y los ángulos entre estas es de  $120^\circ$ . El ángulo entre la corriente y voltaje en cada fase depende del flujo de potencia en el instante en que se mide.

Asimismo se puede decir que un SEP se encuentra en estado estable si las variables eléctricas del sistema permanecen constantes con el tiempo y en un rango de valores aceptable. En las figuras Figura.3 y Figura.4 se aprecian las variables del sistema en estado estable

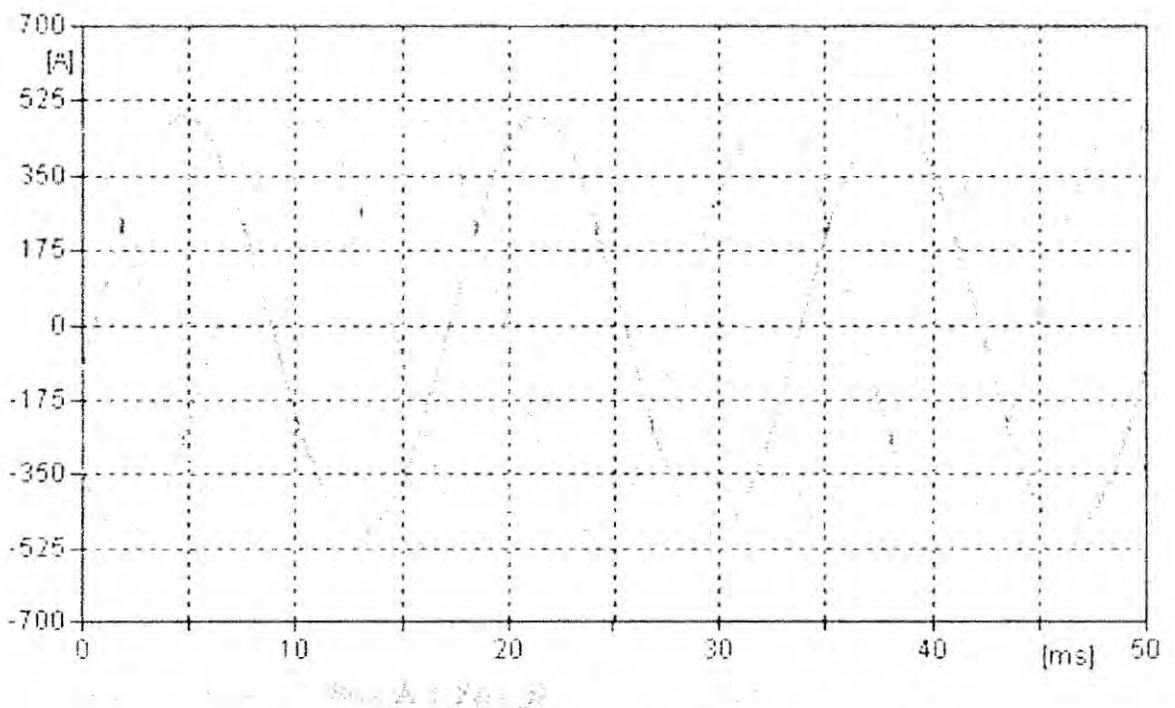
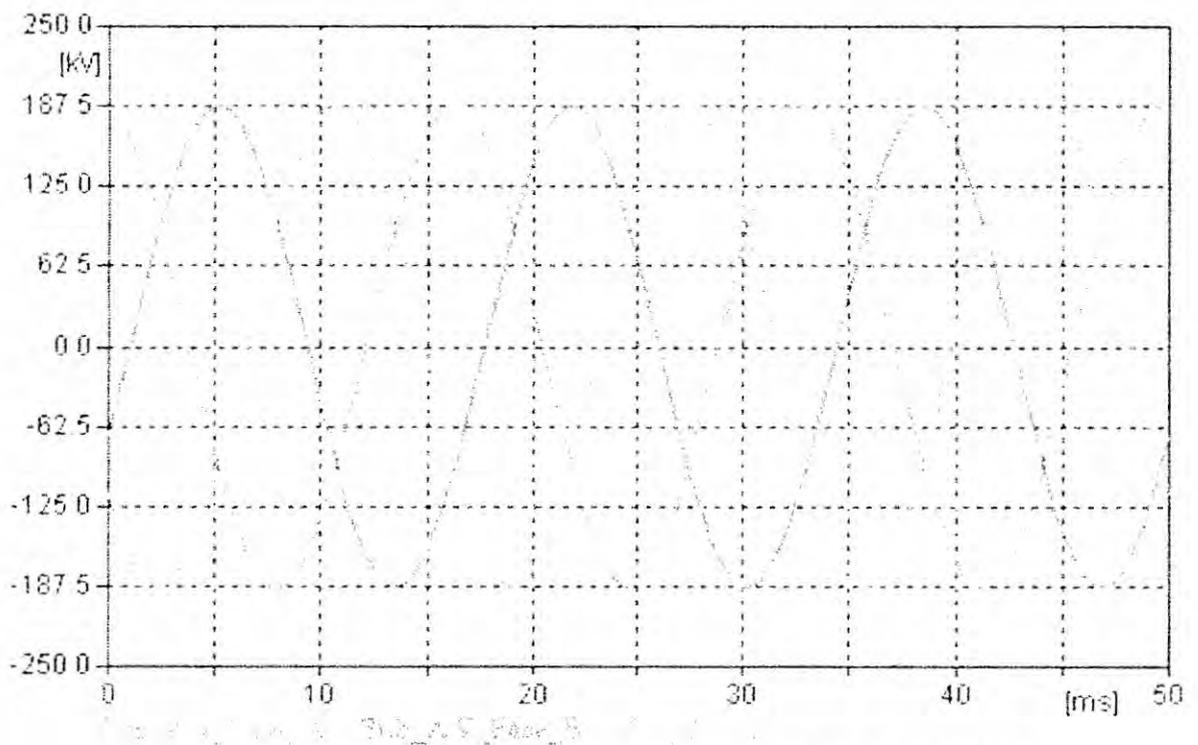


Figura. 3. Ejemplo de corriente en las tres fases en estado estable



*Figura 4. Ejemplo de voltaje en las tres fases en estado estable*

Cuando se presenta una falla en un SEP, generalmente las subestaciones más cercanas al punto de falla tienen aumento de corriente y una caída de voltaje en las fases que presentan el problema, que depende de la impedancia en la subestación, lo que conlleva cambios en los flujos de potencia y el ángulo de transferencia entre las dos subestaciones que están interconectadas, además de posibles oscilaciones de frecuencia y presencia de armónicos de corriente y voltaje.

En un SEP se pueden presentar varios tipos de falla que pueden ocasionar perturbaciones en el sistema, entre las cuales se destacan por su frecuencia de ocurrencia las fallas monofásicas a tierra, presentes en aproximadamente 90% de eventos totales de falla. También existen otras no menos importantes como las fallas bifásicas a tierra, fallas bifásicas aisladas, fallas trifásicas a tierra y fallas trifásicas aisladas, todas con diferentes niveles de impedancia de falla.

➤ Fallas Monofásicas a tierra. (L-G)

Este tipo de falla únicamente afecta una sola fase del SEP, presentándose un aumento de corriente y caída de voltaje en la fase que presenta el problema. La falla puede ser de baja impedancia (falla franca) con valores cercanos a 0 ohmios, de media-alta o de alta impedancia (FAI) con valores mayores a 30 y 60 ohmios, respectivamente. Las fallas de alta impedancia no presentan gran variación en la variable corriente de la fase fallada por lo que a veces no se detecta fácilmente ya que pueden ser vistas como un aumento en la demanda energía del SEP. En contraste las fallas francas presentan un importante aumento de la corriente, lo cual facilita su detección.

Las Fallas de Alta Impedancia, son producidas normalmente por árboles, cometas, fuego bajo la línea, flámeos de aisladores, entre otros. En la Figura.5 se aprecian a manera de ejemplo las curvas de corriente y voltaje en la fase A, ante una falla franca en la fase A.

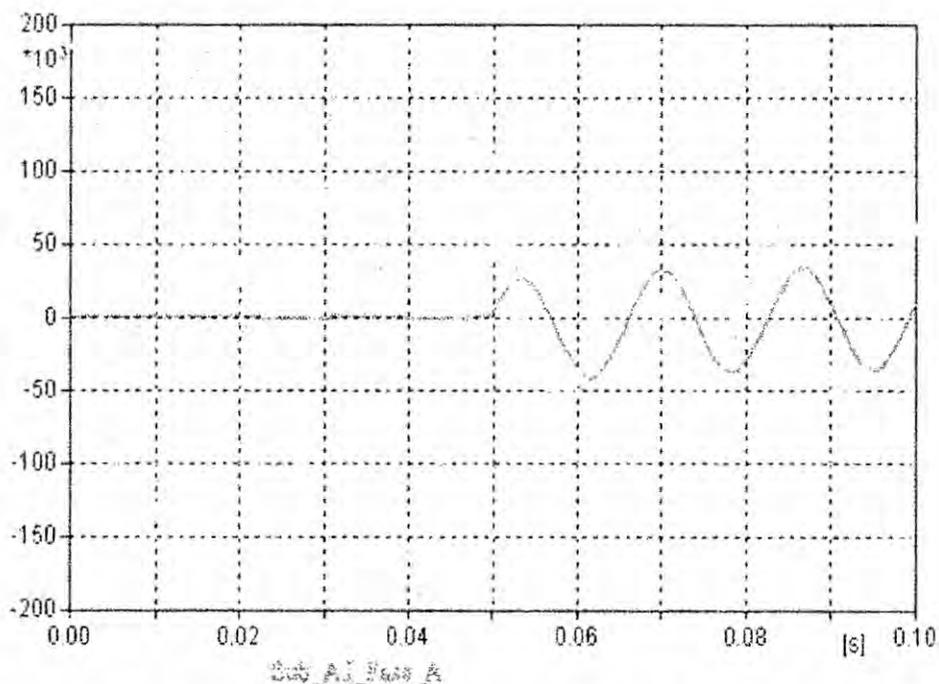
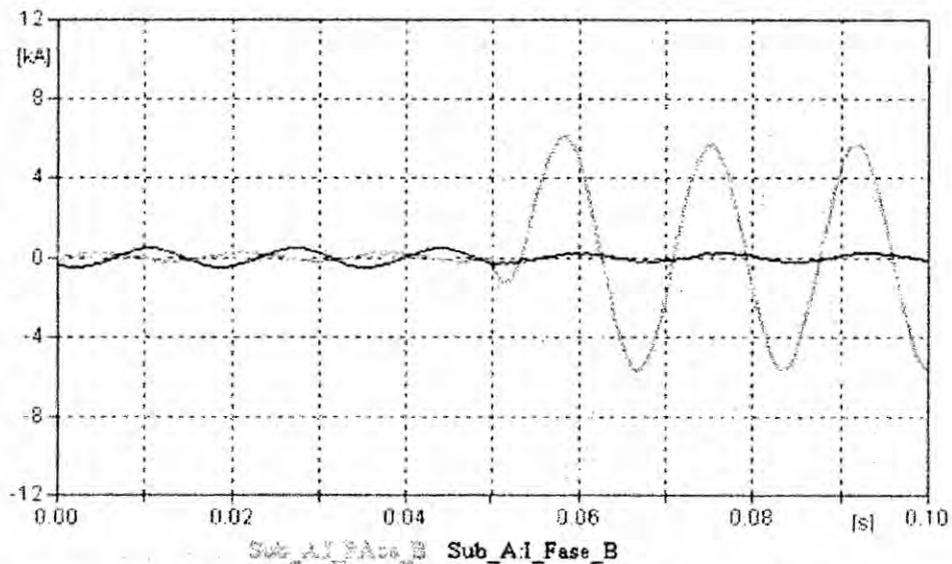


Figura 5. Ejemplo de falla franca en la fase A

➤ Falla Bifásica a tierra. (L-L-G)

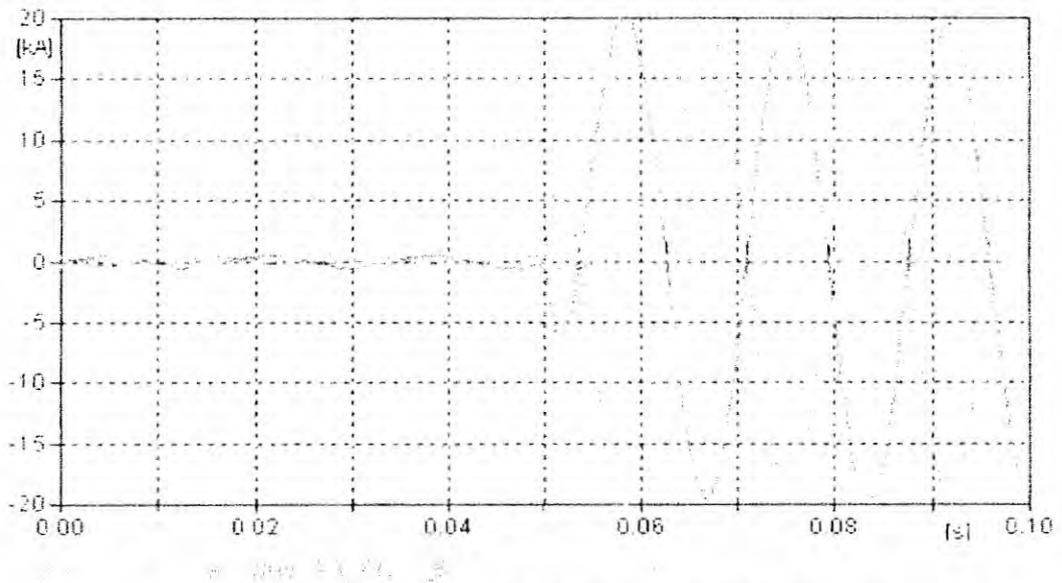
En esta falla se afectan dos fases del SEP, generalmente por la caída de una de las fases, haciendo contacto con otro cable y con elemento externo que conduce a tierra. Cuando se presenta esta falla aumenta la corriente en ambas fases y disminuye el voltaje. En la Figura.6 se puede apreciar el comportamiento de la corriente frente a este tipo de falla.



*Figura 6. Ejemplo de falla bifásica A y B a tierra (Las fases en falla se multiplicaron por un factor de 0.4)*

➤ Falla Bifásica a aislada. (L-L)

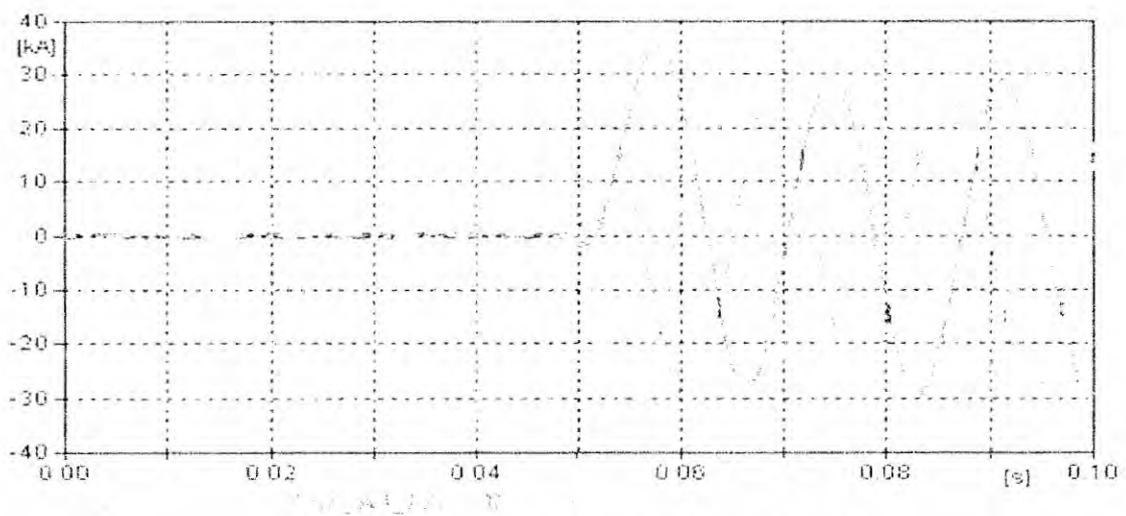
Esta falla presenta características similares a la falla bifásica a tierra, sin embargo esta se presenta entre dos fases de forma aislada de la tierra. Este tipo de falla es frecuente que se presente cuando se realizan quemas debajo de la línea, lo que ocasiona cambios en la rigidez dieléctrica del aire y en sus propiedades de conducción. En la Figura.7 se observa un ejemplo del comportamiento de la corriente en las tres fases cuando se presenta esta falla.



*Figura 7. Ejemplo de falla bifásica fases A y B aislada*

➤ **Falla Trifásica aislada (L-L-L)**

Se presenta cuando las tres fases entran en contacto, con caídas de voltaje y aumento de corriente similar para las tres fases. No obstante esta falla tiene poca frecuencia de ocurrencia en los SEP. En la Figura.8 se aprecia un ejemplo de las variaciones de corriente ante la presencia de una falla trifásica aislada.



*Figura 8. Ejemplo de falla trifásica aislada*

## **SOBRETENSIONES**

Se denomina sobretensión a todo aumento de tensión capaz de poner en peligro el material o el buen servicio de una instalación eléctrica.

Las sobretensiones pueden producir descargas que además de destruir o averiar seriamente el material, también pueden ser la causa de nuevas sobretensiones. Muchas veces, los peligros de las sobretensiones no se deben solamente a su magnitud, sino también a la forma de onda.

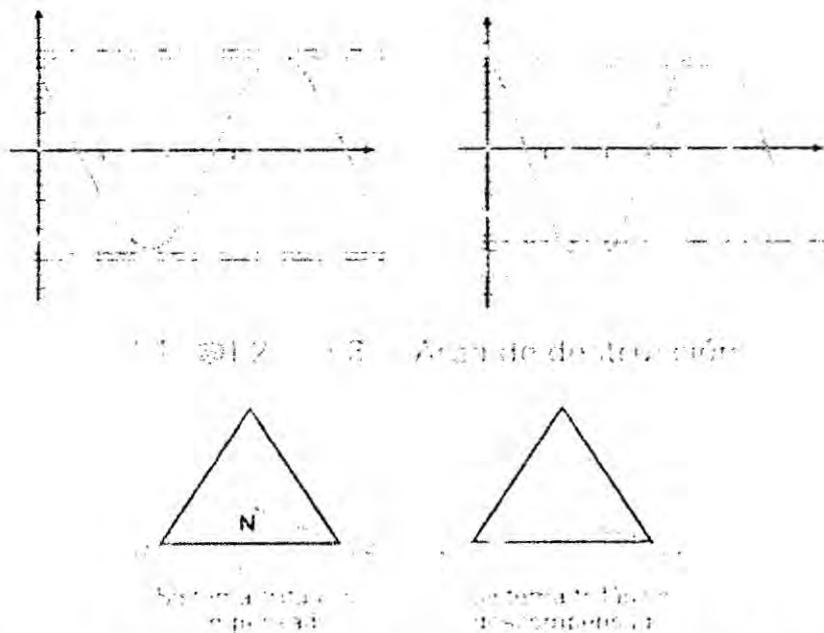
Si, a pesar de todas las precauciones, en una instalación se producen sobretensiones debe procurarse que descarguen a tierra lo más rápidamente posible, por medio de los correspondientes dispositivos de protección denominados, en general, descargadores de sobretensión.

## **CLASIFICACION DE LAS SOBRETENSIONES**

Existen dos tipos de sobretensiones: las sobretensiones permanentes y las sobretensiones transitorias

### **Sobretensiones Permanentes**

Las sobretensiones permanentes son aumentos de tensión superior al 10% de la tensión nominal y duración indeterminada, generalmente, debido a la descompensación de las fases normalmente causada por la rotura del neutro. La rotura de neutro provoca una descompensación en las tensiones simples, lo que produce en los receptores reducción de vida útil, destrucción inmediata e incluso incendios.



*Figura 9. Gráfica de una sobretensión permanente. Si la totalidad o parte de nuestra instalación es monofásica y está conectada en la fase L2, los equipos conectados a ella se destruirán (zona marcada en rojo)*

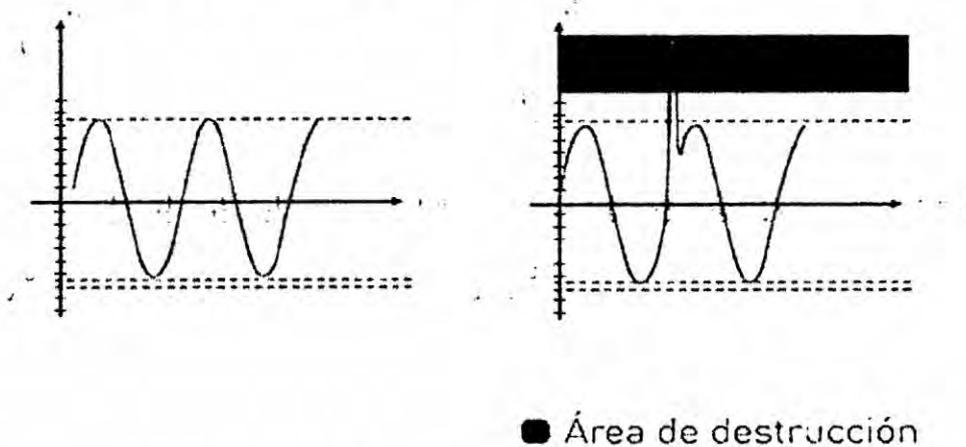
La alimentación de equipos con una tensión superior a aquella para la que han sido diseñados puede generar:

- ☐ Sobrecalentamiento de los equipos.
- Reducción de la vida útil.
- ☐ Incendios.
- Destrucción de los equipos.
- Interrupción del servicio.

### Sobretensiones Transitorias

Las sobretensiones Transitorias son picos de tensión que pueden alcanzar valores de decenas de kilovoltios y una duración del orden de microsegundos.

Pueden ser originados por el impacto de un rayo o fenómenos atmosféricos (la principal causa) o por conmutaciones en la red.



*Figura 10. Gráfica de una sobretensión transitoria. Cuando el pico de tensión alcanza un valor superior al soportado por el equipo causa su destrucción (zona marcada en rojo).*

Pueden causar la destrucción de los equipos conectados a la red provocando:

- Daños graves o destrucción de los equipos.
- Interrupción del servicio.

## **NORMATIVA DE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS**

Según la norma : " los sistemas de protección para las instalaciones interiores o receptoras para baja tensión impedirán los efectos de las sobre intensidades y sobretensiones que por distintas causas cabe prever en las mismas y resguardarán a sus materiales y equipos de las acciones y efectos de los agentes externos ".

Además la instrucción técnica complementaria (ITC-23) del REBT, de obligado cumplimiento, indica que se precisa la protección contra sobretensiones transitorias, cuando:

- La línea es total o parcialmente aérea.
- Es conveniente una mayor seguridad:
  - Continuidad de servicio.
  - Valor económico de los equipos.
  - Pérdidas irreparables.

Esta Instrucción Técnica se desarrolla más ampliamente en su Guía ITC-23, donde se detallan las situaciones en las que el uso de protección contra sobretensiones es un requisito obligatorio y en los cuales es recomendable.

➤ **Categorías de Sobretensiones Transitorias**

La normativa IEC 60664-1 establece cuatro categorías de sobretensión eléctrica:

- **Categoría I:** El equipo está conectado a una red especial AC con medidas para reducir los transitorios. Ejemplo: Equipos con tensión suministrada a través de un filtro externo o un generador impulsado por motor.
- **Categoría II:** El equipo está conectado (permanentemente o no) a la tensión suministrada por el cableado del edificio, en esta categoría entran la mayoría de los aparatos conectados en el edificio. Ejemplo: Electrodomésticos.
- **Categoría III** El equipo que será una parte integral del cableado del edificio. Ejemplo: Paneles de fusibles.
- **Categoría IV** El equipo que se conectará al punto donde la red eléctrica entra al edificio. Ejemplo: Contadores de electricidad.

## RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

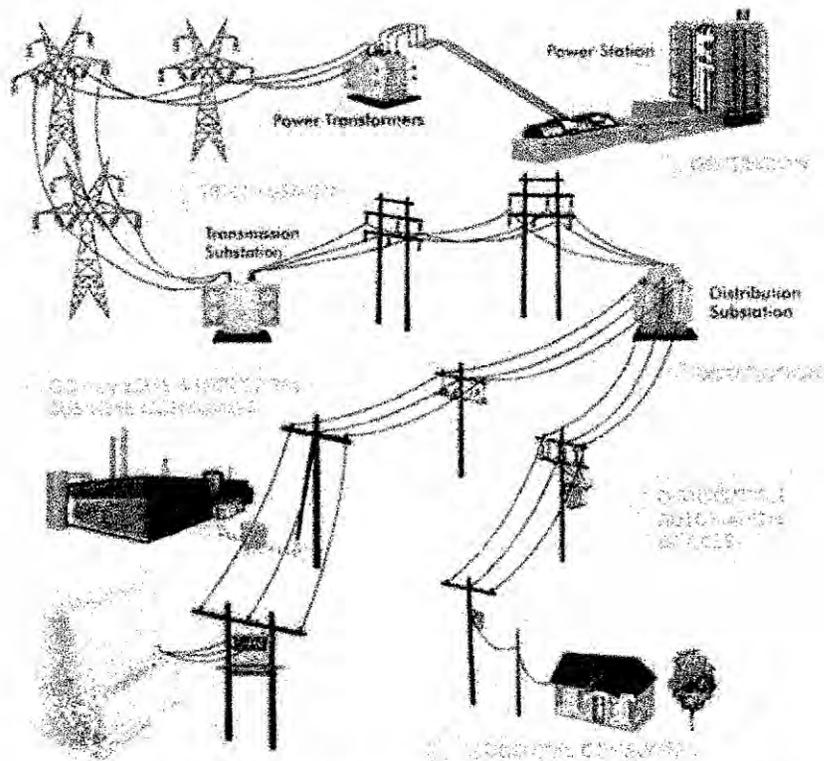


Figura 11. Red de distribución de energía eléctrica

La Red de Distribución de la Energía Eléctrica o Sistema de Distribución de Energía Eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (medidor del cliente). Se lleva a cabo por los Operadores del Sistema de Distribución.

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son los siguientes:  
Subestación de Distribución de casitas: conjunto de elementos (transformadores, interruptores, seccionadores, etc.) cuya función es reducir los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión (o sub-transmisión) hasta niveles de media tensión para su ramificación en múltiples salidas.

- Circuito Primario.
- Circuito Secundario.

La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas.

La primera está constituida por la red de reparto, que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kV. Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kV y con una característica muy radial. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (125/220 ó 220/380 V[1]).

La localización de averías se hace por el método de "prueba y error", dividiendo la red que tiene la avería en dos mitades y energizando una de ellas; a medida que se acota la zona con avería, se devuelve el suministro al resto de la red. Esto ocasiona que en el transcurso de localización se pueden producir varias interrupciones a un mismo usuario de la red.

La protección contra sobretensiones y la importancia de la continuidad de servicio:

- Las sobretensiones son subidas de tensión en la red eléctrica, las cuales causan desperfectos en los equipos de nuestra vivienda o negocio. En

algunos casos los destruyen de manera inmediata y en otros casos, los van deteriorando progresivamente, disminuyendo así su vida útil.

- La implementación de protección contra sobretensiones, tanto transitorias como permanentes, en los últimos tiempos ha sufrido un incremento muy notable debido sobre todo a dos factores: el desarrollo de la tecnología con equipos eléctricos y electrónicos cada vez más sensibles a esta problemática, y a las nuevas normativas y reglamentos, los cuales obligan a la instalación de este tipo de protección.
- La prioridad de estas protecciones es evitar los daños producidos por las sobretensiones transitorias y permanentes. No obstante, un segundo factor está adquiriendo mucha importancia en las instalaciones eléctricas: la continuidad de servicio. Tanto en instalaciones donde no se pueden permitir no tener energía (servicios hospitalares ...) como en instalaciones remotas (segundas residencias, torres de telecomunicaciones ...) donde una actuación de una protección puede tener resultados fatales por tardar demasiado tiempo en volver a restaurar el suministro.
- La reconexión automática está indicada para instalaciones como entidades bancarias, servidores, 2ª residencias, establecimiento de restauración, farmacias,
- La protección contra sobretensiones, tanto transitorias como permanentes, se ha de efectuar de manera eficiente, garantizando la protección de los equipos conectados, pero también garantizando la continuidad de servicio, y en caso que se tenga que desconectar por seguridad, minimizar el tiempo de falta, ofreciendo reconexiones seguras y rápidas.

## **ASPECTO SOCIECONOMICO DE LA LOCALIDAD**

Carabayllo como ciudad, es obra de la historia, su existencia se sostiene en el tiempo desde épocas milenarias. En los periodos antiguos, el territorio de Carabayllo comprendía todo el valle bajo del río Chillón; limitaba por el Norte con Chancay y Canta, por el Este con Huarochirí, por el Sur con el río Rímac y por el Oeste con el Océano Pacífico. A comienzos de la República, el distrito se extendía desde la Portada de Guía (límite actual del Rímac, en la división blindada Cuartel Hoyos Rubiō por el sur) abarcando los territorios actuales de los distritos de San Martín de Porres, Independencia, Los Olivos, Comas, Puente Piedra, Santa Rosa, Ancón, Ventanilla y Santa Rosa de Quives. Es por ello que actualmente se resalta la afirmación y el reconocimiento histórico del distrito de Carabayllo como la GENESIS DE LIMA NORTE.

### Ubicación

El Distrito de Carabayllo se ubica en la parte Nor-Este de la Provincia de Lima, en el Valle del Río Chillón.

#### ➤ Límites

Limita al Nor-Oeste con el Distrito de Ancón, por el Nor-Este con el Distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta; por el Este con el Distrito de San Antonio de Chacla, provincia de Huarochirí y con el Distrito de San Juan de Lurigancho; por el Sur-Este con Comas y Puente Piedra.

#### ➤ Coordinaciones

Latitud Sur: 11°, 10', 09" y 11°, 54', 22" Longitud Oeste: 76°, 48', 11" y 77°, 05', 29"

#### ➤ Altura

Se encuentra desde los 200 msnm. Hasta los 530 msnm.



## CONSTITUCIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE DISTRIBUCIÓN

Las tensiones utilizadas en el Sistema Interconectado del Perú corresponden a 500 kV, 220 kV., 60 kV, 10 kV, 0,22 kV, 22,9 kV, 13,8 kV, 380/220 V; la frecuencia es de 60 Hz, existiendo en Arequipa una frecuencia de 50 Hz, las instalaciones de las redes de distribución son aéreas o subterráneas.

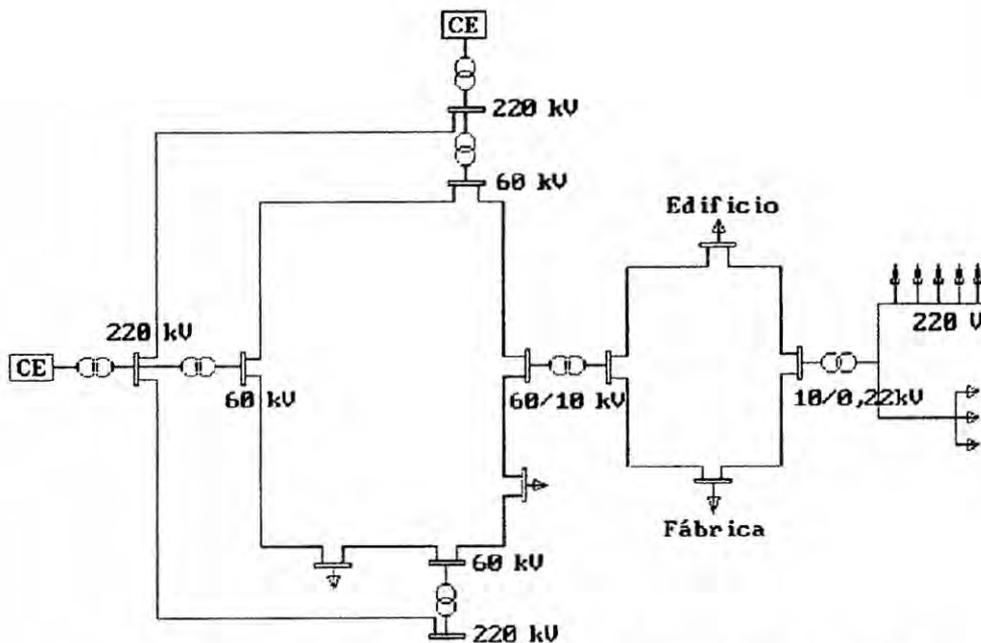


Figura 13. Ejemplo de una red de distribución eléctrica

Las centrales eléctricas más usadas son hidráulica o térmica (lejana o cercana a la carga), por lo general las centrales hidroeléctricas están algo alejadas de la carga, no así las térmicas, sobre todo si estas últimas son de mediana capacidad, por lo general están dentro del centro poblado.

La tensión de las líneas de transmisión son de 220 kV, 110 kV y la tendencia es a usar 500 kV.

## CONDUCTORES

### Conductores.-

En la selección de los conductores, deben considerarse las características de cada material; supongamos que no se conoce los materiales empleados en conductores, para su selección debemos tener en cuenta consideraciones eléctricas y mecánicas.

### Consideraciones Eléctricas.-

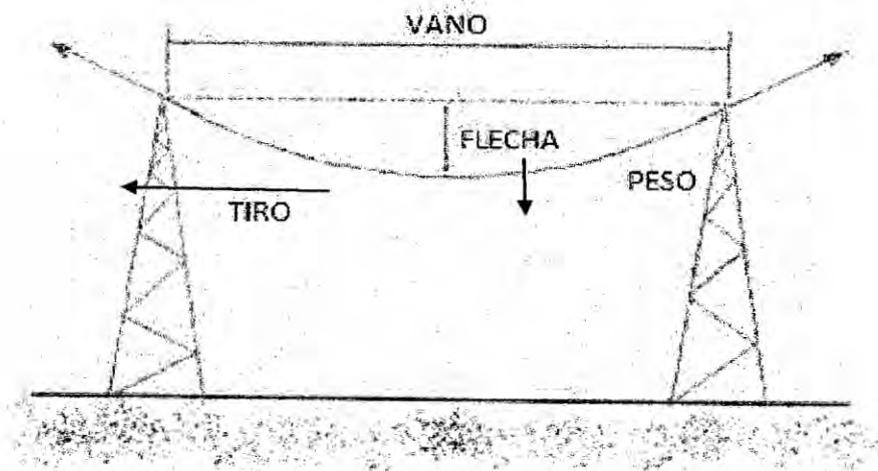
- Resistencia.- Varía con la temperatura, al incrementarse esta se incrementa el valor de la resistencia, debido al mayor número de choques entre el flujo electrónico (corriente) y los electrones más alejados del núcleo del material conductor, estos últimos incrementan sus movimientos al ganar energía con el calor.
- Conductividad.-  $\sigma = 1/\rho$ , depende del material conductor, generalmente los metales llamados preciosos tiene alta conductividad (oro, plata), pero no pueden emplearse como material para conductores de redes eléctricas, se suelen emplear en equipos de electrónica, donde la baja potencia de las señales requiere alta conductividad y evitar pérdidas de potencia.
- Reactancia.- Depende de la disposición geométrica de los conductores, los cables de energía empleados en red subterránea, donde los conductores están más cercanos entre si formando un paquete, tienen valores de reactancia menores que los conductores de redes aéreas.

El valor de la reactancia varía entre 0,3 a 0,5  $\Omega/\text{km}$  en redes aéreas, mientras que en cables de energía puede estar entre 0,8 a 0,13  $\Omega/\text{km}$ .

- **Calentamiento.-** Se genera calentamiento debido a las pérdidas por efecto Joule. Cuando la temperatura sobrepasa un cierto nivel deteriora el material, produciendo envejecimiento.
- **Efecto Corona.-** Consiste en descargas eléctricas continuas y auto-sostenidas a través del medio donde están instalados los aisladores, produciendo pérdidas de potencia, depende de varios factores tales como la densidad del aire (enrarecimiento) que es menor cuando se está a mayor altitud; la humedad del ambiente; la rugosidad de la superficie del conductor, cuando el conductor es nuevo la superficie es limpia y pulida, si en su instalación ha sido arrastrado y arañado su superficie no es uniforme y presentaría el mismo fenómeno que el efecto de puntas; del diámetro del conductor, cuando este es de bajo diámetro el campo eléctrico es más intenso; la temperatura; las condiciones de funcionamiento del sistema (sobretensiones); etc.

**Consideraciones Mecánicas.-**

- **Esfuerzos.-**



*Figura 14. Esfuerzo de un conductor entre torres eléctricas.*

Cuanto más se tire el conductor la flecha disminuye, consiguiendo vanos o separación entre soportes mayores, por lo que la flecha menor proporciona ventajas en la longitud del vano, esto influye en la longitud del soporte. El tiro (T) y el peso (W), son factores bajo control directo del proyectista, al seleccionar un material conductor, es preferible el tiro grande y un peso pequeño.

- Comportamiento frente al medio ambiente.- Se refiere al ataque que el medio donde es instalado el conductor puede provocar al material seleccionado, la corrosión marina, la contaminación ambiental, etc.

**Materiales Utilizados en Conductores Aéreos.-**

- Cobre (Cu).- Es caro, resiste entre 32-36-38 kg/mm<sup>2</sup> de esfuerzo, los distintos esfuerzos le dan la denominación de cobre blando, semiduro y duro, se deteriora frente a emanaciones sulfuradas.
- Aluminio (A).- Resiste 15 kg/mm<sup>2</sup> (aluminio puro), frente a corrosiones marinas se vuelve vidrioso, quebradizo.

**Aleación de Aluminio (Aa).- Resiste 28 kg/mm<sup>2</sup>, en otros países recibe el nombre de Aldrey (Suiza), Arvidal (Canadá), Almelec (Francia), Silmalec (Gran Bretaña).**

Su composición aproximada es de 0,7% de Mg (magnesio) y 0,6% de Si (silicio), el resto es aluminio.

Las Normas IEC (International Electrotechnical Commission) especifican más de 0,5% Mg y más de 0,5% de Si, pues estos porcentajes varían de un fabricante a otro, estas normas dan los porcentajes de las impurezas o residuos de otros metales que son aceptados.

Las variaciones entre aleaciones, producen variaciones entre 28 a 32 kg/mm<sup>2</sup>.

Se corroe en presencia de medios nitrosos. Deben ser impregnados con grasa neutra especial, a una temperatura de goteo de 100°C o más, para contrarrestar la acción del humo industrial.

- Trenzas de acero.- Resiste 180 kg/mm<sup>2</sup>, se emplea como cable de guarda y en retenidas, son de acero galvanizado, sea por inmersión o por proceso electrolítico.

El cable de guarda no es de uso frecuente en redes de distribución, existen estudios en los cuales se determina la conveniencia económica del empleo de pararrayos en lugar de cable de guarda, hasta un nivel de tensión de 33kV. En ocasiones los pararrayos son reemplazados por una coordinación entre descargadores de cuerno y re-cerradores (reclosers).

- Aluminio Acero - ACSR.- Su denominación proviene de las siglas en inglés, Aluminum Conductor Steel Reinforced, resiste aproximadamente 32 kg/mm<sup>2</sup>, consiste de un cable de acero alrededor del cual van los hilos de aluminio. Se aprovecha la gran resistencia del acero para vanos largos y el aluminio como conductor, el esfuerzo resultante corresponde al paquete completo de acero y aluminio.

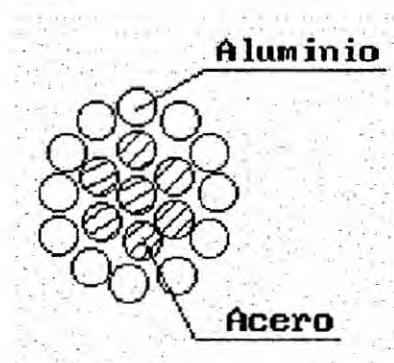


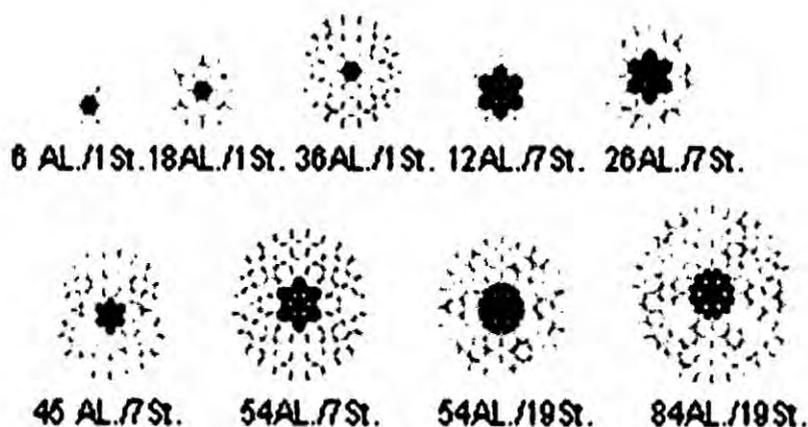
Figura 15. Aluminio y Acero en un conductor eléctrico

Produce reacción galvánica (corrosión) entre los dos metales, en presencia de una atmósfera salina que actúa como catalizador. Se previene la corrosión mediante una capa de zinc, galvanizando el acero, agregando una grasa en su interior.

- ACAR.- Es similar al ACSR pero el alma de acero se reemplaza por aleación de aluminio, eliminando las condiciones para la corrosión galvánica. Sus siglas provienen del inglés Aluminum Conductor Alloy Reenfocad.
- COPPERWELD.- Es acero recubierto con cristales de cobre, que penetran en las hebras del acero, formando una capa que evita la oxidación.
- ALUMOWELD.- Es acero recubierto con cristales de aluminio.

Formación de los Conductores.-

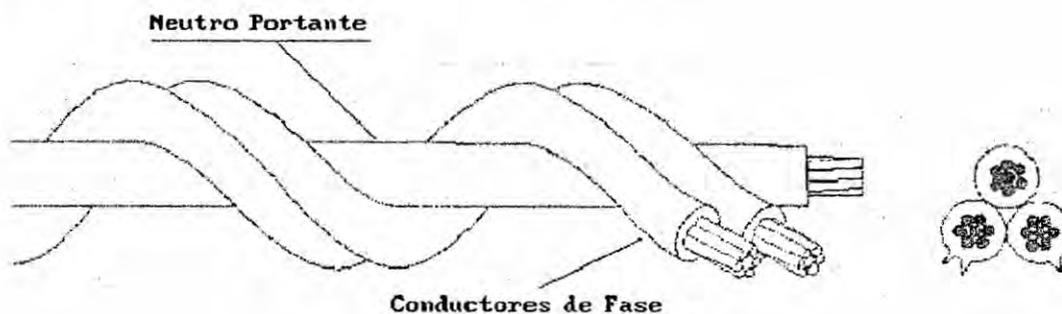
El cable conductor está formado por hilos concéntricos, cuyas capas se desplazan en forma helicoidal y en sentido inverso una de otra, en la especificación de los conductores debe indicarse el número de hilos, normalmente se emplea 1, 7, 19, 33, 37, 52, 61, 71, 73 y 101 hilos. Cuando el diámetro de cada hilo es el mismo, geoméricamente sólo puede presentarse los siguientes casos:



*Figura 16. Formación de un conductor eléctrico*

## Cables Auto-soportados o Auto-portantes.-

Está conformado por un paquete de cables que van montados alrededor de un cable neutro portante o un cable guía o mensajero.



*Figura 17. Cable auto-soportado o auto-portantes*

Se emplea un neutro portante aislado, que sirve además de soporte a los conductores aislados de fase y como retorno, sea del alumbrado público o conductor neutro. El cable guía si es desnudo puede ser de acero, ACSR o de aleación de aluminio, y si este tendrá tensión deberá requerir de un aislador en su unión al soporte.

### a) Ventajas

- ✓ Ahorro entre 20 a 35% del costo comparado con un sistema convencional, este ahorro es en postes, aisladores y en montaje.

Se pueden instalar en muros en vez de postes, el ahorro es mucho mayor y las dificultades con las calles no rectas o desniveladas son superadas.

- ✓ Tiene mayor seguridad que los sistemas con conductores desnudos para red primaria, los cuales son vulnerables a cortocircuitos provocados por elementos que se enredan en los conductores y el efecto de la lluvia.
- ✓ Presentan menor caída de tensión que los sistemas convencionales, por el menor valor de reactancia al ser un paquete compacto.

#### b) Desventajas

- ✓ El Perú es un país que no tiene aluminio y más bien es productor de cobre, por lo que debe importarse el aluminio para tener cables menos pesados, se fabrican con cobre de temple suave y en secciones menores, hasta 25 mm<sup>2</sup>.
- ✓ Se han evaluado necesidades de reemplazar el cable, pues parece que requieren de un tiempo mayor para el asentamiento.

#### Selección de Conductores.-

En la selección de conductores debe tenerse muy presente el medio ambiente donde serán instalados, en el Perú se tienen malas experiencias con el uso de conductores de aleación de aluminio y ACSR en instalaciones cercanas al mar, tanto de fabricación nacional como importados, la aleación de aluminio no ha dado los resultados esperados en instalaciones en Trujillo, Pisco y otras localidades, donde ha sufrido corrosión, los análisis químicos y metalográficos de algunas muestras indican que el conductor está fragilizado, producto de la corrosión del medio ambiente, acelerado por la presencia de precipitados (impurezas) de gran densidad en la aleación, estas partículas originan, con respecto al aluminio, diferencias de potencial lo suficientemente altas como para generar corrosión galvánica.

En el proceso de fabricación de los conductores, se pasa por un trefilado, para adelgazar el alambro al diámetro requerido de los hilos, y un recocido o calentamiento, sucede que la aleación de aluminio al calentarse tiende a expulsar las impurezas, estas suelen ser de un valor electropositivo con respecto al aluminio, generando una corriente galvánica o corrosión, que el medio salino acelera al actuar como catalizador, igualmente el trefilado produce que los hilos del conductor estén bajo tensiones internas, al observar la sección longitudinal del conductor afectado en un microscopio se verá una deformación de los granos, los cuales se observan alargados, cual si fueran líneas, producto de una deformación plástica que constituirá un mecanismo de corrosión bajo tensiones, esto es evitado con un adecuado recocido.

En otras ciudades como Piura, a 50 km de la costa, e llo se han detectado problemas de corrosión con conductores ACSR, estos se han debido a pérdida de zinc en el cable de acero, esto unido al aire y polvo cargado de sal, en combinación con la humedad ha suministrado una base para la acción galvánica en el conductor bimetálico.

Cuando se efectúan conexiones entre conductores de distinto material, tal es el caso de aluminio y cobre, se deben emplear grapas bimetálicas, el cobre es también electropositivo respecto al aluminio, por lo que nunca se deben conectar directamente.

Los conductores de redes de distribución primaria son por lo general desnudos, el empleo de conductores desnudos de cobre en localidades como Chimbote, trajo también problemas de deterioro, probablemente por la presencia de humos con contenido sulfuroso.

En instalaciones de la Sierra y Selva, no se tienen evidencias de dificultades con algún material, se tienen reportes de la necesidad de efectuar limpieza en la

superficie del aislamiento de los conductores de redes secundarias, por presencia de moho debido a la humedad, en algunos lugares de la selva.

## DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD

### 1. Distancia de los Conductores al Terreno

La altura de los soportes será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto de terreno o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$5,3 + \frac{kV}{150} \text{ (m)}$$

Con un mínimo de 6 m

### 2. Cruzamientos

#### 2.1 Líneas Eléctricas y de Telecomunicaciones

- ✓ La línea de mayor tensión se sitúa a mayor altura
- ✓ Los cruces deben efectuarse en la proximidad de uno de los soportes de la línea de mayor tensión
- ✓ La distancia de los conductores de la línea inferior a las partes más próximas de la línea superior no será menor de:

$$d_{\text{mín}} = 1,5 + \frac{kV+L1+L2}{100} \text{ (m)}$$

Dónde:                      kV = tensión de línea superior

L1 ≡ longitud en m entre el punto de cruce y el soporte más próximo de línea superior

L2 ≡ ídem de línea inferior

- ✓ Las líneas de comunicaciones se considerarán como líneas eléctricas de baja tensión, en primera aproximación.
- ✓ La mínima separación entre líneas eléctricas y líneas de comunicaciones no debe ser menor de:

$$(H+d) \text{ ó } 1.5 (h+d)$$

Dónde: H ≡ altura línea eléctrica

h = altura línea de comunicaciones

d = diferencia de cotas o niveles entre soportes

- ✓ En cruces de líneas de comunicaciones (especialmente teléfonos) con líneas eléctricas de más de 132 kV, las líneas de comunicación deben ser subterráneas

## 2.2 Líneas Férreas sin Electrificar y Carreteras

La altura mínima entre los conductores a los rieles o la carretera será:

$$d_{\min} = 6,3 + \frac{\text{kV}}{100} \text{ (m)}$$

La altura mínima será de 3 m

## 2.3 Ríos y Canales Navegables

La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que esta pueda alcanzar será:

$$d_{\min} = G + 2,3 + \frac{kV}{100} \quad (\text{m})$$

Dónde:  $G \equiv$  altura del barco (m)

La altura mínima del Barco será 5 m

## 3. Paralelismos

### 3.1 Con Líneas Eléctricas

Siempre que sea posible, se evitará la construcción de Líneas paralelas a distancias inferiores a "1.5 veces la altura del soporte mas alto"; se exceptúan los accesos a centrales o subestaciones - En casos especiales, la menor separación entre conductores contiguos, no será menor de la altura mínima del conductor a tierra

### 3.2 Con Líneas de Comunicaciones

- ✓ Se evitará en lo posible el paralelismo
- ✓ La separación entre conductores más cercanos será de 1,5 veces la altura del soporte más alto como mínimo

- ✓ Pueden instalarse líneas telefónicas auxiliares, en líneas de hasta 66 kV siempre que sirvan para la explotación del sistema eléctrico, debiendo los equipos de telecomunicaciones estar protegidos contra sobretensiones
- ✓ Se recomienda el uso de Onda Portadora
- ✓ El paralelismo de una línea de transmisión y de comunicaciones se permite en principio, para tensiones inducidas en las líneas de comunicación menores de 430 V, circulando la máxima corriente

### 3.3 Vías de Comunicación

- ✓ No deben instalarse soportes de líneas en los límites de vía de carreteras, salvo autorización expresa

Carreteras principales = 25 m del eje

Carreteras secundarias = 15 m del eje

- ✓ En caso de curso de ríos o canales, no existe un criterio fijo. Conservadoramente podría adoptarse 25 m

## 4. Derechos de Paso

### 4.1 Bosques o Grupos de Árboles

- ✓ Evitar interrupciones del servicio ocasionados por contacto temporal o permanente (incendio) con árboles.
- ✓ Se debe limpiar la vía, en un ancho no inferior a:

$$d_{\min} = 1,5 + \frac{\text{kV}}{150} \text{ (m)}$$

Considerando los conductores en su posición de máxima desviación bajo la acción del viento.

- ✓ La distancia mínima es de 2 m
- ✓ Deberán cortarse los árboles que constituyan un peligro para la línea, entendiéndose como tales los que por inclinación, caída fortuita o provocada, puedan alcanzar los conductores en su posición normal

#### 4.2 Edificaciones

- ✓ Debe evitarse el cruce sobre o al costado de edificaciones
- ✓ La distancia mínima que debe existir en las condiciones más desfavorables entre los conductores y las edificaciones a puntos accesibles a personas es la distancia mínima que debe existir en las condiciones más desfavorables entre los conductores y las edificaciones a puntos accesibles a personas es:

$$d_{\min} = 3,3 + \frac{\text{kV}}{100} \text{ (m)}$$

Siendo el mínimo permisible 5 m

- ✓ Puntos no accesibles a personas:

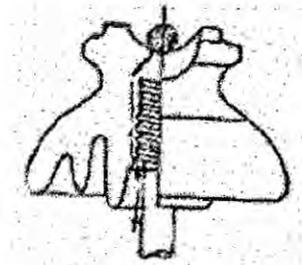
$$d_{\min} = 3,3 + \frac{\text{kV}}{150} \text{ (m)}$$

Siendo el mínimo permisible 4 m

## AISLADORES

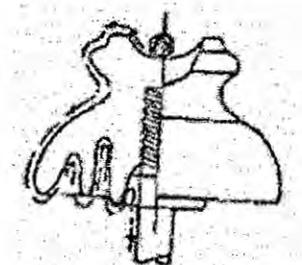
Básicamente los aisladores tienen por misión no dejar pasar la corriente del conductor al soporte, esta puede tener lugar por las causas siguientes:

- a) Conductividad de la masa, esta corriente de fuga es insignificante por la calidad de los materiales empleados.



*Figura 18. Corriente por conductividad de la masa en un aislador*

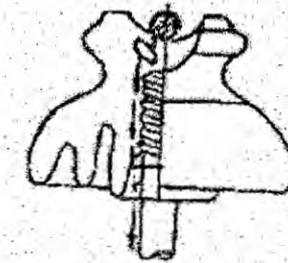
- b) Conductividad superficial; se favorece con la humedad, polvo o sales depositadas en la superficie del aislador. Esta dispersión existe en mayor o menor grado pero se reduce dando a la superficie un perfil apropiado, de manera que la distancia más corta, medida sobre la superficie del aislador, entre las partes conductoras sea la mayor posible.



*Figura 19. Corriente por conductividad superficial en un aislador*

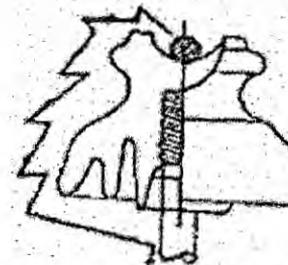
- c) Por perforación de la masa del aislador, se puede presentar en alta tensión si la capa aislante no es homogénea y existen burbujas en el interior, se generan campos eléctricos intensos en las burbujas, que pueden perforar el aislador.

Por ello las capas que forman los aisladores son de reducido espesor.



*Figura 20. Corriente por perforación de masa en un aislador*

- d) Por descarga disruptiva a través del aire, la rigidez dieléctrica de un aire seco es aproximadamente 30 kV/cm, cuando un campo eléctrico es mayor que ese valor se produce la disrupción, que se facilita por la humedad y agua de lluvia, las gotas desprendidas del filete del aislador toman el potencial del conductor o pueden venir con una determinada carga eléctrica que facilita la formación del arco, el flujo de electrones que se genera se conoce como efluvió.



*Figura 21. Corriente por descarga disruptiva en un aislador*

## Materiales Utilizados.-

- a) Porcelana.- Constituida esencialmente de caolín y cuarzo de primera calidad y de estructura homogénea, es impermeable al agua y resbaladizo, dificultando la adherencia de la humedad y el polvo.

La porcelana lleva aplicada un barniz semiconductor en las partes con tensión, de manera de homogenizar el campo eléctrico en esa zona.

Existen los aisladores de resistencia graduada, los que tienen un esmalte que aprovecha la pequeña corriente superficial para elevar la temperatura en la superficie del aislador, unos 2 a 3°C son suficientes para evitar la humedad en esa zona, disminuyendo la adherencia del polvo.

- b) Vidrio.- Se fabrica fundiendo una mezcla de ácido silícico con óxidos de calcio, sodio, bario, aluminio, etc.

Es un vidrio calcino alcalino, es duro, de elevada resistencia mecánica y con buena estabilidad para los cambios de temperatura.

Para efectos de mantenimiento, por fallas en los aisladores, es más fácil detectarlas con el vidrio, debido a que se rompe cuando aparecen grietas en él.

- c) Material sintético.- Se emplea fibra de vidrio, resina epóxica, se fabrican en el Perú para baja tensión (resina).
- d) Esteatita.- Se emplea para grandes esfuerzos mecánicos, su resistencia mecánica es aproximadamente el doble que la porcelana.
- e) Caucho siliconado.- Material que se viene utilizando por su bajo requerimiento de mantenimiento, en zonas no muy contaminadas los

periodos de limpieza se prolongan a 4 ó 5 años, comparados con periodos de 1 año o menos para otros materiales.

Funciones.-

- a) Mecánica.- Soporte del conductor pendiendo de la cruceta o estructura. Los esfuerzos mecánicos se especifican para las condiciones de trabajo de los conductores.
- b) Eléctrica.- Independiza eléctricamente el conductor de la estructura.

Tipos.-

- a) Rígidos.- No permiten el movimiento de los conductores



Figura 22. Aislador Tipo Pin (10 a 13.8 kV)



Figura 23. Aislador Tipo Pin (34.4 kV)

Las normas CEI y ANSI establecen las características eléctricas y dimensiones.

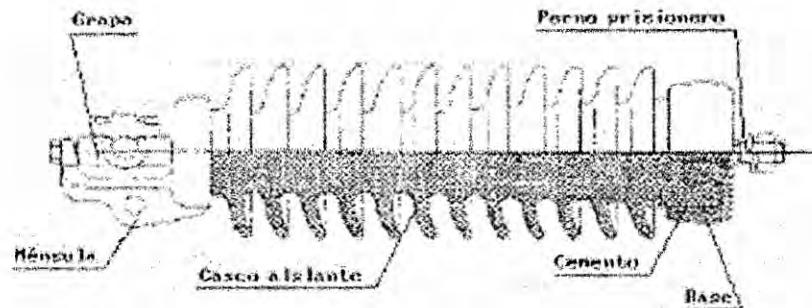


Figura 24. Aislador Line Post (Cualquier tensión)

b) Suspendidos.- Son elementos que forman cadena de aisladores.

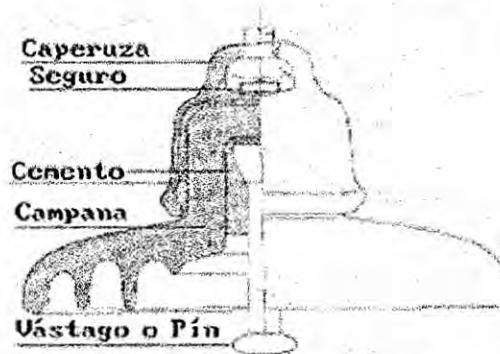


Figura 25. Aislador Tipo Suspensión (Bola y Casquillo)

Son de los tipos Bola y Casquillo (Ball & Socket) y Horquilla y Ojo (Clevis & Eye).

Los primeros forman cadena de aisladores al introducir el vástago o pin en el casquillo metálico de la otra unidad, en una abertura apropiada, en la cual queda atrapado por acción de un pasador, permite tener movimientos de la cadena en cualquier dirección; los segundos forman cadena de aisladores al ingresar el pin, que tiene una perforación a manera de ojo, dentro de la horquilla de la siguiente unidad, quedando fijados por un perno pasante, la desventaja es que sólo permite un movimiento en una dirección.

## **PUESTA A TIERRA**

Se puede "definir físicamente" una puesta a tierra como un conjunto de elementos que permiten un contacto eléctrico conductivo entre el medio (terreno) e instalaciones, equipos, estructuras, etc., instalados fuera de ese medio.

El objetivo es establecer y mantener el potencial de tierra o aproximadamente ese potencial, en los conductores conectados a ella y conducir la corriente a tierra.

### 1.- Objetivos de una Puesta a Tierra

- Evitar tensiones peligrosas entre estructuras, equipos, (en general elementos expuestos) y el terreno, durante fallas o en condiciones normales de operación.
- Proporcionar una vía de baja impedancia de falla, lo más económicamente posible, a un sistema para lograr la operación rápida de los elementos de protección.
- Conducir a tierra las corrientes provenientes de descargas atmosféricas, limitando las tensiones producidas en instalaciones eléctricas (líneas, subestaciones, etc.) y evitando la producción de efectos secundarios, tales como arcos que conduzcan a la desconexión de circuitos.
- Servir como conductor de retorno a ciertas instalaciones, equipos o consumos. Por ejemplo: puesta a tierra del neutro en instalaciones de distribución, circuitos de telefonía por onda portadora, etc.

### 2.- Conducción Eléctrica en Suelos

El problema de la conducción eléctrica en suelos es de por sí sumamente complejo. Se tocan en esta parte sólo aspectos muy generales y elementales sobre este tema.

En el estudio y proyectos de puestas a tierra, tienen una importancia fundamental las características eléctricas del terreno, en especial la resistividad de este.

## 2.1 Resistividad.-

La resistividad o resistencia específica de un material es la resistencia en corriente continua entre las caras paralelas opuestas de una porción de material de longitud unitaria y sección unitaria uniforme.

En general, en la medición de resistividad de suelos en el sitio se utiliza corriente alterna o corriente continua conmutada de baja frecuencia, para evitar problemas de polarización que aparecen con corriente continua de baja tensión. La medición con corriente alterna de hasta unos 200 Hz no acarrea errores importantes por efectos capacitivos o inductivos.

Las unidades de la resistividad son el W-cm, W-metro, W-pulg

Valores Típicos de Resistividad	
Tipo de Terreno	$\rho$ ( $\Omega$ -metro)
- Terrenos vegetales húmedos	10-50
- Arcillas, gradas, limos	20-60
- Arenas arcillosas	80-200
- Fangos, turbas	150-300
- Arenas	250-500
- Suelos pedregosos (poca vegetación)	300-400
- Rocas	1000-10 000

*Tabla 1. Valores Típicos de resistividad*

La resistividad varía con la humedad y la temperatura, las sales disueltas, la compactación.

### 2.1.1 Influencia de la humedad y temperatura del suelo.-

La influencia de la humedad y temperatura del terreno son muy importantes en la resistividad del terreno, por lo tanto cuando se efectúan mediciones de resistividad del terreno se deben considerar las estaciones del año.

Existe una expresión de Albrecht que nos da aproximadamente el valor de resistividad a una determinada humedad y temperatura, conociendo un valor medido a otras condiciones:

---

Dónde:  $W$  = humedad

$t$  = temperatura

Las variaciones son distintas, de acuerdo al tipo de terreno, cualitativamente se ve en los siguientes gráficos:

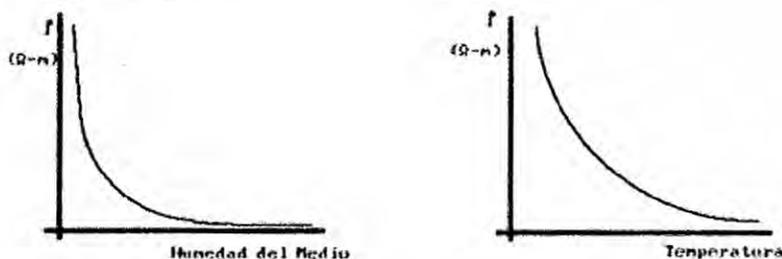


Figura 26. Curvas comparativas de la humedad y la temperatura

### 2.1.2 Influencia de las sales disueltas.-

Las sales disueltas en el agua contenida en el suelo, tienen estas variaciones.

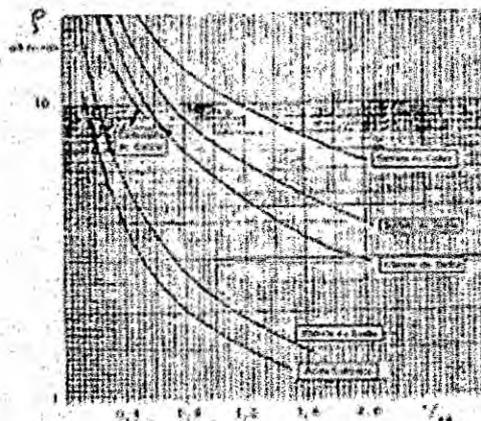


Figura 27. Influencia de las sales disueltas

### 2.1.3 Influencia de la compactación del suelo.-

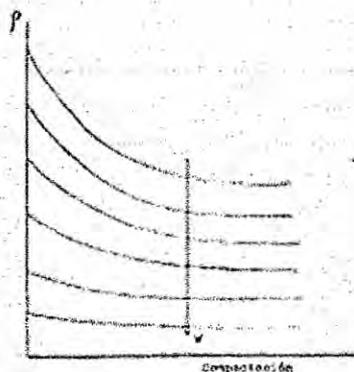


Figura 28. Curvas comparativas de la compactación del suelo

La compactación aumenta la humedad y esta la  $r$ , hasta que se satura y no hay variación considerable. Las curvas anteriores son para distintas condiciones de humedad.

### 2.2 Medición de la Resistividad de Suelos.-

Para un proyecto exitoso de una puesta a tierra, siempre debe efectuarse la medición directa, porque asumir valores errados conlleva a un sub-dimensionado y

por lo tanto deficiente sistema de puesta a tierra, desde el punto de vista de la seguridad y el servicio; o sobredimensionado, lo que significa gastos innecesarios.

Aun suponiendo una vasta experiencia, en cuanto a la resistividad de un terreno de acuerdo a sus características generales, esta inspección ocular conduciría a conclusiones sólo válidas para el terreno superior visible, dado que los terrenos, por razones geológicas, no son homogéneos, existiendo estratos, que se pueden suponer paralelos.

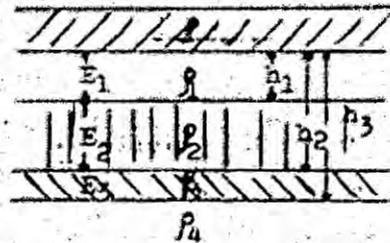


Figura 29. Resistividad de los suelos

#### Método de Wenner.-

Es aceptado universalmente, consiste en instalar cuatro (4) electrodos, como se muestra en la figura, la corriente  $I$  es insertada a través de los electrodos exteriores, y la tensión  $V$  es medida entre los electrodos interiores.

La resistividad es dada por la siguiente expresión:

$$r = 2 \rho_a R$$

Dónde:  $r$  = resistividad aparente del suelo (W-m)

$a$  = distancia entre electrodos (m)

$R$  = relación de  $V/I$  medida e inyectada respectivamente (W)

La distancia "a" es muy grande comparada con la profundidad de penetración de los electrodos  $a \gg b$ .

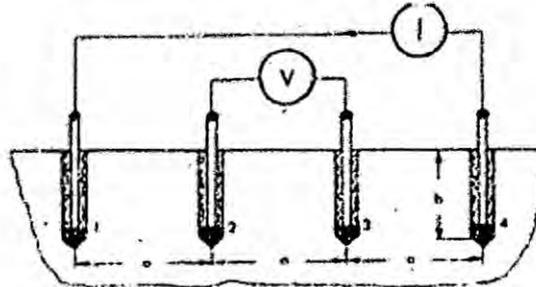


Figura 30. Medición de la resistividad por método Werner

### 3.- Resistencia a Tierra

- ✓ Es la resistencia existente entre cualquier punto de la puesta a tierra y un punto del terreno suficientemente alejado designado como tierra remota.
- ✓ La mayoría de las normas recomiendan que la máxima resistencia de puesta a tierra no exceda de los 20  $\Omega$ , o dan una tabla de acuerdo a la tensión del sistema.
- ✓ Para disminuir la resistencia a tierra se emplean productos químicos tales como la Bentonita, que es una arcilla cuya virtud principal radica en absorber agua y retenerla, se coloca alrededor del electrodo y forma un buen camino para las corrientes eléctricas que se drenan a tierra, no es corrosiva. El Carbón mineral (coque), que se extrae de minas y se usa también en hornos de fundición. Existen otros métodos químicos que dan resultados satisfactorios, que tienen patentes y se consiguen en casas comerciales.

### 3.1 Criterios de diseño de puesta a tierra

Además de lo mencionado anteriormente, se debe considerar los siguientes factores:

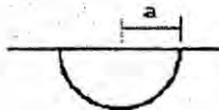
- a) Efecto de las descargas atmosféricas sobre el aislamiento de la línea.
- b) Efecto de fallas a tierra sobre personas; tensión de toque y tensión de paso.

- En zonas donde el nivel isoceraúnico es alto, el efecto de las descargas atmosféricas prácticamente definen el sistema y el dimensionamiento de la puesta a tierra.

- Cuando se presenta una falla de fase a tierra, la corriente de falla se propaga en el terreno, motivando una distribución de potencial, de acuerdo a la resistividad del terreno. Considerando que la falla ocurre en la estructura y que la corriente circula a través del sistema de puesta a tierra bifurcándose por el terreno, se determinarán los niveles de tensión de toque y de paso, que se explican más adelante.

#### 3.1.1 Fórmulas para calcular la Resistencia a tierra de diferentes tipos de Electrodo

- a) Semi-esfera.-



$$R = \frac{\rho}{2 \pi a}$$

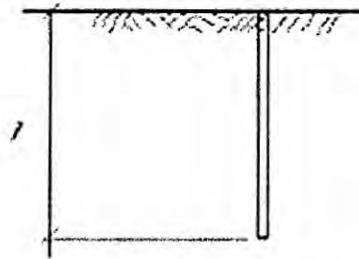
R = Resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )

$\rho$  = resistividad del terreno ( $\Omega\text{-m}$ )

a = radio (m)

Figura 31. Calculo por semi-esfera de la resistencia de la tierra

b) Varilla única de tierra.-



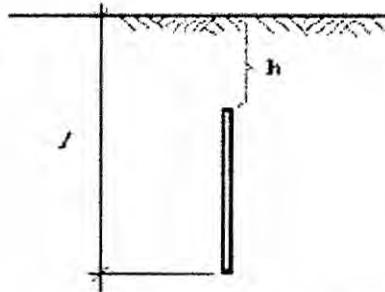
$$R = \frac{\rho}{2 \pi l} \left( \ln \frac{4 l}{a} - 1 \right)$$

$l$  = longitud (m)  
 $a$  = radio (m)

las longitudes ( $l$ ) varían de 2 a 3 m.

Figura 32. Calculo por varilla única de la resistencia de la tierra

c) Varilla única enterrada.-



Se recomienda  $h = \frac{l}{2}$

$$R = \frac{0.366 \rho}{l} \log \left( \frac{2 l}{a} \sqrt{\frac{4 h + 3 l}{4 h + l}} \right)$$

Figura 33. Calculo por varilla única enterrada de la resistencia de la tierra

En caso de utilizarse más de una varilla se considera un factor de agrupamiento

Así para cuatro (4) varillas:

$$\alpha = \frac{l}{4 l} \quad ; \quad d = \text{separación entre varillas}$$

$$d \ln \frac{2 l}{2 a}$$

La resistencia equivalente está dada por:

$$R_{\text{equi.}} = R \left( \frac{1 + 2\alpha + \alpha / (2)^{1/2}}{4} \right) \leftarrow \text{factor de corrección}$$

R = resistencia para una varilla

d) Dos varillas.-



$$s > J \quad R = \frac{\rho}{4\pi J} \left( \ln \frac{4J}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{J^2}{3s^2} + \frac{2}{5} \frac{J^4}{s^4} \right)$$

$$s < J \quad R = \frac{\rho}{4\pi J} \left( \ln \frac{4J}{a} + \ln \frac{4J}{s} - 2 + \frac{s}{2J} - \frac{s^2}{16J^2} + \frac{s^4}{512J^4} + \dots \right)$$

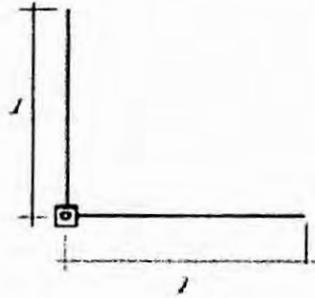
e) Alambre enterrado horizontalmente.-



$$R = \frac{\rho}{2\pi J} \left( \ln \frac{2J}{a} + \ln \frac{2J}{s} - 2 \dots \right)$$

Figura 34. Alambre enterrado horizontalmente

f) Alambre en ángulo recto.-

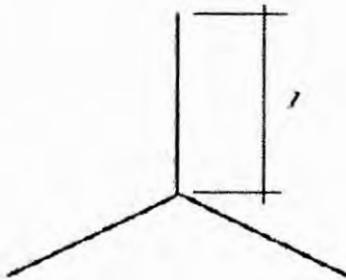


$$\text{profundidad} = \frac{s}{2}$$

$$R = \frac{f}{4 \pi J} \left( \ln \frac{2l}{a} + \ln \frac{2l}{s} - 0,2373 + 0,2146 \frac{s}{l} \dots \right)$$

Figura 35. Alambre en ángulo recto

g) Estrella de tres brazos.-

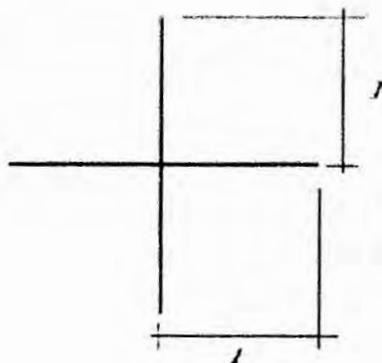


$$\text{profundidad} = \frac{s}{2}$$

$$R = \frac{f}{6 \pi J} \left( \ln \frac{2l}{a} + \ln \frac{2l}{s} + 1,071 - 0,209 \frac{s}{l} \dots \right)$$

Figura 36. Estrella de tres brazos

h) Estrella de cuatro brazos.-

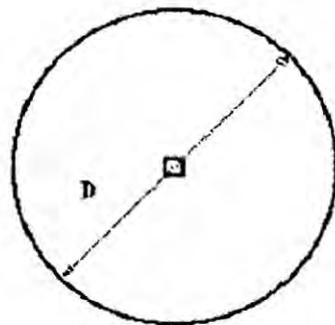


$$\text{profundidad} = \frac{s}{2}$$

$$R = \frac{f}{8 \pi J} \left( \ln \frac{2l}{a} + \ln \frac{2l}{s} + 2,912 - 1,071 \frac{s}{l} \dots \right)$$

Figura 37. Estrella de cuatro brazos

i) Aro de alambre.-



$D$  = diámetro del aro  
 $d$  = diámetro del alambre  
 $\frac{s}{2}$  = profundidad

$$R = \frac{\rho}{2 \pi^2 D} \left( \ln \frac{D}{d} + \ln \frac{4 D}{s} \right)$$

Figura 38. Aro de alambre

### 3.1.2 Medición de la Resistencia del Electrodo de Puesta a Tierra Método de caída de potencial

Es un método clásico, la siguiente figura da la configuración de electrodos en este caso. La corriente  $I$  es inyectada entre el electrodo de tierra ( $E$ ) y el electrodo de corriente ( $C$ ), la tensión ( $V$ ) es medida entre el electrodo de tierra ( $E$ ) y el de Potencial ( $P$ ), un gráfico de la relación  $V/I$  es planteado entre la distancia de ( $P$ ) a ( $E$ ), según se ve en el gráfico, el valor correspondiente a la región horizontal ( $AB$ ) de la curva, da la resistencia verdadera del electrodo.

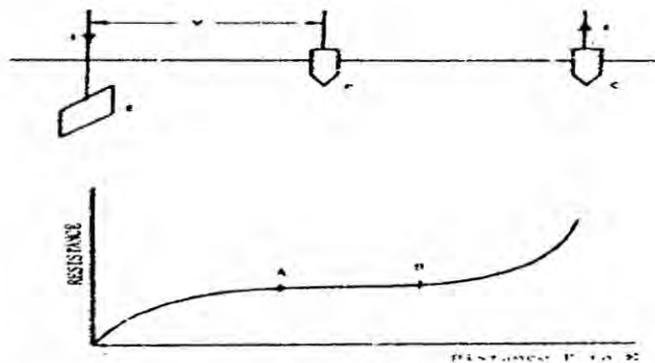


Figura 39. Medida de la resistencia del electrodo de puesta tierra por método de caída de potencial

Un equipo Probador de Tierra da los valores de resistencia directamente, es el Instrumento que se aplica.

### 3.1.3 Tensión de Paso

Cuando una corriente de falla va hacia tierra, en la estructura, al disiparse en tierra genera una elevación de potencial (gradiente de potencial), desde la estructura a un punto remoto o tierra remota, según el siguiente dibujo.

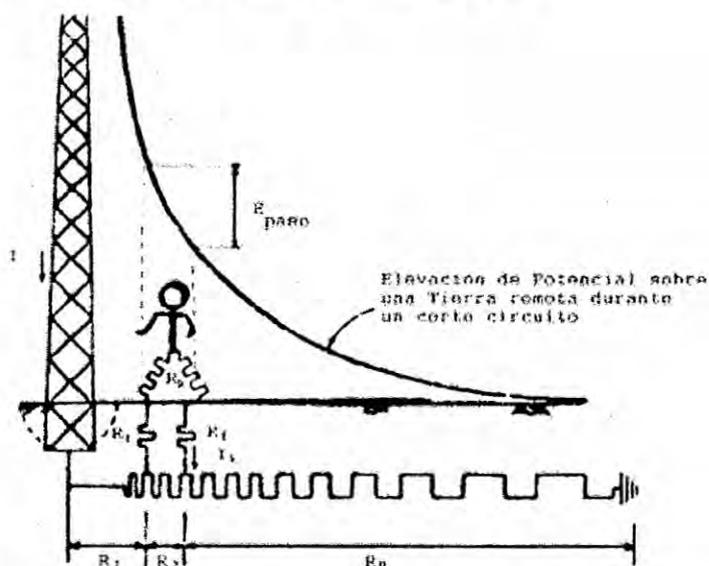


Figura 40. Tensión de paso en un ser humano

Una persona que en ese instante pase cerca de la estructura estará sometida a una tensión entre los pies, según se aprecia en el dibujo.

Dónde:  $R_k$  = resistencia del cuerpo humano

$R_f$  = resistencia de contacto del pie y el suelo

$R_2$  = resistencia del terreno

$I_k$  = corriente que pasaría a través del cuerpo

Circuitó es:

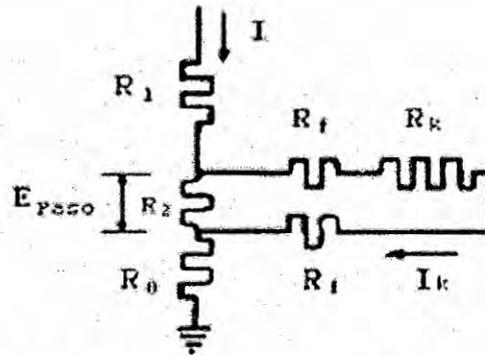


Figura 41. Circuito de la tensión de paso

$$E_{\text{paso}} = (R_k + 2 R_f) (I_k)$$

El pie puede ser considerado como un electrodo de un plato circular con un radio de  $\cong 9$  cm, luego  $R_f \cong 3 \rho_{\text{suelo}}$  (W-m).

Además  $R_k \cong 1\,000$  W (según mediciones efectuadas) e  $I_k \cong 0,116/(t)^{1/2}$  donde  $I_k$ =corriente admisible a través del cuerpo, tiene un comportamiento así determinado por experimentos;  $t$  = tiempo de duración del "shock" el crítico en s (tiempo de operación del equipo de protección).

$$E_{\text{paso}} = (1\,000 + 6 \rho_s) (0,116) / (t)^{1/2}$$

$$E_{\text{paso}} = (116 + \rho_s) / (t)^{1/2} \text{ (V) } \wedge \text{ valor máximo admisible}$$

### 3.1.4 Tensión de Toque

Cuando una persona toca una estructura, al instante que ocurre una falla, la corriente al disiparse en tierra, crea gradientes de potencial, según el caso anterior, recibiendo una tensión de la mano a los pies, según el siguiente dibujo:

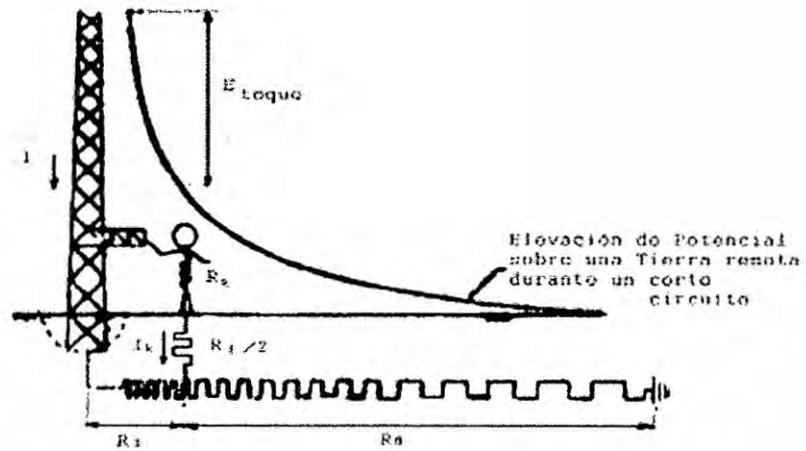


Figura 42. Tensión de toque en un ser humano

Circuito es:

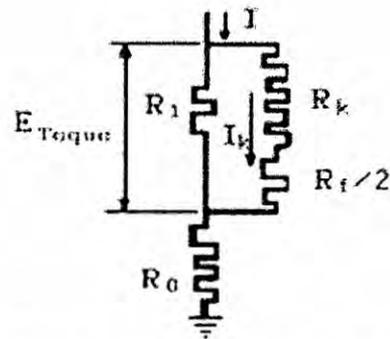


Figura 43. Circuito de la tensión de toque

$$E_{\text{toque}} = (R_k + R_f/2) (I_k)$$

Según consideraciones anteriores

$$E_{\text{toque}} = (1000 + 1,5 \rho_s) (0,116)^{1/2} (t)^{1/2}$$

$$E_{\text{toque}} = (116 + 0,25 \rho_s)^{1/2} (t)^{1/2} \text{ (V) } \wedge \text{ valor máximo admisible}$$

### 3.1.5 Tensión de Transferencia

Es un caso especial de la tensión de toque, una persona que esté cerca de la estructura toca un conductor conectado a tierra en un punto remoto (p.e. el neutro corrido y conectado a tierra en un punto remoto), al momento de suceder una falla.

Aquí la tensión que se recibe puede ser igual a la total elevación de potencial desde el punto de tierra remota a la estructura.

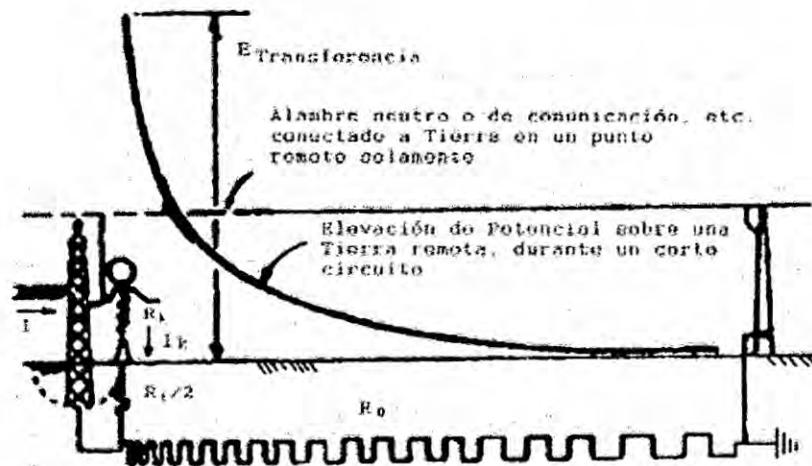


Figura 44. Tensión de transferencia en un ser humano

El circuito es:

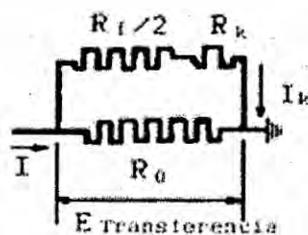


Figura 45. Circuito de la tensión de transferencia

Conclusión.-

Al circular la corriente de falla "I" por el electrodo, se establece una distribución de potencial en el terreno. La diferencia de potencial entre dos puntos situados en la superficie del terreno y separados del electrodo por distancias  $X_a$  y  $X_b$  respectivamente será:

$$V_{ab} = \frac{n \rho I}{2 \pi l} \ln \left\{ \frac{[l + (l^2 + X_a^2)^{1/2}] X_b}{[l + (l^2 + X_b^2)^{1/2}] X_a} \right\}$$

Dónde:  $n$  = constante que depende del número de electrodos

( $n=1$  para un electrodo;  $n=1,2$  para dos electrodos)

$l$  = longitud del electrodo

$r$  = resistividad del terreno

Se determina este valor que debe ser menor que la tensión de toque y tensión de paso admisibles, determinadas de las fórmulas anteriores.

## INTERRUPTORES

Definición:

El interruptor de potencia es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito. La operación de un interruptor puede ser manual o accionada por la señal de un relé encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado.

Existen diferentes formas de energizar los circuitos de control. Para obtener una mayor confiabilidad, estos circuitos se conectan a bancos de baterías. Este tipo de energización, sí bien aumenta los índices de confiabilidad, también aumenta el costo y los requerimientos de mantención exigidos por las baterías. También es

común energizar estos circuitos de control, a través de transformadores de servicios auxiliares, conectados desde las barras de la central generadora o subestación.

#### Características comparativas de los Interruptores:

Los interruptores se pueden clasificar de acuerdo a sus características constructivas. Las principales características constructivas de los interruptores consisten en la forma en que se extingue el arco y a la habilidad mostrada para establecer la rigidez dieléctrica entre los contactos para soportar en buena forma (sin reencendido del arco) las tensiones de re-ignición.

Las ventajas y desventajas de los principales tipos de interruptores se indican a continuación:

##### a) Interruptores de gran volumen de aceite:

#### Ventajas:

- ✓ Construcción sencilla
- ✓ Alta capacidad de ruptura.
- ✓ Pueden usarse en operación manual y automática.
- ✓ Pueden conectarse transformadores de corriente en los bushings de entrada.

#### Desventajas:

- ✓ Posibilidad de incendio o explosión.
- ✓ Necesidad de inspección periódica de la calidad y cantidad de aceite en el estanque.
- ✓ Ocupan una gran cantidad de aceite mineral de alto costo.
- ✓ No pueden usarse en interiores.
- ✓ No pueden emplearse en conexión automática.
- ✓ Los contactos son grandes y pesados y requieren de frecuentes cambios.

- ✓ Son grandes y pesados.

b) Interruptores de pequeño volumen de aceite

Ventajas:

- ✓ Comparativamente usan una menor cantidad de aceite.
- ✓ Menor tamaño y peso en comparación a los de gran volumen.
- ✓ Menor costo.
- ✓ Pueden emplearse tanto en forma manual como automática.
- ✓ Fácil acceso a los contactos.

Desventajas:

- ✓ Peligro de incendio y explosión aunque en menor grado comparados a los de gran volumen.
- ✓ No pueden usarse con reconexión automática.
- ✓ Requieren una mantención frecuente y reemplazos periódicos de aceite. Sufren de mayor daño los contactos principales.

c) Interruptores Neumáticos

Se usan principalmente en alta tensión y poseen las siguientes características:

Ventajas:

- ✓ No hay riesgos de incendio o explosión.
- ✓ Operación muy rápida.
- ✓ Pueden emplearse en sistemas con reconexión automática.
- ✓ Alta capacidad de ruptura.
- ✓ La interrupción de corrientes altamente capacitivas no presenta mayores dificultades.
- ✓ Menor daño a los contactos.
- ✓ Fácil acceso a los contactos.
- ✓ Comparativamente menor peso.

### Desventajas:

- ✓ Poseen una compleja instalación debido a la red de aire comprimido, que incluye motor, compresor, cañerías, etc.
- ✓ Construcción más compleja
- ✓ Mayor costo.

#### d) Interruptores en vacío

La alta rigidez dieléctrica que presenta el vacío (es el aislante perfecto) ofrece una excelente alternativa para apagar en forma efectiva el arco. En efecto, cuando un circuito en corriente alterna se des-energiza separando un juego de contactos ubicados en una cámara en vacío, la corriente se corta al primer cruce por cero o antes, con la ventaja de que la rigidez dieléctrica entre los contactos aumenta en razón de miles de veces mayor a la de un interruptor convencional (1 KV por  $\mu$ s para 100 A en comparación con 50 V/ $\mu$ s para el aire). Esto hace que el arco no vuelva a reencenderse. Estas propiedades hacen que el interruptor en vacío sea más eficiente, liviano y económico.

La presencia del arco en los primeros instantes después de producirse la apertura de los contactos se debe principalmente a:

- Emisión termoiónica.
- Emisión por efecto de campo eléctrico.

En otras palabras, los iones aportados al arco, provienen de los contactos principales del interruptor. Conviene destacar que en ciertas aplicaciones se hace conveniente mantener el arco entre los contactos hasta el instante en que la corriente cruce por cero. De esta forma se evitan sobre-tensiones en el sistema, producto de elevados valores de  $di/dt$ . La estabilidad del arco depende del material en que estén hechos los contactos y de los parámetros del sistema de potencia

(voltaje, corriente, inductancia y capacitancia). En general la separación de los contactos fluctúa entre los 5 y los 10 mm.

#### Ventajas

- ✓ Tiempo de operaciones muy rápidas, en general la corriente se anula a la primera pasada por cero.
- ✓ Rigidez dieléctrica entre los contactos se restablece rápidamente impidiendo la reignición del arco.
- ✓ Son menos pesados y más baratos.
- ✓ Prácticamente no requieren mantenimiento y tienen una vida útil mucho mayor a los interruptores convencionales.
- ✓ Especial para uso en sistemas de baja y media tensión.

#### Desventajas:

- ✓ Dificultad para mantener la condición de vacío.
- ☐ Generan sobre-tensiones producto del elevado  $di/dt$ .
- ✓ Tienen capacidad de interrupción limitada.

Es importante destacar la importancia que tiene el material con que se fabrican los contactos de los interruptores en vacío. La estabilidad del arco al momento de separarse los contactos, depende principalmente de la composición química del material con que fueron fabricados. Si el arco es inestable, significa que se apaga rápidamente antes del cruce natural por cero de la corriente, generando elevados  $di/dt$  con las consiguientes sobre tensiones. Para evitar esta situación, se buscan materiales que presenten baja presión de vapor en presencia de arco. Estos materiales no son fáciles de encontrar, pues tienen propiedades no del todo apropiadas para uso en interruptores en vacío. Por ejemplo materiales con buena conductividad térmica y eléctrica, tienen bajos puntos de fusión y ebullición, y alta presión de vapor a altas temperaturas. Sin embargo, metales que presentan baja presión de vapor a altas temperaturas son malos conductores eléctricos. Para combinar ambas características se han investigado aleaciones entre metales y

materiales no metálicos como Cobre-Bismuto, Cobre-Plomo, Cobre-Tantalio, Plata-Bismuto, o Plata-Telorium.

e) Interruptores en Hexafluoruro de Azufre:

El SF<sub>6</sub> se usa como material aislante y también para apagar el arco. El SF<sub>6</sub> es un gas muy pesado (5 veces la densidad del aire), altamente estable, inerte, inodoro e inflamable. En presencia del SF<sub>6</sub> la tensión del arco se mantiene en un valor bajo, razón por la cual la energía disipada no alcanza valores muy elevados. La rigidez dieléctrica del gas es 2.5 veces superior a la del aire (a presión atmosférica). La rigidez dieléctrica depende de la forma del campo eléctrico entre los contactos, el que a su vez depende de la forma y composición de los electrodos. Si logra establecerse un campo magnético no uniforme entre los contactos, la rigidez dieléctrica del SF<sub>6</sub> puede alcanzar valores cercanos a 5 veces la rigidez del aire. Son unidades selladas, trifásicas y pueden operar durante largos años sin mantención, debido a que prácticamente no se descompone, y no es abrasivo.

Otra importante ventaja de este gas, es su alta rigidez dieléctrica que hace que sea un excelente aislante. De esta forma se logra una significativa reducción en las superficies ocupadas por subestaciones y switchgear. La reducción en espacio alcanzada con el uso de unidades de SF<sub>6</sub> es cercana al 50% comparado a subestaciones tradicionales. Esta ventaja muchas veces compensa desde el punto de vista económico, claramente se debe mencionar que hay un mayor costo inicial, en su implementación. La presión a que se mantiene el SF<sub>6</sub> en interruptores, es del orden de 14 atmósferas, mientras que en switchgear alcanza las 4 atmósferas.

El continuo aumento en los niveles de cortocircuito en los sistemas de potencia ha forzado a encontrar formas más eficientes de interrumpir corrientes de fallas que minimicen los tiempos de corte y reduzcan la energía disipada durante el arco. Es

por estas razones que se han estado desarrollando con bastante éxito interruptores en vacío y en hexa-fluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Ejemplo interruptor en el mercado.

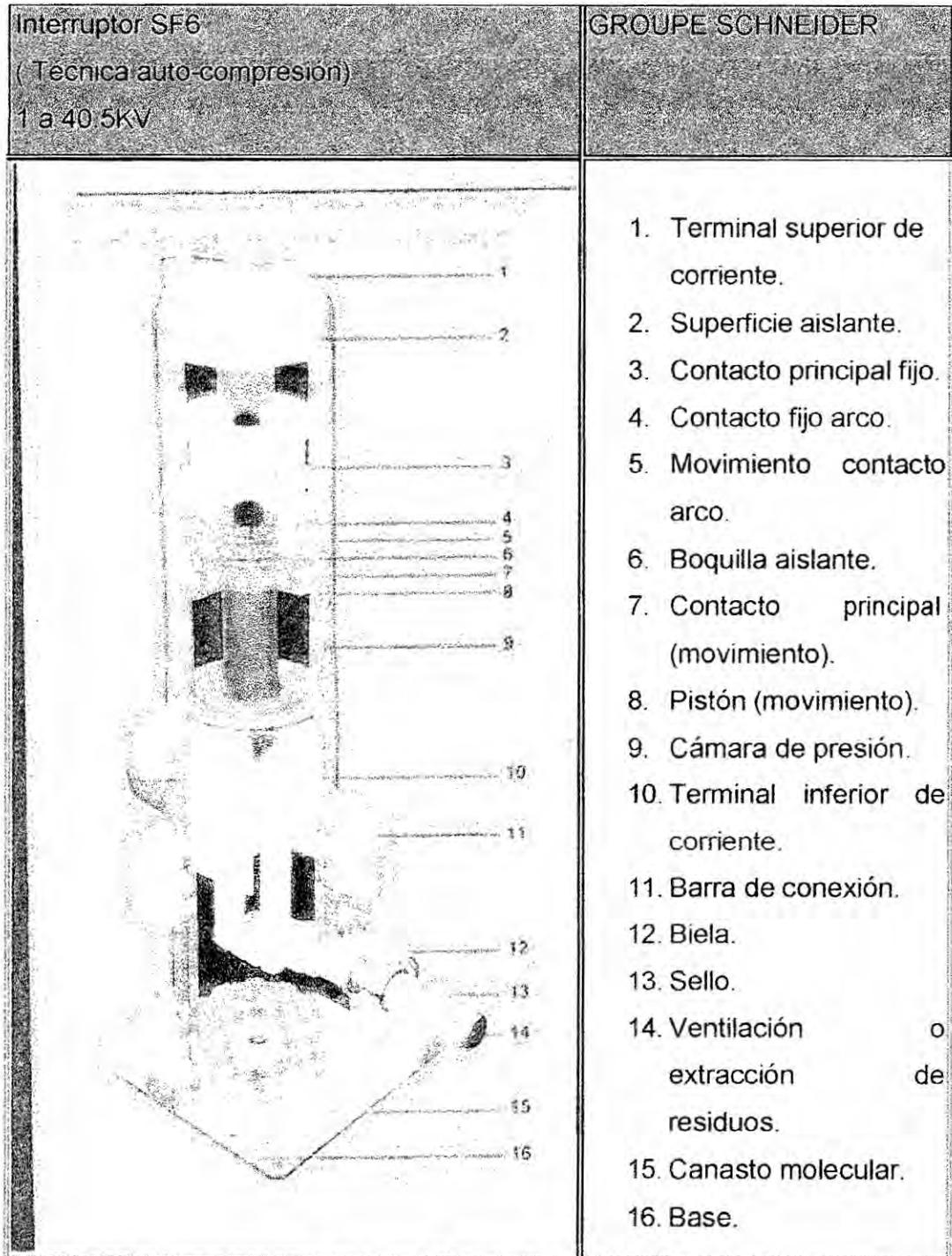


Figura 46. Interruptor SF<sub>6</sub>

## INTERRUPTOR SF6 UTILIZADO (TECNICA CON AUTO-COMPRESION SF6)

### OPERACION DEL INTERRUPTOR SF6

- Contacto principal y contacto de arco están inicialmente cerrado (fig.1)



- Pre-compresión: Cuando empiezan abrirse, el pistón comprime el gas SF6 en la cámara de presión.



- Periodo de arco: El arco que se forma entre el contacto. El pistón continúa en movimiento, una pequeña cantidad de gas es inyectada al arco, con esto va disminuyendo la corriente en el arco y se va enfriando por convección.

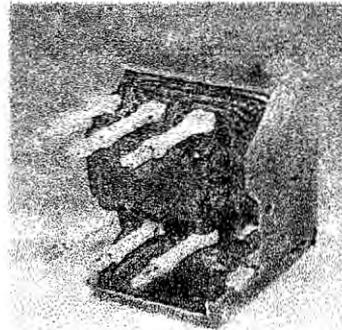
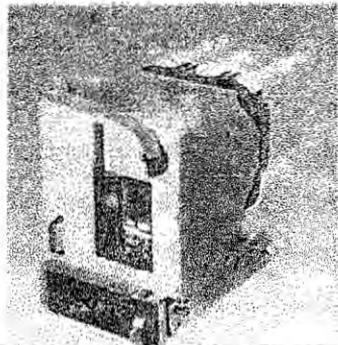


- El movimiento de las partes terminan la inyección de gas frío continua hasta estar completamente abierto los contactos.



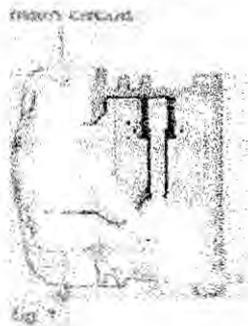
Figura 47. Operación del interruptor SF6

Interrupor SF6: Circuitos menores o igual a 17.5kV

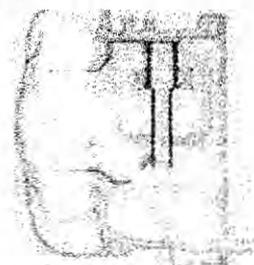


Operación

- Interrupor cerrado.



- Contacto principal abierto, corriente transfiriéndose por los contactos del arco.



- Contacto del arco separados. El arco enfriado por rotación, causado por el campo magnético creado por la bobina, cuando la corriente ha disminuido. La sobrepresión de origen térmico producido por el arco en la cámara de expansión extingue el arco por la fuerza interna.

- Circuito abierto.

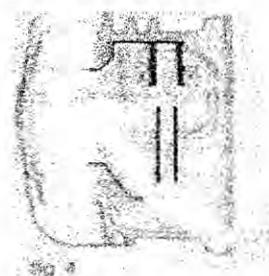


Figura 48. Interrupor SF6 (17.5 kV)

## Especificación técnica de un Interruptor de Potencia.

La selección de un interruptor de potencia para una determinada aplicación consiste en definir un conjunto de valores que limitan las condiciones de operación máximas del interruptor. Los parámetros a indicar son algunos de los cuales deben tenerse presente:

- Tensión nominal.
- Frecuencia nominal.
- Corriente nominal.
- Rigidez dieléctrica (clase de aislación).
- Ciclo de trabajo.
- Corriente de cortocircuito momentánea.
- Corriente de cortocircuito de interrupción.
- Etc.

### a) Tensión Nominal

Es el máximo valor efectivo de tensión al cual el interruptor puede operar en forma permanente. En general esta tensión es mayor al voltaje nominal del sistema.

### b) Frecuencia nominal

Es la frecuencia a la cual el interruptor está diseñado para operar. Este valor tiene incidencia en los tiempos de apertura y cierre de los contactos además del tiempo de apagado del arco.

### c) Corriente nominal

Es el máximo valor efectivo de corriente que puede circular a través del interruptor en forma permanente, a frecuencia nominal, sin exceder los límites máximos de temperatura de operación indicados para los contactos. La temperatura en los contactos depende del material que están hechos (cobre, plata o equivalente), del medio en que están sumergidos, y de la temperatura ambiente. En interruptores con contactos de cobre, las máximas temperaturas de operación, están referidas a

una temperatura ambiente máxima de 40 °C y en caso de contactos de plata de 55 °C.

d) Rigidez dieléctrica

Define la máxima tensión que soporta el interruptor sin dañar su aislación. La rigidez dieléctrica debe medirse entre todas las partes aisladas y partes energizadas y también entre los contactos cuando están abiertos. Estas pruebas se realizan entre contactos y tierra (contacto cerrado), a través de los contactos, entre fases (con contactos cerrados).

e) Ciclo de trabajo

El ciclo de trabajo normal de un interruptor de potencia se define como dos operaciones "cerrar-abrir" con 15 segundos de intervalo. Para este ciclo de trabajo, el interruptor debe ser capaz de cortar la corriente de cortocircuito especificada en sus características de placa.

f) Corrientes de cortocircuito de momentánea

Es el valor máximo efectivo que debe soportar el interruptor sin que sufra un deterioro, debe ser capaz de soportar el paso de esta corriente en los primeros ciclos cuando se produce la falla (1 a 3 ciclos). Entre estas corrientes deben especificarse los valores simétricos y asimétricos.

g) Corrientes de cortocircuitos de interrupción.

Es el máximo valor efectivo medido en el instante en que los contactos comienzan a separarse. Esta corriente corresponde a un cortocircuito trifásico o entre líneas con tensión y ciclo de trabajo nominal. Entre estas corrientes deben especificarse los valores simétricos y asimétricos de interrupción.

h) La capacidad de interrupción simétrica

Es la máxima corriente RMS de cortocircuito sin considerar la componente continua que el interruptor debe ser capaz de cortar en condiciones de voltaje

nominal y ciclo de trabajo normal. Para una tensión de operación diferente al valor nominal, la corriente de interrupción está dada por la ecuación (1.2):

$$I \text{ interrupción simétrica} = I \text{ interrupción simétrica nominal} \times (V \text{ nom} / V \text{ op}) \quad (1.2)$$

i) La capacidad de interrupción asimétrica

Corresponde al valor RMS de la corriente total (incluida la componente continua) que el interruptor debe ser capaz de interrumpir en condiciones de voltaje y ciclo de trabajo nominal.

Interruptores para reconexión automática.

La reconexión automática se usa especialmente en líneas de transmisión radiales y de difícil acceso para aumentar la continuidad de servicio. El tiempo de reconexión del interruptor debe especificarse de acuerdo a las características de operación del sistema eléctrico. También al calcular el tiempo de reconexión se debe considerar la des-ionización del arco de manera de eliminar la posibilidad de reencendido. Este tiempo muerto depende del nivel de tensión y para sistemas sobre 115 KV es de alrededor de 8 ciclos.

Un interruptor de potencia con reconexión automática, la capacidad de ruptura del interruptor se modifica de acuerdo al ciclo de trabajo con que se utilizará. El cálculo de la nueva capacidad de ruptura debe efectuarse tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- El ciclo de trabajo no debe tener más de 5 aperturas.
- Toda operación dentro de un intervalo de 15 minutos se considera parte de un mismo ciclo de trabajo.
- El interruptor debe usarse en un sistema cuya corriente de cortocircuito no exceda el valor corregido de la corriente de interrupción para la tensión nominal y el ciclo de trabajo especificado.

Los interruptores especialmente diseñados para operar con reconexión automática se llaman "Restauradores" o "Reconectores". El reconector es un aparato que al suceder una condición de sobre-corriente abre sus contactos, y una vez que ha transcurrido un tiempo determinado cierra sus contactos nuevamente, energizando el circuito protegido. Si la condición de falla sigue presente, el restaurador repite la secuencia cierre-apertura un número determinado de veces (por lo general son 4 como máximo). Después de la cuarta operación de apertura queda en posición de abierto definitivamente. Cuando un reconector detecta una situación de falla, abre en un ciclo y medio. Esta rápida operación de apertura disminuye la probabilidad de daño a los equipos instalados en el circuito en falla. Uno o uno y medio segundos después, cierra sus contactos, energizando nuevamente el circuito. Después de una, dos, y hasta tres operaciones rápidas el restaurador cambia a una operación de características retardada.

#### Mantenimiento de Interruptores

Un interruptor es un equipo importante para los sistemas eléctricos de potencia. Su importancia se debe al rol de protección que lleva a cabo. Por lo tanto es imperativo asegurar su adecuada operación. Esto es sólo posible aplicando un adecuado mantenimiento.

El propósito principal es de ayudarnos a entender con precisión la condición real del interruptor bajo prueba ayudando de esta manera a elegir las acciones correctivas. Esto nos ayudará a minimizar el gasto en el mantenimiento e incrementar la confiabilidad del sistema, llevando de esta manera a una administración eficiente del sistema.

Pueden ocurrir rupturas en el sistema de transmisión eléctrica y la destrucción del equipo si un interruptor no llega a operar debido a la falta de un mantenimiento preventivo.

El nombre del interruptor indica claramente su rol. Interrumpe los circuitos eléctricos. Para lograr su propósito, separa mecánicamente dos puntos en el circuito a una distancia bastante larga para interrumpir el flujo de las corrientes eléctricas.

Los interruptores vienen en una gran variedad y usan diferentes tecnologías:

A pesar de su gran diferencia, todos los tipos comparten los mismos principios, todos ellos deben suministrar dos funcionalidades principales, las cuales están muy relacionadas:

- Funcionalidad eléctrica (Interruptor).
- Funcionalidad mecánica (Mecanismo).

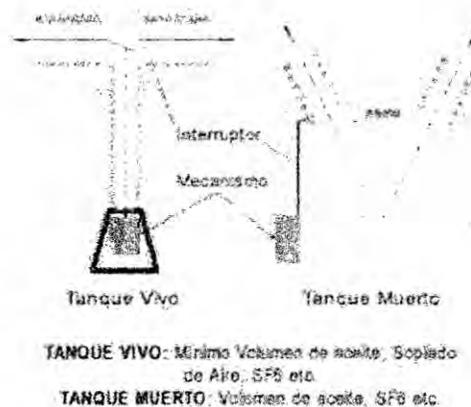


Figura 49. Tanque vivo y tanque muerto

#### ➤ Funcionalidad Eléctrica

Los interruptores están diseñados para satisfacer las condiciones predeterminadas de ruptura y tienen propiedades eléctricas que se pueden resumir en lo siguiente:

- ✓ Propiedad de transportar la corriente
- ✓ Propiedad de aislamiento
- ✓ Propiedad de ruptura de la corriente.

➤ **Funcionalidad Mecánica**

Las propiedades eléctricas solicitadas imponen propiedades mecánicas que pueden ser más o menos demandantes dependiendo de la tecnología usada:

La propiedad de transportar la corriente impone:

- El material de contacto es muy conductivo
- Una alta calidad del contacto de apertura
- ✓ Una baja reacción del contacto a la atmósfera y a la temperatura ambiente.

La propiedad de aislamiento, dependiendo del nivel de voltaje, impone:

- ✓ La distancia de separación de los contactos en la posición de apertura;
- ✓ La distancia de la línea a tierra;
- ✓ Las características del medio de aislamiento y la reacción sobre el tiempo.

Las propiedades de apertura y de cierre de la corriente, imponen:

- La velocidad de los contactos de cierre y de apertura;
- ✓ Técnicas de soplado de arco;
- Resistencia al material del arco;
- ✓ La energía requerida para continuar con la apertura o el cierre de grandes corrientes de cortocircuitos;
- ✓ Las características del medio de aislamiento y la reacción sobre el tiempo y la frecuencia de la interrupción de la corriente.

La propiedad de la frecuencia de operación tiene una gran influencia sobre todos los parámetros mencionados anteriormente.

➤ **Mantenimiento Preventivo**

A menudo la necesidad del mantenimiento de los interruptores no es obvia, dado que no se utilizan continuamente, estén abiertos o cerrados, por largos períodos de tiempo. La necesidad de predecir la adecuada función de los interruptores

aumenta con los años a medida que los sistemas de transmisión se expanden y transportan mayor energía a mayores distancias.

Con el avance de la tecnología con los años aparecieron los interruptores de bajo mantenimiento pero esto no brindó mayor confianza en la administración del sistema en cuanto a la confiabilidad de la operación.

El interruptor es de hecho, una caja negra. La única manera de estar seguro de su condición es abrirlo para realizar una inspección física.

Desafortunadamente, este método es muy costoso y debe reducirse a un mínimo para prevenir un mantenimiento innecesario.

#### ➤ Mantenimiento Predictivo

Los especialistas en el mantenimiento crearon lo que se conoce ahora como el mantenimiento predictivo. Su propósito es de predecir con precisión la condición del interruptor, sin tener que abrirlo para su inspección.

Por ello la inspección requerida se limitará a la intervención correctiva o preventiva, reduciendo dramáticamente de esta manera el costo del mantenimiento y aumentando al mismo nivel su eficiencia.

La predicción puede tomar tres maneras de complementarse entre ellos:

- ✓ PRUEBA: se han inventado un amplio rango de pruebas para verificar la conformidad de cada una de las propiedades eléctricas y mecánicas para cumplir los criterios de diseño. Algunas de estas pruebas han sido reconocidas y documentadas por las normas internacionales (IEC, ASTM, etc.). Algunas están aún en desarrollo y producen grandes expectativas.

- ✓ **MONITOREO:** la vigilancia continua del interruptor por medio de múltiples transductores controlados por una computadora. Las alarmas o las acciones se activan cuando se llegue a los niveles configurados permitiendo de esta manera una intervención a tiempo. Este método aún está bajo desarrollo y es muy prometedor.
  
- ✓ **ESTUDIO ESTADÍSTICO:** las mediciones continuas, los muestreos y las intervenciones por mantenimiento, se anotan cada vez para cada interruptor. Con esta información se arman bases de datos, lo cual ayuda a realizar estudios estadísticos dirigidos a descubrir los componentes con falla o ayudan a crear un modelo probabilístico del envejecimiento en los interruptores para su mantenimiento.

Una práctica muy difundida por los administradores de las redes, es la de requerir para cada tipo nuevo de interruptor, un estudio estadístico suministrado por el proveedor de la confiabilidad de los componentes del nuevo equipo, basado en su propia experiencia. Esto ayudaría a enfocar las acciones de mantenimiento a las partes más vulnerables.

➤ **Prácticas de Seguridad**

Los procedimientos de mantenimiento tienen que respetar las prácticas de seguridad y los puntos siguientes requieren una atención especial:

- ✓ Asegurarse que el interruptor y su mecanismo estén desconectados de cualquier energía eléctrica, tanto de alta tensión como de la tensión de control antes de ser inspeccionado o reparado.
  
- ✓ Expulsar la presión desde el receptor de aire o cualquier interruptor de aire comprimido antes que sea inspeccionado o reparado.

- ✓ Luego de que el interruptor haya sido desconectado de la energía eléctrica, sujetar apropiadamente los terminales de tierra antes de tocar cualquiera de las partes del interruptor.
  
- No dejar las herramientas sobre el equipo mientras se trabaja dado que pueden ser olvidadas cuando el equipo se coloque de nuevo en servicio.

### Pruebas de Interruptores

Las pruebas de mantenimiento permiten al personal determinar si los interruptores son capaces de realizar sus funciones básicas de protección de circuitos.

Las pruebas mencionadas en la siguiente tabla de pruebas pueden ser realizadas durante el mantenimiento de rutina y están dirigidos a asegurarse que los interruptores estén operativos funcionalmente. Estas pruebas deben realizarse a interruptores y en equipos que estén desenergizados.

La Tabla de Pruebas lista las pruebas y sus propósitos, reagrupados por las categorías de su propósito (Mecánico, Eléctrico o Químico).

#	Nombre	Descripción	Tipo de Interruptor	Aplicación	Norma
1	Prueba de Tiempos de Contactos	Mide el tiempo desde el inicio de la orden hasta que los contactos se cierran o se separan	Todos	Mecánica: Operación total del interruptor	IEC56 art 4.113
2	Prueba de Viaje y de Velocidad	Traza el recorrido y las curvas de velocidad	Todos	Mecánica: Operación total del interruptor	Diseño
3	Prueba Funcional	Verifica la operación general del interruptor	Todos	Mecánica: Operación total del interruptor	IEC694, art. 7.2.2
4	Prueba Vibracional	Mide la firma de la vibración de un interruptor	Todos	Mecánica: Integridad total del interruptor	
5	Prueba del Primer Disparo	Mide el tiempo del contacto al primer disparo	Interruptores de MT	Mecánica: Operación total del interruptor	
6	Prueba del consumo de la operación de presión	Mide el consumo de aire de una operación o de un ciclo de	Int. Neumáticos e Hidráulicos	Mecánica: Operación total del interruptor	
7	Prueba de Rayos X	Toma una foto de rayos X del interior de los subconjuntos encerrados	Todos	Mecánica: Integridad total del interruptor	
8	Prueba de Ultrasonido	Revisa las micro grietas en los aislamientos	Aisladores	Eléctrica: Conductividad del Circuito Principal	
9	Prueba de la Resistencia de Contacto	Mide la resistencia de contacto entre las partes que deben conducir la corriente	Todos	Eléctrica: Conductividad del Circuito Principal	IEC694, art. 7.3
10	Prueba Dinámica de la Resistencia de Contacto	Mide continuamente la resistencia de contacto desde el primer contacto hecho por un contacto móvil hasta que se detiene el contacto	Todos	Eléctrica: Aislamiento del Circuito Principal	
11	Prueba del Aislamiento AC	Mide el aislamiento entre los contactos abiertos y entre la línea y la tierra	Todos	Eléctrica: Conductividad del Circuito Principal	Muy Popular
12	Prueba de la Temperatura Infraroja	Mide la temperatura de las partes con el dispositivo infrarojo	Todos	Eléctrica: Aislamiento del Circuito Principal	
13	Prueba del Aislamiento de los Circuitos Auxiliares	Mide el aislamiento de los circuitos de control de baja tensión	Todos	Eléctrica: Aislamiento del Circuito de Control	IEC694, art. 7.2
14	Prueba de la Capacitancia	Revisa el valor de la capacitancia usado en el interruptor (graduación, acoplamiento, etc.)	Condensadores	Eléctrica: Integridad del Equipo	
15	Prueba del Porcentaje de la Mezcla de SF6	Mide el porcentaje del SF6 en la mezcla del gas aislante	Int. SF6	Química: Calidad general del medio	
16	Prueba de los Subproductos de SF6	Mide el nivel de los subproductos de SF6 en el gas aislante SF6	Int. SF6	Química: Calidad general del medio	
17	Prueba del Contenido de Agua en el Gas	Mide el contenido de la humedad en el medio aislante	SF6 y Soplado de Aire	Química: Calidad general del medio	
18	Prueba de la Rigidez	Revisa la rigidez del medio aislante	Todos	Química: Calidad general del medio	IEC694, art. 7.4
19	Prueba y Análisis del Aceite disuelto en Gas	Mide el contenido de gas en el aceite aislante	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D36132
20	Prueba Dieléctrica del Aceite	Mide las características dieléctricas del aceite aislante	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	IEC156, ASTM, D877
21	Prueba de la Acidez del Aceite	Mide el grado de acidez en el aceite aislante	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D974
22	Tensión interfacial del Aceite	Mide la tensión interfacial del aceite aislante (para partículas en el aceite)	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D971
23	Factor de Potencia del Aceite	Mide el factor de potencia	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D924
24	Agua en el Aceite	Mide los PPM del Agua en el Aceite	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D1533
25	Densidad del Aceite	Mide la densidad	Int. en aceite	Química: Calidad general del medio	ASTM, D1298

Tabla 2. Pruebas de un interruptor

En general, para llevar a cabo una prueba exitosa, se deben observar las siguientes condiciones:

- ✓ Procedimiento de la aplicación (suministrado por el proveedor del equipo de pruebas);
- ✓ Especificaciones de diseño con las tolerancias definidas (suministrados por el diseñador del interruptor);
- ✓ El manual de instrucciones del interruptor y los diagramas básicos, de contorno y elementales (suministrados por el diseñador del interruptor);
- ☐ Definiciones de las normas internacionales y las especificaciones, si son requeridas para la prueba.
- ✓ Un buen sentido de análisis del Programa de Mantenimiento

La misma necesidad para predecir la adecuada función de los interruptores creó el mantenimiento predictivo, y dado que no es factible probar de forma indefinida los interruptores, es obvio que se necesita estructurar los actos en un programa de mantenimiento que defina las acciones y la frecuencia del mantenimiento.

La mayoría de los fabricantes de interruptores recomiendan programas de mantenimiento que se adecuan mejor a su equipo. Ellos lo definen generalmente en tres niveles:

1 - Inspección de rutina: incluye:

- ✓ Inspección visual de la forma externa del equipo.
- ✓ Revisión de los contadores de la operación.
- ✓ Revisión de los indicadores de presión.
- ✓ Detección visual o audible de las fugas
- ✓ Medición de la temperatura.
- ✓ Etc.

Esto se realiza con el interruptor en servicio.

Frecuencia: generalmente 6 meses a 1 año

2 - Mantenimiento menor: Incluye además de la inspección de rutina:

- ✓ Inspección rigurosa del estado y de la función de los subconjuntos,
- ✓ Prueba del interruptor
- ✓ Intervenciones menores para reemplazar el fácil acceso a partes gastadas,
- ✓ Cambio de filtros, del aceite o del gas, etc.

Esto requiere aislar al interruptor de la red.

Frecuencia: generalmente de 6 a 8 años

3 - Mantenimiento mayor: Incluye además del mantenimiento menor, la apertura de los ensamblajes principales para acceder las partes internas:

- ✓ Interruptor;
- ✓ Mecanismo;
- ✓ Receptor del tanque.

Esto requiere aislar al interruptor de la red.

Frecuencia: depende de la tecnología de los interruptores (12 años para el soplado de aire, 20 años para el SF6, etc.)

**Normas aplicables**

Se deberán aplicar en este suministro las últimas revisiones de las siguientes normas:

1. Interruptor

- ✓ IEC 62271-100: High-voltage alternating-current circuit-breakers.
- ✓ IEC 60694: (1996-05) Estipulaciones comunes para las normas de alta tensión.

✓ IEC 60376: Especificación y aceptación de SF6.

## 2. Transformadores de corriente

✓ IEC 60044 – 1: Transformadores de corriente.

## 3. Aisladores pasantes:

✓ IEC 60137: Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1.000 Volts.

✓ IEC 60233: Ensayos de aisladores huecos para uso en equipos eléctricos.

## 4. Galvanizado:

✓ A TM A123: "Especificación para galvanizado en caliente de productos de hierro y acero".

✓ A TM A153: "Especificación para galvanizado en caliente de herrajes de hierro y acero"

✓ I O 1461 (1999): "Galvanizado en baño caliente de productos de hierro y acero"

## 5. Acción sísmica.

Para Chilectra y Edelnor será aplicable la especificación E – SE – 010 que rige para normar la "Acción sísmica en equipos eléctricos y mecánicos"; en cambio para Codensa será aplicable la norma sísmica colombiana SR - 98. Finalmente, los equipos suministrados a Edesur, Ampla y Coelce no requieren especificación sísmica.

## 6. Otras Normas.

- ✓ IEC 60502: Cables de potencia con aislación extruida, y sus accesorios, para voltajes entre 1 y 30 kV.
- ✓ IEC 60518: Normalización dimensional de terminales de equipos AT
- ✓ IEC 60815: Guía para la selección de aisladores en condiciones de polución.
- ✓ IEC 60071: Coordinación de aislamiento.

### Requerimientos De Calidad

El proveedor deberá demostrar que tiene implementado y funcionando en su fábrica un sistema de Garantía de Calidad con programas y procedimientos documentados en manuales, cumpliendo la siguiente Norma:

- ✓ ISO 9001-2000: Sistemas de calidad - Modelo de garantía de calidad en diseño, producción, instalación y servicio.

Además, idealmente deberá contar con la siguiente certificación de gestión ambiental:

- ✓ ISO 14001: Sistemas de gestión ambiental - Modelo de mejoramiento continuo y prevención de la contaminación, cumplimiento de la reglamentación ambiental.

El Cliente se reserva el derecho de verificar los procedimientos y la documentación relativa a la fabricación de los Interruptores de Media Tensión, y el fabricante se obliga a poner a su disposición estos antecedentes.

Condiciones ambientales y características del Sistema eléctrico

a) Condiciones Ambientales

En general, los interruptores de media tensión deberán ser suministrados para estar satisfactoriamente a la intemperie (salvo algunos casos particulares que se indicarán en los Anexos), bajo las siguientes condiciones ambientales:

Característica	AMPLA	CODENSA	COELCE	CHILECTRA	EDELNOR	EDESUR
Altitud máxima (m)	< 1.000	2.850	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Temperatura Mín/Máx (°C)	-10 / +40	-10 / +40	-10 / +40	-10 / +40	-10 / +40	-10 / +40
Nivel de Humedad	IEC 60694, 2.1.1 e)					
Velocidad viento (m/seg)	< 34	< 34	< 34	< 34	< 34	< 34
Nivel contaminación (IEC 60815)	Alto (III)	Medio (II)	Muy Alto (IV)	Medio (II)	Muy Alto (IV)	Medio (II)
Radiación Solar máx (w/m <sup>2</sup> )	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
Capa de hielo máxima (mm)	< 1	< 1	< 1	< 10	< 1	< 10
Actividad sísmica	No	Sí	No	Sí	Sí	No

*Tabla 3. Condiciones Ambientales en un interruptor*

Según la Tabla anterior, los interruptores funcionarán de acuerdo a las condiciones normales de servicio indicadas en la norma IEC 60694 para equipos de tipo exterior, con excepción de las siguientes condiciones que el fabricante debe tener en consideración:

- ✓ Para Codensa, la altura sobre el nivel del mar es de 2.850 metros.
- ✓ Los equipos suministrados a Chilectra y Edelnor deben cumplir con los requerimientos sísmicos exigidos en la especificación E – SE – 010, mencionada en el punto 2.
- ✓ Los equipos suministrados a Codensa deben cumplir con los requerimientos sísmicos exigidos en la norma colombiana SR 98.
- ✓ Los equipos destinados a Coelcé y Edelnor deben ser aptos para funcionar en ambiente salino de extrema corrosión (nivel IV según norma IEC 60815).

- ✓ Los equipos destinados a Ámpla deben ser aptos para funcionar en ambiente salino de alta corrosión (nivel III según norma IEC 60815).

## **SECCIONADORES BAJO CARGA MOTORIZADOS**

El seccionador eléctrico o motorizado es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación según una norma. Es un dispositivo de ruptura lenta, puesto que depende de la manipulación de un operario. Este dispositivo, por sus características, debe ser utilizado siempre sin carga o en vacío. Es decir, el proceso de desconexión debe seguir necesariamente el siguiente orden:

- 1.- Desconexión del interruptor principal.
- 2.- Desconexión del seccionador.
- 3.- Colocación del candado de seguridad en la maneta del seccionador (siempre que sea posible), de esta forma evitamos que otro operario de forma involuntaria conecte el circuito.
- 4.- Colocación del cartel indicativo de avería eléctrica o similar. , Ahora y SOLAMENTE AHORA, podemos manipular la instalación afectada.

Para el proceso de conexión procederemos de forma inversa:

- 1.- Conexión del seccionador.
- 2.- Conexión del interruptor principal.

Este procedimiento no se puede intercambiar, pues en primer lugar, correríamos un grave peligro, y en segundo lugar, el seccionador no actuaría teóricamente por sus propias características constructivas.

## **LOCALIZADOR DE FALLA RGDAT**

### Descripción

Dispositivo detector de falla direccional y de ausencia de tensión para subestaciones secundarias controlado remotamente MT / BT. RGDAT es un dispositivo diseñado para ser instalado en las bahías de media tensión de subestaciones secundarias remotamente para detectar la presencia de defectos y fallas de energía en la línea.

La línea de MT se controla por medio de 3 transductores de corriente (TC), que se suministra con el dispositivo, y el uso de las señales de voltaje entregados por 3 divisores capacitivos, suministrando como una característica opcional junto con el apoyo y kit de fijación.

El propósito de RGDAT es señalar el estado de la sección de la línea MT supervisado a través de salidas de relé y para proporcionar, a través de una salida analógica 4/20 mA, una indicación del valor actual en una de las fases.

RGDAT puede ser completamente configurado y programado desde un ordenador personal portátil conectado por medio del puerto serie RS232. El programa de aplicación RGDAT también se puede actualizar desde el PC.

RGDAT se basa en un potente microprocesador de 32 bits que pertenece a la última generación (ARM), capaz de ejecutar 60 millones de instrucciones por segundo; esto permite un análisis de Fourier para llevar a cabo en todas las entradas analógicas, adquirieron a una frecuencia de 3000 muestras por segundo.

Suministro

La tensión nominal es de 24 V y el circuito de fuente de alimentación está aislado de la tierra; la correcta Operación está garantizada dentro de  $\pm 20\%$  de la tensión

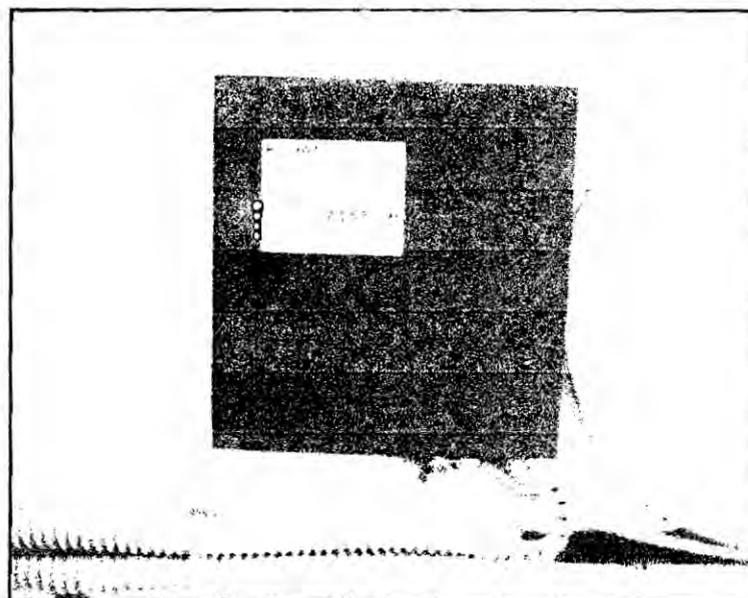
nominal, incluso en la presencia de un componente alterna igual a 10% de la tensión de alimentación nominal. El consumo del dispositivo es de aproximadamente 3W. Para los valores de tensión de alimentación como para garantizar el correcto funcionamiento del dispositivo no de señalización inadecuada, local o remota. El dispositivo está protegido contra inversión de polaridad.

Condiciones del servicio

Temperatura de funcionamiento: -20 ° C a +55 ° C

Humedad relativa (sin hielo / sin condensación): <93%.

Presión atmosférica: 70 a 110 kPa.



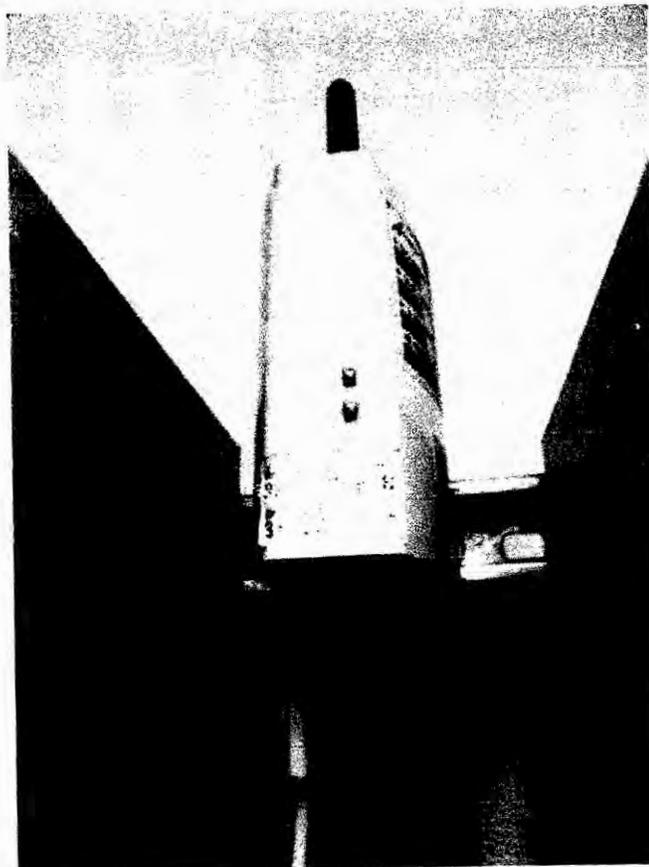
*Figura 50. Localizador de falla RGDAT*

### **DCE : MODEM GSM**

El módem GSM garantiza la conexión con el sistema central en la red de conmutación GSM. Los datos son intercambiados usando el protocolo IEC 60870-5-101. Conexión a tiempo es de 20 años (promedio).

## SEGURIDAD:

El módem acepta sólo llamadas de números conocidos y luego un proceso de autenticación además denegar el acceso a las personas que llaman no permitidos.



*Figura 51. Modem GSM*

## DESARROLLO DEL TEMA

### 1. Motivación, beneficios y resultados

Brindar una calidad de servicio a los clientes de la zona con una aislación automática de fallas otorgando beneficios como los siguientes:

- Reducir los tiempos de aislación fallas en la red de MT a menos de 3 minutos.
- Reducir los tiempos de detección y localización de fallas en la red MT.

- Mejorar los indicadores de tiempos de interrupción y frecuencia de interrupción promedio.

Según el histórico existen más de 100000 centros de transformación MV/LV controlados remotamente y más de 20000 alimentadores de MT realizan procedimientos automáticos para la selección y aislación de fallas contando con equipamiento existente como lo son:

- Seccionadores Bajo Carga Motorizados
- Localizador de falla RGDAT
- Unidad periféricas (UP)
- Interruptores

## **2. Aspectos a tener en cuenta**

- Se analiza las redes de Torre Blanca-Jicamarca (J-05) con la topología que tendrán luego de las reformas del 2014
- Los puntos de falla y su duración corresponden a las interrupciones presentadas en el año 2013
- Se analizan y comparan dos alternativas: la primera es la propuesta recomendada para este proyecto hecha en Chile "Propuesta #1" y la segunda es nuestra propuesta de mejora "Propuesta #2"

## PROPUESTA #1

- La automatización de MT permite detectar la macrosección afectada por una falla, para aislarla y realimentar las secciones operativas aguas arriba de la defectuosa.
- Esta función la realizan las UP (RTUs) ubicados en los seccionadores MT a lo largo de las líneas de media tensión, empleando informaciones locales (presencia/ausencia de tensión y detectores de fallos direccionales) y a través del dispositivo reconector en la salida de la línea (o Subestación).

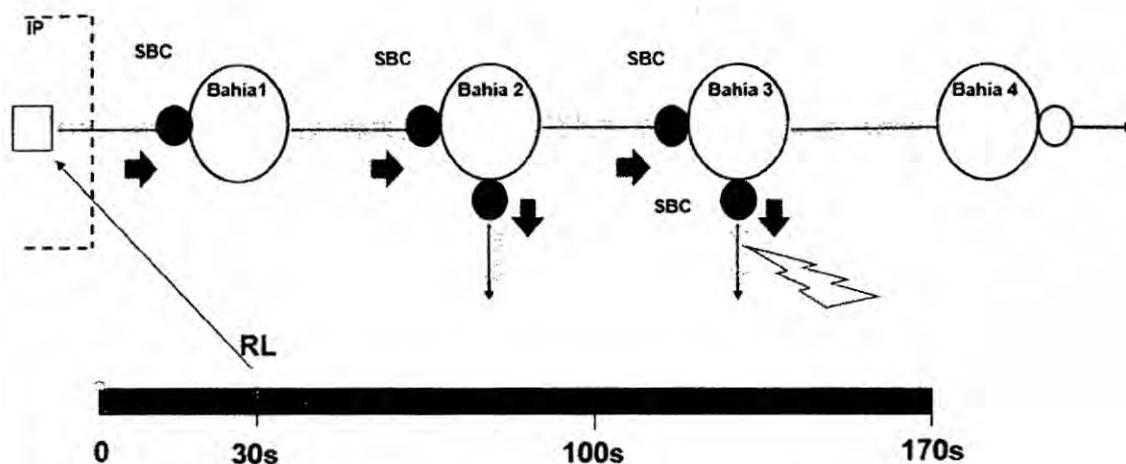


Figura 52. Primera reconexión Lenta

- Transcurre el tiempo de demora estándar para la primera reconexión lenta (30 s) y después del cierre el interruptor vuelve a dispararse debido a la falla permanente. **LA ZONA EN FALLA HA SIDO TENSIONADA DOS VECES**

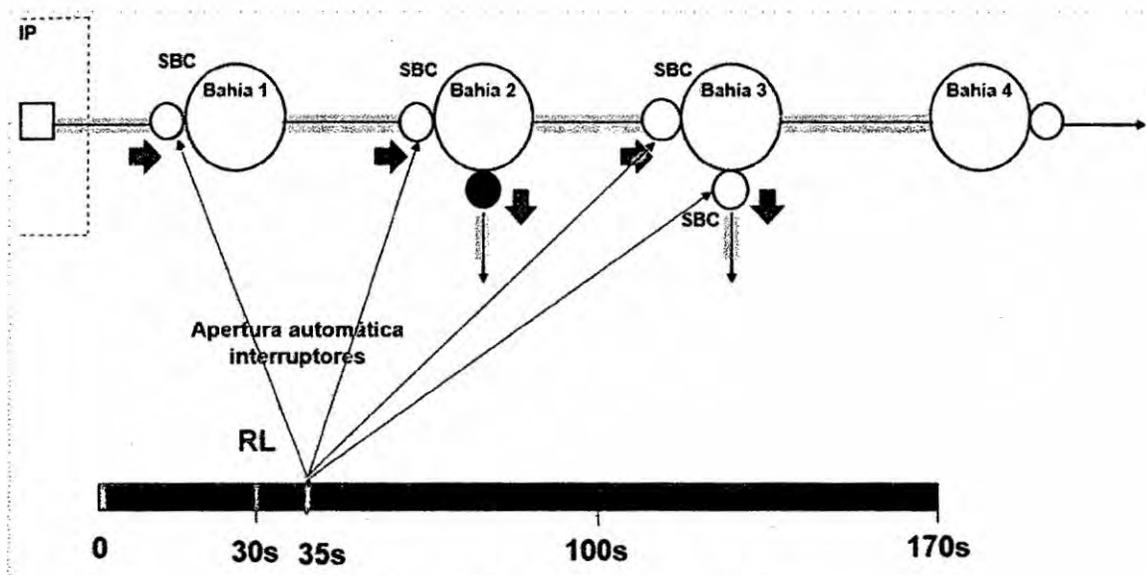


Figura 53 .Detección de falla

- Después de 35 s sin tensión todos los equipos que "detectan la existencia de falla y que quedan sin tensión" aperturan en unos 4 s.

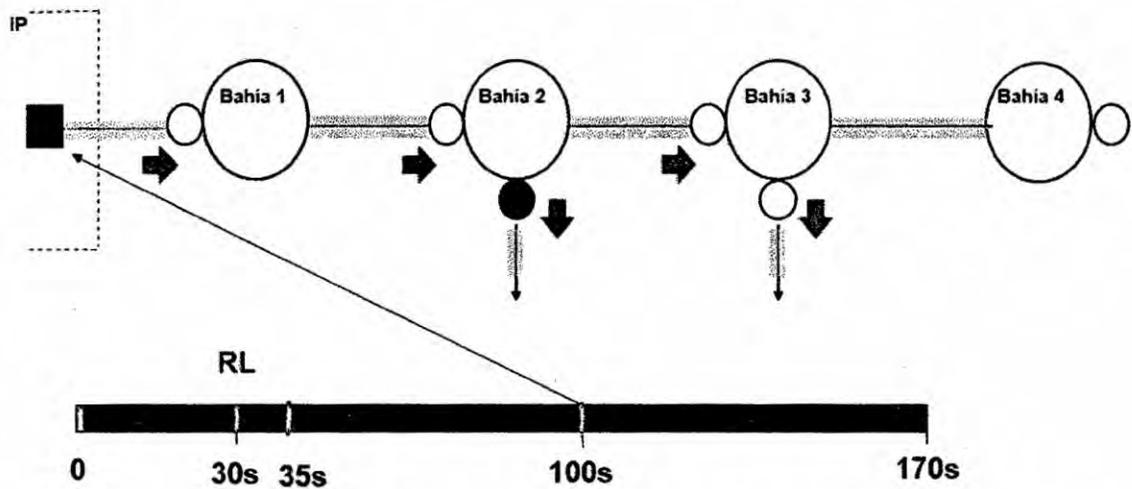


Figura 54 .Realimentación de la primera macrosección

- Después de 70 s el interruptor se cierra y realimenta la primera macrosección

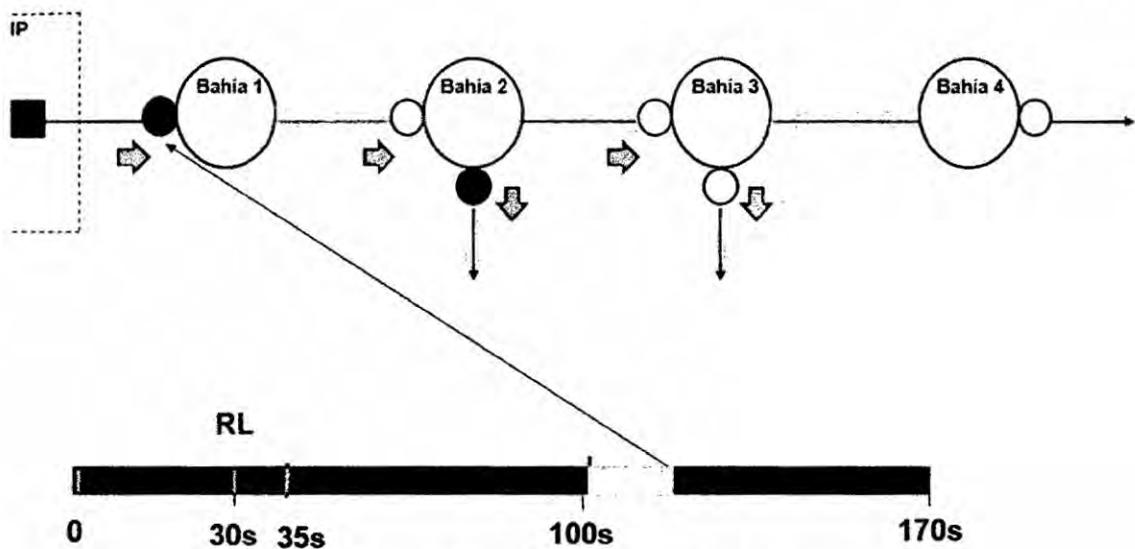


Figura 55 .Cierre de seccionador

- El seccionador bajo carga de la Bahía 1, tras una breve demora, se cierra automáticamente al detectar tensión en su entrada.

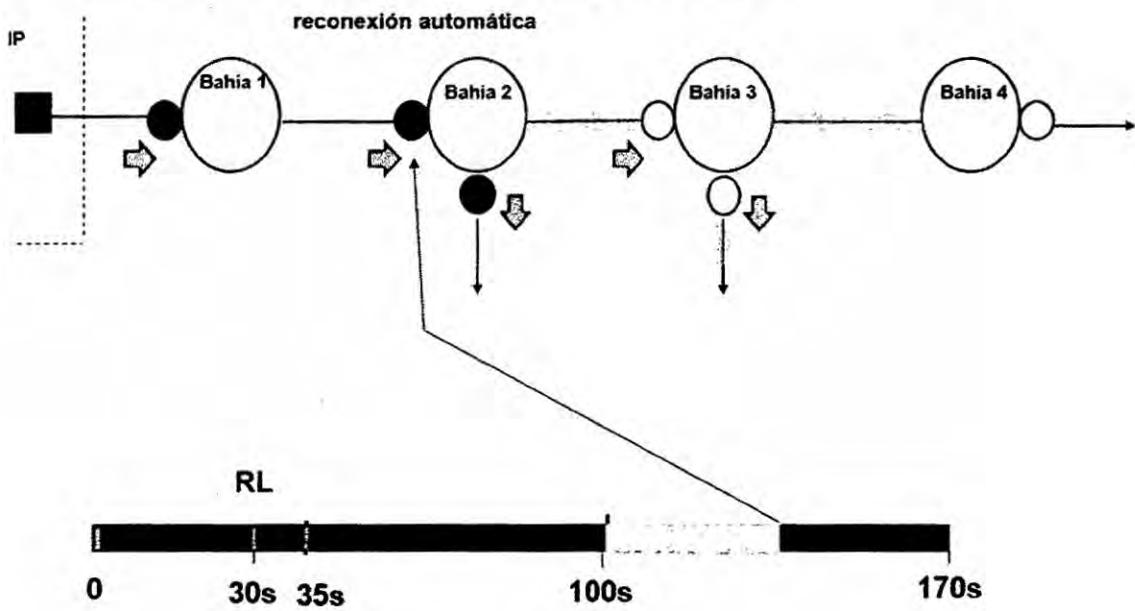


Figura 56 .Apertura del interruptor

- El SBC de la Bahía 2, se reconecta automáticamente. De la misma manera el SBC de la Bahía 3. Como la falla aún está presente, el interruptor al principio de la línea vuelve a aperturar

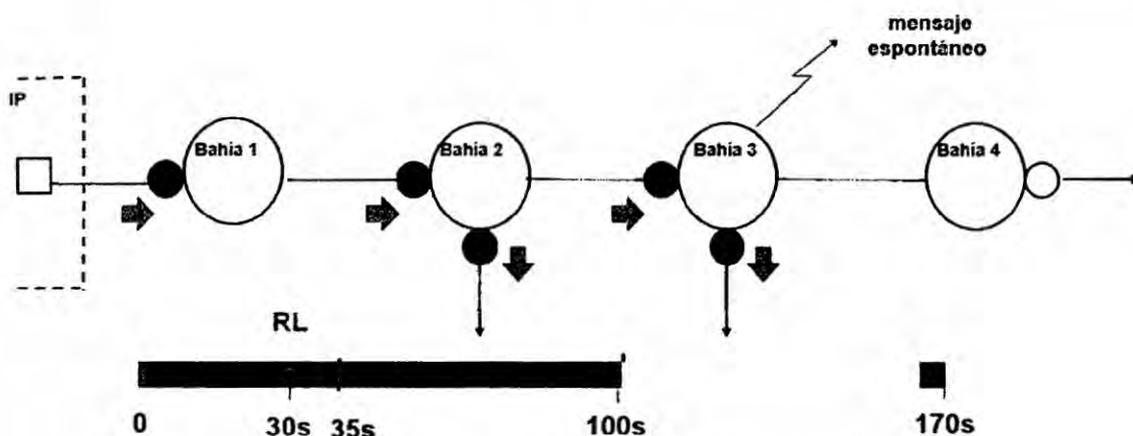


Figura 57 .Apertura definitiva del seccionador

- La ausencia de tensión inmediatamente después del cierre satisfacen la lógica que provoca la apertura definitiva de este seccionador bajo carga. Se envía un "mensaje" al Centro de Control para alertar al operador del evento.

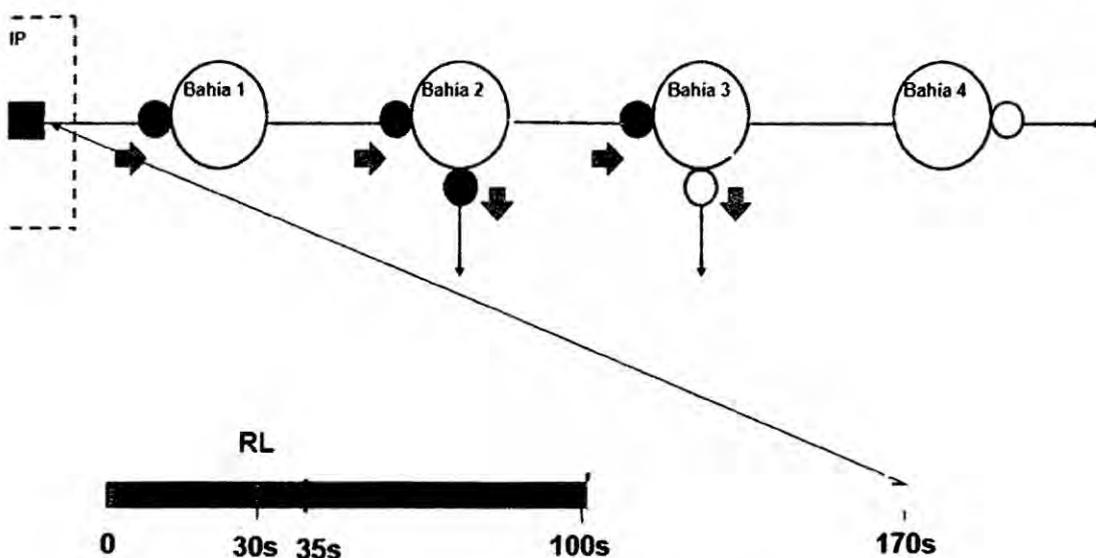


Figura 58 .Cierre del interruptor

- Se cierra el interruptor

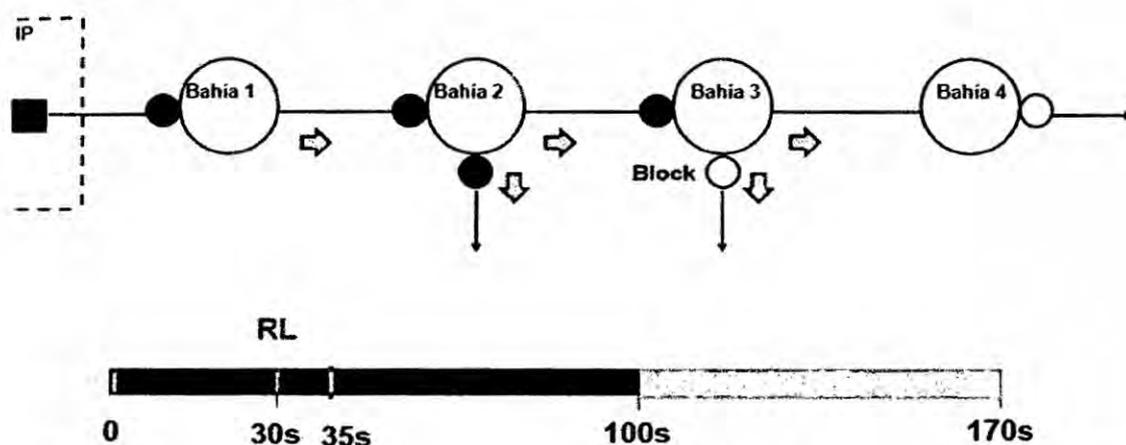


Figura 59 Aislamiento automático de la falla

- La falla ha sido aislada de forma automática. Los clientes de las secciones sanas, ha tenido una interrupción corta < 3 minutos. **LA ZONA EN FALLA HA SIDO TENSIONADA CON FALLA EN TRES OPORTUNIDADES**

## CONSECUENCIAS DE RECIERRE EN LA ZONA DE FALLA

### **SEGURIDAD DE CLIENTES**

En fallas por terceros (fierros que clientes emplean en construcción viviendas provocan contacto con las líneas) o en líneas caídas; reenergizar la zona de falla tendría consecuencia legales penales contra el Gerente General si esta ocasiona accidentes o muerte de clientes.

### **SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES**

Al energizar con falla se producen sobretensiones, en un sistema de neutro aislado, que dañaría circuitos sin falla.

### **PRACTICA EN EL PERU**

Por seguridad, las empresas eléctricas del Perú han retirado el recierre automático en líneas que pasan por zonas urbanas.

## PROPUESTA #2

Con la topología de estudio definida, mediante la base de datos de Edelnor podemos encontrar cuantos clientes existen por subestación.

SED	NUM_CLI	ALIM
02126A	123	J-05
02127A	146	J-05
02658A	298	J-05
02795A	114	J-05
02893A	289	J-05
03093A	160	J-05
03134A	135	J-05
03242A	40	J-05
03243A	157	J-05
03244A	134	J-05
03650A	50	J-05
03653A	66	J-05
03802A	236	J-05
03803A	279	J-05
03804A	216	J-05
03806A	203	J-05
03807A	168	J-05
03808A	254	J-05
03809A	216	J-05
03810A	221	J-05
03811A	220	J-05
03812A	212	J-05
03813A	238	J-05
03814A	262	J-05
03815A	134	J-05
03816A	204	J-05
04164A	110	J-05
04210A	273	J-05
04522A	288	J-05
04523A	161	J-05
04524A	277	J-05
04525A	315	J-05
04557A	317	J-05
04558A	362	J-05
04693A	196	J-05
04829A	302	J-05
04830A	340	J-05
04831A	323	J-05
04832A	334	J-05
04833A	198	J-05
04834A	246	J-05
04835A	225	J-05
04838A	158	J-05
04873A	1	J-05
12128A	120	J-05
12311A	100	J-05
12313A	252	J-05
12660A	73	J-05
13087A	41	J-05
13381A	214	J-05
13638A	48	J-05
13972A	219	J-05
13989A	97	J-05
14013A	231	J-05
14057A	111	J-05
14141A	169	J-05
14202A	442	J-05
14227A	201	J-05
14228A	238	J-05
14254A	74	J-05
14621A	1	J-05
14823A	1	J-05
21570A	502	J-05
21579A	65	J-05
21803A	83	J-05
21992A	173	J-05

Tabla 4 .Número de clientes por subestación



DT00311645(2)		Propuesta #2			
SLD AFILIADA	Ciudadanos Afectados	FECHA	Inicio	Final	Ciudadanos Hora
03244A	882	12/02/2013	02:32	02:42	147.00
03244A	1225	12/02/2013	02:32	02:42	204.17
03244A	1298	12/02/2013	02:32	05:12	3461.33
03244A	782	12/02/2013	02:32	02:42	130.33
					3942.83
Propuesta #1					
SLD AFILIADA	Ciudadanos Afectados	FECHA	Inicio	Final	Ciudadanos Hora
03244A	882	12/02/2013	02:32	02:42	147.00
03244A	1298	12/02/2013	02:32	05:12	3461.33
03244A	782	12/02/2013	02:32	05:12	2085.33
					5693.67

Tabla 6. Análisis cliente – Hora para falla N° 2 en ambas soluciones

DT00317263(3)

Propuesta #2				
SLD APLICADA	Ciudadanos Afectados	FLCHA	Inicio	Final
03812A	1225	17/04/2013	12:30	23:07
03812A	782	17/04/2013	12:30	12:40
03812A	1298	17/04/2013	12:30	12:40
03812A	882	17/04/2013	12:30	12:40
	13499.08			

Propuesta #1				
SLD APLICADA	Ciudadanos Afectados	FLCHA	Inicio	Final
03812A	1225	17/04/2013	12:30	23:07
03812A	782	17/04/2013	12:30	12:40
03812A	1298	17/04/2013	12:30	12:40
03812A	882	17/04/2013	12:30	12:40
03812A	945	17/04/2013	12:30	12:40
03812A	1089	17/04/2013	12:30	12:40
03812A	676	17/04/2013	12:30	12:40
03812A	654	17/04/2013	12:30	12:40
	14059.75			

Tabla 7. Análisis cliente – Hora para falla N° 3 en ambas soluciones



D700320915(5)

Propuesta #2					
SED AFECTADA	Ciudad Afectadas	FECHA	Inicio	Final	Ciudades Hora
PF1410	782	29/05/2013	07:57	08:07	130.33
PF1410	1225	29/05/2013	07:57	08:07	204.17
PF1410	1298	29/05/2013	07:57	09:00	1362.90
PF1410	882	29/05/2013	07:57	08:07	147.00
<b>Total</b>					<b>1344.40</b>

Propuesta #1					
SED AFECTADA	Ciudad Afectados	FECHA	Inicio	Final	Ciudades Hora
PF1410	782	29/05/2013	07:57	09:00	821.10
PF1410	1298	29/05/2013	07:57	09:00	1362.90
PF1410	882	29/05/2013	07:57	08:07	147.00
<b>Total</b>					<b>2331.00</b>

CLIENTE: TUBOS DE BOMBAS (A) | Fecha Inicio: 29/05/2013 | Hora: 07:57:00 | La Sección esta Cerrada.

Referencia: D700320915 | Tipo: FASEA | Elemento: A: 0000 | Etiqueta: Operador / Fecha Ingreso: 29/05/2013

Mar	Fecha	Hora	Subestacion	Pq.	Línea	Tramo	CD	Elemento	Operador	Fecha Ingreso	Ref Principal
	29/05/2013		JICAMARCA	10	L-05	3324A	IR1	56.00			
	29/05/2013		JICAMARCA	10	L-05	3311A	IR1	56.00			
	29/05/2013		JICAMARCA	10	L-05	3372A	IR1	100.00			
<b>Totales</b>											

AFECTACIONES | CDS SIN COMPROMISO | CLIENTE SWALMEX

Subestacion	Línea	CD	Consumo	Potencia	Ciudad	Autotec
JICAMARCA	10	L-05	3324A	IR1	56.00	0 SAN ANTONIO DE CHACELI ✓
JICAMARCA	10	L-05	3455A	IR1	160.00	0 SAN ANTONIO DE CHACELI ✓
JICAMARCA	10	L-05	3311A	IR1	56.00	0 SAN ANTONIO DE CHACELI ✓
JICAMARCA	10	L-05	3372A	IR1	100.00	0
<b>Selección de horas</b>						360

Tabla 9. Análisis cliente – Hora para falla N° 5 en ambas soluciones



0700323803(7)		Propuesta #2			
SLD AFILIADA	Ciudad Afiliados	FECHA	Inicio	Final	Ciudad Hora
03809A	945	01/07/2013	18:10	18:45	551.25
03809A	1089	01/07/2013	18:10	18:20	181.50
Propuesta #1					
SLD AFILIADA	Ciudad Afiliados	FECHA	Inicio	Final	Ciudad Hora
03809A	1089	01/07/2013	18:10	18:45	635.25
03809A	945	01/07/2013	18:10	18:45	551.25
03809A	1225	01/07/2013	18:10	18:20	204.17
03809A	782	01/07/2013	18:10	18:20	130.33
03809A	1298	01/07/2013	18:10	18:20	216.33
03809A	882	01/07/2013	18:10	18:20	147.00
03809A	676	01/07/2013	18:10	18:20	112.67
03809A	654	01/07/2013	18:10	18:20	109.00
					2106.00

Tabla 11. Analisis cliente – Hora para falla N° 7 en ambas soluciones

DT0032548118

Propuesta #2				
SID AFILIADA	Ciudad Afiliados	FLCHA	Inicio	Final
03808A	1089	20/07/2013	22:44	00:48
03808A	945	20/07/2013	22:44	00:48
				4203.60

Propuesta #1				
SID AFILIADA	Ciudad Afiliados	FLCHA	Inicio	Final
03808A	1089	20/07/2013	22:44	00:48
03808A	945	20/07/2013	22:44	00:48
03808A	1225	20/07/2013	22:44	22:54
03808A	782	20/07/2013	22:44	22:54
03808A	1298	20/07/2013	22:44	22:54
03808A	882	20/07/2013	22:44	22:54
03808A	676	20/07/2013	22:44	22:54
03808A	654	20/07/2013	22:44	22:54
				5123.10

Archivos: Estado, Reparar, Averia, Anillo

Referencia: Estado MALCADO Nivel Tension: UUT

Fecha Inicio: 20-07-2013 12:44:00 Tipo: AVERIA  
 Fecha Fin: 21-07-2013 00:48:00 Fin Reparar: 21-07-2013 Causa: CHOQUE DE VEHICULO  
 Cliente: 32-07-2013 116:54:15 Rechazo Carta: Resp: TERCEROS Historial

Wandacion: N° Descarga Estado MALCADO Nivel Tension: UUT

ILC  
 Per Estimado: 20-07-2013 23:25:00 M Per Estimado: 21-07-2013 00:43:00 M Per Resolu: 21-07-2013 00:40:00 M  
 Fecha Real: 21-07-2013 00:15:00 Localizacion: 21-07-2013 00:00:00 Fecha Real: 21-07-2013 00:48:00

Res: Fallas: 21-07-2013 00:00:00 H: CHOQUE DE VEHICULO Año Fuenta Plazo: No

Elementos: LUM JICANARCANI (LUCIDABLE) (LBSZ) Ancho: 100mm  
 Respons: aip: SMD JIC. AMAR. W100-0500 (155.2 LUG. 285-OTROS SED) Códigos: MALCA  
 Avenidas: EDW JICANARCANI (06-05) (0014582 (C-D-306-OTROS SED) Modelo: MALCA  
 Observaciones: CC UUT Documentos

Estado: MALCADO Nivel Tension: UUT

Ciudad Supervision: Total Incidente: Municipios afectados: Otros Datos: 54 SAE Rel: 0.0 M/s

Historial: Dependencia del Servicio: depende de la Empresa: SI

Responsable de la Informacion: LMI

Tabla Historial

Tabla 12. Analisis cliente – Hora para falla N° 8 en ambas soluciones



D70033395310		Propuesta #2			
SLD AFECTADA	CIENTOS AFECTADOS	H-CHA	Inicio	Final	CIENTOS Hora
03807A	1089	26/10/2013	12:30	12:38	145.20
03807A	945	26/10/2013	12:30	12:38	126.00
					271.20
		Propuesta #1			
SLD AFECTADA	CIENTOS AFECTADOS	H-CHA	Inicio	Final	CIENTOS Hora
03807A	1089	26/10/2013	12:30	12:38	145.20
03807A	945	26/10/2013	12:30	12:38	126.00
03807A	1225	26/10/2013	12:30	12:38	163.33
03807A	782	26/10/2013	12:30	12:38	104.27
03807A	1298	26/10/2013	12:30	12:38	173.07
03807A	882	26/10/2013	12:30	12:38	117.60
03807A	676	26/10/2013	12:30	12:38	90.13
03807A	654	26/10/2013	12:30	12:38	87.20
					1006.80

Tabla 14. Análisis cliente – Hora para falla N° 10 en ambas soluciones



DT00335095(12)

Propuesta #2					
SED AFECTADA	Clientes Afectados	FECHA	Inicio	Final	Cientes Hora
PF1410	1298	07/11/2013	00:59	10:30	12352.63
PF1410	1225	07/11/2013	00:59	01:09	204.17
PF1410	882	07/11/2013	00:59	01:09	147.00
PF1410	782	07/11/2013	00:59	01:09	130.33
Total					12834.13

Propuesta #1					
SED AFECTADA	Clientes Afectados	FECHA	Inicio	Final	Cientes Hora
PF1410	1298	07/11/2013	00:59	10:30	12352.63
PF1410	882	07/11/2013	00:59	01:09	147.00
PF1410	782	07/11/2013	00:59	10:30	7442.03
Total					19944.67

SED102 (Sección de Incidentes)

Archivo Gestión Listados Mostrar Avisos Ayuda

Referencia: **DT00335095** Estado: **VALIDADO** Nivel Tensión: UOT

Fecha Inicio: 07-11-2013 00:59:00 Tipo: **AVERIA**

Fecha Fin: 07-11-2013 10:30:00 Causa: **RAMA CASUAL POR TERCEROS**

Código Cliente: 10-11-2013 07:30:18 Rechazo Carga: Resp TERCEROS Historico

ILC

Sel: **JICAMARCA** Pet Estimado: 07-11-2013 02:25:00 Pet Estimado: 07-11-2013 07:55:00 -rev Resoluc: 07-11-2013 10:30:00

Fecha Aviso: 07-11-2013 02:30:00 Localización: 07-11-2013 02:45:00 Fecha Real: 07-11-2013 10:30:00

Dest. Fallas: 07-11-2013 02:00:00

Operadores: **CM JICAMARCA/00-050014524**

Responsable: **CM JICAMARCA/00-050014524**

Avisados: **CM JICAMARCA/00-050014524**

Observaciones CC: **CONTACTO DE RAMAS (AR30U) CONTRA CABLE DE BAJADA AL 12311A**

Datos Suprvision: Total Incidente: Última Elapas: Municipios Afectados: Otros Datos: 20 SAE Relin

Reposición: **JAQUINO**

Molho de Reparación: **JAQUINO**

Fecha de Designación: **JAQUINO**

Recursos: **JAQUINO**

Año Fianza Pido: **SI**

Reposición del Servicio depende de la Empresa:  NO  SI

Responsable de la Información DNI: Necesita Sector: **Tabla Nextel**

Tabla 16. Análisis cliente – Hora para falla N° 12 en ambas soluciones



DT00335475[14]		Propuesta #2	
SKU AFECTADA	Ciudad Afectados	FECHA	Inicio Final Clientes Hora
PF1410	1298	12/11/2013	09:36 15:00 7009.20
PF1410	1225	12/11/2013	09:36 09:46 204.17
PF1410	882	12/11/2013	09:36 09:46 147.00
PF1410	782	12/11/2013	09:36 09:46 130.33
			7490.70
Propuesta #1		FECHA	Inicio Final Clientes Hora
SKU AFECTADA	Ciudad Afectados	12/11/2013	09:36 15:00 7009.20
PF1410	882	12/11/2013	09:36 09:46 147.00
PF1410	782	12/11/2013	09:36 15:00 4222.80
			11379.00

Tabla 18. Análisis cliente – Hora para falla N° 14 en ambas soluciones



DT0031087516)

SSD AFECTADA - Clientes Afectados	Propuesta #2	
	Inicio	Final
PF0223	02/02/2013 21:25	02:28
PF0223	02/02/2013 21:25	21:35
		3512.46

SSD AFECTADA - Clientes Afectados	Propuesta #1	
	Inicio	Final
PF0223	02/02/2013 21:25	02:28
PF0223	02/02/2013 21:25	21:35
PF0223	02/02/2013 21:25	21:35

**SGR02 - Gestión de Incidencias**  
 Archivo Gestion Listados Registrar Avisos Ayuda

Referencia: N° Descargo Estado VALUADO Nivel Tension UOT

**FECHAS**  
 Inicio: 02-02-2013 21:24:28 Tipo: AVERIA  
 Fin: 03-02-2013 02:28:00 Causa: CARO CASUAL PCR TERCEF  
 Cliente: 04-02-2013 17:27:00 Rechazo Carga: Resp. TER-CEROS Histórico

**Analisis**  
 Fec. Estimado: 02-02-2013 22:00:00 H. Fec. Estimado: 02-02-2013 23:14:00 H. Prior. Resoluc.: H.  
 Fecha Real: 02-02-2013 22:49:00 Localizacion: 02-02-2013 23:14:00 Fecha Real: 02-02-2013 02:28:00

**Set**  
 CTO GRANDE  
 Desc. Fallas: 213132720  
 Elementos: CTO GRANDE/000-1401272587

**Operarios**  
 Responsable: CTO GRANDE/000-1401272587  
 Avulsos: CTO GRANDE/000-1401272587  
 Observacion: CTO GRANDE/000-1401272587  
 AFECTACION: CTO GRANDE/00142

**Recursos/Moviles**  
 Códigos: BAUTISTA  
 Moviles de asignación:  
 Fecha de asignación:

**Documentos**  
 Cables Supervisor: Total Incidente Última Entrega Municipios Afectados Otros Datos: 85 SAE Rel. 85  
 Naturaleza: Histórico  
 Reposición del Servicio depende de la Empresa: \* NC \* SI  
 Responsable de la Información DNI: Nivel Sector: Tabla Nextel

Tabla 20. Análisis cliente – Hora para falla N° 16 en ambas soluciones

Falla	Parque	Línea	SED donde Falló	T. de Falla	Propuesta #2 (Clientes Hora)	Propuesta #1 (Clientes Hora)
1	10	J-05	13972A	03:27:00	4,959.60	7,323.00
2	10	J-05	03244A	02:40:00	3,942.83	5,693.67
3	10	J-05	03812A	10:37:00	13,499.08	14,059.75
4	10	J-05	PF1410	05:58:23	8,247.87	12,592.33
5	10	J-05	PF1410	01:03:00	1,844.40	2,331.00
6	10	J-05	PF1410	07:17:00	9,935.27	15,296.33
7	10	J-05	03809A	00:35:00	732.75	2,106.00
8	10	J-05	03808A	02:04:00	4,203.60	5,123.10
9	10	J-05	03808A	00:31:00	1,050.90	1,970.40
10	10	J-05	03807A	00:08:00	271.20	1,006.80
11	10	J-05	PF1410	03:46:00	5,370.63	7,981.67
12	10	J-05	PF1410	09:31:00	12,834.13	19,941.67
13	10	J-05	PF1410	07:09:00	9,762.20	15,019.00
14	10	J-05	PF1410	05:24:00	7,490.70	11,379.00
15	10	J-05	PF1410	04:59:00	6,949.87	10,512.33
16	10	J-05	PF0223	05:02:32	3,512.46	31,578.99
Total					94,607.49	163,915.04

173%

Tabla 21. Resumen de clientes-hora para ambas soluciones.

### 3. Ubicación Geográfica

J-05

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>	<b>Soporte M.T</b>	<b>Coordenadas Geograficas X</b>	<b>Coordenadas Geograficas Y</b>	<b>Distrito</b>
1	S1L	SED 1455	285,118.51	8,679,426.30	San Juan de Lurigancho
1	S1L	SED 1455	285,118.51	8,679,426.30	San Juan de Lurigancho
1	S1L	SED 1455	285,118.51	8,679,426.30	San Juan de Lurigancho
1	INT	SED 1455	285,118.51	8,679,426.30	San Juan de Lurigancho
1	INT	SED 1455	285,118.51	8,679,426.30	San Juan de Lurigancho
1	INT	SED 1455	285,118.51	8,679,426.30	San Juan de Lurigancho
1	SBC	-	284,909.19	8,679,534.76	San Juan de Lurigancho
1	SBC	57715	284,926.71	8,678,918.87	San Juan de Lurigancho
1	SBC	18449	284,928.14	8,678,784.26	San Juan de Lurigancho
1	SBC	18459	284,778.19	8,678,487.10	San Juan de Lurigancho
1	S1L	SED B	284,613.86	8,678,459.21	San Juan de Lurigancho
1	S1L	SED B	284,613.86	8,678,459.21	San Juan de Lurigancho
1	S1L	SED B	284,613.86	8,678,459.21	San Juan de Lurigancho
1	S1L	SED B	284,613.86	8,678,459.21	San Juan de Lurigancho
1	SCM	SED B	284,613.86	8,678,459.21	San Juan de Lurigancho
1	SBC	18563	284,458.51	8,679,233.01	San Juan de Lurigancho
1	SBC	18496	284,818.15	8,677,729.98	San Juan de Lurigancho

Tabla 22. Ubicación Geográfica de los equipos de protección

#### 4. Comparación de costos

Precio de Equipos y Materiales					
	TOTAL(USD\$) (Precio Unitario)	Cant	SOL.1	Cant	SOL.2
<b>SFD 001455</b>					
CELDA MOD.CM-1L AIR.SF6 17.5KV.600A/SEC.	2,748.43	4	10,993.71	6	16,490.56
INTERRUPTOR EN VACIO/SF6 - 10KV 630A 25KA	8,942.14	2	17,884.27	0	-
CELDA MOD.CM-1PF AIR.SF6 17.5KV.400ASEC.	3,927.88	1	3,927.88	1	3,927.88
CARGADOR DE BAT. PLOMO ACIDO220V, 24VCC,P.RELE	4,392.13	1	4,392.13	1	4,392.13
Localizador de falla RGDAT	283.52	4	1,134.08	6	1,701.13
<b>SFD B</b>					
CELDA MOD.CM-1L AIR.SF6 17.5KV.600A/SEC.	2,748.43	4	10,993.71	5	13,742.14
INTERRUPTOR EN VACIO/SF6 - 10KV 630A 25KA	8,942.14	1	8,942.14	0	-
CELDA MOD.CM-1PF AIR.SF6 17.5KV.400ASEC.	3,927.88	1	3,927.88	1	3,927.88
CARGADOR DE BAT. PLOMO ACIDO220V, 24VCC,P.RELE	4,392.13	1	4,392.13	1	4,392.13
Localizador de falla RGDAT	283.52	4	1,134.08	5	1,417.61
<b>SECCIONADOR RED AL REA</b>					
SECC.TRIP.12KV.630A.25KA	6,891.26	6	41,347.58	2	13,782.53
Unidad periférica (UP)	1,911.70	6	11,470.21	2	3,823.40
Indicador de falla (RGDAT)	467.04	6	2,802.25	2	934.08
<b>RLCONECTOR</b>					
Unidad periférica (UP)	1,911.70	0	-	1	1,911.70
Indicador de falla (RGDAT)	467.04	0	-	1	467.04
RECONECTOR TRIF.10KV.560A.	14,709.00	0	-	1	14,709.00
<b>TOTAL (USD\$)</b>			<b>123,342.05</b>		<b>85,619.20</b>
% COSTO respecto a PROPUESTA SOL.2			144%		100%

Tabla 23. Comparación de costos.

<b>CUADRO RESUMEN</b>	<b>J-05</b>	<b>Propuesta #1</b>	<b>Propuesta #2</b>
<b>BENEFICIOS</b>			
<b>COMPENSACION (Clientes-Hora)</b>			
Energía dejada suministrar (kw-h)	94607	163915	98349
<b>INVERSION</b>			
Inversión (US\$)	123,342	85,619	
<b>CONFIGURACION PUNTOS DE CONTROL</b>			
Puntos de control	17	14	
Clientes/Pto control	1187	1888	

Tabla 24. Cuadro de Resumen

#### IV. GLOSARIO DE TERMINOS

**Aislante:** Un material que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por ende, el paso de la corriente eléctrica, cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo. Material no conductor que, por lo tanto, no deja pasar la electricidad.

**Alimentador eléctrico:** Circuito normalmente conectado a una estación receptora, que suministra energía eléctrica a uno o varios servicios directamente a varias subestaciones distribuidoras.

**Alternador:** Generador eléctrico de corriente alterna que opera bajo el principio de inducción electromagnética por movimiento mecánico. El movimiento mecánico puede provenir de turbinas impulsadas por vapor, agua, gases calientes o algún otro medio impulsor

**Aluminum Conductors Steel Reinforced (ACSR):** O Conductor de Acero de Aluminio Reforzado están formados a partir de aluminio obtenido por refinación electrolítica con pureza de 99,5 % y conductividad mínima de 61,0 % de la conductividad del cobre a 20°C

**American Section of the International Association for Testing Materials (ASTM):** O también Sección Americana de la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales por sus siglas en español, es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América.

**Amper:** Unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica, cuyo símbolo es A. Se define como el número de cargas igual a 1 coulomb que pasar por un punto

de un material en un segundo. ( $1A \equiv 1C / s$ ). Su nombre se debe al físico francés Andre Marie Ampere.

**Arrancar:** Conjunto de operaciones manuales o automáticas, para poner en servicio un equipo.

**Autoabastecimiento:** Es la energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales.

**Autotransformador:** Transformador con sus bobinados conectados en serie. Su conexión tiene efecto en la reducción de su tamaño.

**Banco de transformación:** Conjunto de tres transformadores o autotransformadores, conectados entre sí para que operen de la misma forma que un transformador o autotransformador trifásico.

**Barra colectora (bus):** Conductor eléctrico rígido, ubicado en una subestación con la finalidad de servir como conector de dos o más circuitos eléctricos.

**Bloqueo:** Es el medio que impide el cambio parcial o total de la condición de operación de un dispositivo, equipo o instalación de cualquier tipo.

**Bobina:** Arrollamiento de un cable conductor alrededor de un cilindro sólido o hueco, con lo cual y debido a la especial geometría obtiene importantes características magnéticas.

**Cable:** Conductor formado por un conjunto de hilos, ya sea trenzados o torcidos.

**Cableado:** Circuitos interconectados de forma permanente para llevar a cabo una función específica. Suele hacer referencia al conjunto de cables utilizados para formar una red de área local.

**Caída de tensión:** Es la diferencia entre la tensión de transmisión y de recepción.

**Calidad:** Es la condición de tensión, frecuencia y forma de onda del servicio de energía eléctrica, suministrada a los usuarios de acuerdo con las normas y reglamentos aplicables.

**Capacidad de generación:** Máxima carga que un sistema de generación puede alimentar, bajo condiciones establecidas, por un período de tiempo dado.

**Capacidad de transmisión:** Potencia máxima que se puede transmitir a través de una línea de transmisión; tomando en cuenta restricciones técnicas de operación como: el límite térmico, caída de tensión, límite de estabilidad en estado estable, etc.

**Capacidad instalada:** Potencia nominal o de placa de una unidad generadora, o bien se puede referir a una central, un sistema local o un sistema interconectado.

**Capacitor:** Dispositivo que almacena carga eléctrica y está formado (en su forma más sencilla) por dos placas metálicas separadas por una lámina no conductora o dieléctrico. Estos dispositivos se utilizan, entre otras cosas, para reducir caídas de voltaje en el sistema de distribución. También se le conoce como condensador.

**Carga:** Cantidad de potencia que debe ser entregada en un punto dado de un sistema eléctrico.

**Central hidroeléctrica:** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía potencial y cinética del agua.

**Central termoeléctrica:** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía calorífica del vapor de agua producido en calderas.

**Central eólica:** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía cinética del viento.

**Central geotérmica:** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía calorífica del vapor de agua, producido en las entrañas de la tierra.

**Central mareomotriz:** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía potencial de las mareas.

**Central núcleo-eléctrica:** Central generadora que produce energía eléctrica utilizando turbinas que aprovechan la energía liberada por vapor de agua. El vapor es producido por el calentamiento del agua en contacto con el proceso de fisión nuclear en un reactor.

**Circuito:** Trayecto o ruta de una corriente eléctrica, formado por conductores, que transporta energía eléctrica entre fuentes.

**Cogeneración:** Es la energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria o ambas, o cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica, o cuando se utilicen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica.

**Conductor:** Cualquier material que ofrezca mínima resistencia al paso de una corriente eléctrica. Los conductores más comunes son de cobre o de aluminio y pueden estar aislados o desnudos.

**Confiable:** Es la habilidad del Sistema Eléctrico para mantenerse integrado y suministrar los requerimientos de energía eléctrica en cantidad y estándares de

calidad, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia de la contingencia sencilla más severa.

**Contingencia:** Anormalidad en el sistema de control de una central, subestación o punto de seccionamiento alternativo instalado en el sistema de la distribución de energía eléctrica.

**Continuidad:** Es el suministro ininterrumpido del servicio de energía a los usuarios, de acuerdo a las normas y reglamentos aplicables.

**Control Automático de Generación:** Es el equipo que de manera automática ajusta los requerimientos de generación de un Área de Control, manteniendo sus intercambios programados más la respuesta natural del Área ante variaciones de frecuencia.

**Control remoto:** Control a distancia por medio de señal eléctrica, mecánica, neumática o combinación de éstas.

**Conversión de la energía eléctrica:** Cambio o transformación de parámetros y de la energía eléctrica a través de uno o varios dispositivos.

**Corriente:** Movimiento de electricidad por un conductor.// Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperes (A).

**Cortocircuito:** Conexión accidental o voluntaria de dos bornes a diferentes potenciales. Lo que provoca un aumento de la intensidad de corriente que pasa por ese punto, pudiendo generar un incendio o daño a la instalación eléctrica.

**Cuchillas de Puesta a Tierra:** Son las que sirven para conectar a tierra un equipo.

***Demanda eléctrica:*** Requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en megawatts (MW) o kilowatts (kW).

***Demanda máxima bruta:*** Demanda máxima de un sistema eléctrico incluyendo los usos propios de las centrales.

***Demanda máxima neta:*** Demanda máxima bruta menos los usos propios.

***Diferencia de potencial:*** Tensión entre dos puntos. Es la responsable de que circule corriente por el conductor, para que funcionen los receptores a los que está conectada la línea.

***Disparo:*** Apertura automática de un dispositivo por funcionamiento de la protección para desconectar uno o varios elementos de un circuito, subestación o sistema.

***Disparo de carga:*** Procedimiento para desconectar, en forma deliberada, carga del sistema como respuesta a una pérdida de generación y con el propósito de mantener su frecuencia en su valor nominal.

***Disponibilidad:*** Característica que tienen las unidades generadoras de energía eléctrica, de producir potencia a su plena capacidad en momento preciso en que el despacho de carga se lo demande.

***Distributed Computing Environment / Remote Procedure Calls (DCE RPC):*** es el sistema de llamada a procedimiento remoto desarrollado para el entorno de la informática distribuida

***Disturbio:*** Es la alteración de las condiciones normales del Sistema Eléctrico Nacional originada por caso fortuito o fuerza mayor, generalmente breve y peligrosa, de las condiciones normales del Sistema Eléctrico Nacional o de una de

sus partes y que produce una interrupción en el servicio de energía eléctrica o disminuye la confiabilidad de la operación.

**Distribución:** Es la conducción de energía eléctrica desde los puntos de entrega de la transmisión hasta los puntos de suministro a los Usuarios.

**Efecto Aguas Abajo:** Daños o beneficios que pudiera ocasionar la transferencia de volúmenes de agua a una sección posterior a la presa, considerando el sentido del río.

**Efecto Joule:** Calentamiento del conductor al paso de la corriente eléctrica por el mismo. El valor producido en una resistencia eléctrica es directamente proporcional a la intensidad, a la diferencia de potencial y al tiempo.

**Emergencia:** Condición operativa de algún elemento, de un sistema eléctrico considerada de alto riesgo y que pudiera degenerar en un accidente de disturbio.

**Energía:** La energía es la capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía. //Capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. La energía eléctrica se mide en kilowatt-hora (kWh).

Energizar: Permitir que el equipo adquiera potencial eléctrico.

**Equipo:** Dispositivo que realiza una función específica utilizando como una parte de o en conexión con una instalación eléctrica, para la operación.

**Equipo Disponible:** Es el que no está afectado por alguna licencia y que puede ponerse en operación en cualquier momento.

**Equipo Vivo:** Es el que está energizado.

**Equipo Muerto:** Es el que no está energizado.

**Equipo Librado:** Es aquel en que se ejerció la acción de librar.

**Estabilidad:** Es la condición en la cual el Sistema Eléctrico Nacional o una parte de él permanece unida eléctricamente ante la ocurrencia de disturbios.

**Estación:** Es la instalación que se encuentra dentro de un espacio delimitado que tiene una o varias de las siguientes funciones: generar, transformar, recibir, transmitir y distribuir energía eléctrica.

**Factor de carga:** Relación entre el consumo en un período de tiempo especificado y el consumo que resultaría de considerar la demanda máxima de forma continua en ese mismo período.

**Factor de demanda:** Relación entre la demanda máxima registrada y la carga total conectada al sistema. //Relación entre la potencia máxima absorbida por un conjunto de instalaciones durante un intervalo de tiempo determinado y la potencia instalada de este conjunto.

**Factor de operación:** Relación entre el número de horas de operación de una unidad o central entre el número total de horas en el período de referencia.

**Falla:** 1. Es una alternación o daño permanente o temporal en cualquier parte del equipo, que varía sus condiciones normales de operación y que generalmente causa un disturbio. || 2. Perturbación que impide la operación normal.

**Frecuencia:** Número de veces que la señal alterna se repite en un segundo. Su unidad de medida es el Hertz (Hz).

**Fuentes Alternas de Energía:** Otras fuentes de energía en su forma natural, tales como la eólica, solar, biomasa y mareomotriz.

**Fusible:** Aparato de protección contra cortocircuitos que, en caso de circular una corriente mayor de la nominal, interrumpe el paso de la misma.

**Gabinete de media tensión:** Envoltente diseñada para proteger y soportar equipo que alimenta transformadores o servicios de media tensión. Son de tipo modular.

**Gabinete de baja tensión:** Envoltente diseñada para proteger y soportar en su interior fusibles limitadores de corriente y demás equipo de baja tensión.

**Generación de energía eléctrica:** Producción de energía eléctrica por el consumo de alguna otra forma de energía.

**Generador:** Es el dispositivo electromagnético por medio del cual se convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

**Generadores:** Son todas aquellas unidades destinadas a la producción de energía eléctrica.

**Giga Watt :** Múltiplo de la potencia activa, que equivale a mil millones de watts y cuyo símbolo es GW.

**Global System For Mobile Communications (GSM):** El sistema global para las comunicaciones móviles es un sistema estándar, libre de regalías, de móvil digital.

**Hertz Hz:** Un Hertz es la unidad de la frecuencia en las corrientes alternas y en la teoría de las ondas. Es igual a una vibración o a un ciclo por segundo.

**Inducción:** La inducción electromagnética es la producción de una diferencia de potencia eléctrica (o voltaje) a lo largo de un conductor situado en un campo magnético cambiante. Es la causa fundamental del funcionamiento de los generadores, motores eléctricos y la mayoría de las demás máquinas eléctricas.

**Instalación:** Es la infraestructura creada por el Sector Eléctrico, para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, así como la de los permisionarios que se interconectan con el sistema.

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):** o también Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, es un organismo internacional que publica normal y realiza estudios en el campo de la ingeniería eléctrica

**Instrucciones técnicas complementarias (ITC):** Es el documento en el cual se encuentran los reglamentos electrotécnicos que se deben seguir para toda instalación eléctrica.

**Interconexión:** Es la conexión eléctrica entre dos áreas de control o entre instalación de un Permisionario y un Área de Control.

**International Electrotechnical Commission (IEC):** o también Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) por sus siglas en español, es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Numerosas normas se desarrollan conjuntamente con la ISO (normas ISO/IEC).

**International Organization for Standardization (ISO):** La Organización Internacional de Normalización es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación (tanto de productos como de servicios), comercio y comunicación para todas las ramas industriales

**Interrupción:** Es la suspensión del suministro de energía eléctrica debido a causas de fuerza mayor, caso fortuito, a la realización de trabajos de mantenimiento, ampliación o modificación de las instalaciones, a defectos en las instalaciones del usuario, negligencia o culpa del mismo, a la falta de pago oportuno, al uso de energía eléctrica a través de instalaciones que impidan el funcionamiento normal de los instrumentos de control o de medida, a que las instalaciones del usuario no cumplan con las normas técnicas reglamentarias, el uso de energía eléctrica en condiciones que violen lo establecido en contrato respectivo, cuando no se haya celebrado contrato respectivo; y cuando se haya conectado un servicio sin la autorización de la Comisión.

**Interruptor:** Dispositivo electromecánico que abre o cierra circuitos eléctricos y tiene la capacidad de realizarlo en condiciones de corriente nominal o en caso extremo de corto circuito; su apertura y cierre puede ser de forma automática o manual.

**Joule:** Es la unidad de energía que se utiliza para mover un kilogramo masa a lo largo de una distancia de un metro, aplicando una aceleración de un metro por segundo al cuadrado y su abreviatura es J.

**Kilowatt:** Es un múltiplo de la unidad de medida de la potencia eléctrica y representa 1,000 watts; se abrevia kW.

**Kilowatt-hora:** Unidad de energía utilizada para registrar los consumos.

**Línea de transmisión:** Es el conductor físico por medio del cual se transporta energía eléctrica, a niveles de tensión alto y medio, principalmente desde los centros de generación a los centros de distribución y consumo. // Elemento de transporte de energía entre dos instalaciones del sistema eléctrico.

**Maniobra:** Se entenderá como lo hecho por un operador, directamente o a control remoto, para accionar algún elemento que pueda o no cambiar el esta y/o el funcionamiento de un sistema, sea el eléctrico, neumático, hidráulico o de cualquier otra índole.

**Mantenimiento:** Es el conjunto de actividades para conservar las obras e instalaciones en adecuado estado de funcionamiento.

**Mantenimiento programado:** Conjunto de actividades que se requiere anualmente para inspeccionar y restablecer los equipos que conforman a una unidad generadora. Se programa con suficiente anticipación, generalmente a principios del año y puede ser atrasado o modificado de acuerdo a las condiciones de operación.

**Megawatt:** Múltiplo de la potencia activa, que equivale a un millón de watts; se abrevia MW.

**Metrología:** Campo de los conocimientos relativos a las condiciones. Incluye los aspectos tanto teóricos como prácticos que se relacionan con las mediciones, cualquiera que sea su nivel de exactitud y en cualquier campo de la ciencia y la tecnología.

**Motor eléctrico:** Aparato que permite la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, esto se logra mediante la rotación de un campo magnético alrededor de unas espiras o bobinado.

**Ohm:** Unidad de medida de la resistencia eléctrica. Equivale a la resistencia al paso de la electricidad que produce un material por el cual circula un flujo de corriente de un amperio, cuando está sometido a una diferencia de potencial de un Volt. u símbolo es  $\Omega$ .

**Operación:** Es la aplicación del conjunto organizado de técnicas y procedimientos destinados al uso y funcionamiento adecuado de elementos para cumplir con un objetivo.

**Operador:** Es el trabajador cuya función principal es la de operar el equipo o sistema a su cargo y vigilar eficaz y constantemente su funcionamiento.

**Parar:** Es el conjunto de operaciones, anuales o automáticas mediante las cuales un equipo es llevado al reposo.

**Perturbación:** Acción y efecto de trastornar el estado estable del sistema eléctrico.

**Planta:** Sinónimo de central, estación cuya función consiste en generar energía eléctrica.

**Potencia:** Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watt (W).

**Potencia eléctrica:** Tasa de producción, transmisión o utilización de energía eléctrica, generalmente expresada en Watts.

**Potencia instalada:** Suma de potencias nominales de máquinas de la misma clase (generadores, transformadores, convertidores, motores) en una instalación eléctrica.

**Potencia máxima:** Valor máximo de la carga que puede ser mantenida durante tiempo especificado.

**Potencia real:** Parte de la potencia aparente que produce trabajo. Comercialmente se mide en KW.

**Protección:** Es el conjunto de relevadores y aparatos asociados que disparan los interruptores necesarios para separar equipo fallado, o que hacen operar otros dispositivos como válvulas, extintores y alarmas, para evitar que el daño aumente de proporciones o que se propague.

**Punto de Interconexión Eléctrica:** Es el punto donde se conviene la entrega de energía entre dos entidades.

**Red de distribución:** Es un conjunto de alimentadores interconectados y radiales que suministran a través de los alimentadores la energía a los diferentes usuarios.

**Red Troncal:** Dependiendo del sector se entiende: A: Medio físico primario de la red de comunicaciones. B: Conjunto de centrales generadoras, línea de transmisión y estaciones eléctricas que debido a su función y/o ubicación se consideran de importancia vital para un sistema.

**Regulación Primaria:** Es la respuesta automática medida en Mw. de la unidad generadora al activarse el sistema de gobierno de la misma, ante un cambio en la frecuencia eléctrica del sistema con respecto a su valor nominal.

**Reglamento Electrotécnico para baja tensión (REBT):** es un reglamento de obligado cumplimiento que prescribe las condiciones de montaje, explotación y mantenimiento de instalaciones de baja tensión.

**Regulación Secundaria:** Es la aportación en Mw de la unidad generadora en forma manual o automática para establecer la frecuencia eléctrica a su valor nominal de 60 Hz.

**Resistencia:** Cualidad de un material de oponerse al paso de una corriente eléctrica. La resistencia depende de la longitud del conductor, su material, de su sección y de la temperatura del mismo. Las unidades de la resistencia son  $\Omega$ .

**Seccionador:** Es un dispositivo de seccionamiento que en caso de falla en el ramal del alimentador donde se instala, abre sus contactos automáticamente, aislando así la falla, su operación está comunicada a la del interruptor o restaurador según el caso, abre sus contactos al contar la falta de potencial tres veces.

**Sincronizar:** Es el conjunto de acciones que deben realizarse para conectar al Sistema Eléctrico Nacional en cada instante.

**Sistema de distribución:** Es el conjunto de subestaciones y alimentadores de distribución, ligados eléctricamente, que se encuentran interconectados en forma radial para suministrar la energía eléctrica.

**Sistema Eléctrico de transmisión (SET):** es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas.

**Sistema eléctrico:** Instalaciones de generación, transmisión y distribución, físicamente conectadas entre sí, operando como una unidad integral, bajo control, administración y supervisión.

**Sistema Eléctrico de Potencia (SEP):** es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas entre sí y de sistemas de distribución esenciales para el consumo de energía eléctrica.

**Subestación:** Conjunto de aparatos eléctricos localizados en un mismo lugar, y edificaciones necesarias para la conversión o transformación de energía eléctrica o para el enlace entre dos o más circuitos.

**Subestación de distribución:** Subestación que sirve para alimentar una red de distribución de energía eléctrica.

**Subestación de transformación:** Subestación que incluye transformadores.

**Tablero de control:** Dentro de una subestación, son una serie de dispositivos que tienen por objeto sostener los aparatos de control, medición y protección, el bus mímico, los indicadores luminosos y las alarmas.

**Tensión:** Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt (V) y vulgarmente se la suele llama voltaje.

**Transformación:** Es la modificación de las características de la tensión y de la corriente eléctrica para adecuarlas a las necesidades de transmisión y distribución de la energía eléctrica.

**Transformador:** Dispositivo que sirve para convertir el valor de un flujo eléctrico a un valor diferente. De acuerdo con su utilización se clasifica de diferentes maneras.

**Transmisión:** Es la conducción de energía eléctrica desde las plantas de generación o puntos interconexión hasta los puntos de entrega para su distribución.

**Tablero de control:** Dentro de una subestación, son una serie de dispositivos que tienen por objeto sostener los aparatos de control, medición y protección, el bus mímico, los indicadores luminosos y las alarmas.

**Tensión:** Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor

que los vincula. Se mide en Volt (V) y vulgarmente se la suele llamar voltaje. La tensión de suministro en los hogares de México es de 110 V.

**Transformación:** Es la modificación de las características de la tensión y de la corriente eléctrica para adecuarlas a las necesidades de transmisión y distribución de la energía eléctrica.

**Transformador:** Dispositivo que sirve para convertir el valor de un flujo eléctrico a un valor diferente. De acuerdo con su utilización se clasifica de diferentes maneras.

**Transmisión:** Es la conducción de energía eléctrica desde las plantas de generación o puntos interconexión hasta los puntos de entrega para su distribución.

## V. CONCLUSIONES

- Se detectaron las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Subestación Carabayllo y se implementó un sistema de protección tele controlado.
- Se seleccionaron los equipos de protección para las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca-Jicamarca proveniente de la Subestación Carabayllo para poder evitar el mal funcionamiento del mismo y evitar accidentes.
- Con la propuesta #2 inicial se deja de suministrar un 73% más de energía en el alimentador J-05 en comparación con nuestra propuesta #1.
- En la propuesta #1 la inversión para el alimentador J-05 es 144 % más que la propuesta inicial (propuesta #2)
- Las zonas controladas por cada equipo de maniobra en la propuesta #2 comprende a un mayor número de clientes que en la propuesta #1
- Los clientes por punto de control en la propuesta #2 para el alimentador J-05 son en promedio más elevados comparados con la propuesta #1 lo cual implica frente a una falla mayor cantidad de clientes afectados; y a su vez, encarece nuestra propuesta #1 debido a que utiliza más equipos.
- Las ubicaciones geográficas fueron confirmadas por la cobertura de telefónica para el envío de mensajes por parte de los localizadores de falla.

## VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

<i>PROYECTO DE TESIS</i>									
<i>Título:</i>									
Actividades	<i>MESES AÑO 2014 -2015</i>								
	<i>2014</i>						<i>2015</i>		
	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>
<b>1.</b> Planteamiento del problema de Investigación.	X	X	X						
<b>2.</b> Elaboración del Marco Teórico y Conceptual de Referencia.			X	X	X	X	X	X	
<b>3.</b> Recolección de información documental.					X	X	X	X	
<b>4.</b> Diseño instrumental para el Tamaño de la Muestra								X	
<b>5.</b> Procesamiento de la información.									X
<b>6.</b> Redacción del trabajo o Informe Final									X
<b>7.</b> Presentación de los resultados y sustentación.									X

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. Leuven EMTP Center, ATP Rule Book, Revision 1987, Heverlee, Belgium, Vol. 1
2. Leuven EMTP Center, ATP Rule Book, Revision 1987, Heverlee, Belgium, Vol. 2
3. L. Siebert, Alta tensión y sistemas de transmisión, Editorial Limusa, México, (1988).
4. ANSI/IEEE C37.011-1979, IEEE Application Guide for Transient Recovery Voltage for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis.
5. Héctor David Gomez, Esteban Velilla, Modelación de Puesta a Tierra para evaluación de sobretensiones transitorias, Editorial Acribia, revisión 2002.
6. E. Zapata Perez, Protección de Líneas de distribución contra descargas atmosféricas, Editorial Aenor 2da Edición, 2009
7. Restrepo, L. H.; Caicedo, G.; Castro, D. F. Modelos de línea de transmisión para transitorios electromagnéticos en sistemas de potencia. Revista Energía y Computación vol. 16 , No. 1, Junio 2008 pp. 21 – 32
8. LEE, S. J. et al. An Intelligent and Efficient Fault Location and Diagnosis Scheme for Radial Distribution Systems. IEEE Transactions on Power Delivery, USA, v.19, n.2, pp.524–532, apr. 2004.

9. Zamora, I.; Mazon, J. at least. New Method for Detecting Low Current Faults in Electrical Distribution Systems. IEEE Transactions on power delivery, vol. 22, No 4 October 2007.
10. Análisis de Sistemas de Potencia, John J. Grainger y William D. Stevenson. Edición McGraw-Hill 1985.
11. Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica, Gilberto Enríquez Harper, Volumen II. Edición Limusa, 1978.
12. Codelectra, Código Eléctrico Nacional-COVENIN 200, (1990).
13. Sciencedirect.com, Equipos de protección para redes de distribución eléctrica, (actualización 6 de octubre del 2012, consulta 12 de julio del 2014), <http://www.sciencedirect.com/search/>
14. Scielo.org, Análisis de sistemas de puesta a tierra para redes eléctricas, (actualización 20 de junio del 2013, consulta 12 de abril del 2014), <http://www.scielo.org/php/index.php?lang=es>
15. Wokinfo.com, Telemando para equipos de protección en sistemas de potencia, (actualización 5 de enero 2014, consulta 10 de junio del 2014), <http://www.wokinfo.com/find/>
16. Americalatina.elsevier.com, Metodología general para el análisis de fallas eléctricas, (actualización 4 de octubre del 2010, consulta 16 de agosto del 2014), <http://www.americalatina.elsevier.com/>

## **VIII. ANEXOS**

**ANEXO 1. Topografía de la zona de estudio (J-05)**

**ANEXO 2. Histórico de fallas ocurrido en el año 2013 (J-05)**

**ANEXO 3. Agrupación de subestaciones (J-05)**

**ANEXO 4. Elementos de protección para la propuesta #1 (J-05)**

**ANEXO 6. Matriz de consistencia (J-05)**

"PROTECCIÓN PARA SOBRETENSIONES POR FALLAS DE LÍNEA A TIERRA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN TORRE BLANCA EN CARABAYLLO"				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPTESIS	VARIABLES INDICADORES	E METODOLOGIA
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable Dependiente:</b>	<b>Tipo de investigación</b>
¿En qué medida afecta las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca en Carabayllo a los equipos eléctricos y a los mismos trabajadores?	Detectar las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca en Carabayllo e implementar un sistema de protección.	Verificando las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca Carabayllo se implementara un sistema de protección adecuado.	Protección de la red de distribución torre blanca Carabayllo  Variable Independiente:  Sobretensiones de fallas de línea a tierra en la red de distribución torre blanca Carabayllo.	Explicativo porque nos permite describir y analizar los problemas de sobretensión en el sistema de distribución eléctrica por fallas de línea a tierra.
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Hipótesis Especifica</b>	Indicadores	Diseño de la Investigación
¿Se puede	Seleccionar los equipos de protección para las sobretensiones por	Seleccionando los equipos de protección para las sobretensiones	Número total de descarga	

<p>seleccionar los equipos de protección para las sobretensiones por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca en Carabayllo para poder evitar el mal funcionamiento del mismo y evitar accidentes?</p>	<p>fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca en Carabayllo para poder evitar el mal funcionamiento del mismo y evitar accidentes.</p>	<p>por fallas de línea a tierra en la red de distribución Torre Blanca Carabayllo se optimizara el funcionamiento de la red de distribución y se evitara accidentes.</p>	<p>sobre la línea Probabilidad de falla de apantallamiento Probabilidad de falla de backflashover.</p>	<p>Cuasi experimental Toda la investigación define su diseño en base a las hipótesis que se desarrollan en ella.</p>
---	---	--	--	--