



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD Y CONTROL INDUSTRIAL

TEMA:

**“METODOLOGÍA DE PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD
PARA EL CONTROL DE RIESGOS ELÉCTRICOS EN
INSTALACIONES DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN LA EERSSA”**

**INFORME TÉCNICO PREVIO A OPTAR POR EL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD Y
CONTROL INDUSTRIAL**

AUTOR

Segundo Manuel Silva Medina

DIRECTOR

Ing. Jorge Luis Maldonado Correa, Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR

2014

CERTIFICACIÓN

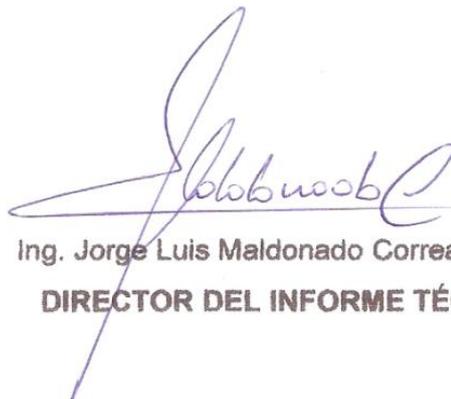
Ing. Jorge Luis Maldonado Correa, Mg. Sc,

DOCENTE DEL ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA; Y DIRECTOR DEL INFORME TÉCNICO.

CERTIFICA:

Que el trabajo de investigación titulado **“METODOLOGÍA DE PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD PARA EL CONTROL DE RIESGOS ELÉCTRICOS EN INSTALACIONES DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN EN LA EERSSA”**, desarrollado por el señor **Segundo Manuel Silva Medina**, previo a optar el Título de **Tecnólogo en Electricidad y Control Industria**, ha sido realizado bajo mi dirección, mismo que cumple con los requisitos exigidos en las normas de graduación, por lo que autorizo su presentación ante el tribunal.

Loja, Enero del 2014



Ing. Jorge Luis Maldonado Correa Mg. Sc.
DIRECTOR DEL INFORME TÉCNICO

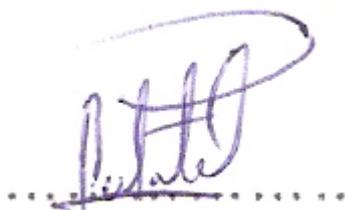
AUTORÍA

Yo, Segundo Manuel Silva Medina declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Segundo Manuel Silva Medina

Firma:



Cédula: 1103384770

Fecha: 06/01/2014

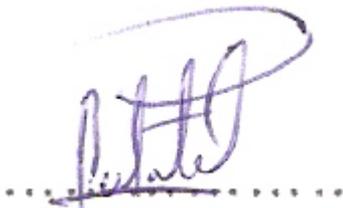
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo **SEGUNDO MANUEL SILVA MEDINA**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE CENTRAL TELEFÓNICA IP-PBX PARA INTERCOMUNICACIÓN DEL AEIRNNR”**, como requisito para optar al grado de: **Tecnólogo en Electricidad y Control Industrial**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI; en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenido la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 13 días del mes de febrero del dos mil catorce, firma el autor.



Firma:

Autor: Segundo Manuel Silva Medina

Cedula: 1103384770

Dirección: El Valle

Teléfono: 072 565267

Correo: manuelsilva2m@gmail.com

Celular: 0989914124

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Jorge Luis Maldonado Correa, Mg. Sc.

Tribunal de grado: Ing. Ramiro Marcelo Borrero Espinosa.

Ing. Norman Augusto Jiménez León, Mg. Sc.

Ing. Jorge Enrique Carrión González, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme seguir con vida y cumplir mis metas y sueños.

A la Universidad Nacional de Loja y a los Docentes del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, por instruirme y formarme como un futuro profesional capaz, competente y sobre todo responsable.

A mi familia, que con su amor irrestricto e infinita paciencia, me apoyan a cada instante y con cada paso que doy en mi vida.

SEGUNDO M. SILVA M.

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme todos los días.

Mi esposa, por ser mi mejor amiga, mi aliada, mi ejemplo, gracias por todo el apoyo en esta tesis y en mi vida.

Mis hijos, por su infinita paciencia, por su tierna compañía y su inagotable apoyo.

SEGUNDO M. SILVA M.

RESUMEN

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Los sistemas de electrificación de acuerdo a los niveles de tensión se clasifican en:

- Muy baja tensión (MBT): Corresponde a las tensiones hasta 50 y en corriente continua o iguales valores eficaces entre fases en corriente alterna.
- Baja tensión (BT): Corresponde a tensiones por encima de 50 V y hasta 1.000 V en corriente continua o iguales valores eficaces entre fases en corriente alterna.
- Media tensión (MT): Corresponde a tensiones por encima de 1.000 V y hasta 33.000V, inclusive;
- Alta tensión (AT): Corresponde a tensiones por encima de 33.000V.

Cualquier equipo o parte del sistema electrónico debe tener todo metal expuesto puesto a tierra. Los sistemas en los que algún metal expuesto forme parte del circuito deben ser una excepción y deberán seguir las recomendaciones de distancia de seguridad del apartado siguiente.

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación, antes de iniciar el «trabajo sin tensión», y la reposición de la tensión, al finalizarlo, las realizarán trabajadores autorizados que, en el caso de instalaciones de alta tensión, deberán ser trabajadores calificados. Y tener presente las “5 Reglas de oro”, referente a: Corte Visible, Bloqueo y Enclavamiento, Ausencia de Tensión, Puesta a Tierra y Cortocircuito; y por último la Señalización.

Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores calificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y establecido por la empresa a cargo del trabajo; teniendo en cuenta la complejidad, ensayado sin tensión y que todo se ajuste a los requisitos y normas de seguridad. Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

SUMMARY

Power supply system includes the set of useful elements for the generation, transport and distribution of electrical energy. This set is equipped with mechanisms of control, safety and protection. According to the levels of voltage electrification systems are classified into:

- Very low voltage (MBT): corresponds to up to 50 tensions and in DC or equal values efficient between phases in alternate current.
- Low voltage (LV): corresponds to voltages above 50 V and up to 1,000 V in equal effective values between phases AC or DC.
- Medium voltage (MT): corresponds to voltages above 1000 V and up to 33. 000V, inclusive;
- High voltage (AT): corresponds to voltages above 33. 000V. Any equipment or part of the electronic system must have all exposed metal grounded.

Systems in which any exposed metal part of the circuit should be an exception and should follow the recommendations of safety distance from the next section.

Operations and maneuvers to leave tension-free installation, before "work without tension", and the replacement of the voltage, at the end, made them authorized workers who, in the case of high-voltage installations, must be skilled workers. And keep in mind the "5 golden rules", reference a: Visible

Court, locking and interlocking, absence of voltage, Earth and short-circuit; and finally the signal.

The work in voltage may be performed by skilled workers, following a procedure previously studied and established by the company in charge of the work; taking into account the complexity, tested without tension and that everything conforms to the requirements and safety standards. Works in places where communication is difficult, its orography, confinement or other circumstances, should be done being present, at least two workers with training in first aid.



ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	vii
SUMMARY	ix
ÍNDICE GENERAL	xi
I. INTRODUCCIÓN	2
II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y UTILIDAD	5
2.1. SISTEMA ELÉCTRICO.....	6
2.1.1. Instalaciones de baja tensión.....	6
2.1.2. Instalaciones de media tensión.....	7
2.1.3. Instalación de alta tensión.	8
2.1.4. Partes de un Sistema Eléctrico	10
2.1.4.1. Producción	10
2.1.4.2. Estación Elevadora.....	10
2.1.4.3. Red De Transporte	10
2.1.4.4. Subestaciones De Transformación (S.E.T.).....	10
2.1.4.5. Redes De Reparto.....	11

2.1.4.6.	Estaciones Transformadoras de Distribución (E.T.D.)	11
2.1.4.7.	Red de Distribución En Media Tensión	11
2.1.4.8.	Centros de Transformación (C.T.)	11
2.1.4.9.	Red de Distribución de Baja Tensión	11
2.1.5.	Definiciones para Sistemas Eléctricos	12
2.1.5.1.	Accionamientos eléctricos	12
2.1.5.2.	Aisladores.....	12
2.1.5.3.	Armarios de distribución	12
2.1.5.4.	Bobina de bloqueo.....	13
2.1.5.5.	Cabinas de transformación	13
2.1.5.6.	Capacitor de acoplamiento	13
2.1.5.7.	Centros de transformación.....	14
2.1.5.8.	Cortocircuito	14
2.1.5.9.	Descargadores	14
2.1.5.10.	Intensidad nominal	14
2.1.5.11.	Intensidades límite térmica y dinámica	14
2.1.5.12.	Interruptor.....	14
2.1.5.13.	Línea aérea	15
2.1.5.14.	Línea de tierra	15
2.1.5.15.	Nivel de aislamiento.....	15
2.1.5.16.	Puesta a tierra de protección	15

2.1.5.17.	Puesta a tierra de servicio	15
2.1.5.18.	Resistencia global o total a tierra	16
2.1.5.19.	Resistencia de tierra	16
2.1.5.20.	Seccionador	16
2.1.5.21.	Subestación.....	17
2.1.5.22.	Tensión a tierra o con relación a tierra.....	17
2.1.5.23.	Tensión máxima de un sistema	17
2.1.5.24.	Tensión nominal	17
2.1.5.25.	Tierra.....	18
2.1.5.26.	Transformador de corriente	18
2.2.	APARAMENTA DE PROTECCIÓN, MANIOBRA Y CORTE	18
2.2.1.	Seccionadores e Interruptores	18
2.2.1.1.	Características principales.....	19
2.2.1.2.	Configuraciones de interruptores y seccionadores	19
2.2.2.	Interruptor Automático o Disyuntor	20
2.2.3.	FUSIBLES.....	21
2.2.3.1.	Puentes Eléctricos.....	21
2.2.4.	Relés de Protección.....	22
2.2.5.	El Transformador.....	23
2.2.5.1.	Condiciones normales de servicio	23
2.2.5.2.	Clasificación	24

2.2.5.3.	Características nominales.....	25
2.3.	LÍNEAS DE TRANSPORTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	27
2.3.1.	Líneas Eléctricas	27
2.3.2.	ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN	30
2.3.2.1.	Esquema TN.....	31
2.3.2.2.	Esquema TT	33
2.3.2.3.	Esquema IT	35
2.3.2.4.	Aplicación de los tres tipos de esquemas	36
2.3.2.5.	Prescripciones especiales para la aplicación del esquema TN	36
2.3.3.	Clasificación de las Redes.....	38
2.3.3.1.	Red radial o en antena	38
2.3.3.2.	Red en bucle o en anillo	38
2.3.3.3.	Red mallada	38
2.3.4.	Topologías de las Redes	39
2.3.4.1.	Sistemas radiales	39
2.3.4.2.	Anillos y mallas.....	40
2.3.4.3.	Alternativas y su caracterización.....	41
2.3.5.	Aisladores.....	43
2.3.6.	Conductores	44
2.3.6.1.	Conductores para líneas aéreas.....	44
2.3.6.2.	Cables para líneas subterráneas	47

2.3.6.3.	Según su configuración	49
2.3.6.4.	Según el campo eléctrico producido	49
2.3.7.	Parámetros de la Línea.....	50
2.3.7.1.	Resistencia eléctrica (R).....	50
2.3.7.2.	Reactancia del conductor (jX).....	50
2.3.7.3.	Susceptancia (jB)	50
2.3.7.4.	Conductancia (G)	51
2.4.	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	51
2.4.1.	Constitución Básica	51
2.4.2.	Clasificación de los C.T.	52
2.4.2.1.	Tipo de alimentación.....	52
2.4.2.2.	Tipo de posición que ocupa en la red de distribución.....	52
2.4.2.3.	Tipo de emplazamiento	53
2.4.2.4.	Tipo de propietario.....	53
2.4.2.5.	Tipo de acometida	54
III.	MATERIALES.....	55
3.1.	MATERIALES.....	56
IV.	PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO.....	57
4.1.	RIESGOS ELÉCTRICOS EN MEDIA Y ALTA TENSIÓN.....	58
4.1.1.	Seguridad de las Personas.....	58
4.1.1.1.	Casco de seguridad.....	58

4.1.1.2.	Anteojos de protección o máscara protectora facial	59
4.1.1.3.	Guantes dieléctricos	59
4.1.1.4.	Cinturón de seguridad	60
4.1.1.5.	Banquetas aislantes y alfombra aislante	60
4.1.1.6.	Verificadores de ausencia de tensión	61
4.1.1.7.	Escaleras.....	61
4.1.1.8.	Dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito	61
4.1.2.	Seguridad de las Instalaciones	62
4.1.3.	Protecciones para Evitar Consecuencias.....	62
4.1.4.	Términos Importantes en Seguridad Eléctrica	63
4.1.4.1.	Descargo o consignación	63
4.1.4.2.	Puesta a tierra	63
4.1.4.3.	Puesta a tierra y cortocircuito:	63
4.1.4.4.	Fuente de tensión:.....	64
4.1.4.5.	Bloqueo o enclavamiento de un aparato:.....	65
4.1.4.6.	Tipos de enclavamiento:.....	65
4.1.4.7.	Zona protegida:	65
4.1.4.8.	Zona de trabajo:	66
4.1.4.9.	Estado de las instalaciones:	66
4.1.4.10.	Maniobras de explotación:	66
4.1.4.11.	Maniobras para trabajos:	66

4.1.5.	Seguridad en Trabajos sin Tensión	67
4.1.5.1.	Primera Regla de Oro: Corte visible	69
4.1.5.2.	Segunda Regla de Oro: Enclavamiento y bloqueo.....	69
4.1.5.3.	Tercera Regla de Oro: Ausencia de tensión	71
4.1.6.4.	Cuarta Regla de Oro: Puesta a Tierra	76
4.1.6.5.	Quinta Regla de Oro: Señalización y delimitación	79
4.1.7.	Trabajos en tensión: Líneas aéreas	83
4.1.7.1.	Herramienta necesaria	83
4.1.7.2.	Procedimiento de ejecución.....	84
4.1.7.3.	Ejecución del trabajo	84
4.1.7.4.	Método de trabajo en contacto	85
4.1.7.5.	Método de trabajo a distancia.....	85
4.1.7.6.	Método de trabajo a potencial.....	86
4.1.8.	Condiciones generales para la realización de trabajos	86
4.1.8.1.	Protección contra descargas atmosféricas	87
4.1.8.2.	Identificación de aparatos y circuitos	88
4.1.8.3.	Separación de las fuentes de energía.-	88
4.1.8.4.	Tomas de tierra y conductores de protección	88
4.1.8.5.	Prohibición de utilizar la tierra como parte de un circuito activo	89
4.1.8.6.	Instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de incendio o explosión	89

4.1.8.7.	Instalaciones eléctricas en locales de características especiales.-	90
4.1.8.8.	Electricidad estática.-	90
V.	RESULTADOS	92
5.1.	SEGURIDAD ELÉCTRICA	93
5.1.1.	Tensión de seguridad	93
5.1.2.	Bloqueo de un aparato de corte o de seccionamiento	93
5.1.3.	Consignación de una instalación, línea o aparato.	93
5.1.4.	Distancias de seguridad	94
5.1.5.	Trabajos con tensión.	95
5.2.	PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS EN MEDIA Y ALTA TENSIÓN	96
VI.	CONCLUSIONES	125
VII.	RECOMENDACIONES	127
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	130
IX.	ANEXOS	134
	NORMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN MEDIA Y ALTA TENSIÓN DE LA EERSSA	135
	PROYECTO	136

**“METODOLOGÍA DE PROCEDIMIENTOS DE
SEGURIDAD PARA EL CONTROL DE RIESGOS
ELÉCTRICOS EN INSTALACIONES DE BAJA Y MEDIA
TENSIÓN EN LA EERSSA”**

I. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la electricidad, fuera de su relación con el observador humano, no tiene historia; y si se la considerase como parte de la historia natural, tendría tanta como el tiempo, el espacio, la materia y la energía. Como también se denomina electricidad a la rama de la ciencia que estudia el fenómeno físico y a la rama de la tecnología que lo aplica, la historia de la electricidad es la rama de la historia de la ciencia y de la historia de la tecnología que se ocupa de su surgimiento y evolución.

La electricidad es un fenómeno físico originado por cargas eléctricas estáticas o en movimiento y por su interacción. Cuando una carga se encuentra en reposo produce fuerzas sobre otras situadas en su entorno. Si la carga se desplaza produce también fuerzas magnéticas. Hay dos tipos de cargas eléctricas, llamadas positivas y negativas.

Un sistema eléctrico es el conjunto de máquinas, de aparatos, de barras y de líneas que constituyen un circuito con una determinada tensión nominal. Los sistemas eléctricos pueden clasificarse por su nivel de tensión en: Baja tensión, **Media** tensión, Alta tensión y Muy alta tensión.

No es perceptible por los sentidos del humano. No tiene olor, solo es detectada cuando en un corto circuito se descompone el aire apareciendo Ozono. No es detectado por la vista. No se detecta al gusto ni al oído. Al tacto puede ser mortal si no se está debidamente aislado. El cuerpo humano actúa como

circuito entre dos puntos de diferente potencial. No es la tensión la que provoca los efectos fisiológicos sino la corriente que atraviesa el cuerpo humano. Los efectos que pueden producir los accidentes de origen eléctrico dependen:

- Intensidad de la corriente.
- Resistencia eléctrica del cuerpo humano.
- Tensión de la corriente.
- Frecuencia y forma del accidente.
- Tiempo de contacto.
- Trayectoria de la corriente en el cuerpo.

Todo accidente eléctrico tiene origen en un defecto de aislamiento y la persona se transforma en una vía de descarga a tierra.

Con este precedente, en la presente se formulan los siguientes objetivos con la intención de desarrollar exitosamente el proyecto.

Objetivo Principal:

- Desarrollar una guía de mantenimiento de trabajo para líneas de Alta y Media Tensión en la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA).

Objetivo Secundarios:

- Identificar la clasificación y niveles de tensión para líneas eléctricas.
- Identificar los niveles de tensión perjudiciales para la salud del hombre.

- Estructurar un plan para mantenimiento para líneas de alta y media tensión sin voltaje para la EERSSA.

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y UTILIDAD

2.1. SISTEMA ELÉCTRICO

Un sistema eléctrico es el conjunto de máquinas, de aparatos, de barras y de líneas que constituyen un circuito con una determinada tensión nominal. Los sistemas eléctricos pueden clasificarse por su nivel de tensión y se utiliza la siguiente división donde los límites de la clasificación no son estrictos, dependen de criterios y de normas:

- Baja tensión
- Media tensión
- Alta tensión
- Muy alta tensión

Si tratamos de hacer una descripción del sistema eléctrico desde los puntos de producción de la energía hasta los de consumo, podemos considerar los siguientes escalones:

2.1.1. Instalaciones de baja tensión.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se considera instalación de baja tensión eléctrica aquella que distribuya o genere energía eléctrica para consumo propio y a las receptoras en los siguientes límites de tensiones nominales:

- Corriente alterna: igual o inferior a 1000 voltios.
- Corriente continua: igual o inferior a 1500 voltios.

2.1.2. Instalaciones de media tensión.

Media tensión eléctrica es el término que se usa para referirse a instalaciones eléctricas de alta tensión de 3ª categoría, con tensiones entre 1 y 36 kV (kilovoltios). En ocasiones, se extiende el uso del término a pequeñas instalaciones de 30 kV para distribución. Dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución que finalizan en Centros de Transformación en donde, normalmente, se reduce la tensión hasta los 400 voltios. En realidad no existe una definición clara en ningún reglamento de hasta dónde llega la media tensión; la denominación de media tensión es usada por las compañías eléctricas para referirse a sus tensiones de distribución. Las tensiones de distribución dependen de la zona geográfica así como de la empresa suministradora. Las tensiones de distribución más comunes son 13,2 kV, 15 kV, 20 kV y 30 kV. Por ejemplo en el norte y noroeste de España las líneas STR son de 13,2 kV y las ST de 30 kV, mientras que la misma compañía suministra en el centro y Levante a 20 y 30 kV respectivamente. También se está tendiendo a un criterio de homogeneización de las tensiones, por esto las nuevas instalaciones se están dimensionando para su correcto funcionamiento tanto a la tensión que actualmente tiene instalada como a una futura tensión estándar, como por ejemplo 13,2/20 kV, que quiere decir que la instalación actualmente funcionará a 13,2 kV, pero que está dimensionada para en un futuro operar a 20 kV.

2.1.3. Instalación de alta tensión.

Se considera instalación de Alta tensión eléctrica aquella que genere, transporte, transforme, distribuya o utilice energía eléctrica con tensiones superiores a los siguientes límites.

- Corriente alterna: Superior a 1000 voltios.
- Corriente continua: Superior a 1500 voltios.

Para transportar la energía eléctrica a grandes distancias, minimizando las pérdidas y maximizando la potencia transportada, es necesario elevar la tensión de transporte. Un aumento de tensión significa una disminución de la intensidad que circula por la línea, para transportar la misma potencia, y por tanto, las pérdidas por calentamiento de los conductores y por efectos electromagnéticos. A mayor tensión, menor intensidad y, en consecuencia, menor pérdida energética, lo cual es muy importante si se toma en consideración el hecho de que las líneas de alta tensión suelen recorrer largas distancias. Además, una mayor intensidad requiere de conductores de mayor sección, y en consecuencia, con un mayor peso por unidad de longitud. Por todos estos factores, se eleva la tensión de transporte, reduciendo la intensidad y abaratando los costes de transporte. Si bien, existe gente que argumenta que las líneas de alta tensión pudiesen afectar el medioambiente y a la gente que vive cerca de las líneas de transmisión, lo cierto es que dicha contaminación electromagnética se ve aplacada por los beneficios económicos de transportar la potencia a una tensión elevada. Existen países en los cuales se subsidia a la

gente que vive bajo o en las inmediaciones de las líneas de alta tensión, bajo el supuesto que los tejidos orgánicos pudiesen ser perjudicados por los campos electromagnéticos provocados.

Clasificación de líneas de Alta tensión:

- Líneas de 3ª categoría
 - Tensión nominal: Entre 1000 y 30000 voltios.
 - Usos: Distribución y generación. En algunos casos puntuales, también son tensiones de utilización, como en el caso de ferrocarriles eléctricos.
- Líneas de 2ª categoría.
 - Tensión nominal: Entre 30.000 y 66.000 voltios.
 - Usos: Transporte.
- Líneas de 1ª categoría.
 - Tensión nominal: Desde 66000 hasta 220000 voltios.
 - Usos: Transporte a grandes distancias.
- Líneas de categoría especial.
 - Tensión nominal: A partir de 220000 voltios.
 - Usos: Transporte a grandes distancias.

Si tratamos de hacer una descripción del sistema eléctrico desde los puntos de producción de la energía hasta los de consumo, podemos considerar los siguientes escalones:

2.1.4. Partes de un Sistema Eléctrico

2.1.4.1. Producción

La energía se genera en los alternadores a tensiones de 3 a 36 kV en corriente alterna que están en las centrales generadoras. Entre ellas que podemos distinguir distintos tipos como hidráulicas, térmicas (carbón, combustibles líquidos, gas), nucleares u otros sistemas de producción de menor importancia como por ejemplo la energía solar, eólica, biomasa, etc

2.1.4.2. Estación Elevadora

Dedicada a elevar la tensión desde el valor de generación hasta el de transporte a grandes distancias. Normalmente emplazadas en las proximidades de las centrales o en la central misma, elevan a tensiones de entre 66 y 380 kV

2.1.4.3. Red De Transporte

Esta red, partiendo de las estaciones elevadoras, tiene alcance nacional, uniendo entre sí los grandes centros de interconexión del país y estos con los centros de consumo. Su misión es el transporte de potencias a grandes distancias. Las tensiones utilizadas en España son: 110 - 132 - 220 - 380 kV. Estas redes por su característica de interconexión son redes fundamentalmente malladas

2.1.4.4. Subestaciones De Transformación (S.E.T.)

Su misión es reducir la tensión del transporte e interconexión a tensiones de reparto y se encuentran emplazadas en los grandes centros de consumo.

2.1.4.5. Redes De Reparto

Son redes que, partiendo de las subestaciones de transformación reparten la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas son: 25 - 30 - 45 - 66 - 110 - 132 kV

2.1.4.6. Estaciones Transformadoras de Distribución (E.T.D.)

Su misión es transformar la tensión desde el nivel de la red de reparto hasta el de la red de distribución en media tensión. Estas estaciones se encuentran normalmente intercaladas en los anillos formados en la red de reparto

2.1.4.7. Red de Distribución En Media Tensión

Son redes que, con una característica muy mallada, cubren la superficie del gran centro de consumo (población, gran industria, etc.) uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación. Las tensiones empleadas son: 3 - 6 - 10 - 11 - 15 - 20 - 25 - 30 kV

2.1.4.8. Centros de Transformación (C.T.)

Su misión es reducir la tensión de la red de distribución de media tensión al nivel de la red de distribución de baja tensión. Están emplazados en los centros de gravedad de todas las áreas de consumo

2.1.4.9. Red de Distribución de Baja Tensión

Son redes que, partiendo de los centros de transformación citados anteriormente, alimentan directamente los distintos receptores, constituyendo

pues, el último escalón en la distribución de la energía eléctrica. Las tensiones utilizadas son: 220/127 V. y 380/220 V

2.1.5. Definiciones para Sistemas Eléctricos

2.1.5.1. Accionamientos eléctricos

Cualquier conjunto o sistema apto para transformar potencia eléctrica en potencia mecánica que, aplicada a la máquina accionada, permite a esta última efectuar el trabajo requerido.

2.1.5.2. Aisladores

Sirven para mantener un conductor fijo, separado y aislado de partes que en general no están bajo tensión (a tierra).

Los aisladores que sirven para que un conductor atraviese una pared se denominan pasamuros. Se los denomina pasatapas cuando atraviesan la cuba de un transformador o la celda metálica de una instalación blindada. Podemos denominarlos genéricamente como aisladores pasantes.

2.1.5.3. Armarios de distribución

Los aparatos de maniobra, de interrupción, de comando y de medición en tensiones medias y bajas, se encuentran reunidos y distribuidos en forma racional en armarios, con todas las conexiones de potencia (barras) y auxiliares (cableado) realizadas.

2.1.5.4. Bobina de bloqueo

El equipo consiste en un inductor principal, un dispositivo de protección, descargador, y un dispositivo de sintonización para ser instalado en serie en una línea de alta tensión. Su impedancia debe ser despreciable a la frecuencia de la red, de manera de no perturbar la transmisión de Energía, pero debe ser selectivamente elevada en cualquier banda de frecuencia utilizable para la transmisión por onda portadora.

2.1.5.5. Cabinas de transformación

Los centros donde se transforma energía de media a baja tensión, la asociación de equipos incluye tablero de media tensión, transformador y tablero de baja tensión.

En general son estaciones pequeñas de transformación con potencias nominales de hasta 630kVA que encuentran aplicación en zonas residenciales, en edificios y en la industria.

2.1.5.6. Capacitor de acoplamiento

Tiene la función de acoplar los sistemas de telecomunicaciones en alta frecuencia a las líneas aéreas de alta tensión, que de esta manera actúan como soporte de comunicaciones.

Los transformadores de tensión capacitivos pueden cumplir las funciones de transformador de tensión y de capacitor de acoplamiento para las altas frecuencias que sostienen la comunicación.

2.1.5.7. Centros de transformación

Instalación provista de uno o varios transformadores reductores de Alta a Baja tensión con la aparamenta y obra complementaria precisas.

2.1.5.8. Cortocircuito

Defecto provocado por un contacto entre conductores o entre un conductor y tierra.

2.1.5.9. Descargadores

El descargador es un aparato destinado a proteger el material eléctrico contra sobretensiones transitorias elevadas y a limitar la duración y frecuentemente la amplitud de la corriente subsiguiente.

2.1.5.10. Intensidad nominal

Intensidad para la que está diseñada la aparamenta sin que existan fallos. Si se rebasa, pueden aparecer problemas de calentamiento excesivo y producirse esfuerzos mecánicos.

2.1.5.11. Intensidades límite térmica y dinámica

Intensidades máxima soportable donde los esfuerzos térmicos y dinámicos respectivamente son admisibles.

2.1.5.12. Interruptor

El interruptor es un aparato de maniobra mecánico, capaz de establecer, conducir e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito; y también de establecer, conducir por un tiempo determinado, e interrumpir corrientes en determinadas condiciones anormales como las de cortocircuito.

2.1.5.13. Línea aérea

Es el elemento de transporte o distribución formado por conductores desnudos apoyados sobre elementos aislantes que, a su vez, son mantenidos a una determinada altura sobre el suelo y en una determinada posición por medio de apoyos repartidos a lo largo de su recorrido.

2.1.5.14. Línea de tierra

Es el conductor o conjunto de conductores que une el electrodo de tierra con una parte de la instalación que se haya de poner a tierra, siempre y cuando los conductores estén fuera del terreno o colocados en el pero aislados del mismo.

2.1.5.15. Nivel de aislamiento

La aparamenta debe soportar sobretensiones mayores de la tensión nominal de frecuencia industrial, por rayo y de maniobra.

2.1.5.16. Puesta a tierra de protección

Es la conexión directa a tierra de las partes conductoras de los elementos de una instalación no sometidos normalmente a tensión eléctrica, pero que pudieran ser puestos en tensión por averías o contactos accidentales, a fin de proteger a las personas contra contactos con tensiones peligrosas.

2.1.5.17. Puesta a tierra de servicio

Es la conexión que tiene por objeto unir a tierra temporalmente parte de las instalaciones que están normalmente bajo tensión o permanentemente ciertos puntos de los circuitos eléctricos de servicio.

Estas puestas a tierra pueden ser:

- Directas: cuando no contiene otra resistencia que la propia de paso a tierra
- Indirectas: cuando se realizan a través de resistencias o impedancias adicionales

2.1.5.18. Resistencia global o total a tierra

Es la resistencia de tierra considerando la acción conjunta de la totalidad de las puestas a tierra.

2.1.5.19. Resistencia de tierra

Es la resistencia entre un conductor puesto a tierra y un punto de potencial cero.

2.1.5.20. Seccionador

El seccionador es un aparato mecánico de conexión que asegura, en posición abierta, una distancia de seccionamiento que satisface condiciones especificadas. Un seccionador es capaz de abrir y de cerrar un circuito cuando se establece o interrumpe una corriente de valor despreciable, o bien no se produce ningún cambio importante de la tensión entre los bornes de cada uno de los polos del seccionador.

Es también capaz de conducir corrientes en las condiciones normales del circuito, y de soportar corrientes por un tiempo especificado en condiciones anormales como las de cortocircuito.

2.1.5.21. Subestación

Conjunto situado en un mismo lugar, de la aparamenta eléctrica y de los edificios necesarios para realizar alguna de las funciones siguientes: transformación de la tensión, de la frecuencia, del número de fases, rectificación, compensación del factor de potencia y conexión de dos o más circuitos.

Quedan excluidos de esta definición los centros de transformación.

2.1.5.22. Tensión a tierra o con relación a tierra

Es la tensión que aparece entre un elemento conductor y la tierra. En instalaciones trifásicas con neutro no unido directamente a tierra, se considerara como tensión a tierra la tensión entre fases. En instalaciones trifásicas con neutro unido directamente a tierra es la tensión entre fase y neutro.

2.1.5.23. Tensión máxima de un sistema

Es la tensión más elevada, expresada en valor eficaz para los sistemas en corriente alterna, que puede presentarse en cualquier momento y en cualquier punto del sistema en condiciones regulares de servicio.

2.1.5.24. Tensión nominal

Tensión a la que debe funcionar la aparamenta sin que existan fallos de funcionamiento. La tensión nominal más elevada del material es un 20 % mayor que la tensión nominal. En los sistemas trifásicos se considera como tensión nominal la compuesta o de línea.

2.1.5.25. Tierra

Es la masa conductora de la tierra, o todo conductor unido a ella por una impedancia despreciable.

2.1.5.26. Transformador de corriente

Los transformadores de corriente presentan una corriente secundaria cuyo módulo es prácticamente proporcional a la corriente primaria y que difiere en fase en un ángulo próximo a cero.

Los hay de medición, destinados a alimentar instrumentos de medida, indicadores, registradores, integradores, relés de protección, o aparatos análogos y de distribución. Según la magnitud en juego se clasifican en Transformadores de Tensión y de Corriente.

2.2. APARAMENTA DE PROTECCIÓN, MANIOBRA Y CORTE

2.2.1. Seccionadores e Interruptores

Son aparatos que realizan cortes y conexiones de la intensidad que pasa por el circuito. La diferencia entre ellos es que el seccionador lo realiza de forma manual, es decir, no tiene ningún tipo de automatismo que haga que se corte la tensión, mientras que el interruptor realiza el corte de la intensidad cuando detecta que ésta ha sobrepasado la nominal. Por tanto realiza una labor de protección de los elementos que se sitúen por debajo, impidiendo que una subida de intensidad pueda dañarlos.

2.2.1.1. Características principales

- Poder de ruptura y el de conexión, que indican la intensidad máxima que pueden abrir o cerrar sin deteriorarse
- Corriente de corta duración, que es la intensidad máxima que soporta durante un tiempo especificado
- Intensidades límite térmica y dinámica, que indican las intensidades máximas donde los esfuerzos térmicos y dinámicos respectivamente son admisibles

2.2.1.2. Configuraciones de interruptores y seccionadores

- Distribución radial: Son varias líneas en paralelo independientes unas de otras. Si una salta, el resto sigue teniendo corriente pero la parte que ha saltado no recupera la corriente hasta que se repara la avería. Eso no se puede permitir en muchos casos
- Red mallada: Se colocan los interruptores en una red. Cuando se produce el cortocircuito se abren los dos interruptores adyacentes dejando que el suministro llegue al resto de los puntos
- Interruptor sencillo barra simple: Permite detectar si un interruptor ha fallado, es decir, si no ha abierto el circuito a pesar de que la intensidad es mayor de la nominal. Esto se hace con interruptores de medida. Al detectarse el fallo se abren los demás interruptores para evitar un fallo generalizado
- Interruptor sencillo barra simple con enlace: Igual que el caso anterior pero tiene unos dispositivos de enlace que hacen de barrera entre las

distintas partes del circuito, con lo cual si uno de los interruptores falla, sólo se abrirían los interruptores cercanos, permitiendo que el resto funcione con normalidad

- Interruptor sencillo, barras principales y de transferencia: Permite detectar el fallo en el interruptor y abrir sólo el interruptor que ha fallado, permitiendo que el resto funcione con normalidad
- Interruptor doble barra doble: Más completo ya que hay un interruptor por cada barra

2.2.2. Interruptor Automático o Disyuntor

Es un elemento de maniobra y corte que opera con intensidades distintas de cero, ya sea nominal, sobreintensidades de sobrecarga (1,5 ó 2 veces la nominal) y de cortocircuito.

Cuando el disyuntor está cerrado el contacto que se produce es muy bueno debido a que las partes fija y móvil están muy presionadas. Cuando se abre, en un tiempo muy pequeño las superficies están menos presionadas, por lo que al disminuir la superficie de contacto aumenta la densidad de corriente, es decir, mientras se van separando pasa la misma intensidad que antes pero por una superficie menor por lo que el aire se ioniza y se produce la chispa.

Si la intensidad que pasa no es muy elevada, el disyuntor es capaz de soportarlo pero cuando la intensidad es muy alta, la temperatura sube mucho con lo que el desgaste de los contactos es muy importante. Se deben usar métodos para evitar el arco eléctrico.

2.2.3. FUSIBLES

Son dispositivos que permiten el paso de la corriente mientras sea menos que una determinada, pero que cuando ésta aumenta demasiado y aumenta la temperatura, se funden y se corta la corriente.

Las características que los determinan son por tanto la intensidad nominal, que indica la intensidad a la que se funde, y el tiempo que tardan en cortar la corriente.

A este tiempo se le llama tiempo de despeje de la falta, es decir, el tiempo que tarda el fusible en eliminar todo el material conductor que había entre sus bornes. Este tiempo es la suma del tiempo de fusión del material y el tiempo de arqueo, que es el tiempo que tarda en extinguir el arco una vez fundido el material.

Hay fusibles de alto poder de ruptura que disminuyen el tiempo total de despeje considerablemente, con lo cual impiden que la intensidad siga aumentando y realizan el corte a una intensidad menor.

2.2.3.1. Puentes Eléctricos

Un arco eléctrico se produce cuando la brecha entre los conductores o conductores y el suelo está momentáneamente puente. Siempre hay un evento de disparo que casi siempre implica la intervención humana. Las causas típicas y factores que contribuyen son:

- Un contacto accidental con partes energizadas

- Inadecuada puntuaciones cortocircuito
- Seguimiento a través de las superficies de aislamiento
- Herramientas de caer sobre las partes energizadas
- Cableado de los errores
- La contaminación, como el polvo en las superficies aislantes
- La corrosión de las piezas y los contactos
- Procedimientos de trabajo inadecuado

Un arco eléctrico es corriente eléctrica que fluye en un arco fuera de su camino normal, donde el aire se convierte en el conductor.

Causas imprevistas de fuentes de tensión: Causas imprevistas que pueden hacer que un circuito o parte del mismo aparentemente sin tensión se ponga en tensión, con el consiguiente riesgo.

Se deben desconectar toda posible fuente que nos pueda alimentar el circuito, pero hay que desconectar tanto las entradas como las salidas, ya que se podía dar la realimentación de retorno por alguna de las salidas.

Se trata de que se pueda dar el caso de cierres intempestivos de seccionadores, interruptores-seccionadores, etc., ya sea por error humano, error técnico o motivos imprevistos.

2.2.4. Relés de Protección

Es un dispositivo que se utiliza para tomar una medida de campo y compararla con un patrón de referencia. Cuando el valor medido es superior a la del patrón, genera una señal para que el interruptor automático abra el circuito. El

patrón de referencia usado puede ser de distinto tipo, por lo que el uso del relé es muy variado.

El relé de sobretensión detecta una corriente superior a la permitida para dar la señal, por lo que se utiliza entre otras cosas, para limitar la intensidad nominal de un interruptor determinado. Si se coloca después de un transformador diferencial, lo que se limita es la corriente diferencial de un circuito, por lo que se le añade una protección diferencial al automático.

Otra función puede ser de protección de retorno de corriente. Si nota que la corriente cambia de dirección, emite una señal para cortarla. Es peligroso que el generador reciba corriente ya que comenzaría a funcionar como un motor.

2.2.5. El Transformador

El transformador es un aparato estático, de inducción electromagnética, destinado a transformar un sistema de corrientes alternas en uno o más sistemas de corrientes alternas de igual frecuencia y de intensidad y tensión generalmente diferentes.

Un transformador en servicio en un sistema eléctrico, tiene ciertas características nominales que son objeto de garantías y se comprueban en ensayos.

2.2.5.1. Condiciones normales de servicio

Las normas fijan condiciones normales de servicio:

- Altitud de la instalación (hasta 1000 metros sobre el nivel del mar)

- Temperatura del refrigerante, por ejemplo para aparatos refrigerados por aire, la temperatura del aire ambiente no debe exceder los 40 °C
- Además en las normas se fijan temperaturas mínimas del aire y valores promedios diarios y anuales que, si se previese excederlos, es indispensable indicarlos claramente a nivel de especificación.

La sobreelevación de temperatura es la diferencia entre la temperatura en distintas partes de la máquina y la temperatura ambiente.

Cuando el transformador está diseñado para funcionar en lugares donde la temperatura del aire de refrigeración excede los valores indicados en las normas, la sobreelevación de temperatura admisible para los arrollamientos, núcleo y aceite, lógicamente se debe reducir.

Las pruebas de calentamiento que establecen las normas, tienen por finalidad verificar el dimensionado térmico de la máquina con relación a la sobreelevación media de la temperatura.

2.2.5.2. Clasificación

- Según el número de fases: Los hay monofásicos y trifásicos
- Según la función desempeñada: Se dividen en trafos de medida y de potencia
- Según el medio de refrigeración utilizado: Se caracterizan por una letra:
 - Aceite mineral o líquido aislante sintético inflamable : O
 - Líquido aislante sintético no inflamable : L
 - Gas: G

- Agua : W
- Aire : A
- Según como circule el medio refrigerante : Se utilizan los siguientes símbolos:
 - Natural : N
 - Forzado : F
 - Dirigido para el caso particular del aceite : D
- Según la variación: Dependiendo si varían la intensidad o la tensión y serán aumentadores si los valores del primario son menores que los del secundario, y reductores si los valores del secundario son mayores que los del primario.
- Según la disposición de los arrollamientos en el circuito magnético: Pueden ser de columnas o acorazados

2.2.5.3. Características nominales.

Las características nominales son datos que en base a las condiciones de servicio, definen las prestaciones a efectos de las garantías y condiciones de ensayo especificadas.

- Tensión nominal (en valor eficaz) de un arrollamiento es la tensión aplicada u obtenida en vacío entre bornes de línea de un arrollamiento de un transformador polifásico o entre bornes de un arrollamiento monofásico

- Relación de transformación nominal es la que existe entre las tensiones nominales de los distintos arrollamientos para la toma principal
- Frecuencia nominal es aquella a la cual el transformador está destinado a funcionar (normalmente 50 o 60 Hz)
- Potencia nominal, es el valor convencional de la potencia aparente (kVA o MVA), que establece las bases para el diseño, la construcción, las garantías del fabricante y los ensayos, determinando el valor de la corriente nominal que puede circular con la tensión nominal aplicada, de acuerdo con las condiciones especificadas
- La corriente nominal es el valor que se obtiene dividiendo la potencia nominal de un arrollamiento por la tensión nominal de dicho arrollamiento y por el factor de fase apropiado ($\sqrt{3}$ en los transformadores trifásicos)
- El nivel de aislamiento, es el conjunto de valores que caracterizan la aptitud de los arrollamientos a soportar las sollicitaciones dieléctricas que se presentan en servicio
- La clase de precisión es el error máximo que va a cometer el trafo de medida. Para que se cumpla nos tenemos que mover en un rango de valores determinado de la potencia aparente consumida. La potencia aparente consumida debe estar entre el 25% y el 100% de la carga de precisión indicada. Por tanto la carga de precisión indica el rango de potencia aparente que estaría consumiendo el trafo de medida para la cual se cumple una clase de precisión determinada

2.3. LÍNEAS DE TRANSPORTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La función de las líneas eléctricas es transmitir energía entre dos puntos en forma técnica y económicamente conveniente, para lo cual se busca optimizar las siguientes características:

- Resistencia eléctrica, ligada a las pérdidas
- Resistencia mecánica, ligada a la seguridad
- Costo limitado, ligado a la economía

En el diseño se trata de buscar soluciones que reduzcan el costo de la instalación y también de reconstrucción después de eventos destructivos.

Las características de las líneas que son de mayor importancia son su longitud y su tensión.

Los parámetros eléctricos de importancia para observar su comportamiento en la red son resistencia, reactancia inductiva y capacitancia derivación.

A veces las líneas tienen cables de guarda, estos apantallan los conductores, protegiéndolos de descargas atmosféricas directas (rayos), recientemente han comenzado a difundirse cables de guarda con fibra óptica que se utiliza como vector de transmisión de información entre las estaciones que une la línea.

2.3.1. Líneas Eléctricas

Las líneas constituyen uno de los principales elementos que intervienen en la composición de una red eléctrica. La interconexión de sistemas y el transporte,

reparto y distribución de la energía dentro de un sistema determinado se realizan por medio de líneas aéreas o cables aislados.

La interconexión entre redes regionales o nacionales, así como el transporte entre grandes centros de producción y consumo, para los que siempre se emplean altas tensiones con distancias de orden elevado, son dominio exclusivo de las líneas aéreas.

En las redes de distribución en media tensión, comienzan ya a existir dos campos de utilización perfectamente delimitados: las líneas aéreas y los cables aislados. Cuando se trata de redes rurales, provinciales, o cuando las distancias superan algunos kilómetros, predominan de las líneas aéreas. Cuando se trata de centros urbanos, zonas industriales densas o distancias muy cortas, es práctica normal utilizar las líneas subterráneas.

En las redes de distribución en baja tensión podemos hacer las mismas consideraciones que en el caso de media tensión, si bien por tratarse en general de distancias cortas y distribuciones muy directas a los elementos de consumo, predominan claramente los conductores aislados.

La elección de un sistema u otro, depende de un gran número de factores. Las consideraciones económicas constituyen el principal factor de decisión. El coste de un sistema enterrado puede alcanzar de 5 a 10 veces el coste de un sistema aéreo. Un sistema aéreo de distribución puede tener una vida útil de 25 años, mientras que un sistema enterrado puede alcanzar los 50 años.

Un sistema aéreo es más propenso a sufrir mayor número de averías como consecuencia del viento, hielo, nieve o accidentes de todo tipo, sin embargo conviene no olvidar que la reparación y localización de averías es mucho más sencilla en un sistema aéreo que en un sistema subterráneo.

Cuando se deben transmitir grandes potencias desde la generación hasta los centros de consumo, es necesario en la electrotecnia de potencia el uso de tensiones elevadas. La corriente se conduce a través de conductores metálicos. Por lo tanto se producen pérdidas, entre las cuales la pérdida por efecto Joule es la más importante.

La pérdida Joule, P_j en un sistema de transmisión trifásico, cuando la resistencia óhmica de una fase es igual a R , resulta

$$P_j = 3I^2R; \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Introduciendo la potencia a transmitir

$$P = \sqrt{3}UI \cos\phi; \quad \text{Ecuación 2.2}$$

En la expresión anterior, la pérdida Joule resulta:

$$P_j = P^2 \frac{R}{U^2(\cos\phi)^2}; \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Esta expresión muestra que la pérdida Joule de una línea es proporcional al cuadrado de la potencia a ser transmitida P , y a la resistencia óhmica R de la línea, además, inversamente proporcional al cuadrado de la tensión U y al factor de potencia $\cos\phi$.

Las pérdidas, por motivos económicos, no deben superar un determinado porcentaje de la potencia a ser transmitida. De esta expresión surge que la conclusión más eficaz es la elevación de la tensión a utilizar.

Con una elevación de la tensión, también, se eleva el costo de la instalación. Por eso es necesario, al proyectar una instalación de transmisión de potencia, considerar todos estos aspectos que inciden en el costo del sistema de transmisión.

2.3.2. ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Para determinar las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado. Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. La denominación se realiza con el código de letras siguiente:

- Primera letra: se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

T= Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.

I= Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

- Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

N = Masas conectadas al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, ese punto es normalmente el punto neutro).

- Otras letras (eventuales): Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.

S = Las funciones del neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.

C = Las funciones del neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

2.3.2.1. Esquema TN

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante protectores de protección. Se distinguen tres tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- **Esquema TN-S:** En el que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema

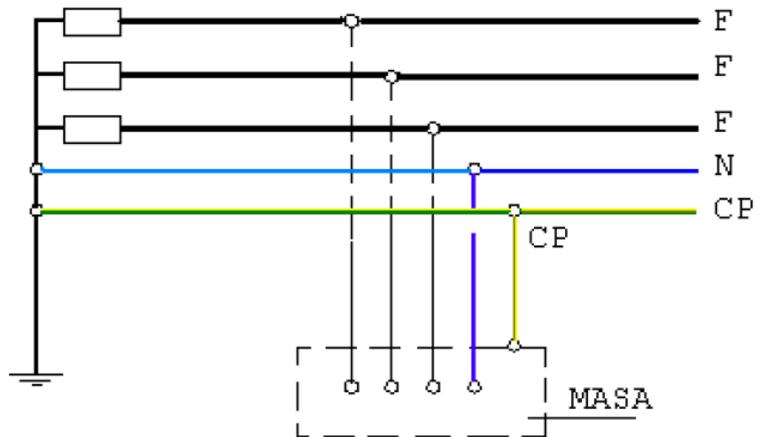


Figura 2.1. Esquema TN-S

- **Esquema TN-C:** En el que las funciones de neutro y protección están combinados en un solo conductor en todo el esquema

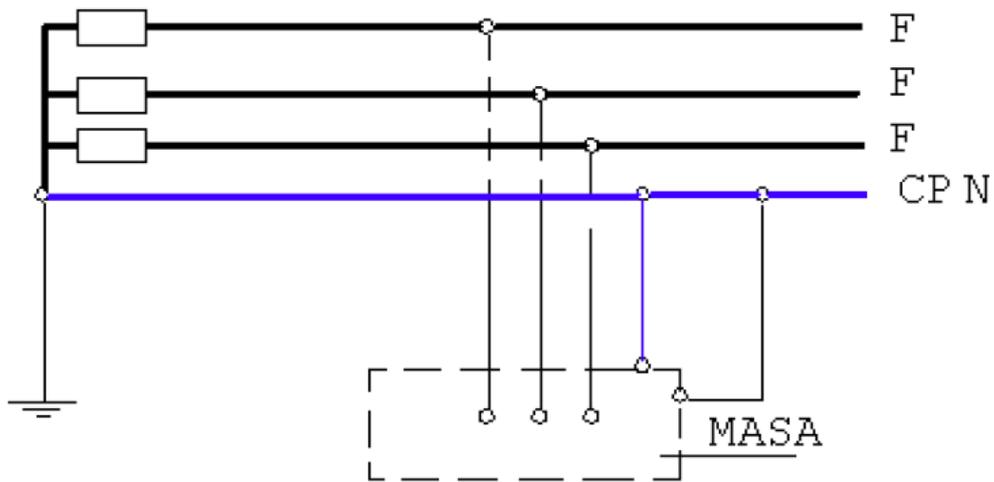


Figura 2.2. Esquema TN-C

- **Esquema TN-S-C:** En el que las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema

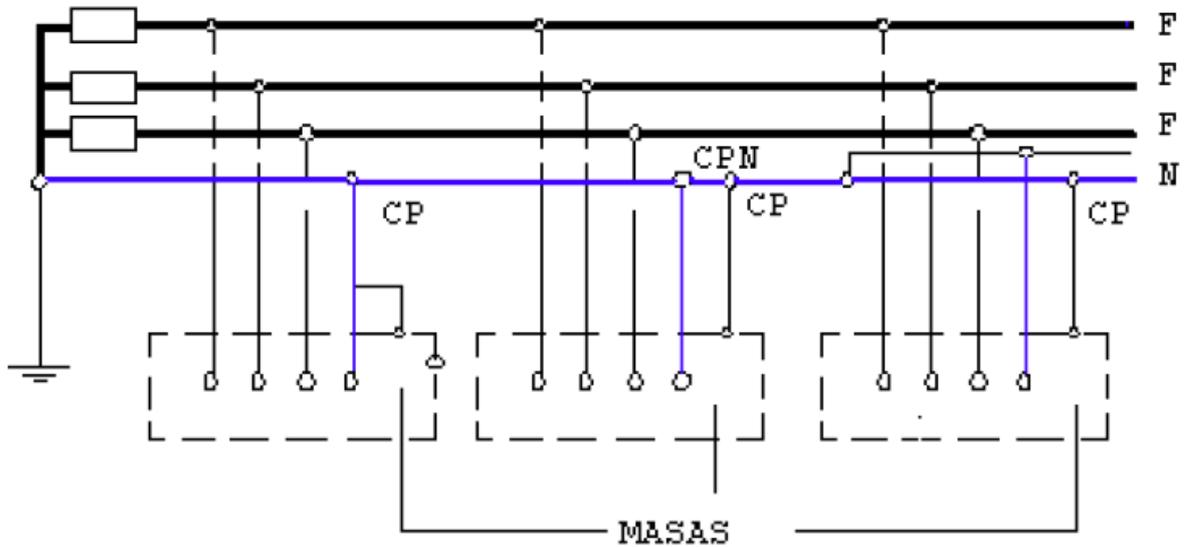


Figura 2.3. Esquema TN-S-C

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de defecto está constituido exclusivamente por elementos conductores metálicos.

2.3.2.2. Esquema TT

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de alimentación.

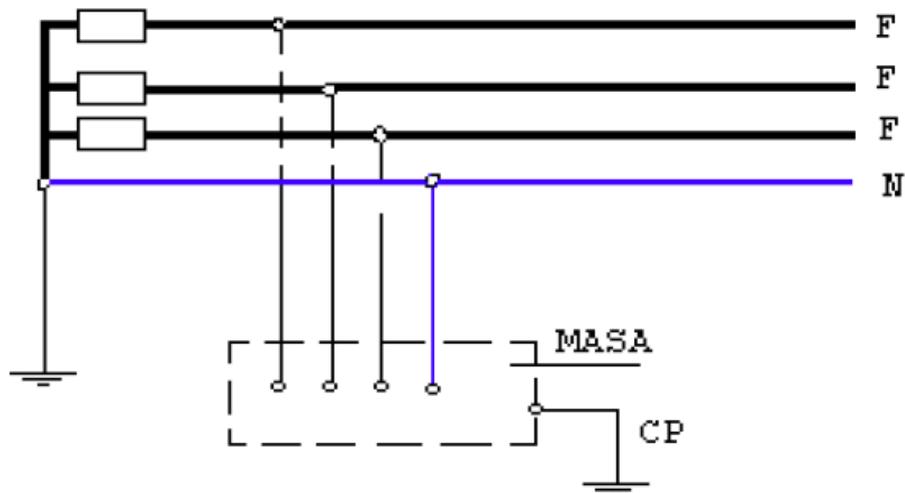


Figura 2.4. Esquema TT

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

En general, el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas, voluntarias o no, entre la zona de la toma de tierra de las masas de la instalación y la de la alimentación. Aunque ambas tomas de tierra no sean independientes, el esquema sigue siendo un esquema TT si no se cumplen todas las condiciones de un esquema TN. Dicho de otra forma, no se tienen en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de toma de tierra para la determinación de las condiciones de protección.

2.3.2.3. Esquema IT

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

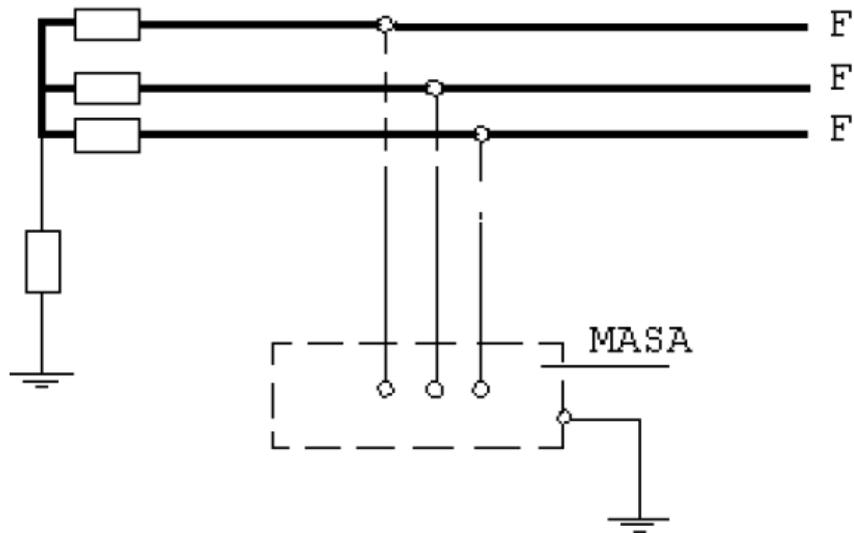


Figura 2.5. Esquema IT

En este esquema la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas.

La limitación del valor de la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra se obtiene, bien por la ausencia de conexión a tierra en la alimentación, o bien por la inserción de una impedancia suficiente entre un punto de la alimentación (generalmente el neutro y tierra). A este efecto puede resultar necesario limitar la extensión de la instalación para disminuir el efecto

capacitivo de los cables con respecto a tierra. Se recomienda no distribuir el neutro.

2.3.2.4. Aplicación de los tres tipos de esquemas

La elección de uno de los tres tipos de esquemas debe hacerse en función de las características técnicas y económicas de cada instalación. Sin embargo, hay que tener en cuenta los siguientes principios:

- Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripciones reglamentarias. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema posible para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión será el esquema TT.
- En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados
- Puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados

2.3.2.5. Prescripciones especiales para la aplicación del esquema TN

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación debe cumplir las siguientes prescripciones especiales:

- La sección del conductor neutro debe, en todo su recorrido, ser igual a la indicada en la tabla siguiente, en función de la sección de los conductores de fase
- En las redes de distribución subterráneas, cuando se utilicen conductores con envuelta protectora de aluminio, podrán utilizarse ésta como conductor neutro, siempre que su sección sea por lo menos eléctricamente equivalente a la sección de los conductores de fase
- En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase
- Además de las puestas a tierra de los neutros señaladas en las Instrucciones y para las líneas principales y derivaciones serán puestos a tierra igualmente en los extremos de estas cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 metros.
- La resistencia de tierra del neutro no será superior a cinco ohmios en las proximidades de la central generadora o del centro de transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red
- La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a dos ohmios
- Debe procurarse en las redes subterráneas la unión del conductor neutro de las cajas de empalme, terminales, etc., con las canalizaciones metálicas de agua próximas al emplazamiento de estas cajas y terminales

- Las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección

2.3.3. Clasificación de las Redes

Podemos hacer una primera clasificación de las redes eléctricas según su disposición y modo de alimentación en los tres tipos siguientes:

2.3.3.1. Red radial o en antena

La alimentación por uno solo de sus extremos transmitiendo la energía en forma radial a los receptores. Son simples y de forma sencilla se equipan de protecciones selectivas, pero les falta de garantía de servicio

2.3.3.2. Red en bucle o en anillo

Tiene dos de sus extremos alimentados, quedando estos puntos intercalados en el anillo o bucle. Gran seguridad de servicio y facilidad de mantenimiento, pero tiene mayor complejidad y sistemas de protección así mismo más complicados

2.3.3.3. Red mallada

La red mallada es el resultado de entrelazar anillos y líneas radiales formando mallas. Sus ventajas radican en la seguridad de servicio, flexibilidad de alimentación y facilidad de conservación y manutención. Sus inconvenientes, la mayor complejidad, extensiva a las protecciones y el rápido aumento de las potencias de cortocircuito.

Atendiendo a la tensión, las redes se clasifican en alta y baja tensión. La baja tensión comprende hasta los 1.000 voltios. Para la alta tensión, el Reglamento de Líneas Eléctricas en el artículo segundo, marca tres categorías de líneas teniendo en cuenta la tensión nominal y la tensión más elevada.

Tabla 2.1. Tensiones normalizadas.

Categoría de la línea	TERCERA					SEGUNDA			PRIMERA		
<i>Tensión Nominal (kV)</i>	3	6	10	15	20	30	45	66	132	220	380
<i>Tensión más elevada (kV)</i>	3,6	7,2	12,0	17,5	24,0	36,0	52,0	72,5	145,0	245,0	420,0

2.3.4. Topologías de las Redes

2.3.4.1. Sistemas radiales

Supongamos que se tiene un centro de cargas, y varias cargas que deben ser alimentadas desde este centro. Desde cada carga hasta el centro se debe encontrar un camino a través de un cable. El cable puede ser exclusivo para cada carga o bien puede pasar por varias cargas sucesivamente.

El sistema de alimentación en el cual cada carga está unida con el centro de alimentación a través de un cable exclusivo, es característico de las instalaciones industriales en el nivel de alimentación de las cargas. Una ventaja de este sistema es que permite el control centralizado desde el centro de alimentación, un ejemplo clásico es un centro de control de motores.

El sistema de alimentación en el cual un solo cable va pasando por todas las cargas sucesivamente, es característico de la distribución domiciliaria, de los

circuitos de iluminación de calles. Este sistema obliga a tener los dispositivos de control de las cargas distribuidos, uno en correspondencia de cada derivación de carga, salvo que simplemente se conecten y desconecten todas las cargas juntas desde el centro de alimentación.

Una mezcla entre los dos sistemas podemos llamarla arborescente, el cable nace troncal en el centro de alimentación, y se subdivide en ramas y más ramas, llegando hasta las cargas (hojas).

El cálculo de la red es simple, el flujo de carga se puede desarrollar suponiendo pérdidas nulas, la carga que pasa por una rama cualquiera es suma de todas las cargas comprendidas entre esa rama y las hojas.

2.3.4.2. Anillos y mallas

Buscando soluciones a la debilidad desde el punto de vista de seguridad de alimentación, se plantean redes de mayor complejidad.

Los esquemas radiales se pueden duplicar, radial doble, y cada carga puede seleccionar si se alimenta desde un cable o el otro, o bien una línea que alimenta muchas cargas puede terminar en otro centro de alimentación, alimentarse desde ambas puntas, formando un anillo.

Si a un sistema arborescente se le agregan más ramas entre nodos ya existentes, se forma un sistema mallado. El sistema mallado puede tener también más puntos de alimentación.

Frecuentemente en el nivel de distribución el funcionamiento de las redes, aun teniendo estructura mallada es radial, es decir se abren cierta cantidad de ramas a fin de poder alimentar todas las cargas y la red queda radial. En caso de pérdida de un cable en servicio se conectan otros cables (que estaban desconectados) a fin de que nuevamente la red con un nuevo esquema radial preste servicio a todos los usuarios, se puede decir que la red mallada funciona como red radial dinámica (que cambia).

El cálculo y verificación de esta red se debe repetir para distintas configuraciones, encontrando para cada elemento las condiciones críticas.

Si se desea mantener las mallas cerradas, debe considerarse que los sistemas de protecciones deberán garantizar el buen funcionamiento separando exclusivamente el tramo que en cada condición se encuentre en falla. Esta es la principal dificultad que aun cuando se plantean sistemas mallados a nivel de distribución se los hace funcionar en modo radial, para facilitar la identificación de los puntos donde ocurren las fallas.

Las redes de alta tensión (transmisión) son las que funcionan en modo mallado, a medida que se baja a tensiones menores el funcionamiento se plantea en modo radial.

2.3.4.3. Alternativas y su caracterización

En bajas tensiones las potencias manejadas son relativamente bajas, en redes industriales se alimentan directamente los usuarios, los equipos, las redes son frecuentemente radiales, difícilmente se justifican esquemas radiales dobles.

La red de baja tensión de distribución pública en cambio tiene generalmente un largo distribuidor del que se derivan las cargas, los distribuidores a su vez son derivados a lo largo de un alimentador.

En media tensión la red industrial puede ser radial simple cuando soporta una interrupción que puede ser poco probable, cuando no el esquema es radial doble.

A veces el esquema radial doble alimenta más centros a lo largo de su recorrido, permitiendo cierta economía de equipos de maniobra.

La red pública utiliza esquemas radiales simples mientras las cargas son modestas, cuando el área servida es de mayor importancia el esquema se hace anillado, trabajando en forma radial, solo excepcionalmente se avanza haciéndolo trabajar cerrado, las complicaciones entonces son grandes.

Difícilmente una industria posee un red de alta tensión compleja, esto solo se da en industrias muy grandes (acerías por ejemplo), a lo sumo se observan dos o tres centros de alta tensión desde donde se derivan distribuciones de media tensión o se conectan eventuales generadores, los centros de alta tensión se unen a la red pública en forma radial o formando anillo que trabaja cerrado en ambos extremos.

La red de alta y muy alta tensión tiene siempre estructura de red mallada, de la que se desprenden estructuras arborescentes, radiales, que con el tiempo (al desarrollarse el área) se convierten en nuevas mallas, a su vez al superponerse a una red de alta tensión otra mayor, la de menor tensión reduce

su función de transporte a distribución, y entonces frecuentemente pierde su estructura mallada y se hace (nuevamente) radial.

2.3.5. Aisladores

Los conductores empleados en líneas aéreas, en la mayor parte de los casos, son desnudos; por lo tanto, se necesita aislarlos de los soportes por medio de aisladores, fabricados generalmente con porcelana o vidrio. La sujeción del aislador al poste se realiza por medio de herrajes. Pero además, un aislador debe tener las características mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a tracción a los que está sometido.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, las cualidades específicas que deben cumplir los aisladores son:

- Rigidez dieléctrica suficiente para que la tensión de perforación sea lo más elevada posible. Esta rigidez depende de la calidad del vidrio o porcelana y del grueso del aislador. La tensión de perforación es la tensión a la cual se ceba el arco a través de la masa del aislador
- Disposición adecuada, de forma que la tensión de contorneamiento presenta valores elevados y por consiguiente no se produzcan descargas de contorno entre los conductores y el apoyo a través de los aisladores. La tensión de contorneamiento es la tensión a la que se ceba un arco a través del aire siguiendo la mínima distancia entre fase y tierra, es decir, el contorno del aislador. Esta distancia se llama línea de fuga

- Resistencia mecánica adecuada para soportar los esfuerzos demandados por el conductor, por lo que la carga de rotura de un aislador debe ser cuanto menos igual a la del conductor que tenga que soportar
- Resistencia a las variaciones de temperatura
- Ausencia de envejecimiento. Deben perdurar lo máximo a lo largo del tiempo. Los aisladores son, de todos los elementos de la línea, aquellos en los que se pondrá el máximo cuidado, tanto en su elección, como en su control de recepción, colocación y vigilancia en explotación. En efecto, frágiles por naturaleza, se ven sometidos a esfuerzos combinados, mecánicos, eléctricos y térmicos, colaborando todos ellos a su destrucción. Todo nuevo tipo de aislador necesita ser confirmado por un uso muy prolongado, dada la imperfección de nuestro conocimiento en esta materia.

2.3.6. Conductores

2.3.6.1. Conductores para líneas aéreas

Los conductores, por las características eléctricas propias del material, pueden ser de cobre, aluminio y aluminio-acero y se presentan normalmente desnudos. Estos conductores van sujetos a los aisladores; éstos, a través de los herrajes, son colocados en las crucetas, que a su vez, se colocan sobre el poste que los mantiene distanciados del suelo.

❖ Conductor de aluminio-acero

Estos conductores están compuesto de varios alambres de aluminio, de igual o diferente diámetro nominal, y de alambres de acero galvanizado. Los alambres van cableados en capas concéntricas. Los alambres centrales son de acero y las capas exteriores la forman alambres de aluminio.

Este tipo de conductores tiene un inconveniente con respecto a los de aluminio exclusivamente, es su mayor peso. No obstante, son mayores las ventajas ya que tienen una mayor resistencia mecánica, pudiendo disminuir con ello el número de apoyos y de aisladores al poderse aumentar la longitud de los vanos.

Son estos conductores los más utilizados en las líneas aéreas de media y alta tensión, ya que, al tener menor peso y precio, han desplazado a los conductores de cobre

❖ **Cable aislado unipolar**

Es un conductor formado por una cuerda de aluminio sobre la que se pone una fina capa de cloruro de polivinilo, plastificado y estabilizado, que impermeabiliza al conductor y lo protege de los agentes atmosféricos, evitando de esta forma los efectos que le pudiera producir los ambientes más desfavorables, incluso los muy corrosivos. Su aplicación se reduce a líneas de baja tensión.

Este cable es adecuado para líneas aéreas sobre aisladores, pero no para la derivación de una línea aérea al interior de un edificio.

Las ventajas de este tipo de cables son:

- Gran duración de la línea en medios corrosivos, debido a la protección ejercida por la capa de cloruro de polivinilo
- Mayor regularidad en el suministro de energía en la línea, debido a la ausencia de cortocircuitos ocasionados por contactos accidentales, ramas de árboles u otros elementos que puedan caer o tocar a los conductores
- Eliminación total de riesgos de accidentes, debidos a contactos de personas con la línea y descuidos en el trabajo de los operarios próximos a una línea de tensión

❖ **Cable aislado multipolar trenzado**

En las redes de distribución, para reemplazar a las líneas aéreas de cobre desnudo o aislado, se ha generalizado un nuevo tipo de montaje a partir de cables trenzados.

Están constituidos por tres cables unipolares de campo radial, aislados individualmente sin funda exterior, cableados sobre un núcleo central formado por una cuerda portante de acero de 50 mm² de sección, protegida generalmente con una capa de cloruro de polivinilo.

Las ventajas que presentan los cables trenzados son:

- Ventaja de acoplar los tres conductores alrededor de un cable fiador
- El calentamiento mutuo entre fases es notablemente más débil que en un cable trifásico

- Facilidad de fabricación, montaje y reparación, al presentarse las averías casi siempre en una sola fase
- En la alimentación de pequeños núcleos rurales, en la que las líneas desnudas presentan peligro y la canalización subterránea es muy costosa, se emplea este tipo de cable como solución intermedia, para mejorar la estética
- La ausencia de soportes facilita la circulación sobre las aceras y las calles

Las intensidades de carga admisibles se han determinado según normas para cables instalados al aire con temperatura ambiente de 40 °C y temperatura máxima, en el conductor, de 90 °C en régimen permanente.

Intensidades de carga admisible en cables en haces (Cu, Al). La tensión nominal de este tipo de cables no suele sobrepasar los 30 kV.

2.3.6.2. Cables para líneas subterráneas

En la figura se pueden ver las distintas partes que constituyen los cables empleados:

- **Conductores.** Generalmente son cableados y su misión es conducir la corriente. Cada uno de los cables se llama cuerda
- **Capa semiconductor.** Capa que recubre al conductor, para impedir la ionización del aire, que en otro caso se produciría en la superficie de contacto entre el conductor metálico y el material aislante. Por otro lado, mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor

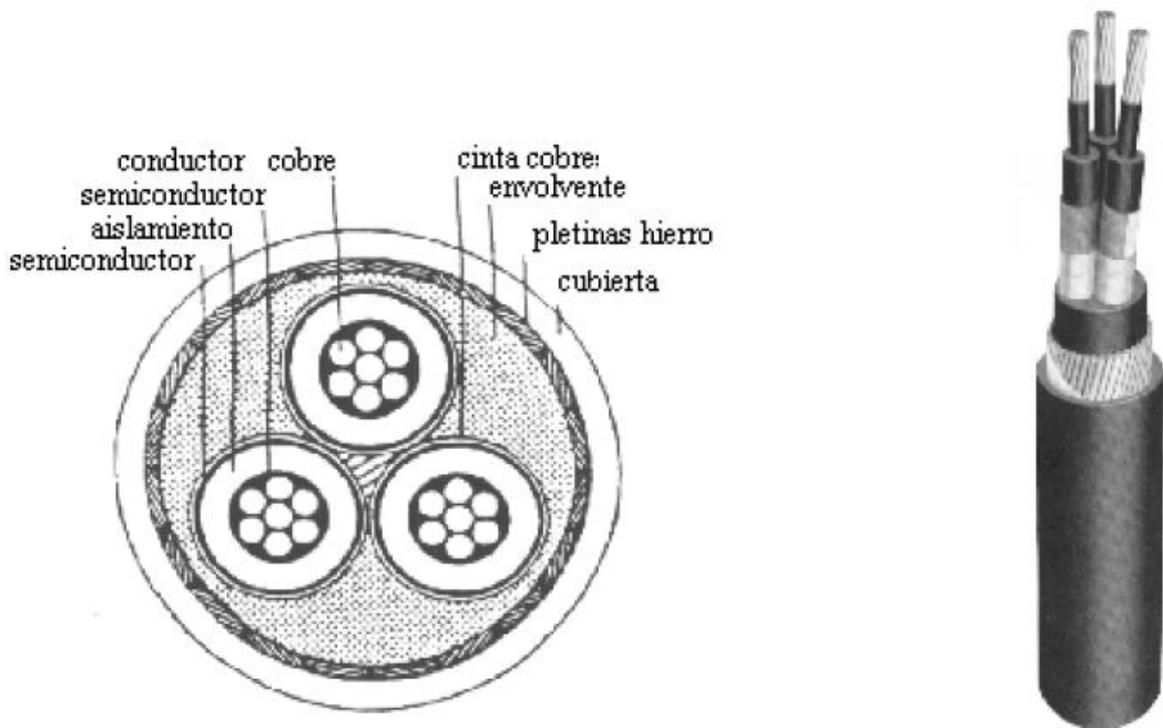


Figura 2.6. Cable Tripolar con alma apantalladas

- **Aislante.** Envolvente de diferentes características, según el tipo de cable. Hay papel impregnado en aceite mineral o aislantes secos como son el policloruro de vinilo, el polietileno, el polietileno reticulado, el caucho natural o sintético y el etileno-propileno
- **Pantalla.** Se aplica una pantalla sobre cada uno de los conductores aislados con el fin de confinar el campo eléctrico al interior del cable y limitar la influencia mutua entre cables próximos. La pantalla está constituida por una envoltura metálica de cobre
- **Rellenos.** Su misión es dar forma cilíndrica al conjunto de los tres conductores
- **Armadura.** Es un envolvente constituido por cintas, pletinas o alambres metálicos

- **Cubierta.** Recubre exteriormente el cable, protegiendo la envoltura metálica de la corrosión y de otros agentes químicos

2.3.6.3. Según su configuración

Los cables subterráneos se pueden dividir en unipolares y multipolares.

❖ Cable unipolar

Este cable se ha empleado en corriente continua, pero en la actualidad se emplea mucho en muy alta tensión. Está constituido por una sola alma, que casi siempre es de sección circular. Los aislamientos y la protección son similares al cable multipolar

❖ Cable multipolar

Se denomina cable multipolar el formado por dos o más conductores, bien sean de fases, neutro, protección o de señalización; cada uno lleva su propio aislamiento y el conjunto puede completarse con envolvente aislante, pantalla, recubrimiento contra la corrosión y efectos químicos, armadura metálica, etc

2.3.6.4. Según el campo eléctrico producido

Se clasifican en radiales y no radiales.

❖ Cable de campo no radial

El campo eléctrico en la masa del aislamiento no es radial, ya que, además del campo debido a su propio conductor, inciden los campos de las otras dos fases, dando lugar a componentes tangenciales, como se puede ver en la

figura. Esta forma de trabajo no favorece el aislamiento, por lo que queda relegado únicamente hasta tensiones de unos 15kV

❖ **Cables de campo radial**

Para evitar los problemas que plantean los cables de campo no radial se coloca una pantalla exterior constituida por un envolvente metálico (cinta de cobre, hilos de cobre, etc.) que confinan el campo eléctrico al interior del cable.

Estos cables se emplean en alta tensión y se fabrican de forma unipolar o multipolar

2.3.7. Parámetros de la Línea

2.3.7.1. Resistencia eléctrica (R)

La resistencia de los conductores es la causa principal de la pérdida de energía en las líneas de transporte. Entendiendo por tal resistencia, la llamada resistencia efectiva del conductor, cuyo valor viene dado en ohmios / metro. Se modela como una resistencia en serie

2.3.7.2. Reactancia del conductor (jX)

Es la responsable del campo magnético y depende de la posición de los conductores. Se modela como una reactancia en serie por cada fase

2.3.7.3. Susceptancia (jB)

Al haber un medio dieléctrico (aire) entre los dos cables de alta tensión, se tiene un efecto de condensador entre cada dos fases y entre cada fase y tierra.

Se modela como una impedancia en paralelo

2.3.7.4. Conductancia (G)

El aire que envuelve las líneas de alta tensión puede volverse conductor debido al campo eléctrico, por lo que se producen pérdidas por efecto corona. Esto se atenúa agrupando los cables.

2.4. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

La misión de un Centro de Transformación es reducir la tensión de Media Tensión a niveles de utilización en Baja Tensión (B1/220/127V ó B2/380/220V). Esto se consigue con el transformador de distribución. En la actualidad se hacen transformaciones de 5 kv, pero en un futuro próximo se harán de 10 kv. Aunque pueden estar al aire libre, normalmente están en sitios cerrados.

2.4.1. Constitución Básica

Un C.T. está constituido básicamente como sigue:

- Celdas de línea, de entrada o salida que por lo general llevan los seccionadores
- Celda de protección, inmediatamente anterior al trafo, que lleva seccionadores e interruptores con fusibles
- Celda de transformador
- Embarrado de media tensión. Debe cumplir una distancia de seguridad entre una línea de embarrado y otra para evitar la atracción de entre ellas produciendo un corto circuito

- Cuadro de baja tensión. Están compuesto por un módulo superior de medida con trafo de intensidad y trafo de tensión, un módulo de protección y un módulo de conexión

2.4.2. Clasificación de los C.T.

2.4.2.1. Tipo de alimentación

- Alimentación en punta. Es aquel que tiene únicamente una línea de alimentación y está conectado en derivación de la red principal o constituye el punto final de dicha red. Una celda remonte es aquella a la que le llega la alimentación subterránea y alimenta a las pletinas de cobre haciendo de unión entre la línea subterránea y aérea
- Alimentación en paso (anillo o bucle). Es aquel que tiene una línea de entrada y una línea de salida hacia otro centro. Permite seccionar la red de media tensión

2.4.2.2. Tipo de posición que ocupa en la red de distribución

- Radial: Compuesto por varios centros de transformación en línea, conectados en serie a media tensión para reducir pérdidas en el transporte y un centro de transformación en punta al final. Este sistema tiene menos fiabilidad
- En anillo: De la subestación parten conexiones para todos los C.T., y todos ellos tienen entrada y salida. La conexión entre ellos se realiza en media tensión, pero todos tienen conversión a baja tensión

2.4.2.3. Tipo de emplazamiento

- Intemperie o aéreo: Está constituido por un transformador de potencia no superior a 160KVA, protegido con fusibles y seccionadores, todo ello montado sobre apoyo o apoyos. Se puede superar ésta potencia si el trafo se instala sobre un pórtico. Se utiliza para zonas rurales, suministros provisionales o clientes aislados
- Interior: En los años 50-60 los equipos se separan mediante celdillas. Se hacen embarrados donde los conductores van desnudos y el medio de corte es el aire. Para reducir costes y espacio, se empiezan a usar posteriormente elementos prefabricados y conductores aislados.
- Instalados en recintos cerrados, habiendo dos variantes:
 - Subterráneos. Situados bajo la vía pública o en el sótano de los edificios
 - De superficie. Sus accesos están a nivel de calle y existen dos tipos:
 - En local. Forma parte de un edificio
 - Independiente. Aislado de cualquier edificación, y puede ser prefabricado de hormigón o metálico y construido de fábrica de ladrillos (convencional)

2.4.2.4. Tipo de propietario

- De empresa: Es propiedad de la empresa suministradora, y de él parten las redes de distribución en baja tensión. Tiene una o varias celdas de línea y una celda de protección por cada transformador montado. Al

haber un C.T. con dos o más transformadores acoplados se aumenta la potencia de cortocircuito

- De cliente: Es propiedad del cliente y puede haber dos variantes:
- Con equipos de medida de baja tensión. Son centros de poca potencia, normalmente intemperie sobre apoyos
- Con equipos de medida en media tensión. Son centros de mayor potencia, con una parte de la empresa suministradora y el resto del cliente, teniendo acceso directo desde la vía pública la parte de empresa

2.4.2.5. Tipo de acometida

- Con acometida aérea
- Con acometida subterránea

III. MATERIALES

3.1. MATERIALES

En el presente se describen los principales materiales que se utilizaron en el desarrollo de éste trabajo investigativo y los necesarios para trabajar en líneas de media y alta tensión eléctrica.

CANTIDAD	MATERIAL
1	Computador Portátil
1	Cargador para portátil
1	Cuaderno de apuntes
1	Lapicero
1	Cuaderno
1	Internet

IV. PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO

4.1. RIESGOS ELÉCTRICOS EN MEDIA Y ALTA TENSIÓN

4.1.1. Seguridad de las Personas

Es indispensable contar con el equipo que se muestra en la figura siguiente:



Figura 4.1. Dispositivos de seguridad eléctrica

4.1.1.1. Casco de seguridad

Es obligatorio para toda persona que realice trabajos en instalaciones eléctricas de cualquier tipo.



Figura 4.2. Casco de seguridad eléctrica

4.1.1.2. Anteojos de protección o máscara protectora facial

El uso es obligatorio para toda persona que realice un trabajo que encierre un riesgo de accidente ocular tal como arco eléctrico, proyección de gases partículas, etc.



Figura 4.3. Gafas de seguridad eléctrica

4.1.1.3. Guantes dieléctricos

Los guantes deben ser para trabajos a BT. Deben verificarse frecuentemente, asegurarse que están en buen estado y no presenta huellas de roturas, desgarros ni agujeros. Todo guante que presente algún defecto debe ser descartado. Deben ser protegidos del contacto con objetos cortantes o

punzantes con guantes de protección mecánica. Conservarlos en estuches adecuados.



Figura 4.4. Guantes de seguridad eléctrica

4.1.1.4. Cinturón de seguridad

El material de los cinturones será sintético. No deben ser de cuero. Debe llevar todos los accesorios necesarios para la ejecución del trabajo tales como cuerda de seguridad y soga auxiliar para izado de herramientas. Estos accesorio deben ser verificados antes de su uso, al igual que el cinturón, revisando particularmente el reborde de los agujeros previstos para la hebilla pasacinta de acción rápida. Verificar el estado del cinturón: ensamblajes sólidos, costuras, remaches, deformaciones de las hebillas, mosquetones y anillos. Los cinturones deben ser mantenidos en perfecto estado de limpieza y guardados en lugares aptos para su uso posterior.

4.1.1.5. Banquetas aislantes y alfombra aislante

Es necesario situarse en el centro de la alfombra y evitar todo contacto con las masas metálicas.

4.1.1.6. Verificadores de ausencia de tensión

Se debe verificar antes de su empleo que el material está en buen estado. Se debe verificar antes y después de su uso que la cabeza detectora funcione correctamente. Para la utilización de estos aparatos es obligatorio el uso de los guantes dieléctricos de la tensión correspondiente.

4.1.1.7. Escaleras

Se prohíbe utilizar escaleras metálicas para trabajos en instalaciones eléctricas o en su proximidad inmediata, si tiene elementos metálicos accesibles.

4.1.1.8. Dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito

La puesta a tierra y en cortocircuito de los conductores, aparatos o partes de instalaciones sobre las que se debe efectuar un trabajo, debe hacerse mediante un dispositivo especial diseñado a tal fin. Las operaciones se deben realizar en el siguiente orden:

1. Asegurarse de que todas las piezas de contacto, así como los conductores del dispositivo, estén en buen estado.
2. Siempre conectar en primer lugar el morseto de cable de tierra del dispositivo, utilizando guante de protección mecánica, ya sea en la tierra existente de las instalaciones o bien en una jabalina especialmente clavada en el suelo.
3. Desenrollar completamente el conductor del dispositivo, para evitar los efectos electromagnéticos debido a un cortocircuito eventual.

4. Fijar las pinzas de conexión de los conductores de tierra y cortocircuitos sobre cada uno de los conductores de la instalación utilizando guantes de protección dieléctrica y mecánica.
5. Para quitar los dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito operar rigurosamente en el orden inverso, primero el dispositivo de los conductores y por último el de tierra.
6. Señalizar el lugar donde se coloque la tierra, para individualizarla perfectamente.

4.1.2. Seguridad de las Instalaciones

- a) Puesta a tierra en todas las masas de los equipos e instalaciones.
- b) Instalación de dispositivos de fusibles por corto circuito.
- c) Dispositivos de corte por sobrecarga.
- d) Tensión de seguridad en instalaciones de comando (24 Volt).
- e) Doble aislamiento eléctrico de los equipos e instalaciones.
- f) Protección diferencial.

4.1.3. Protecciones para Evitar Consecuencias

- a) Señalización en instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión.
- b) Desenergizar instalaciones y equipos para realizar mantenimiento.
- c) Identificar instalaciones fuera de servicio con bloqueos.
- d) Realizar permisos de trabajos eléctricos.

- e) Utilización de herramientas diseñadas para tal fin.
- f) Trabajar con zapatos con suela aislante, nunca sobre pisos mojados.
- g) Nunca tocar equipos energizados con las manos húmedas.

4.1.4. Términos Importantes en Seguridad Eléctrica

4.1.4.1. Descargo o consignación

Solicitud de autorización, necesaria para trabajar en una instalación.

4.1.4.2. Puesta a tierra

En todos los lugares de trabajo de alta tensión y en algunos de baja tensión, todas las partes en que se vaya a trabajar deberán ser puestas a tierra.

4.1.4.3. Puesta a tierra y cortocircuito:

Las partes de la instalación donde se vaya a trabajar deben ponerse a tierra y en cortocircuito:

- a) En las instalaciones de alta tensión.
- b) En las instalaciones de baja tensión que, por inducción, o por otras razones, puedan ponerse accidentalmente en tensión.

Los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse en primer lugar a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra, y deben ser visibles desde la zona de trabajo. Si esto último no

fuera posible, las conexiones de puesta a tierra deben colocarse tan cerca de la zona de trabajo como se pueda.

Si en el curso del trabajo los conductores deben cortarse o conectarse y existe el peligro de que aparezcan diferencias de potencial en la instalación, deberán tomarse medidas de protección, tales como efectuar puentes o puestas a tierra en la zona de trabajo, antes de proceder al corte o conexión de estos conductores.

Los conductores utilizados para efectuar la puesta a tierra, el cortocircuito y, en su caso, el puente, deberán ser adecuados y tener la sección suficiente para la corriente de cortocircuito de la instalación en la que se colocan.

Se tomarán precauciones para asegurar que las puestas a tierra permanezcan correctamente conectadas durante el tiempo en que se realiza el trabajo. Cuando tengan que desconectarse para realizar mediciones o ensayos, se adoptarán medidas preventivas apropiadas adicionales.

Los dispositivos telemandados utilizados para la puesta a tierra y en cortocircuito de una instalación serán de accionamiento seguro y su posición en el telemando estará claramente indicada.

4.1.4.4. Fuente de tensión:

Como tal, la fuente de tensión es el origen de la tensión que nos llega a nuestra instalación en cuestión, debemos hacer unos cortes visibles a todas las fuentes de tensión mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo.

4.1.4.5. Bloqueo o enclavamiento de un aparato:

Se trata pues de asegurar que no puedan producirse cierres intempestivos en los seccionadores, interruptores-seccionadores, etc., bien sea por un fallo técnico, error humano o causas imprevistas.

4.1.4.6. Tipos de enclavamiento:

Este bloqueo o enclavamiento puede ser de varios tipos: mecánico, eléctrico, neumático o físico.

El bloqueo mecánico, consiste en inmovilizar el mando del aparato mediante candados, cerraduras, cadenas, bulones, pasadores, etc.

El bloqueo eléctrico consiste en impedir el funcionamiento del aparato mediante la apertura del circuito de mando y accionamiento eléctrico.

El bloqueo neumático consiste en impedir el accionamiento del aparato actuando sobre la alimentación de aire comprimido y vaciando el calderín de aire a presión.

El bloqueo físico consiste en colocar entre los contactos del aparato un elemento aislante que impida físicamente el cierre de dichos contactos.

Por ejemplo colocar una placa aislante entre las cuchillas del seccionador y los contactos fijos del mismo.

4.1.4.7. Zona protegida:

En todo momento y/o circunstancia, deben de respetarse unas distancias mínimas de seguridad para los trabajos a efectuar en la proximidad de

instalaciones o partes de las mismas, que estén en tensión, y no estén protegidas.

4.1.4.8. Zona de trabajo:

La zona de trabajo debe estar claramente definida y delimitada. No se deben colocar objetos que puedan dificultar el acceso, ni materiales inflamables cerca de los equipos eléctricos.

Si hay elementos de una instalación próximos a la zona de trabajo que tengan que permanecer en tensión, deberán adoptarse medidas de protección adicionales, que se aplicarán antes de iniciar el trabajo, bien considerando los trabajos que se realicen en proximidad de elementos en tensión que se llevarán a cabo las medidas oportunas.

4.1.4.9. Estado de las instalaciones:

Las instalaciones deben encontrarse en un estado óptimo antes de proceder a desarrollar cualquier trabajo.

4.1.4.10. Maniobras de explotación:

Se entiende por maniobra la intervención pensada para cambiar el estado eléctrico de una instalación eléctrica sin llevar a cabo el montaje o desmontaje de ningún elemento.

4.1.4.11. Maniobras para trabajos:

Maniobras en explotación normal

- Programadas

- Se realizan según las instrucciones del Centro de Control

Maniobras de carácter urgente

- En situaciones de emergencia con posibles consecuencias graves.
- El personal podrá actuar bajo su criterio si la maniobra es de apertura, sin consultar al Centro de Control.
- Informará rápidamente de lo sucedido y del estado de la instalación al Centro de Control.

4.1.5. Seguridad en Trabajos sin Tensión

Para realizar trabajos sin tensión se deberán seguir las siguientes prescripciones esenciales que aseguren que la instalación eléctrica en la zona de trabajo, está sin tensión y así se mantendrá durante la realización del trabajo. Estas prescripciones se denominan coloquialmente como "LAS CINCO REGLAS DE ORO"

Después de haber sido identificadas las correspondientes instalaciones eléctricas, se aplicarán los siguientes cinco requisitos esenciales, en el orden especificado:

1. Desconectar completamente. La parte de la instalación en la que se va a realizar el trabajo debe desconectarse de todas las fuentes de alimentación. Los elementos de la instalación eléctrica que mantengan tensión después de la desconexión deberán ser descargados con dispositivos adecuados.

2. Asegurar contra la posible reconexión. Todos los dispositivos de maniobra que se han utilizado para desconectar la instalación eléctrica deberán asegurarse contra cualquier posible reconexión, preferentemente por bloqueo del mecanismo de maniobra.
3. Verificar que la instalación está sin tensión. La ausencia de tensión debe ser verificada en todos los conductores activos de la instalación eléctrica en, o lo más cerca posible, de la zona de trabajo. En el caso de instalaciones conectadas por cables, cuando éstos no pueden ser identificados con exactitud en la zona de trabajo, se deben adoptar otros medios para garantizar la seguridad, por ejemplo con la utilización de dispositivos corta-cables o pica-cables adecuado.
4. Poner a tierra y en cortocircuito. En la zona de trabajo, de todas las instalaciones de alta tensión y en algunas de baja tensión (cuando existe peligro de que la instalación se ponga en tensión), todas aquellas partes de la instalación en las que se deba realizar un trabajo deben ponerse a tierra y en cortocircuito. Los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse en primer lugar a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra.
5. Protegerse frente a elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo. Si hay elementos de una instalación eléctrica próximos a la zona de trabajo que no puedan dejarse sin tensión será necesaria la adopción de especiales medidas de protección adicionales que se aplicarán antes de iniciar el

trabajo (trabajos en proximidad). Igualmente, se debe establecer una señalización para delimitar la zona de trabajo.

4.1.5.1. Primera Regla de Oro: Corte visible

Se entiende por corte visible la interrupción del circuito donde se vaya a trabajar y que dicho corte se pueda comprobar de forma visible inequívocamente. De forma clásica el elemento que cumple con este tipo de corte es el seccionador que según el RCE (Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación) lo define como: aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierta, asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas.



Figura 4.5. Desconectar suministro eléctrico

4.1.5.2. Segunda Regla de Oro: Enclavamiento y bloqueo

Se llama enclavamiento o bloqueo al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición

determinada, impidiendo su accionamiento aunque ocurra alguna de estas incidencias:

- Fallo técnico
- Error humano
- Causas imprevistas



Figura 4.6. Prevenir cualquier posible realimentación

Los tipos de enclavamientos que se pueden utilizar pueden ser diversos:

Físico: que consiste en interponer un obstáculo aislante que impida físicamente el cierre de los contactos de un seccionador o del elemento que se haya abierto.

Mecánico: consiste en inmovilizar el mando del mecanismo de cierre del aparato mediante candados, bulones, candados, etc.

Eléctrico: consiste en la apertura de la alimentación del mando del accionamiento eléctrico.

Pneumático: consiste en el vaciado de aire comprimido del calderín e impedir el accionamiento del aparato actuando sobre la alimentación del aire comprimido.

4.1.5.3. Tercera Regla de Oro: Ausencia de tensión

El reconocimiento de la ausencia de tensión debe realizarse tanto en el lugar de trabajo como en la propia fuente de alimentación.

En cuanto al método de comprobación, existen varios aparatos aptos para el reconocimiento. El más común es la pértiga, de la cual existen múltiples variantes en la forma en que señala la presencia o no de tensión. Las variantes más comunes son las pértigas visuales y las acústicas, aunque existen más.



Figura 4.6. Verificar la ausencia de tensión

Comprobación de la ausencia de tensión del circuito en el que debemos trabajar, normalmente esta regla se utiliza para poder comprobar si existe

tensión de servicio en la instalación y comprobar que todas las fuentes de tensión han sido abiertas, pero habrá que tener en cuenta otras posibles tensiones que podemos encontrar en el circuito debidas a la inducción en cables, efectos de inducción magnética como por ejemplo entre dos líneas aéreas que discurren paralelas, descargas atmosféricas, etc., estas tensiones se anularán mediante la 4ª regla de oro.

Puntos a comprobar;

- En el lugar donde vayamos a trabajar.
- En todas los lugares donde hayamos efectuado el corte visible o efectivo.

Dado que consideramos que la instalación se encuentra bajo tensión se deberán utilizar las medidas adecuadas para la comprobación;

- Respetar las distancias de seguridad sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Usar el equipo de protección y medida adecuado.

❖ **Detectores de media y alta tensión**

Son elementos destinados a verificar la presencia o ausencia de tensión en líneas aéreas, subestaciones, centros de transformación, etc., tanto en baja como en media y alta tensión.

Los podemos clasificar en función de su principio de funcionamiento y de la necesidad de existencia de contacto eléctrico en:

- DETECTORES POR CONTACTO CAPACITIVOS (unipolares)
- RESISTIVOS (bipolares) POR PROXIMIDAD

✓ **Principio de funcionamiento:**

Su principio de funcionamiento se basa en la detección de la diferencia de potencial originada entre dos superficies equipotenciales generadas por el campo eléctrico. Si bien desde el punto de vista operativo sería óptimo que funcione sólo cuando está en contacto con el conductor bajo tensión, debido a su principio puede detectar también en sus proximidades.

- La presencia de tensión se indica a través de señales acústicas y luminosas.
- Media tensión: Indicador de presencia de tensión mediante lámparas LED y señal acústico alto.
- Dispositivo de auto verificación incorporado.
- Alimentación mediante pila alcalina de 9V, tipo 6LR61.
- Utilización en interior y exterior mediante pértiga aislante adecuada al rango de tensiones del detector.
- Elemento de unión a la pértiga: conexión Universal.
- Detector de tensión óptico
- Rango de tensiones de trabajo: VT-1,5 CC $500 \text{ V CC} < V_t < 1.500 \text{ V CC}$
- VT-3,5 CC $1000 \text{ V CC} < V_t < 3.500 \text{ V CC}$

- Temperatura de trabajo: De -25°C a +50°C
- Indicación de presencia de tensión: Mediante 3 leds
- Alimentación: Funciona sin pilas
- Cable contacto a tierra: Cable extra-flexible con funda de silicona y 6 m de largo
- Acoplamiento a pértiga aislada: Mediante cabezal de conexión Universal
- Auto verificación: Mediante pulsador piezoeléctrico integrado
- Auto alimentación: VT-1,5CC para presencia de tensión 500 V CC
- VT-3,5CC para presencia de tensión 1000 V CC

✓ **Fusil lanzacables**

El fusil lanzacables es un método consistente en lanzar una flecha, por medio de un fusil adecuado. Esta flecha lleva fijado el extremo de un hilo fusible cuyo extremo ha sido previamente puesto a tierra por medio de una pica clavada en el terreno. Esta flecha con el hilo fusible se dispara en dirección rodeando por encima los conductores de la línea de forma que el hilo fusible caiga sobre los mismos conectándolos así en cortocircuito y a tierra. Si la línea está en tensión, se producirá un cortocircuito de los tres conductores entre sí, y a tierra, con lo cual el hilo fusible se fundirá produciendo resplandor y humo. Dada la delgadez y características del hilo fusible, este pequeño cortocircuito provocado, no produce ninguna alteración significativa en el normal funcionamiento de la línea.

Si se trata de una línea doble y una de ellas está en servicio (con tensión) este sistema desde luego no puede utilizarse.

✓ **Sierra cortacables**

La sierra cortacables consiste en un pértiga aislante en cuyo extremo lleva acoplada una sierra con un cable de puesta a tierra. El otro extremo de este cable se conecta a tierra bien sea con una pica auxiliar de toma de tierra que se clava en el terreno o bien a la pantalla metálica de puesta a tierra del propio cable. Al cerrar el conductor, si éste está con tensión, se produce un cortocircuito a tierra a través de la hoja de sierra, lo cual indica presencia de tensión.

✓ **Teledetectores**

«Teledetectores» (TELEVAT) porque actúan a distancia superior a la de seguridad sin necesidad de contacto o proximidad inmediata al punto a comprobar.

Se utilizan para líneas aéreas e instalaciones de alta tensión, a partir de 110 kV en las cuales las grandes alturas y distancias hacen difícil la comprobación mediante detectores normales de contacto o inmediata proximidad dada la gran longitud que debe tener la pértiga aislante.

Se utilizan orientando el detector hacia la línea o elemento a comprobar. En lo demás, rige para estos teledetectores lo antes explicado para los VAT o sea comprobación de funcionamiento inmediatamente antes y después de su

utilización (son autocomprobantes) ajuste al valor de la tensión a comprobar etc.

4.1.6.4. Cuarta Regla de Oro: Puesta a Tierra

Una vez realizada la 1ª, 2ª y 3ª regla procederemos a cortocircuitar y poner a tierra la instalación.



Figura 4.7. Poner a tierra y en cortocircuito

❖ Procedimiento de puesta a tierra:

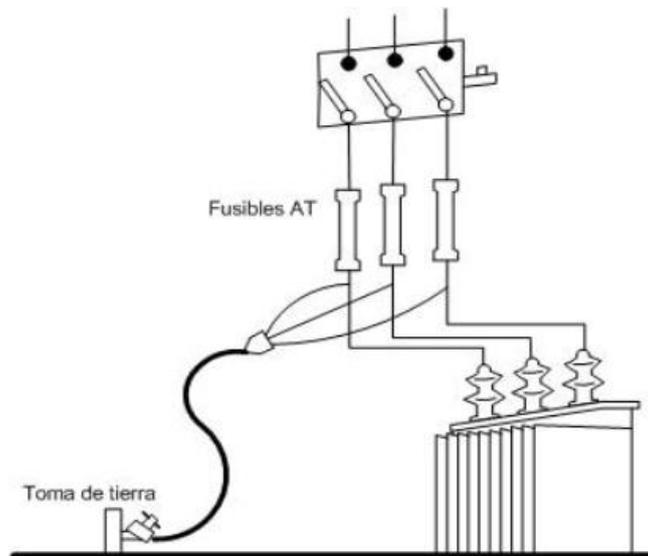


Figura 4.8. Puesta a tierra de transformadores

- ✓ **El equipo de puesta a tierra y en cortocircuito para líneas aéreas, trabajan para tensiones de 1 kV hasta 33 kV.**

Características constructivas y elementos que componen el conjunto:

- 3 (tres) morsetos de aleación de aluminio con accionamiento a tornillo.
- 2 (dos) puentes de cable de Cu extra flexible envainado en pvc cristal de 2 [m.] de longitud y 50 [mm².] de sección.
- 1 (una) bajada a tierra de cable de Cu extraflexible envainado en pvc cristal de 15 [m.] de longitud y 25 [mm².] de sección.
- 1 (una) percha solidaria al morseto central para permitir el izaje de conjunto en una sola operación.
- 1 (una) jabalina de latón de 1,2 [m.] de longitud, tipo tirabuzón.
- 1 (un) carrete bobinador de 115 ó 220 [mm.] de diámetro según necesidades; con morsetos para conexión a jabalina.
- Caja metálica para transporte del equipo.

Accionamiento:

Los morsetos de línea poseen un comando a ojal, para su ajuste se requieren pértigas de gancho retráctil.

Accesorios no provistos con el equipo:

Pértigas de longitud y puntero acorde a la necesidad, (Pértiga gancho retráctil).

Silleta equipotencial: es un dispositivo que se amarra en forma rápida y sencilla al poste. El cable de bajada en lugar de conectarse directamente a tierra se vinculará a un estribo que posee la silleta y éste a su vez a tierra. Se emplea para lograr una equipotencialidad entre todos aquellos puntos a ser alcanzados por el operador. En caso de utilizarse silleta equipotencial, se deben agregar al equipo:

2 (dos) morsetos más de línea de ajuste manual y 6 [m.] más de conductor, (la jabalina se conecta al estribo y éste a los conductores de línea).

- ✓ **El equipo de puesta a tierra y en cortocircuito para líneas aéreas < 1 kV.**

Los sistemas de distribución en Baja Tensión utilizan cuatro conductores, los tres de las fases y el neutro, éste equipo está diseñado para vincularlos entre sí y a su vez conectarlos a tierra. Son aplicables a líneas aéreas de Baja Tensión desnudas.

Características constructivas y elementos que componen el conjunto:

- 4 (cuatro) morsetos de aleación de aluminio con comando a rosca o resorte según corresponda
- 1 (un) morseto de tierra con comando manual, de latón.
- 3 (tres) puentes de cable de cobre extra flexible envainado en PVC cristal de 0,6 [m.] de longitud y sección acorde a la lcc.

- 1 (un) cable de bajada a tierra de cable de cobre extra flexible envainado en PVC cristal y longitud 16 [m.]
- 4 (cuatro) pertiguillas de 25 [mm.] de Ø y 0,4 [m.] de longitud con sus correspondientes empuñaduras y límite guardamano.
- Caja de transporte metálica.

Accionamiento:

El morseto de tierra se ajusta en forma manual sin requerirse herramientas especiales. Los de fases y neutro se montan a través de las pertiguillas; y se opta por el sistema a resorte se ajustan automáticamente, en los de tornillo se deberá rotar la pértiga hasta proveer el torque necesario.

Variantes:

Cuando no exista una toma de tierra cercana al lugar de utilización, es conveniente incorporar al conjunto una jabalina de 1 [m.] de longitud, sección hexagonal 19 [mm.] entre caras y carrete bobinador de 115 [mm.] de diámetro con morseto para conexión a jabalina. Se suprime el morseto de tierra. Se puede solicitar de hasta 6 pertiguillas.

4.1.6.5. Quinta Regla de Oro: Señalización y delimitación

Esta 5ª y última regla se cumplimentará después de haberlo sido las anteriores 1ª a 4ª. Consiste en señalar y delimitar la zona de trabajo o bien la zona de peligro (zona en tensión), según los casos, con los siguientes elementos.



Figura 4.9. Proteger frente a elementos en tensión y señalar la zona.

Señales (placas, carteles, adhesivos, banderolas, etc.) de color y forma normalizadas, y con dibujos, frases o símbolos con el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente. Estas señales de seguridad se clasifican por su color y por su forma:

- Por su color indican:
 - Color rojo: Prohibición o parada,
 - Color amarillo: Atención o peligro,
 - Color verde: Situación de seguridad,
 - Color azul: Obligación.
- Por su forma indican:
 - Circular: Obligación o prohibición,
 - Triangular: Advertencia,
 - Rectangular: Información.

Así, por ejemplo una señal circular de color rojo indica obligación, prohibición o parada.

Una señal triangular de color amarillo, advertencia, atención o peligro; una circular de color azul obligación o prohibición, una rectangular color verde situación de seguridad o información, etc.



Figura 4.10. Tipos de señales para trabajos eléctricos

La delimitación de la zona de trabajo o de peligro consiste en marcar sus límites mediante vallas, cintas o cadenas. Estos elementos son de color rojo reflectantes o fosforescentes.

Durante la noche se complementan con luces autónomas e intermitentes como señal de atención. Suelen acompañarse también de banderolas y/o carteles de señalización con indicaciones expresas. Según el tamaño respecto al total de la instalación, se señala y delimita o bien la zona de trabajo o bien la zona de peligro o sea, zona en tensión.

Así, cuando la zona de trabajo es muy extensa se delimita y señala únicamente la zona de peligro (zona con tensión). En los otros casos se señala y delimita la zona de trabajo, la cual según antes explicado viene determinada por los puntos de puesta a tierra y en cortocircuito más cercanos al punto donde se realizarán los trabajos.

Esta zona de trabajo, una vez señalizada y delimitada, se convierte y denomina «zona de seguridad». Esta zona de seguridad debe disponer de un pasillo de acceso para los operarios y materiales. No así la zona de peligro por cuanto se trata de que nadie penetre en ella.

En el caso de instalaciones eléctricas a distinto nivel deben delimitarse y señalizarse no sólo las superficies sino también las alturas, o sea, en las tres dimensiones.

En el caso de trabajos a realizar con distancias a partes en tensión, inferiores a las mínimas de seguridad antes indicadas en las reglas 3ª y 4ª se deben interponer pantallas de material aislante entre el punto de trabajo y las partes en tensión. Una vez cumplidas estas cinco «reglas de oro» de la seguridad pueden iniciarse los trabajos, sin riesgo de tipo eléctrico.

❖ ***Zona de peligro o zona de trabajos en tensión:***

Es un espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión, teniendo en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el

trabajador sin desplazarse. En esta zona únicamente se permite trabajar, mediante métodos y procedimientos especiales, conocidos como «trabajos en tensión», a trabajadores cualificados.

Donde no se interponga una barrera física que garantice la protección frente a dicho riesgo, la distancia desde el elemento en tensión al límite exterior de esta zona será la indicada a través de las normativas de seguridad de la EERSSA.

❖ **Zona de proximidad**

Es el espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última.

Donde no se interponga una barrera física que garantice la protección frente al riesgo eléctrico, la distancia desde el elemento en tensión al límite exterior de esta zona será la indicada acorde a las normativas de la EERSSA.

Trabajo en proximidad: trabajo durante el cual el trabajador entra, o puede entrar, en la zona de proximidad, sin entrar en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.

4.1.7. Trabajos en tensión: Líneas aéreas

4.1.7.1. Herramienta necesaria

- Escalera aislante.
- Guantes aislantes de 20 kV.
- Tensores.

- Cuerda aislante.
- Equipo de protección individual.

4.1.7.2. Procedimiento de ejecución

Fases previas

- Disponer de la autorización para la realización de trabajos en tensión.
- Eliminación de reenganches automáticos.
- Señalización de la zona de trabajo en caso necesario.
- Revisión de la herramienta y material.
- Cumplimentar la lista de comprobación.

4.1.7.3. Ejecución del trabajo

- Situar el vehículo todo-terreno en la zona de trabajo. La revisión se efectúa siempre en una fase lateral
- Situar la escalera aislante sobre las abrazaderas y asiento colocado en el vehículo todoterreno.
- Izar la escalera aislante hasta situarla en su posición de trabajo y fijarla mediante vientos de cuerda aislante.
- Subir por la escalera aislante hasta la posición de trabajo.
- La posición del operario sobre la escalera debe ser: que tenga el conductor a la altura de su cabeza como máximo y nunca por debajo.

- Colocar el tensor en el conductor y tensar el cable lo suficiente para poder comprobar su estado.
- Realizar la revisión del estado del cable.
- Retirar el tensor.
- Retirar la escalera.
- Retirar toda la herramienta y material.
- El método TET a contacto con escalera aislante tiene un coste inferior al de la barquilla debido al material empleado, además garantiza una mayor accesibilidad.

4.1.7.4. Método de trabajo en contacto

Utilizado principalmente en baja tensión, aunque también se emplea en la gama baja de alta tensión.

Este método, que requiere la utilización de guantes aislantes en las manos, se emplea principalmente en baja tensión. Para poder aplicarlo es necesario que las herramientas manuales utilizadas (alicates, destornilladores, llaves de tuercas, etc.) dispongan del recubrimiento aislante adecuado, conforme con las normas técnicas que les sean de aplicación.

4.1.7.5. Método de trabajo a distancia

Utilizado principalmente en instalaciones de alta tensión en la gama media de tensiones.

En este método, el trabajador permanece al potencial de tierra, bien sea en el suelo, en los apoyos de una línea aérea o en cualquier otra estructura o

plataforma. El trabajo se realiza mediante herramientas acopladas al extremo de pértigas aislantes. Las pértigas suelen estar formadas por tubos de fibra de vidrio con resinas epoxi, y las herramientas que se acoplan a sus extremos deben estar diseñadas específicamente para realizar este tipo de trabajos.

4.1.7.6. Método de trabajo a potencial

Empleado principalmente en instalaciones y líneas de transporte de alta tensión.

Este método requiere que el trabajador manipule directamente los conductores o elementos en tensión, para lo cual es necesario que se ponga al mismo potencial del elemento de la instalación donde trabaja. En estas condiciones, debe estar asegurado su aislamiento respecto a tierra y a las otras fases de la instalación mediante elementos aislantes adecuados a las diferencias de potencial existentes.

4.1.8. Condiciones generales para la realización de trabajos

Condiciones generales.- Las instalaciones de generación, transformación, transporte, distribución y utilización de energía eléctrica, tanto de carácter permanente como provisional, así como las ampliaciones y modificaciones, deben ser planificadas y ejecutadas en todas sus partes, en función de la tensión que define su clase, bajo las siguientes condiciones:

- 1.- Con personal calificado;
- 2 - Con material adecuado;

3.- Con aislamiento apropiado;

4.- Con suficiente solidez mecánica, en relación a los diferentes riesgos, de deterioro a los cuales pueden quedar expuestas, de manera que la corriente eléctrica no llegue a recalentar peligrosamente a los conductores, a los aislantes, a los objetos colocados en su proximidad; a fin de que el personal quede protegido contra riesgos de contacto involuntario con conductores o piezas conductoras habitualmente energizadas, protección que puede darse:

a) Por alejamiento de las partes conductoras energizadas;

b) Mediante la colaboración de obstáculos entre el personal y las partes conductoras energizadas;

c) Con aislamiento apropiado.

5.- Con la aplicación de las medidas necesarias para que las personas queden protegidas contra riesgos de contacto accidental con estructuras metálicas, energizadas por fallas del aislamiento, mediante:

a) Puesta a tierra (aterrizaje) de las estructuras metálicas y masas;

b) Conexiones equipotenciales; y,

c) Conductores de protección.

4.1.8.1. Protección contra descargas atmosféricas

- En las zonas particularmente expuestas a los efectos de los rayos, debe protegerse toda instalación eléctrica aérea contra las descargas atmosféricas.

4.1.8.2. Identificación de aparatos y circuitos

- 1.- Los aparatos y circuitos que componen una instalación eléctrica deben identificarse con etiquetas o rótulos, o por otros medios apropiados con el objeto de evitar operaciones equivocadas que pueden provocar accidentes;
2. - El conductor neutro y los conductores de puesta a tierra y de protección, deben diferenciarse claramente de los otros conductores.

4.1.8.3. Separación de las fuentes de energía.-

- 1.- En el origen de toda instalación se colocará un dispositivo que permita separarla de su fuente de energía. Esta separación debe hacerse en todos los conductores activos;
2. - En las instalaciones con varias salidas debe hacerse una separación por salida;
- 3.- Todo aparato que se utilice para cortar la corriente eléctrica, debe hacerlo simultáneamente en todos los conductores activos en una sola maniobra.

4.1.8.4. Tomas de tierra y conductores de protección

La toma de tierra y los conductores de protección deben satisfacer las condiciones siguientes:

- 1.- La disposición general de su instalación y los metales que son parte de su composición, deben elegirse de manera que eviten toda degradación ocasionada por acciones mecánicas y térmicas, y resistan la acción corrosiva del suelo, así como los efectos de la electrólisis;

2.- La conexión de las masas de los aparatos y de las estructuras metálicas, deben hacerse con derivaciones conectadas a una línea principal de tierra; en ningún caso debe conectarse en serie;

3.- No debe intercalarse en los conductores de protección: fusibles, interruptores o disyuntores;

4.- La sección de los conductores de tierra o para las conexiones equipotenciales, deben determinarse en función de la intensidad y de la duración de la corriente susceptible a fluir en caso de falla, para prevenir su deterioro por sobrecalentamiento, así como todo riesgo de incendio proveniente de ese sobrecalentamiento.

4.1.8.5. Prohibición de utilizar la tierra como parte de un circuito activo

Está prohibido utilizar como parte de un circuito activo la tierra, un conductor de protección, una canalización o cubierta metálica, o una estructura metálica que sea parte de una construcción.

4.1.8.6. Instalaciones eléctricas en lugares con riesgo de incendio o explosión

Los equipos e instalaciones eléctricas situados en lugares con riesgos de incendio o explosión, estarán contruidos o instalados de tal forma que se impida el origen de tales siniestros.

4.1.8.7. Instalaciones eléctricas en locales de características especiales.-

En lugares húmedos, mojados, con riesgos de corrosión, sometidos a altas o bajas temperaturas y en cualquier otro lugar sometido a condiciones especiales, las instalaciones y equipos eléctricos se acomodarán a las condiciones particulares del medio, extremando las medidas de protección para el personal que opera y mantiene dichas instalaciones y equipo.

4.1.8.8. Electricidad estática.-

1.- En las cargas susceptibles de generación o acumulación de cargas electrostáticas, se adoptarán alguna de las siguientes medidas:

- a) Humidificación del ambiente a niveles apropiados;
- b) Conexión eléctrica de los elementos conductores entre sí y a tierra; o,
- c) Integración del aire.

2.- La adopción y utilización de cualquiera de las medidas indicadas anteriormente estará condicionada a las características particulares de las instalaciones protegidas y anexas, y muy especialmente, se tendrán en cuenta sus características de inflamabilidad y explosividad.

3- Obligatoriamente se procederá a la conexión eléctrica de elementos conductores entre sí y a tierra, en los siguientes casos:

- a) Trasvase de fluidos inflamables; y,

b) Manipulación industrial de polvos explosivos, detonadores y materia o material explosivo.

Para evitar la posibilidad de arcos y chispas, al poner a tierra cualquier elemento móvil, se debe colocar un interruptor en dicho circuito de puesta a tierra y realizar la operación con la siguiente secuencia:

- a) Asegurarse que el interruptor esté abierto;
- b) Conectar el equipo móvil al cable de tierra, y,
- c) Cerrar el interruptor.

La desconexión se realizará en el orden inverso al expuesto.

4.- Los operarios que puedan estar sometidos a descargas electrostáticas, deberán usar calzado conductor y ropa de trabajo que evite la acumulación de carga (lana o algodón).

V. RESULTADOS

5.1. SEGURIDAD ELÉCTRICA

Para finalizar el presente estudio, se recordará los procedimientos principales para realizar trabajos en media y alta tensión, además de anexar procedimientos para realizar dichos trabajos.

5.1.1. Tensión de seguridad

En los ambientes secos y húmedos se considerará como tensión de seguridad hasta 24 V respecto a tierra.

En los mojados o impregnados de líquidos conductores la misma será determinada, en cada caso, por el jefe del Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo de la empresa.

5.1.2. Bloqueo de un aparato de corte o de seccionamiento

Es el conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato y a mantenerlo en una posición determinada de apertura o de cierre, evitando su accionamiento intempestivo. Dichas operaciones incluyen la señalización correspondiente, para evitar que el aparato pueda ser operado por otra persona, localmente o a distancia.

El bloqueo de un aparato de corte o de seccionamiento en posición de apertura no autoriza por sí mismo a trabajar sobre él.

Para hacerlo deberá consignarse la instalación como se detalla en el punto

5.1.3. Consignación de una instalación, línea o aparato.

Se denominará así al conjunto de operaciones destinadas a:

- a) Separar mediante corte visible la instalación, línea o aparato de toda fuente de tensión.
- b) Bloquear en posición de apertura los aparatos de corte o seccionamiento necesarios.
- c) Verificar la ausencia de tensión con los elementos adecuados.
- d) Efectuar las puestas a tierra y en corto circuito necesarias, en todos los puntos por donde pudiera llegar tensión a la instalación como consecuencia de una maniobra o falla del sistema.
- e) Colocar la señalización necesaria y delimitar la zona de trabajo.

5.1.4. Distancias de seguridad.

Para prevenir descargas descriptivas en trabajos efectuados en la proximidad de partes no aisladas de instalaciones eléctricas en servicio, las separaciones mínimas, medidas entre cualquier punto con tensión y la parte más próxima del cuerpo del operario o de las herramientas no aisladas por él utilizadas en la situación más desfavorable que pudiera producirse, serán las siguientes:

Nivel de tensión	Distancia mínima
0 a 50 V	ninguna
más de 50V hasta 1 kV	0,80 m (1)
más de 1 kV hasta 33kV	0.80 m (1)
más de 33 kV hasta 66kV	0.90 m (2)
más de 66 kV hasta 132kV	1,50 m (2)
más de 132 kV hasta 150kV	1,65 m (2)
más de 150 kV hasta 220kV	2,10 m (2)

más de 220 kV hasta 330kV 2.90 m (2)

más de 330 kV hasta 500kV 3,60 m (2)

(1) Estas distancias pueden reducirse a 0,60 m, por colocación sobre los objetos con tensión de pantallas aislantes de adecuado nivel de aislación y cuando no existan rejas metálicas conectadas a tierra que se interpongan entre el elemento con tensión y los operarios.

(2) Para trabajos a distancia, no se tendrá en cuenta para trabajos a potencial.

5.1.5. Trabajos con tensión.

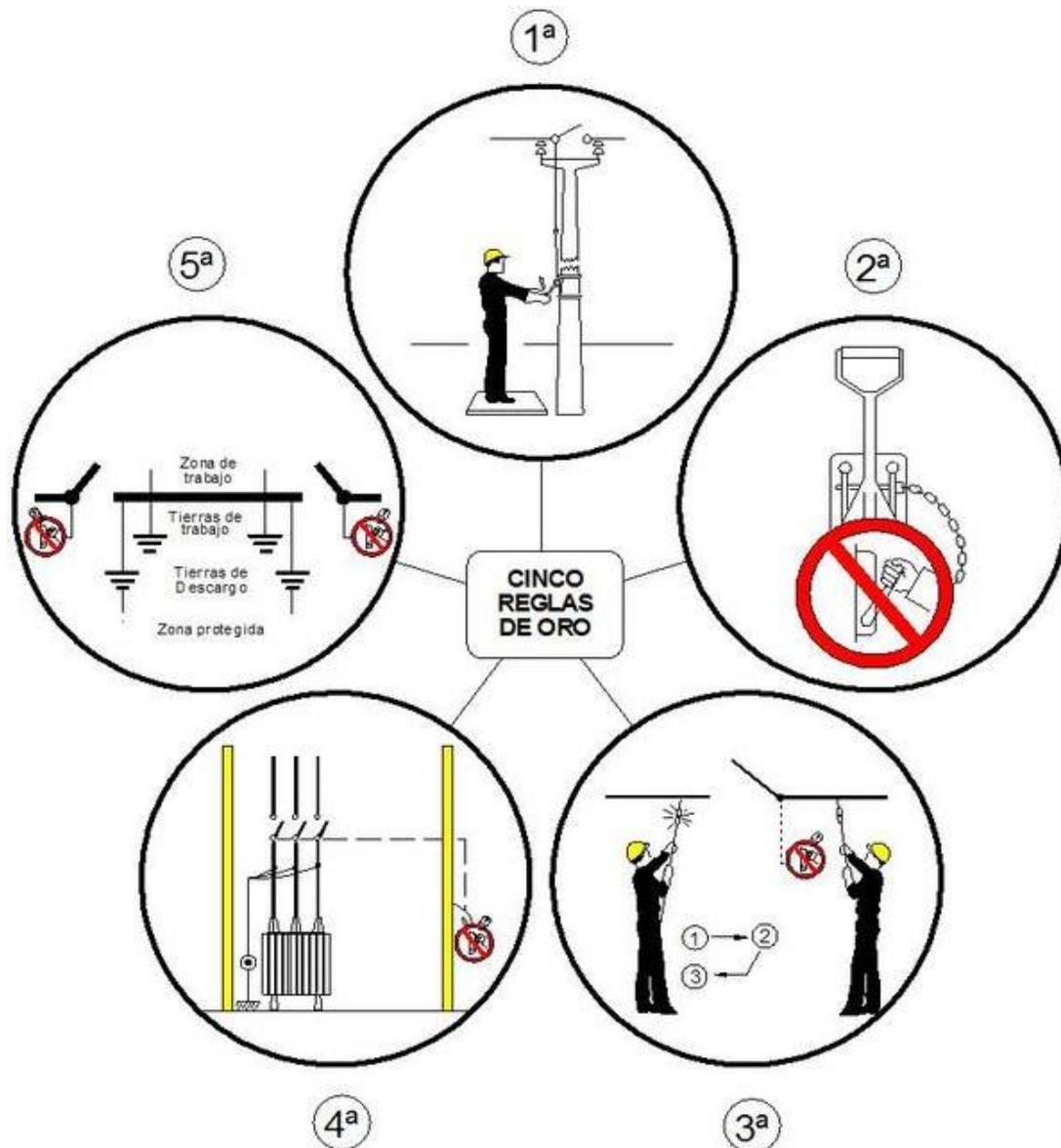
Se definen tres métodos:

a) A contacto: Usado en instalaciones de BT y MT, consiste en separar al operario de las partes con tensión y de tierra con elementos y herramientas aislados.

b) A distancia: Consiste en la aplicación de técnicas, elementos y disposiciones de seguridad tendientes a alejar los puntos con tensión del operario, empleando equipos adecuados.

c) A potencial: Usado para líneas de transmisión de más de 33 kV nominales, consiste en aislar al operario de potencial de tierra y ponerlo al mismo potencial del conductor.

Además es indispensable recordar, las cinco reglas de oro para realizar los trabajos, tal como se describe en el gráfico a continuación.



5.2. PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS EN MEDIA Y ALTA TENSIÓN

A continuación se detallan procedimientos para trabajar en mantenimiento de líneas de seguridad de media y alta tensión.

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	CAMBIO DE FUSIBLE EN MEDIA TENSION	Fecha:	24/05/2013
		Página:	97/ 154

1. OBJETIVO.

Estandarizar las actividades que se realizan en el cambio de fusibles en **media tensión** que comprende: revisar y ejecutar el respectivo arreglo para asegurar el servicio eléctrico en algún sector determinado en horario diurno y/o nocturno.

2.- ALCANCE.

Área de concesión de la EERSSA Loja.

3. RESPONSABILIDADES

Funcionario	Responsabilidad
Jefe de Cuadrilla	Coordina y ejecuta las órdenes de trabajo entregadas por el ingeniero de operación y mantenimiento Supervisar las actividades del personal a su cargo Controlar el uso adecuado de equipos, herramientas y el uso obligatorio de EPP Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
Liniero 3	Cumplir con las instrucciones de este documento. Registrar la cantidad de fusibles utilizados en las actividades de reparación Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento
Liniero 2	Cumplir con las instrucciones del jefe de Cuadrilla Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento
Liniero 1	Cumplir con las instrucciones del jefe de cuadrilla Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento

4.- REQUERIMIENTOS

Personal:	Cantidad (Número)
Jefe de cuadrilla	1
Liniero 3	1
Liniero 2	1
Liniero 1	1
TOTAL	4 personas

El personal que conforma esta cuadrilla debe cumplir con los siguientes requisitos:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	CAMBIO DE FUSIBLE EN MEDIA TENSION	Fecha:	24/05/2013
		Página:	98/ 154

- Deben contar con la capacitación y autorización respectiva.
- Deben ser entrenados sobre el correcto uso del equipo y accesorios a utilizar.
- Saber identificar la zona en que se va a trabajar.
- Recibir una charla antes de iniciar las labores, impartida por el jefe de grupo. sobre medidas de seguridad y el trabajo a realizarse.
- Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
- El personal operativo debe estar capacitado en primeros auxilios y RCP: Respiración-Cardio-Pulmonar.
- Contar con la licencia de prevención de Riesgos eléctricos vigente.

Equipos:

Cantidad

Carro camioneta	1
Escalera telescópica	1
Pinza amperimétrica (Rango: 0-1000 amperios)	1
Conos de señalización	4
Probador de tensión (Rango: 600 – 35000 voltios)	1
Cámara fotográfica	1
Reflectores	2
Pértiga (telescópica de 5 cuerpos)	1
Pértiga de Línea Energizada	1
Puesta a tierra en baja tensión	1
Puesta a tierra en Media Tensión	1
Letrero de señalización (peligro personal trabajando) ¹	

Herramientas:

Cantidad

Alicates con aislamiento	2
Juego de destornilladores	1
Cabo de servicio	2
Navaja para electricista	1
Sierra	1

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
---	---	--

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	CAMBIO DE FUSIBLE EN MEDIA TENSION	Fecha:	24/05/2013
		Página:	99/ 154

Juego de Hexágonos	1
Llave francesa	1
Juego de llaves de boca y corona	1
Juego de dados	1
Juego de llaves rache	1
Martillo	1
Brocha	1
Machete	1
Barreta	1
Tecla	1
Mordazas para cable aluminio	2
Mordaza para cable de acero	1
Tirfor	1

Materiales:

Fusibles de distintos amperajes
Empalmes

Equipos de protección personal EPP:

	Cantidad
• Casco dieléctrico de seguridad con barbiquejo	1(todo el personal)
• Lámparas Manos Libres (Linterna de casco)	1(Para c/ Liniero)
• Gafas protectoras	1(para c/ Liniero)
• Mascarilla	1(Para c/ Liniero)
• Ropa adecuada para dicho trabajo	1(para todo el personal)
• Chalecos Reflectivos	1(para todo el personal)
• Mandil	1(Para c/ Liniero)
• Impermeables de 2 cuerpos	1(para todo el personal)
• Guantes dieléctricos de B/T y M/T	1(para cada Liniero)
• Guantes de trabajo (Cuero)	1(para cada Liniero)
• Guantes de Nitrilo (Blanco)	1(para cada Liniero)
• Guantes de Nitrilo (Negro)	1(para cada Liniero)

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
---	---	--

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	CAMBIO DE FUSIBLE EN MEDIA TENSION	Fecha:	24/05/2013
		Página:	100/ 154

- Zapatos Dieléctricos 1(par para c/liniero)
- Zapatos Normales de trabajo 1(par para chofer)
- Botas de caucho 1(para todo el personal)
- Cinturón de seguridad 1(para cada Liniero)
- Tira de vida 1(para cada Liniero)
- Línea de vid 1(para cada Liniero)
- Trepadora (Poste circular) 1(para cada Liniero)

Sera obligación de todos los integrantes de la cuadrilla conservar limpio y en buen estado el vehículo destinado para mantenimiento de redes aéreas de media y baja tensión, así como también el buen cuidado y protección de su dotación de equipos de protección personal.

5. Disposiciones:

Para la ejecución de los trabajos programados se aplica lo dispuesto en el art. 6 del Reglamento interno de trabajo de la EERSSA, que dice ***“Las disposiciones de trabajo, serán dadas por el respectivo jefe inmediato del trabajador y, en ausencia de éste, por la persona que le reemplace. En casos de emergencia, el Gerente, los Directores de Área y los superintendentes podrán impartir órdenes que fueren necesarias. La negligencia o el desacato será considerado como falta grave”***, para este caso el jefe inmediato es el Ingeniero de Alumbrado Público, y en fines de semana y días feriados será el Ingeniero de Turno.

Cambio de fusibles en media tensión

Consideraciones Generales:

Todo trabajo deberá ser realizado utilizando herramientas y equipos de protección en buen estado.

Observación y aplicación de las siguientes técnicas de mantenimiento.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	CAMBIO DE FUSIBLE EN MEDIA TENSION	Fecha:	24/05/2013
		Página:	101/ 154

Consideraciones específicas:

El procedimiento que deberán seguir los integrantes de la cuadrilla para el cambio de fusibles de media tensión:

1. Contar con el permiso de trabajo respectivo debidamente autorizado. (P-GEGEA-12- F01).
2. Estacionar el vehículo
3. Al observar el fusible quemado se procede a bajar el portafusible del seccionador y colocar en la estructura de partida el letrero (PELIGRO PERSONAL TRABAJANDO)
4. Se revisa la línea para observar si hay alguna anomalía , sucintándose algún problema se procede a dicho arreglo para posteriormente cambiar el fusible quemado
5. Se energiza y se saca el letrero colocado anteriormente
6. Se traslada al lugar más cercano que tenga servicio eléctrico para cerciorarse que todo queda normal
7. Se anota la hora aproximada de la apertura y de cierre y el tipo de fusible ocupado en dicho arreglo para realizar el respectivo informe

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	APERTURA Y CIERRE DE SECCIONADORES PARA MALLAMIENTOS DE ALIMENTADORES	Versión:	00
		Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/5

1. OBJETIVO.

Estandarizar las actividades de apertura y cierre de seccionadores para mantenimiento de líneas de media tensión **utilizando carro canasta** en horario diurno y/o nocturno.

2.- ALCANCE.

Área de concesión de la EERSSA Loja.

3. RESPONSABILIDADES

Funcionario	Responsabilidad
Jefe de Cuadrilla	Coordina y ejecuta las órdenes de trabajo entregadas por el ingeniero de operación y mantenimiento Supervisar las actividades del personal a su cargo Controlar el uso adecuado de equipos, herramientas y el uso obligatorio de EPP Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
Liniero 3	Cumplir con las instrucciones de este documento. Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento
Liniero 2	Cumplir con las instrucciones del jefe de Cuadrilla Uso obligatorio de EPP
Chofer	Responsable del buen estado de funcionamiento del vehículo canasta, así como también informar de las necesidades de mantenimiento del mismo. Colaborar con las actividades de señalización del área de trabajo. No conducir el vehículo en estado etílico o bajo el efecto de sustancias psicotrópicas

4.- REQUERIMIENTOS

Personal:	Cantidad (Número)
Jefe de cuadrilla	1
Liniero 3	1
Liniero 2	1
Chofer	1
TOTAL	4 personas

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	APERTURA Y CIERRE DE SECCIONADORES PARA	Fecha:	24/05/2013
	MALLAMIENTOS DE ALIMENTADORES	Página:	1/5

El personal que conforma esta cuadrilla debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben contar con la capacitación y autorización respectiva.
- Deben ser entrenados sobre el correcto uso del equipo y accesorios a utilizar.
- Saber identificar la zona en que se va a trabajar.
- Recibir una charla antes de iniciar las labores, impartida por el jefe de grupo. sobre medidas de seguridad y el trabajo a realizarse.
- Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
- El personal operativo debe estar capacitado en primeros auxilios y RCP: Respiración-Cardio-Pulmonar.
- Contar con la licencia de prevención de Riesgos eléctricos vigente.

Equipos:

	Cantidad
Carro canasta o cesta	1
Escalera telescópica	1
Pinza amperimétrica (Rango: 0-1000 amperios)	1
Conos de señalización	4
Probador de tensión (Rango: 600 – 35000 voltios)	1
Cámara fotográfica	1
Reflectores	2
Pértiga (telescópica de 5 cuerpos)	1
Pértiga de Línea Energizada	1
Puesta a tierra en baja tensión	1
Puesta a tierra de media tensión	

Herramientas:

	Cantidad
Alicates con aislamiento	2
Juego de destornilladores	1
Cabo de servicio	2
Navaja para electricista	1
Sierra	1

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
--	--	---

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	APERTURA Y CIERRE DE SECCIONADORES PARA	Fecha:	24/05/2013
	MALLAMIENTOS DE ALIMENTADORES	Página:	1/5

Juego de Hexágonos	1
Llave francesa	1
Juego de llaves de boca y corona	1
Juego de dados	1
Juego de llaves rache	1
Martillo	1
Brocha	1

Equipos de protección personal EPP:

	Cantidad
• Casco dieléctrico de seguridad con barbiquejo	1 (todo el personal)
• Lámparas Manos Libres (Linterna de casco)	1 (Para c/ Liniero)
• Gafas protectoras	1 (para c/ Liniero)
• Mascarilla	1 (Para c/ Liniero)
• Ropa adecuada para dicho trabajo	1 (todo el personal)
• Chalecos Reflectivos	1 (todo el personal)
• Impermeables de 2 cuerpos	1 (todo el personal)
• Guantes dieléctricos de B/T y M/T	1 (para cada Liniero)
• Guantes de trabajo (Cuero)	1 (para cada Liniero)
• Guantes de Nitrilo (Blanco)	1 (para cada Liniero)
• Guantes de Nitrilo (Negro)	1 (para cada Liniero)
• Zapatos Dieléctricos	1 (par para c/liniero)
• Zapatos Normales de trabajo	1 (par para chofer)
• Botas de caucho	1 (todo el personal)
• Arnés	1 (para cada Liniero)
• Tira de vida	1 (para cada Liniero)
• Línea de vida	1 (para cada Liniero)
• Trepadora (Poste circular)	1 (para cada Liniero)

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	APERTURA Y CIERRE DE SECCIONADORES PARA	Fecha:	24/05/2013
	MALLAMIENTOS DE ALIMENTADORES	Página:	1/5

Sera obligación de todos los integrantes de la cuadrilla conservar limpio y en buen estado el vehículo destinado para realizar maniobras de apertura y cierre de seccionadores, así como también el buen cuidado y protección de su dotación de equipos de protección personal.

6. Disposiciones:

Para la ejecución de los trabajos programados se aplica lo dispuesto en el art. 6 del Reglamento interno de trabajo de la EERSSA, que dice ***“Las disposiciones de trabajo, serán dadas por el respectivo jefe inmediato del trabajador y, en ausencia de éste, por la persona que le reemplace. En casos de emergencia, el Gerente, los Directores de Área y los superintendentes podrán impartir órdenes que fueren necesarias. La negligencia o el desacato será considerado como falta grave”***, para este caso el jefe inmediato es el Ingeniero de Alumbrado Público, y en fines de semana y días feriados será el Ingeniero de Turno.

Maniobras de apertura y cierre de seccionadores para mallar alimentadores

Consideraciones Generales:

Todo trabajo deberá ser realizado utilizando herramientas y equipos de protección en buen estado.

Observación y aplicación de las siguientes técnicas de mantenimiento.

Consideraciones específicas:

El procedimiento que deberán seguir los integrantes de la cuadrilla utilizando carro canasta en la reparación de luminarias es el siguiente:

1. Contar con **el plan de maniobras** elaborado y aprobado por los ingenieros debidamente autorizados.
2. Verificar el lugar donde va a ser ubicado el vehículo
3. Delimitar y señalizar el área de trabajo ubicando los conos de seguridad vial a la distancia establecida (entre 2 y 4 metros), y limitar el acceso peatonal al área de trabajo mediante la ubicación de cintas de peligro.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	APERTURA Y CIERRE DE SECCIONADORES PARA MALLAMIENTOS DE ALIMENTADORES	Versión:	00
		Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/5

4. Estacionar y estabilizar el vehículo
5. Verificar y observar bien el lugar donde se encuentra instalados los seccionadores para determinar qué tipo de líneas y obstáculos se encuentran a su alrededor, para de acuerdo a esto tomar las precauciones correspondientes y utilizar los equipos y herramientas adecuadas.
6. Encontrándose el liniero operador debidamente equipado y preparado en la canastilla, se asciende con todas las precauciones hasta llegar a una altura considerable para que con el uso de la pértiga procede a realizar dicha maniobras.
7. Se informa al centro de control que estamos listos para proceder a realizar dicha maniobra
8. Confirmando al centro de control se realiza la maniobra se avisa que se ha procedido con el primer paso y que se seguirá en forma ordenada los siguientes pasos para que el tablerista anote en bitácora

Las maniobras de cierre y apertura de seccionadores en los mallamientos se realiza con la finalidad de:

- En caso de algún daño se minimiza sectores para que queden sin servicio eléctrico
- Para realizar mantenimiento se pueda abrir los alimentadores

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
--	--	---

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN POSTES	Versión:	00
		Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

1. OBJETIVO

Estandarizar las actividades que se realizan en el mantenimiento de Transformadores en postes de la red de media y baja tensión comprende: revisar y ejecutar los cambios de , conectores de bushing, conectores ranura paralela, cables de bajantes , grapa de línea energizada , empaques, dejando operativo y normal el funcionamiento del transformador para que dar servicio eficiente a los usuarios , éste mantenimiento se ejecutara **utilizando carro canasta** en horario diurno y/o nocturno.

2.- ALCANCE.

Área de concesión de la EERSSA Loja.

3. RESPONSABILIDADES

Funcionario	Responsabilidad
Jefe de Cuadrilla	Coordina y ejecuta las órdenes de trabajo entregadas por el ingeniero de operación y mantenimiento Supervisar las actividades del personal a su cargo Controlar el uso adecuado de equipos, herramientas y el uso obligatorio de EPP Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
Liniero 3	Cumplir con las instrucciones de este documento. Registrar la cantidad de materiales utilizados en las actividades de reparación y mantenimiento de transformadores Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento
Liniero 2	Cumplir con las instrucciones del jefe de Cuadrilla Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento
Chofer	Responsable del buen estado de funcionamiento del vehículo canasta, así como también informar de las necesidades de mantenimiento del mismo. Colaborar con las actividades de señalización del área de trabajo. No conducir el vehículo en estado étílico o bajo el efecto de sustancias psicotrópicas

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN POSTES	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

4.- REQUERIMIENTOS

Personal:	Cantidad (Número)
Jefe de cuadrilla	1
Liniero 3	1
Liniero 2	1
Chofer	1
TOTAL	4 personas

El personal que conforma esta cuadrilla debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben contar con la capacitación y autorización respectiva.
- Deben ser entrenados sobre el correcto uso del equipo y accesorios a utilizar.
- Saber identificar la zona en que se va a trabajar.
- Recibir una charla antes de iniciar las labores, impartida por el jefe de grupo. sobre medidas de seguridad y el trabajo a realizarse.
- Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
- El personal operativo debe estar capacitado en primeros auxilios RCP: Respiración-Cardio-Pulmonar.
- Contar con la licencia de prevención de Riesgos eléctricos vigente.

Equipos:	Cantidad
Carro canasta o cesta	1
Escalera telescópica	1
Pinza amperimétrica (Rango: 0-1000 amperios)	1
Conos de señalización	4
Probador de tensión (Rango: 600 – 35000 voltios)	1
Cámara fotográfica	1
Reflectores	2
Pértiga (telescópica de 5 cuerpos)	1
Pértiga de Línea Energizada	1
Puesta a tierra en baja tensión	1

Herramientas:	Cantidad
----------------------	-----------------

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	Versión:	00
	Fecha:	24/05/2013
	Página:	1/6
MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN POSTES		

Alicates con aislamiento	2
Juego de destornilladores	1
Cabo de servicio	2
Navaja para electricista	1
Taladro	1
Sierra	1
Juego de Hexágonos	1
Llave francesa	1
Juego de llaves de boca y corona	1
Juego de dados	1
Juego de llaves rache	1
Martillo de goma	1
Brocha	1

Materiales:

Aceite dieléctrico, cable para bajantes, conectores ranura paralela, grapa de línea energizada, empaques, guaipe, lienzo. Diluyente, guantes.

Equipos de protección personal EPP:

Cantidad

- Casco dieléctrico de seguridad con barbiquejo 1(todo el personal)
- Lámparas Manos Libres (Linterna de casco) 1(Para c/ Liniero)
- Gafas protectoras 1(para c/ Liniero)
- Mascarilla 1(Para c/ Liniero)
- Ropa adecuada para dicho trabajo 1(todo el personal)
- Chalecos Reflectivos 1(todo el personal)
- Mandil 1(Para c/ Liniero)
- Impermeables de 2 cuerpos 1(todo el personal)
- Guantes dieléctricos de B/T y M/T 1(para cada Liniero)
- Guantes de trabajo (Cuero) 1(para cada Liniero)
- Guantes de Nitrilo (Blanco) 1(para cada Liniero)
- Guantes de Nitrilo (Negro) 1(para cada Liniero)

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN POSTES	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

- Zapatos Dieléctricos 1(par para c/liniero)
- Zapatos Normales de trabajo 1(par para chofer)
- Botas de caucho 1(todo el personal)
- Arnés 1(para cada liniero)
- Cinturón de seguridad 1(para cada Liniero)
- Tira de vida 1(para cada Liniero)
- Línea de vida 1(para cada Liniero)
- Trepadora (Poste circular) 1(para cada Liniero)

Sera obligación de todos los integrantes de la cuadrilla conservar limpio y en buen estado el vehículo destinado para el mantenimiento de transformadores, así como también el buen cuidado y protección de su dotación de equipos de protección personal.

5. Disposiciones:

Para la ejecución de los trabajos programados se aplica lo dispuesto en el art. 6 del Reglamento interno de trabajo de la EERSSA, que dice ***“Las disposiciones de trabajo, serán dadas por el respectivo jefe inmediato del trabajador y, en ausencia de éste, por la persona que le reemplace. En casos de emergencia, el Gerente, los Directores de Área y los superintendentes podrán impartir órdenes que fueren necesarias. La negligencia o el desacato será considerado como falta grave”***, para este caso el jefe inmediato es el Ingeniero de Operación y Mantenimiento, y en fines de semana y días feriados será el Ingeniero de Turno.

Reparación de transformadores en altura utilizando el carro canasta.

Consideraciones Generales:

Todo trabajo deberá ser realizado utilizando herramientas y equipos de protección en buen estado.

Observación y aplicación de las siguientes técnicas de mantenimiento.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN POSTES	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

Consideraciones específicas:

El procedimiento que deberán seguir los integrantes de la cuadrilla utilizando carro canasta en la reparación de transformadores es el siguiente:

1. Contar con el permiso de trabajo respectivo debidamente autorizado. (P- GEGEA-12- F01)
2. Verificar el lugar donde va a ser ubicado el vehículo
3. Delimitar y señalizar el área de trabajo ubicando los conos de seguridad vial a la distancia establecida (entre 2 y 4 metros), y limitar el acceso peatonal al área de trabajo mediante la ubicación de cintas de peligro.
4. Estacionar y estabilizar el vehículo
5. Verificar y observar bien el lugar donde se encuentra instalado el transformador para determinar qué tipo de líneas y obstáculos se encuentran a su alrededor, para de acuerdo a esto tomar las precauciones correspondientes y utilizar los equipos y herramientas adecuadas.
6. Una vez determinada la ubicación del transformador
7. Encontrándose el liniero operador debidamente equipado y preparado en la canastilla, se asciende con todas las precauciones hasta la altura del transformador.
8. Una vez ubicado junto al transformador en primera instancia verificará si están bien las conexiones y si no hay fuga de aceites ,luego medirá voltajes y corrientes ,también verificara las condiciones de los cables de bajantes que conecta a la red de baja tensión
9. Al revisar y encontrar algún problema se procede a informar al ingeniero y al call center que se va a proceder a la desconexión de dicho transformador por un tiempo determinado según la avería
10. Antes de dicha desconexión se informa también a los abonados que se va a suspender el servicio eléctrico por motivo de mantenimiento.
11. Se procede a la desconexión del transformador con la pértiga en baja tensión ,si lo amerita se desconectara en media tensión , para verificar si esta desconectado se tomara lecturas con el volta amperímetro

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
---	---	--

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN POSTES	Versión:	00
		Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

12. Se procede a ajustar conexiones de ser necesario se cambiaran conectores , bajantes y si hay aceite regado con el guaipe y diluyente se procederá a su limpieza
13. Realizado el mantenimiento de dicho transformador se procede a energizarlo nuevamente se verifica voltajes y corrientes para verificar que todo que normal.
14. Se informa al jefe del grupo sobre los materiales utilizados para el informe final de dicha reparación, entregándose el permiso de trabajo terminado según el formato respectivo.
15. Realizar la recolección de residuos generados por las actividades realizadas.

El mantenimiento Preventivo se realiza con la finalidad de:

- Evitar el daño total
- Evitar que exista variaciones de voltajes y por ende quema de electrodomésticos en los domicilios.
- Disminuir el tiempo de intervención de las cuadrillas.
- Mantener un servicio de calidad.
- Llevar un control y estadística de las intervenciones en los transformadores.
- Disminuir costos por la realización del mantenimiento.

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
--	--	---

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	MONTAJE Y DESMONTAJE DE TRANSFORMADOR	Versión:	00
		Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

1. OBJETIVO.

Estandarizar las actividades que se realizan en el montaje de transformadores éste mantenimiento se ejecutara **utilizando carro canasta** en horario diurno y/o nocturno.

2.- ALCANCE.

Área de concesión de la EERSSA Loja.

3. RESPONSABILIDADES

Funcionario	Responsabilidad
Jefe de Cuadrilla	Coordina y ejecuta las órdenes de trabajo entregadas por el ingeniero en el montaje de transformadores Supervisar las actividades del personal a su cargo Controlar el uso adecuado de equipos, herramientas y el uso obligatorio de EPP Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
Liniero 3	Cumplir con las instrucciones de este documento. Revisar las herramientas indispensables para dicho trabajo Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento
Liniero 2	Cumplir con las instrucciones del jefe de Cuadrilla Uso obligatorio de EPP en las tareas de montaje de transformadores
Chofer	Responsable del buen estado de funcionamiento del vehículo canasta, así como también informar de las necesidades de mantenimiento del mismo. Colaborar con las actividades de señalización del área de trabajo. No conducir el vehículo en estado etílico o bajo el efecto de sustancias psicotrópicas

4.- REQUERIMIENTOS

Personal:	Cantidad (Número)
Jefe de cuadrilla	1
Liniero 3	1
Liniero 2	1
Chofer	1
TOTAL	4 personas

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MONTAJE Y DESMONTAJE DE TRANSFORMADOR	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

El personal que conforma esta cuadrilla debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben contar con la capacitación y autorización respectiva.
- Deben ser entrenados sobre el correcto uso del equipo y accesorios a utilizar.
- Saber identificar la zona en que se va a trabajar.
- Recibir una charla antes de iniciar las labores, impartida por el jefe de grupo. sobre medidas de seguridad y el trabajo a realizarse.
- Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
- El personal operativo debe estar capacitado en primeros auxilios y RCP: Respiración-Cardio-Pulmonar.
- Contar con la licencia de prevención de Riesgos eléctricos vigente.

Equipos:

Cantidad

Carro canasta o cesta	1
Escalera telescópica	1
Pinza amperimétrica (Rango: 0-1000 amperios)	1
Conos de señalización	4
Probador de tensión (Rango: 600 – 35000 voltios)	1
Cámara fotográfica	1
Reflectores	2
Pértiga (telescópica de 5 cuerpos)	1
Pértiga de Línea Energizada	1
Puesta a tierra en baja tensión	1

Herramientas:

Cantidad

Alicates con aislamiento	2
Juego de destornilladores	1
Cabo de servicio	2
Navaja para electricista	1
Polipasto	1
Tecele	1

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MONTAJE Y DESMONTAJE DE TRANSFORMADOR	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

Sierra	1
Juego de Hexágonos	1
Llave francesa	1
Juego de llaves de boca y corona	1
Juego de dados	1
Juego de llaves rache	1
Martillo	1
Brocha	1
Estrobos	1
Sunchadora	1

Materiales:

Transformador, grapa de línea energizada, perno, cable para puentes, conectores R/P, cable para bajantes, conductor de Cu para tierra, varilla cooperweld con conector, cinta eriban, binchas

Equipos de protección personal EPP:

Equipos de protección personal EPP:	Cantidad
• Casco dieléctrico de seguridad con barbiquejo	1(todo el personal)
• Lámparas Manos Libres (Linterna de casco)	1(Para c/ Liniero)
• Gafas protectoras	1(para c/ Liniero)
• Mascarilla	1(Para c/ Liniero)
• Ropa adecuada para dicho trabajo	1(todo el personal)
• Chalecos Reflectivos	1(todo el personal)
• Mandil	1(Para c/ Liniero)
• Impermeables de 2 cuerpos	1(todo el personal)
• Guantes dieléctricos de B/T y M/T	1(para cada Liniero)
• Guantes de trabajo (Cuero)	1(para cada Liniero)
• Guantes de Nitrilo (Blanco)	1(para cada Liniero)
• Guantes de Nitrilo (Negro)	1(para cada Liniero)
• Zapatos Dieléctricos	1(par para c/liniero)
• Zapatos Normales de trabajo	1(par para chofer)
• Botas de caucho	1(todo el personal)

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MONTAJE Y DESMONTAJE DE TRANSFORMADOR	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

- Cinturón de Seguridad 1(para cada Liniero)
- Arnés 1(para cada Liniero)
- Tira de vida 1(para cada Liniero)
- Línea de vida 1(para cada Liniero)
- Trepadora (Poste circular) 1(para cada Liniero)

Sera obligación de todos los integrantes de la cuadrilla conservar limpio y en buen estado el vehículo destinado para alumbrado público, así como también el buen cuidado y protección de su dotación de equipos de protección personal.

5. Disposiciones:

Para la ejecución de los trabajos programados se aplica lo dispuesto en el art. 6 del Reglamento interno de trabajo de la EERSSA, que dice ***“Las disposiciones de trabajo, serán dadas por el respectivo jefe inmediato del trabajador y, en ausencia de éste, por la persona que le reemplace. En casos de emergencia, el Gerente, los Directores de Área y los superintendentes podrán impartir órdenes que fueren necesarias. La negligencia o el desacato será considerado como falta grave”***, para este caso el jefe inmediato es el Ingeniero de Alumbrado Público, y en fines de semana y días feriados será el Ingeniero de Turno.

Montaje de Transformadores

Consideraciones Generales:

Todo trabajo deberá ser realizado utilizando herramientas y equipos de protección en buen estado.

Observación y aplicación de las siguientes técnicas de mantenimiento.

Consideraciones específicas:

El procedimiento que deberán seguir los integrantes de la cuadrilla utilizando carro canasta en el montaje de transformadores

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	Versión:	00
	MONTAJE Y DESMONTAJE DE TRANSFORMADOR	
	Fecha:	24/05/2013
	Página:	1/6

1. Contar con el permiso de trabajo respectivo debidamente autorizado. (P- GEGEA-12- F01)
2. Verificar el lugar donde va a ser ubicado el vehículo
3. Delimitar y señalizar el área de trabajo ubicando los conos de seguridad vial a la distancia establecida (entre 2 y 4 metros), y limitar el acceso peatonal al área de trabajo mediante la ubicación de cintas de peligro.
4. Estacionar y estabilizar el vehículo
5. Verificar y observar bien el lugar donde se encuentra instalado el transformador con averiada, para determinar qué tipo de líneas y obstáculos se encuentran a su alrededor, para de acuerdo a esto tomar las precauciones correspondientes y utilizar los equipos y herramientas adecuadas.
6. Encontrándose el liniero operador debidamente equipado y preparado en la canastilla, se asciende con todas las precauciones hasta la altura del transformador primeramente para desmontar el transformador con avería para posteriormente montar el nuevo transformador
7. Una vez ubicado junto al transformador se verifica la ausencia de tensión con el voltaamperímetro
8. El liniero operador desconectara la conexión en media tensión con la pértiga de línea energizada
9. Ya sin tensión el transformador procederá a desconectar todos los cables que están conectados al mismo
10. Realizado este trabajo solicitara los estrobos para asegurar el transformador para su respectivo desmontaje
11. Ya en el piso se lo asegura en el vehículo y se procede a asegurar el otro transformador para su ascenso a la estructura.
12. Ya colocado el transformador en el sitio se conectan los conductores y en caso de que estén en mal estado se colocaran conductores y conectores nuevos.
13. Realizado el montaje del transformador se verifica por mediciones eléctricas de corrientes en los bushing de BT, observando que se encuentren dentro

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
---	---	--

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MONTAJE Y DESMONTAJE DE TRANSFORMADOR	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

de los parámetros de operación adecuados, el liniero operador desciende con la canastilla y se despoja de EPP, los materiales y equipos.

14. Se registran los datos tanto del transformador nuevo como del viejo para proceder a realizar la ficha de actualización
15. Realizar la recolección de residuos generados por las actividades realizadas

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



INSTRUCTIVO DE TRABAJO

Código: I-GEOPE-01

Versión: 00

MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO

Fecha: 24/05/2013

Página: 1/6

1. OBJETIVO.

Estandarizar las actividades que se realizan en el mantenimiento de luminarias que comprende: revisar y hacer los cambios de , lámparas , balastos , empaques, condensadores , ignitores, cables , difusores, fotocelda y demás componentes de la luminaria, dejando operativa la luminaria, éste mantenimiento se ejecutara **utilizando carro canasta** en horario diurno y/o nocturno.

2.- ALCANCE.

Área de concesión de la EERSSA Loja.

3. RESPONSABILIDADES

Funcionario	Responsabilidad
Jefe de Cuadrilla	Coordina y ejecuta las órdenes de trabajo entregadas por el ingeniero de alumbrado público Supervisar las actividades del personal a su cargo Controlar el uso adecuado de equipos, herramientas y el uso obligatorio de EPP Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
Liniero 3	Cumplir con las instrucciones de este documento. Registrar la cantidad de materiales utilizados en las actividades de reparación y mantenimiento de luminarias Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento
Liniero 2	Cumplir con las instrucciones del jefe de Cuadrilla Uso obligatorio de EPP en las tareas de reparación y mantenimiento
Chofer	Responsable del buen estado de funcionamiento del vehículo canasta, así como también informar de las necesidades de mantenimiento del mismo. Colaborar con las actividades de señalización del área de trabajo. No conducir el vehículo en estado etílico o bajo el efecto de sustancias psicotrópicas

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

4.- REQUERIMIENTOS

Personal:	Cantidad (Número)
Jefe de cuadrilla	1
Liniero 3	1
Liniero 2	1
Chofer	1
TOTAL	4 personas

El personal que conforma esta cuadrilla debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben contar con la capacitación y autorización respectiva.
- Deben ser entrenados sobre el correcto uso del equipo y accesorios a utilizar.
- Saber identificar la zona en que se va a trabajar.
- Recibir una charla antes de iniciar las labores, impartida por el jefe de grupo. sobre medidas de seguridad y el trabajo a realizarse.
- Designar funciones a cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.
- El personal operativo debe estar capacitado en primeros auxilios y RCP: Respiración-Cardio-Pulmonar.
- Contar con la licencia de prevención de Riesgos eléctricos vigente.

Equipos:	Cantidad
Carro canasta o cesta	1
Escalera telescópica	1
Pinza amperimétrica (Rango: 0-1000 amperios)	1
Conos de señalización	4
Probador de tensión (Rango: 600 – 35000 voltios)	1
Cámara fotográfica	1
Reflectores	2
Pértiga (telescópica de 5 cuerpos)	1
Pértiga de Línea Energizada	1
Puesta a tierra en baja tensión	1

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

Herramientas:	Cantidad
Alicates con aislamiento	2
Juego de destornilladores	1
Cabo de servicio	2
Navaja para electricista	1
Taladro	1
Sierra	1
Juego de Hexágonos	1
Llave francesa	1
Juego de llaves de boca y corona	1
Juego de dados	1
Juego de llaves rache	1
Martillo	1
Brocha	1

Materiales:

Accesorios eléctricos, lámparas, balastos, condensadores, ignitores, cable, foto celdas, borneras, guaípe, cinta aislante, base para foto celda, boquillas, lienzo.

Equipos de protección personal EPP:	Cantidad
• Casco dieléctrico de seguridad con barbiquejo (cuadrilla)	1(c/u del personal de cuadrilla)
• Lámparas Manos Libres (Linterna de casco)	1(Para c/ Liniero)
• Gafas protectoras	1(para c/ Liniero)
• Mascarilla	1(Para c/ Liniero)
• Ropa adecuada para dicho trabajo	1(todo el personal)
• Chalecos Reflectivos	1(todo el personal)
• Mandil	1(Para c/ Liniero)
• Impermeables de 2 cuerpos	1(todo el personal)
• Guantes dieléctricos de B/T y M/T	1(para cada Liniero)

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
		Versión:	00
	MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO	Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

- Guantes de trabajo (Cuero) 1(para cada Liniero)
- Guantes de Nitrilo (Blanco) 1(para cada Liniero)
- Guantes de Nitrilo (Negro) 1(para cada Liniero)
- Zapatos Dieléctricos 1(par para c/liniero)
- Zapatos Normales de trabajo 1(par para chofer)
- Botas de caucho 1(todo el personal)
- Arnés 1(para cada Liniero)
- Tira de vida 1(para cada Liniero)
- Línea de vida 1(para cada Liniero)
- Trepadora (Poste circular) 1(para cada Liniero)

Sera obligación de todos los integrantes de la cuadrilla conservar limpio y en buen estado el vehículo destinado para alumbrado público, así como también el buen cuidado y protección de su dotación de equipos de protección personal.

5. Disposiciones:

Para la ejecución de los trabajos programados se aplica lo dispuesto en el art. 6 del Reglamento interno de trabajo de la EERSSA, que dice ***“Las disposiciones de trabajo, serán dadas por el respectivo jefe inmediato del trabajador y, en ausencia de éste, por la persona que le reemplace. En casos de emergencia, el Gerente, los Directores de Área y los superintendentes podrán impartir órdenes que fueren necesarias. La negligencia o el desacato será considerado como falta grave”***, para este caso el jefe inmediato es el Ingeniero de Alumbrado Público, y en fines de semana y días feriados será el Ingeniero de Turno.

Reparación de luminarias utilizando el carro canasta.

Consideraciones Generales:

Todo trabajo deberá ser realizado utilizando herramientas y equipos de protección en buen estado.

Observación y aplicación de las siguientes técnicas de mantenimiento.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO	Versión:	00
		Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

Consideraciones específicas:

El procedimiento que deberán seguir los integrantes de la cuadrilla utilizando carro canasta en la reparación de luminarias es el siguiente:

1. Contar con el permiso de trabajo respectivo debidamente autorizado. (P-GEGEA-12- F01)
2. Verificar el lugar donde va a ser ubicado el vehículo
3. Delimitar y señalizar el área de trabajo ubicando los conos de seguridad vial a la distancia establecida (entre 2 y 4 metros), y limitar el acceso peatonal al área de trabajo mediante la ubicación de cintas de peligro.
4. Estacionar y estabilizar el vehículo
5. Verificar y observar bien el lugar donde se encuentra instalada la luminaria averiada, para determinar qué tipo de líneas y obstáculos se encuentran a su alrededor, para de acuerdo a esto tomar las precauciones correspondientes y utilizar los equipos y herramientas adecuadas.
6. Una vez determinada la potencia de la luminaria, se procede a abastecerse de los accesorios correspondientes.
7. Encontrándose el liniero operador debidamente equipado y preparado en la canastilla, se asciende con todas las precauciones hasta la altura de la luminaria para su reparación.
8. Una vez ubicado junto a la luminaria, en primera instancia verificará voltajes con el voltaamperímetro.
9. Revisará conexiones, de ser necesario ajustará o hará nuevas.
10. Se determinará la causa de la avería de la luminaria.
11. Determinada la causa de la avería se debe siempre desenergizar la luminaria.
12. Procederá al cambio del accesorio(s) dañado(s), y realizará la limpieza respectiva de la luminaria.
13. En caso de encontrarse con algún peligro eminente con líneas calientes de M/T se bajará la luminaria para hacer el arreglo a nivel del piso o en el laboratorio.

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martín SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
---	---	--

	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	Código:	I-GEOPE-01
	MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO	Versión:	00
		Fecha:	24/05/2013
		Página:	1/6

14. Reparada la luminaria se procede a energizarla y se comprueba que esta quede en perfectas condiciones de funcionamiento para la satisfacción de los peatones y conductores.
15. Los materiales utilizados en el mantenimiento deben ser nuevos y observar que no estén deteriorados al momento de su instalación.
16. Realizada la reparación de la luminaria se verifica por mediciones eléctricas de corrientes en la luminaria, de acuerdo a la potencia de la misma, observando que se encuentren dentro de los parámetros se desciende con la canastilla y se despoja de EPP, los materiales y equipos.
17. Se informa al jefe del grupo sobre los materiales utilizados para el informe final de dicha reparación, entregándose el permiso de trabajo terminado según el formato respectivo.
18. Realizar la recolección de residuos generados por las actividades realizadas.

El mantenimiento Preventivo se realiza con la finalidad de:

- Evitar el daño total de los componentes de la luminaria.
- Disminuir el tiempo de intervención de las cuadrillas.
- Mantener un mejor control de las luminarias.
- Mantener el alumbrado eficaz y eficiente.
- Llevar un control y estadística de las intervenciones en las luminarias.
- Disminuir costos por la realización del mantenimiento.

Elaborado por: Sr. Manuel Silva JEFE DE CUADRILLA	Revisado por: Ing. Nelson San Martin SUPERINTENDENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Aprobado por: Ing. Héctor Salcedo GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
--	--	---

VI. CONCLUSIONES

6.1. CONCLUSIONES.

- ✓ En el mantenimiento de instalaciones eléctricas la persona que intervenga, debe tener conocimiento técnico y de seguridad industrial.
- ✓ En el mantenimiento de instalaciones eléctricas la persona que intervenga, tiene que estar autorizado por la EERSSA para ejecutar el trabajo asignado.
- ✓ En el mantenimiento de instalaciones eléctricas la persona que intervenga, debe tener conocimiento de primeros auxilios y especialmente en la técnica de respiración artificial y externo.
- ✓ Un alto porcentaje de accidentes eléctricos de terceros han sido provocados por la manipulación de varillas de construcción, alambres, tubos, palos, y otros elementos cerca de las líneas de media tensión.
- ✓ Para realizar trabajos en líneas de tensión, es necesario que se respeten las distancias de seguridad entre las edificaciones y otras instalaciones a las líneas de suministro eléctrico.
- ✓ Un sistema de puesta a tierra, establece la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. RECOMENDACIONES.

- ✓ Toda persona que intervenga en operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas, debe:
 - a) Tener una credencial que acredite su conocimiento técnico y de seguridad industrial conforme a su especialización y a la actividad que va a realizar;
 - b) Estar autorizado por la empresa o institución en la cual presta sus servicios para ejecutar el trabajo asignado; y,
 - c) Estar formado en la aplicación correcta de los primeros auxilios y especialmente en la técnica de respiración artificial y masaje cardíaco externo.
- ✓ Todo trabajo que se realice en una instalación eléctrica se efectuará en presencia y bajo la dirección de un técnico designado por la EERSSA o institución responsable.
- ✓ El personal que realice trabajos en instalaciones eléctricas dispondrá:
 - a) De un medio que asegure una eficaz comunicación con el centro de maniobras; y,
 - b) De vehículo de transporte diseñado de manera que los materiales, equipos y herramientas vayan separados del personal, el cual debe viajar cómodamente sentado dentro de una cabina.
- ✓ Se colocarán barreras protectoras o cualquier medio de señalización eficiente que delimite o indique el lugar de trabajo en forma clara y completamente visible;

- ✓ Se debe tener en cuenta que a efectos de seguridad las líneas aéreas montadas sobre los mismos postes o estructuras, en todo o en parte de su recorrido, se considerarán como de igual tensión a la de la más elevada.
- ✓ Si se interviene en instalaciones sin tensión, se dispondrá de esquemas de la instalación en los que se indique claramente los puntos de corte de la corriente.
- ✓ Es muy importante e indispensable que todos los técnicos que realizan trabajos en líneas de baja, media o alta tensión; sin excepción alguna sigan al pie de la letra todos los procedimientos de seguridad descritos en el presente y en los reglamentos internos de la EERSSA.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

8.1. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS

- [1]. Diseño y Dimensionamiento de las Instalaciones Eléctricas. 5º Edición.
Arqta. Silvia del Valle Collavino. Edit. Praia.
- [2]. Reglas y Criterios de la Instalación Eléctrica. 4º Edición. Arqta. Silvia del Valle Collavino. Edit. Praia.
- [3]. Casas Ospina, Favio.: "Tierras soporte de la seguridad eléctrica".
Editorial: Seguridad eléctrica Ltda., Colombia, 2008.
- [4]. Conde, P. L., & Montaña, M. T. (2004). *DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO AMBIENTAL*. Loja.
- [5]. WENNER, F. A Method of Measuring Earth Resistivity. Scientific Paper of the Bureau of Standards No. 258. (1915) pp. 469.
- [6]. Zapatero, I. E. (2009). Normas técnicas para Instalaciones eléctricas. Colombia: Don Bosco.

TESIS CONSULTADAS.

- [7]. MANUAL DE TÉCNICAS EN MEDICIONES DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.- 2000- Tesis de grado. Universidad de la Salle, Santafé de Bogotá.

PAPERS DE INTERÉS

- [8]. A comparison of IEC479-1 and IEEE Std 80 on grounding safety criteria,
C.H. LEE and A. P. SAKIS MELIOPOULOS.

- [9].ANSI/IEEE Std. 80: 1986, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- [10]. IEEE Practice for Grounding of Industrial Power Systems, IEEE Green book, Std.141-1993.
- [11]. IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment, IEEE Std 1100-1999.
- [12]. IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, Standard 42-1991
- [13]. IEEE Standards Interpretation for IEEE Std 80-1986. www.ieee.org Oct. 2002.
- [14]. Norma Iram 2281: Código de Práctica para Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos.
- [15]. Norma Iram 2309 y 23150: Materiales para Puesta a Tierra.
- [16]. Norma ANSI / IEEE Std. 142-1991: Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.

PÁGINAS WEB DE INTERÉS

- [17]. Muestreo de Puestas a Tierra. Disponible en:
<http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/elmuestreo.pdf>
- [18]. Aproximación a un Sistema de Puesta a Tierra, European Copper Institute, Disponible en:
<http://www.eurocopper.org>
- [19]. Evaluación de Sistemas de Puesta a Tierra. Disponible en:

<http://www.scribd.com/doc/16835086/Evaluacion-de-Sistemas-de-Puesta-a-Tierra-en-Sistemas-de-Distribucion>

[20]. Medición de Puestas a Tierra. Disponible en:

<http://www.voltimum.es/catalog/fam/REE-/101/105/REE-ITC18/fam/Puesta-a-tierra ITC-BT-18.html>.

IX. ANEXOS

9.1. ANEXO A

**NORMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN MEDIA
Y ALTA TENSIÓN DE LA EERSSA**

9.2. ANEXO B

PROYECTO