

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS  
FACULTADES DE VETERINARIA Y AGRONOMÍA DE LA UCV**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. González M., Juan C.  
para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2013

## TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

### **DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FACULTADES DE VETERINARIA Y AGRONOMÍA DE LA UCV**

Prof. Guía: Ing. Nerio Ojeda  
Tutor Industrial: Ing. Alfredo Flores

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. González M., Juan C.  
para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2013

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN


Caracas, 06 de noviembre de 2013

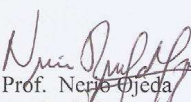
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Juan C. González M., titulado:

### “DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FACULTADES DE VETERINARIA Y AGRONOMÍA DE LA U.C.V.”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención Potencia, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Rafael Malpica  
Jurado

  
Prof. José Benavides  
Jurado

  
Prof. Nerio Ojeda  
Prof. Guía

## **DEDICATORIA**

A DIOS por darme aguante y fortaleza. A mis padres y hermano por ayudarme, apoyarme, estar siempre presente y confiar en mí. A mi familia y amigos que me ayudaron y apoyaron.

DIOS los bendiga.

## **AGRADECIMIENTOS**

El más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

Ing. Digna Bolívar, CORPOELEC-Aragua.

Ing. Alfredo Flores, departamento de Servicios Generales UCV-Maracay.

Ing. Rogelio Sandoval, CORPOELEC-Aragua.

Ing. Rubén Hernández, CORPOELEC-Aragua.

Ing. Simón Capriles, CORPOELEC-Aragua.

Ing. Luís Agras, CORPOELEC-Aragua

Decano Leonardo Taylhardat, Facultad de Agronomía

Prof. e Ing. Luís Cedeño, UNEFA-Núcleo Maracay

Muchas gracias.

**González M., Juan C.**

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS  
FACULTADES DE VETERINARIA Y AGRONOMÍA DE LA UCV**

**Prof. Guía: Nerio Ojeda, Tutor Industrial: Ing. Alfredo Flores. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Potencia. Institución: Facultad de Ciencias Veterinaria y Facultad de Agronomía U.C.V. 2013. 85 h. + anexos.**

**Palabras Claves:** Diagnóstico; Sistema de Distribución; Agronomía; Ciencias Veterinaria; Coordinación de Protecciones; Coordinación de Aislamiento; Sistema de Puesta Tierra.

**Resumen.** Se plantea el diagnóstico del sistema de distribución de las Facultades de Ciencias Veterinaria y Agronomía en el nivel de media tensión de 13,8 kV, el cual presenta deficiencias significativas a consecuencias del deterioro de sus instalaciones eléctricas por falta de mantenimiento preventivo como correctivo del sistema. En este diagnóstico se realizaron estudios de: la situación actual del sistema, demanda de las edificaciones, coordinación de las protecciones, revisión de la coordinación del aislamiento, estudio del sistema de puesta tierra y por último se establecen las modificaciones acorde a la situación actual y futura del sistema. El presente proyecto se fundamentó en una investigación de campo de tipo descriptivo y explicativo.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONSTANCIA DE APROBACIÓN</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>LISTA DE GRÁFICAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>XII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>20</b>
<b>1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>21</b>
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	<b>21</b>
2.1 Sistema de distribución .....	21
2.2 Demanda de las edificaciones [5] .....	31
2.3 Coordinación de protecciones del sistema de distribución .....	32
2.4 Coordinación de aislamiento.....	41
2.5 Sistema puesta a tierra (SPAT) .....	47
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>53</b>
<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>53</b>
3.1 Método de investigación .....	53
3.2 Pasos de la investigación.....	53

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>56</b>
<b>4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
4.1 Características del sistema eléctrico de distribución de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV.....	56
4.2 Demanda de las edificaciones del sistema de distribución eléctrica UCV-Maracay .....	61
4.3 Análisis de la situación actual del sistema de distribución .....	64
4.4 Realización de la coordinación de protección del sistema.....	65
4.5 Revisión de la coordinación de aislamiento.....	68
4.6 Realización del estudio de los sistemas de puesta a tierra (SPAT) del circuito UCV-Maracay.....	71
4.7 Propuestas para la realización de modificaciones acorde a la situación actual y futura del sistema .....	72
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>82</b>



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de fallas [3] .....	29
Tabla 2. BIL y CWW para equipos de distribución (*Para los transformadores: otros equipos pueden tener diferentes CWW) [8].....	44
Tabla 3. Longitud aproximada de la red de distribución .....	57
Tabla 4. Características técnicas del reconfigurador NOYA POWER .....	59
Tabla 5. Transformadores (kVA) Circuito UCV-Maracay .....	61
Tabla 6. Niveles de cortocircuito y corriente de plena carga donde están ubicados los fusibles en el circuito UCV-Maracay.....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del Sistema de Distribución .....	22
Figura 2. Naturaleza de la demanda eléctrica [5].....	32
Figura 3. Tipos de reconectores [6].....	38
Figura 4. Fusible para red de distribución aérea .....	39
Figura 5. Impulso estándar de onda de prueba de tensión de IEEE Std. 4-1995 [8]..	44
Figura 6. Elementos de un sistema de puesta tierra .....	51
Figura 7. Esquema de conexión para el método de caída de potencial.....	52
Figura 8. Reconector NOJA POWER campus de la UCV-Maracay .....	59
Figura 9. Partes del reconector .....	60

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Perfil de cargas del circuito UCV-Maracay en kVA, abarca las fechas desde 17/02/2012 hasta 30/08/2012.....	62
Gráfica 2. Perfil de cargas del circuito UCV-Maracay en kW, abarca las fechas desde 17/02/2012 hasta 30/08/2012.....	63
Gráfica 3. Perfil de cargas del circuito UCV-Maracay en kVAR, abarca las fechas desde 17/02/2012 hasta 30/08/2012.....	63
Gráfica 4. Coordinación Reconectador-Fusible, monofásico (método de trazado de curvas).....	67
Gráfica 5. Nueva coordinación Reconectador-Fusible, monofásico (método de trazado de curvas) .....	77

## ABREVIATURAS

<b>A</b>	Amperio
<b>A.T.</b>	Alta Tensión
<b>ANSI</b>	American National Institute
<b>Av.</b>	Avenida
<b>BIL</b>	Basic lightning impulse insulation level
<b>BSL</b>	Basic switching impulse insulation level
<b>CADAFE</b>	Compañía de Administración y Fomento Eléctrico
<b>CENIA</b>	Centro Nacional de Investigación Agraria
<b>CWW</b>	Chopped wave withstand
<b>FOW</b>	Front of wave protection level
<b>Hz</b>	Hertz
<b>I</b>	Intensidad
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IPP-APUCV</b>	Instituto de Previsión del Profesorado –Asociación de Profesores de la Universidad Central de Aragón
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>km</b>	Kilómetro
<b>kVA</b>	Kilo Voltio Amper
<b>kVAR</b>	Kilo Voltio Amper Reactivo
<b>kW</b>	Kilo Watt
<b>LPL</b>	Lightning impulse protective level
<b>M.T.</b>	Media Tensión
<b>MCOV</b>	Maximum Continuous Operating Voltage
<b>mm</b>	Milímetro
<b>ms</b>	Milisegundo
<b>NA</b>	Normalmente Abierto
<b>S/E</b>	Sub Estación
<b>SPAT</b>	Sistema de Puesta a Tierra
<b>SPL</b>	Switching impulse protective level
<b>UCV</b>	Universidad Central de Venezuela
<b>V</b>	Voltio
<b>μs</b>	Microsegundo

## **INTRODUCCIÓN**

Breve reseña histórica de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV:

### **Facultad de Ciencias Veterinaria**

La creación de la Escuela superior de Veterinaria se da como hecho el 14 de abril de 1937. Durante el transcurso de 1950 ocurre el traslado de la Facultad de Medicina Veterinaria, desde la ciudad de Caracas a la hacienda El Limón y La Trinidad, en la ciudad de Maracay, estado Aragua. En la segunda quincena de septiembre se completa el traspaso de la Facultad. El traslado no tiene fecha fija porque fue producido por etapas, contándose la segunda quincena de septiembre pues es la fecha cuando comienzan las autoridades de la facultad a ejercer su mandato en las nuevas instalaciones y por aprovechar el inicio de actividades del año académico.

Hoy en día la Facultad de Ciencias Veterinaria constituye una de las dependencias de la Universidad Central de Venezuela, cuyo fin es el de realizar actividades y funciones docentes, de investigación y extensión en el campo de la medicina veterinaria.

### **Facultad de Agronomía**

En la resolución del 13 de octubre de 1937, fue creada la Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia, adscrita al Ministerio de Agricultura y Cría, estando

ubicada en la Hacienda Sosa a 5 km Caracas, lugar donde comienza a laborar la Estación Experimental de Agricultura y Zootecnia del Distrito Federal.

Hacia fines de 1940, por efecto de la presión urbanística que vivía Caracas, es trasladada a Maracay, a las haciendas El Limón y la Trinidad. Luego es adscrita a la Universidad Central de Venezuela, denominándose Facultad de Ingeniería Agronómica. En el año de 1945, mediante la promulgación del estatuto orgánico de las universidades nacionales. Pero es en el año de 1948, cuando también viene a formar parte de la administración de la Universidad Central de Venezuela.

La Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela es una institución de educación superior cuyo propósito fundamental es contribuir al desarrollo agroambiental, mediante la formación integral y especializada de profesionales, con el fin de desarrollar una agricultura sostenible, que contribuya a satisfacer las necesidades agroalimentarias y ambientales.

Estas dos facultades de la Universidad Central de Venezuela, ubicadas en la ciudad de Maracay, estado Aragua, cuentan con una extensión aproximadamente de 208 hectáreas de terreno ubicadas en el Distrito Girardot de la mencionada ciudad. Su sistema de red eléctrico de distribución es aproximadamente un poco más de 23 km de longitud hasta la subestación más cercana y con un consumo estimado de 3 MVA, información suministrada por la empresa de servicio eléctrico CORPOELEC-Aragua.

El sistema de red eléctrico de distribución que suministra la energía al Campus de Maracay de la Universidad Central de Venezuela conformado por las Facultades de Ciencias Veterinaria y Agronomía, presentan un deterioro significativo

en sus instalaciones eléctricas en el nivel de media tensión; este problema ha estado presente desde hace un tiempo, interrumpiendo las actividades de las facultades.

El trabajo que se presenta a continuación realiza un diagnóstico de la situación real del sistema eléctrico en el campus universitario. Abarcando temas como: características de la red eléctrica, demanda del campus, situación actual del sistema, las protecciones presentes en el sistema, revisión de la coordinación del aislamiento, estudio de los sistemas de puesta tierra del circuito y por ultimo propuestas se establecen propuestas para mejorar la condición actual del sistema.

# **CAPÍTULO I**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Atendiendo a la necesidad de solventar los problemas existentes en el servicio eléctrico de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria, instituciones que constituyen el campus de la Universidad Central de Venezuela en la ciudad de Maracay-Edo. Aragua, se optó por efectuar un diagnóstico del sistema eléctrico de distribución en los niveles de media tensión de 13,8 kV para determinar las causas, con la finalidad de establecer luego las medidas o acciones pertinentes a aplicar para corregir la problemática existente, ya que presenta constantes cortes en el suministro eléctrico, el cual trae como consecuencia que las actividades en el campus se vean afectadas.

La Facultad de Agronomía y la Facultad de Ciencias Veterinaria son instituciones que dependen para sus actividades del buen desempeño del servicio eléctrico.

Por las razones antes expuestas, nace una importante pregunta: ¿Cuál es el estado actual del sistema de distribución en los niveles de tensión de 13,8 kV de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria?. La presente investigación tiene como objetivo responder esta interrogante, mediante el desarrollo de una metodología de revisión, diagnóstico y análisis, que a su vez no solo permitirá responder la interrogante, sino también los objetivos planteados que conforman el trabajo de grado.



## 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las Facultades de Ciencias Veterinaria y Agronomía de la Universidad Central de Venezuela ubicadas en la ciudad de Maracay, estado Aragua, presentan un deterioro significativo en su sistema de distribución que suministra electricidad, todo esto es consecuencia por falta de mantenimiento tanto correctivo y preventivo, y además por condición de obsolescencia y adecuación del sistema. Este problema se ha presentado desde hace un tiempo, interrumpiendo las actividades del campus universitario y afectando a casi 2200 personas entre estudiantes, profesores, personal administrativo y obreros que estudian y laboran en la institución.

Las instalaciones afectadas están conformadas por las siguientes infraestructuras:

- Facultad de Ciencias Veterinaria:

Edificaciones Zona Central (Decanato, Dirección, Administración, Auditorio.

Edificaciones Salud Pública.

Edificios de aulas (Docencia) – Postgrado.

Hospital Veterinario.

Laboratorio de la Industria de la Carne.

- Facultad de Agronomía:

Edificaciones Zona Central (Decanato, Dirección de Escuela, Administración, Compras, Biblioteca, Central Telefónica, Servicio Comunitario, Aulas, Centro de Estudiantes, Biblioteca Virtual, Auditorio 06, Cafetín).

Edificaciones Instituto de Edafología, Auditorio 07.

Edificaciones del Instituto de Ingeniería Agrícola (Física, Matemática, Mecanización, Riego, Climatología, Estadística, Dibujo, Planta de Biogás ubicada en Sección de Porcinos).

Edificaciones Instituto de Botánica (Aulas de Docencia, Ecología, Herbario, Biblioteca, Fitopatología).

Edificaciones del Instituto y de Agronomía.

Edificaciones del Instituto de Producción Animal (Aulas de Docencia, Laboratorio Metabolismo, Sección de Porcinos, Sección de Bovinos, Sección de Ovinos y Caprinos, Sección de Aves).

Edificaciones del Departamento de Química en la Zona Central.

Edificaciones del Instituto de Química y Tecnología.

- Obras Comunes:

Departamento de Cultura.

Departamento de Áreas Deportivas.

Departamento de Seguridad.

Departamento de Transporte.

Departamento de OBE, Servicio Médico y Odontológico.

IPP-APUCV.

El croquis del campus universitario se puede ver en el anexo 8.

Se requiere el planteamiento de una propuesta que solvente tal situación, ya que las actividades de docencia, investigación, extensión y servicio comunitario de la institución que se realizan en esos espacios se ven muy afectadas por los cortes de electricidad, provocados por las condiciones mencionadas.

Esta propuesta será utilizada como base por el Departamento de Servicio Generales, para solicitar partidas presupuestarias a los entes pertinentes.

El aporte y la importancia que tiene este trabajo es dar a conocer la situación actual del sistema de distribución eléctrica en el campus de la UCV. Esta información tendrá la función de presentar soluciones lo más acertadas posibles, para solventar la problemática.

Este diagnóstico le permitirá a las instituciones que conforman el campus de la UCV en Maracay, tener una visión más clara de cuáles son los factores determinantes de la situación actual del sistema de distribución. Así mismo, el trabajo servirá como una base para otros estudiantes que quieran continuar con el tema objeto de estudio.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Diagnosticar el sistema de distribución en 13,8 kV de las Facultades de Veterinaria y Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un levantamiento de información.
- Identificar las características del sistema eléctrico de distribución de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV.
- Determinar la demanda de las edificaciones del campus en Maracay.
- Analizar la situación actual del sistema de distribución.
- Realizar la coordinación de protecciones del sistema.
- Revisar la coordinación de aislamiento de la red.
- Realizar el estudio de los sistemas puesta a tierra del sistema.
- Proponer las modificaciones acorde a la situación actual y futura del sistema.

## **CAPÍTULO II**

### **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

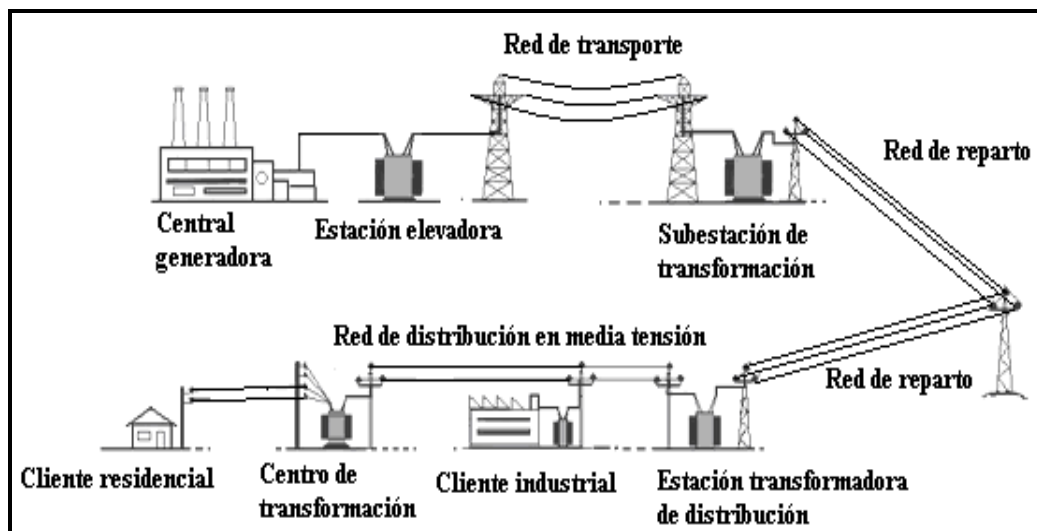
#### **2.1 Sistema de distribución**

Es la parte del sistema de potencia, formado por un conjunto de dispositivos desde 120 V, hasta tensiones de 34,5 kV, que permite el transporte de energía eléctrica desde la barra de una subestación de distribución (donde termina la transmisión o subtransmisión), hasta el punto de consumo [1].

Esta constituido por una red primaria y una secundaria. La red primaria toma la energía de la barra de baja tensión de la subestación transformadora y la reparte a los primarios de los transformadores de distribución, en estas redes se establecen seccionadores de interconexión, maniobrados manualmente, para transferir secciones de línea (carga) en caso de emergencia o mantenimiento. La red secundaria de distribución esta comprendida entra las salidas de baja tensión de los transformadores y las acometidas de los usuarios [1].

El sistema de distribución incluye todas las instalaciones hasta 34,5 kV, se origina en las salidas de una subestación de producción 115/34,5 y 13,8 kV y termina en el sistema de mediciones del cliente [1].

En otra definición tenemos como concepto de sistema de distribución: un conjunto de elementos encargados de suministrar la energía desde una subestación de potencia hasta el usuario [2].



**Figura 1. Esquema del Sistema de Distribución**

### **2.1.1 Función de un sistema de distribución [2]**

La función de la red de distribución es tomar de la fuente la energía eléctrica en bloque y distribuirla a los usuarios en los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos. Las tensiones de distribución generalmente utilizadas por CADAFE son 34,5 kV y 13,8 kV.

Los sistemas de distribución se presentan en varias configuraciones: radial, anillo cerrado, anillo abierto. La configuración que generalmente presentan los circuitos de CADAFE es radial, pero los mismos se interconectan por medio de seccionadores de operación normalmente abiertos (NA).

### **2.1.2 Estructura de un circuito de distribución: Definiciones [2]**

Un circuito de distribución esta compuesto por los siguientes elementos:

Subestación de distribución: son en general subestaciones reductoras de tensión de la cual derivan los alimentadores de distribución. Las relaciones de transformación que manejan las subestaciones de distribución de CADAFE son en su gran mayoría 115 / 34,5 /13,8 kV y 34,5 / 13,8 kV.

Alimentadores de distribución: es todo el circuito eléctrico que transmite la energía desde la subestación de distribución hasta los puntos de consumo.

Circuito primario: es la parte del alimentador que opera en la misma tensión que la barra secundaria de la subestación de distribución (generalmente 13,8 kV).

Circuito secundario: es la parte del alimentador de distribución que opera en baja tensión desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los suscritores.

Troncal del alimentador: se define como troncal de un circuito o alimentador de distribución a la ruta o camino de mayor kVA de carga por metro lineal de recorrido.

Ramal del alimentador: es una derivación directa, trifásica o bifásica del circuito troncal y se entiende por las rutas secundarias de una zona o sector.

### **2.1.3 Clasificación de los sistemas de distribución [2]**

En función de su construcción estos se pueden clasificar en: sistemas aéreos, subterráneos y mixtos.

Los sistemas aéreos se caracterizan por su sencillez y economía, razón por la cual su utilización esta muy generalizada. Se emplean principalmente para carga residencial, comercial e industrial. Están constituidos por transformadores de distribución, cuchillas pararrayos, cortacorrientes (fusibles), conductores, etc. Los cuales se instalan en poste o estructuras de distintos materiales.

La configuración mas sencilla para los sistemas aéreos es del tipo arbolar, la cual consiste en conductores desnudos de calibre grueso en el principio de la línea y de menor calibre en las derivaciones a servicios o al final de la línea. Los movimientos de carga se llevan a cabo con juego de cuchillas de operación con carga, que son instaladas de manera conveniente para efectuar maniobras tales como: trabajos de emergencia, ampliación de sistemas, conexión de nuevos servicios, etc.

### **2.1.4 Calidad de servicio en los sistemas de distribución primario de 13,8 kV [1]**

En los sistemas de distribución primarios la calidad de servicio viene expresada por los siguientes parámetros:

- Frecuencia de la red, para Venezuela 60 ciclos por segundo.
- Continuidad del servicio eléctrico, ciento por ciento del tiempo.



- Máxima caída de tensión, el criterio por el cual se rige CORPOELEC-Aragua (anteriormente ELECENRO) es menor que 4% para condiciones normales y 7% condiciones anormales.

De estos tres parámetros solo la frecuencia tiene valores aceptables, los otros dos están sensiblemente afectados.

### **2.1.5 Principales causas de interrupciones en los sistemas de distribución primario de 13,8 kV [1]**

La clasificación incluye las siguientes causas: árboles, lluvias, rayos, contaminación, vandalismo, envejecimiento, etc. Estas pueden ocasionar rotura del conductor. Las interrupciones se deben también a la falta de mantenimiento a las líneas, otro aspecto más técnico es que las interrupciones se hacen mucho mayores por la falta de una coordinación adecuada de las protecciones de sobrecorriente, lo que limita la selectividad de los esquemas de protecciones, esto hace que algunas interrupciones que son transitorias se conviertan en efectivas.

Entre las causas más comunes que originan una falla en un sistema de potencia tenemos [1]:

- Programadas.
- Sobrecarga.
- Fallas propias de los equipos.

- Errores humanos.
- Vegetación.
- Fallas atmosféricas.

### **2.1.6 Fallas en sistemas de distribución primarios de 13,8 kV [1]**

El camino normal de la corriente eléctrica esta limitado por el aislamiento, el cual puede deteriorarse. El deterioro hace que la corriente altere su recorrido normal y tome un camino desviado, esto es lo que conocemos por falla (cortocircuito).

Se debe tener presente que un cortocircuito es una falla, pero una falla no es necesariamente un cortocircuito.

Una falla en un conductor es una deterioración parcial o total en la aislación o en la continuidad del mismo.

También se puede definir como una falla como el cambio brusco de impedancia en un sistema de potencia.

Por otra parte, otra de definición para falla seria [3]: perturbación que se produce en los parámetros eléctricos de un sistema de potencia que trae como consecuencia un cambio brusco en la impedancia de la red, ya sea por causas de los

elementos que conforman el propio sistema, por errores de operación o por agentes externos ajenos a la misma. Una falla sobre un sistema de potencia es una condición transitoria y su efecto será eliminado seccionando la misma.

En condiciones normales de operación o de régimen permanente el sistema es simétrico y opera en condiciones balanceadas ( $V_a = V_b = V_c$ , Ángulos entre fases=  $120^\circ$ ). Después de ocurrida la falla el sistema es asimétrico (excepto para fallas trifásicas o simétricas) y opera en condiciones desbalanceadas ( $V_a \neq V_b \neq V_c$ , Ángulos entre fases  $\neq 120^\circ$ ).

### **2.1.7 Tipos de fallas eléctricas sobre un sistema trifásico de distribución**

[1]

- Trifásicas y Trifásicas a Tierra con una incidencia del 20% (falla sobre las tres líneas).
- Bifásicas con una incidencia del 20% (fallas de línea a línea).
- Bifásicas a Tierra con una incidencia del 5% (falla línea a línea – tierra).
- Monofásica a tierra con una incidencia del 55% (falla línea a tierra).

### **2.1.8 Clasificación de las fallas en los sistemas de distribución en función de su duración [1]**

Estas se pueden clasificar según el tiempo de duración: en temporal y permanente.

- Temporal: es de muy pocos ciclos y es despejada por la acción rápida de las protecciones, sin necesidad de suspender el servicio eléctrico; detallados estudios en sistemas de distribución aéreos han establecido que hasta el 95% de todas las fallas ocurridas son de naturaleza temporal.

- Permanente: es de larga duración por ser una falla franca, donde la condición anormal persiste independientemente del número de veces que los dispositivos de protección realicen sus operaciones de apertura y reconexión por lo que debe ser despejada lo más pronto posible por estos equipos, interrumpiendo el servicio eléctrico.

**Tabla 1. Clasificación de fallas [3]**

<b>Grupo</b>	<b>Sub-Grupo</b>
Vegetación	Rama sobre línea Árbol Enredaderas
Atmosféricas	Lluvias Rayos Viento
Componentes Dañados	Aislador Pararrayo Cortacorriente Seccionador Cruceta Línea rota, Líneas ligadas Copa terminal Cable de potencia Línea fuera del aislador Puente abierto Elementos de redes subterráneas, Retenidas
Instantáneas	Instantáneas
Accidentales	Incendio forestal Poste chocado Papagayos Falla de otra distribuidora de energía Hurto de material Mala maniobra Animal en líneas
Ajustes Incorrectos	Fusible inadecuado Reconectores Relés
Medidas de seguridad	Condición insegura
Falta de Mantenimiento	Filtración de agua Fortuita
Falla en Línea	Disparo en línea 115 kV, 230 kV, 400 kV Trabajos por emergencia
Falla en Equipos	Reconectores, Seccionalizador, Banco de Reguladores Transformador de potencia, Interruptor de Potencia Equipos de Medición, Falla de Relés Trasformadores de distribución
Apertura por Emergencia	Diferencia de Impedancia, Corrección de componentes Indisponibilidad de Herramientas

### **2.1.9 Cortocircuito [4]**

Se pueden presentar fallas en cualquier sistema de potencia, estas pueden producirse cuando un conductor entra en contacto con otro conductor, o cuando ese conductor entra en contacto con tierra, o cuando entran en contacto tres conductores energizados. Por otro lado el proceso que ocurre en el momento del cortocircuito es de carácter transitorio, debido a esto todo el sistema debe regresar a una nueva configuración después de la falla (estado estacionario).

El proceso que ocurre en el sistema de potencia al producirse una falla causada por un cortocircuito es esencialmente de carácter transitorio. La corriente en régimen normal es una onda sinusoidal a 60 Hz de frecuencia y amplitud constante, no así cuando sucede un cortocircuito. La forma de onda en este caso sigue teniendo una forma sinusoidal a 60 Hz pero va decreciendo exponencialmente desde un valor inicial máximo hasta su valor en régimen estacionario

### **2.1.10 Efectos de los cortocircuitos [1]**

El efecto de los cortocircuitos son de dos clases: efecto térmico y efecto dinámico.

- Efecto térmico: este efecto es debido al calor generado por la circulación de altas corrientes, que tiende a producir fusión y combustión de los materiales.

- Efecto dinámico: es producido por las fuerzas de reacción electromagnéticas entre los conductores que portan las corrientes de cortocircuito, que tiende a romper la estructura mecánica del equipo o circuito

## **2.2 Demanda de las edificaciones [5]**

Definición de Demanda Eléctrica, según el Ingeniero De Oliveira De Jesús, Paulo Manuel, profesor e ingeniero electricista de la Universidad Simón Bolívar, Venezuela:

“La demanda de un SISTEMA ELECTRICO se define como la carga que recibe un consumidor en promedio durante un intervalo temporal.

¿Que es demanda?

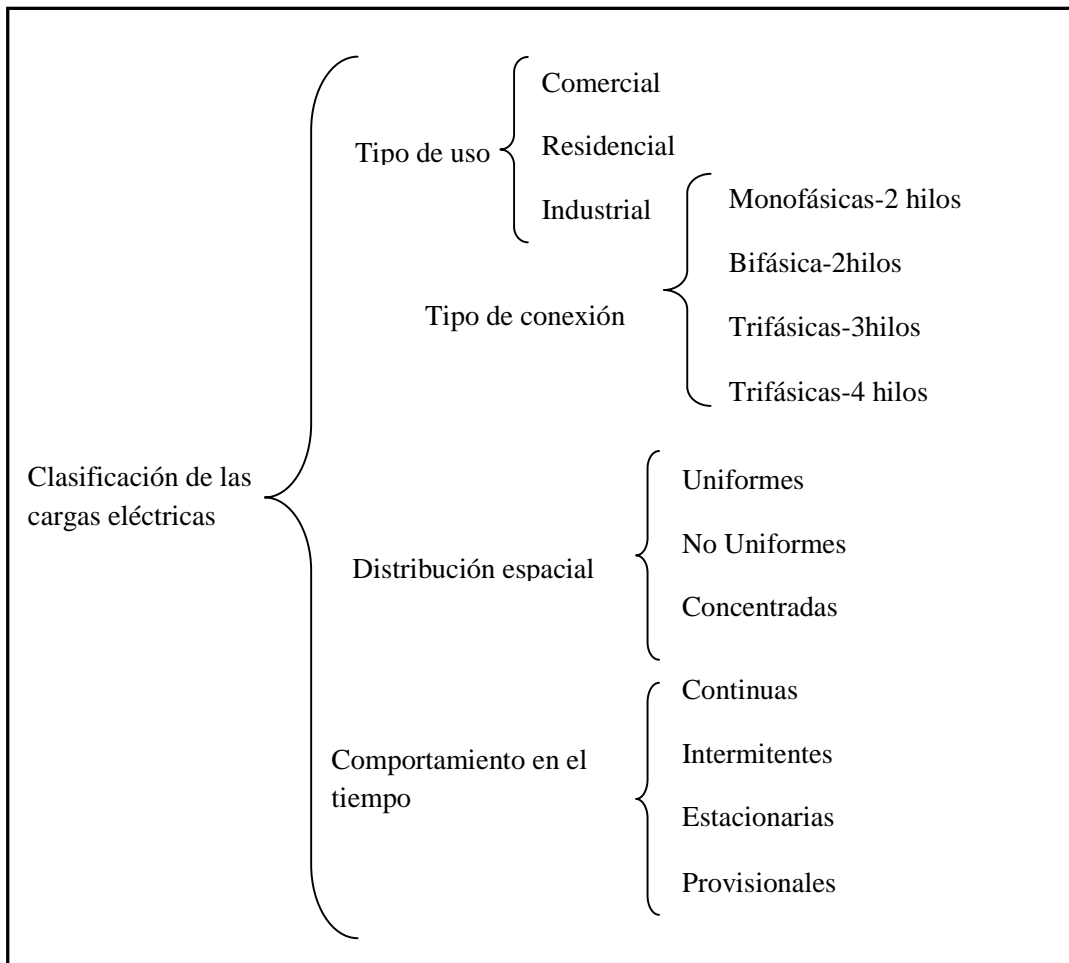
Potencia activa en kW

Potencia reactiva en kVAR

Potencia aparente en kVA

Corriente en Amperios

Promediado en un periodo de tiempo, 3 min., 15min., 30min., 60 min., otros.”



**Figura 2. Naturaleza de la demanda eléctrica [5]**

## **2.3 Coordinación de protecciones del sistema de distribución**

### **2.3.1 Sistemas de protección [1]**

Los sistemas de protección poseen importancia dentro de los sistemas de potencia, dado que ellos son los encargados de mantener el servicio eléctrico de una forma estable, resguardando a los equipos de las fallas.



La necesidad de los sistemas de protección en los sistemas de potencia es tan importante como lo pueden ser los generadores o transformadores, ya que no es posible operar un sistema de potencia sin un adecuado sistema de protecciones.

Los sistemas de protección son los dispositivos, adecuadamente ajustados y coordinados, encargados de detectar la falla, localizarla, y retirar rápidamente del sistema la parte fallada, permitiendo que el resto del sistema continúe prestando un buen servicio.

Por otra parte los sistemas de protección también son definidos de la siguiente forma: los sistemas de potencia están dotados con dispositivos que permiten reconocer, localizar e iniciar el proceso de remoción o despeje de una falla u otra condición anormal, a fin de evitar los graves daños que se les puede ocasiona a los equipos que integran el sistema de potencia. Este conjunto de dispositivos conforman el sistema de protección de la red, garantizando la confiabilidad y seguridad del sistema [3].

### **2.3.2 Funciones específica de los sistemas de protección [1]**

Para despejar cualquier falla, se realizan funciones específicas, que identifican a los equipos necesarios y suficientes para reconocer, localizar y procesar el despeje de una falla u otra condición anormal de operación.

Las funciones son reductoras: función reductora, detectora, interruptora y restablecedora, y las funciones especiales.

- **Función reductora:** capta los parámetros eléctricos en que se encuentran los valores en que opera el sistema de potencia y los reduce a los niveles de operación de los equipos detectores que conforman el sistema de protección. Estos valores reducidos pasan a formar la imagen del sistema eléctrico en valores secundarios, tratando de que los mismos sean una replica fiel de las cantidades primarias medidas.
- **Función detectora:** procesa la información secundaria procedente de la función reductora de acuerdo a un patrón de referencia interna y decide si debe de dar orden de accionamiento o no al dispositivo de interrupción correspondiente.
- **Función interruptora y restablecedora:** esta formada por los elementos que se encargan de interrumpir el paso de la corriente, cuando ocurre un cortocircuito y luego devolver de nuevo el paso de la misma, una vez despejada la falla. Los equipos que cumplen con esta función son los interruptores de potencia, fusibles, reconectores y seccionalizadores.
- **Funciones auxiliares:** están representados por las fuentes de poder independientes, baterías, el cableado secundario de los transformadores de corriente y de tensión, el cableado de corriente continua de control, etc.

### **2.3.3 Características funcionales especiales que debe poseer la protección [1]**

Los sistemas de protección deben cumplir con una serie de características para permitir una operación segura del sistema de potencia en condiciones normales y de falla.

Entre las características tenemos:

- **Confiabilidad:** se requiere que ninguno de los equipos de protección presente fallas propias o anomalías de funcionamiento, las protecciones deben de estar dispuesta para el momento que se requieran, y actuar en su debido momento. Para lograr estas características se deben cumplir con las siguientes pautas: diseño correcto, instalación correcta y mantenimiento adecuado.
- **Selectividad:** debe operar para lo que se requiere. Las protecciones deberán ser capaces de localizar la falla para despejarla, retirando del sistema únicamente la parte afectada, en otras palabras la falla debe ser despejada por los dispositivos que la limitan y no otros.
- **Seguridad y estabilidad:** el sistema de protección debe de ser capaz de soportar cargas máximas o cortocircuito externo a la zona protegida sin que opere.
- **Sensibilidad:** el sistema de protección deberá se capaz de detectar pequeños valores o variaciones de la magnitud actuante que afecten el sistema en cualquier lugar. Debe de ser sensibles para los valores mínimos de cortocircuitos y los niveles máximos de desbalance. El sistema de protección debe trabajar con el mínimo nivel de cortocircuito a tierra o fase, también debe de ser capaz de detectar la menor de las fallas.
- **Velocidad o rapidez:** menor será el daño del equipo mientras mas rápidamente se despeja la falla, como también se evita daños a otros equipos y personas cercanas al equipo con la perturbación, favoreciendo la estabilidad del sistema.

### **2.3.4 Zonas de protección [1]**

Se define como zona de protección a las áreas físicas dentro del sistema eléctrico limitadas por elementos que realizan la función interruptora. Una buena zonificación debe tomar en cuenta que ningún punto del sistema eléctrico quede desprotegido; cualquier falla dentro de la zona (incluyendo el borde) debe ser visto por los elementos detectores apropiadamente, cualquier otra falla exterior a la zona no debe ser visto por sus dispositivos detectores.

Cuando ocurre una falla en cualquiera de las zonas de protección, el sistema de protección debe emitir la orden de disparo a todos los dispositivos pertenecientes al área donde ocurrió la falla, con la finalidad de eliminar todas a las alimentaciones a la falla.

### **2.3.5 Equipos de protección presentes en un sistema de distribución**

Los equipos de protección presentes en un sistema de distribución aéreo son [2]:

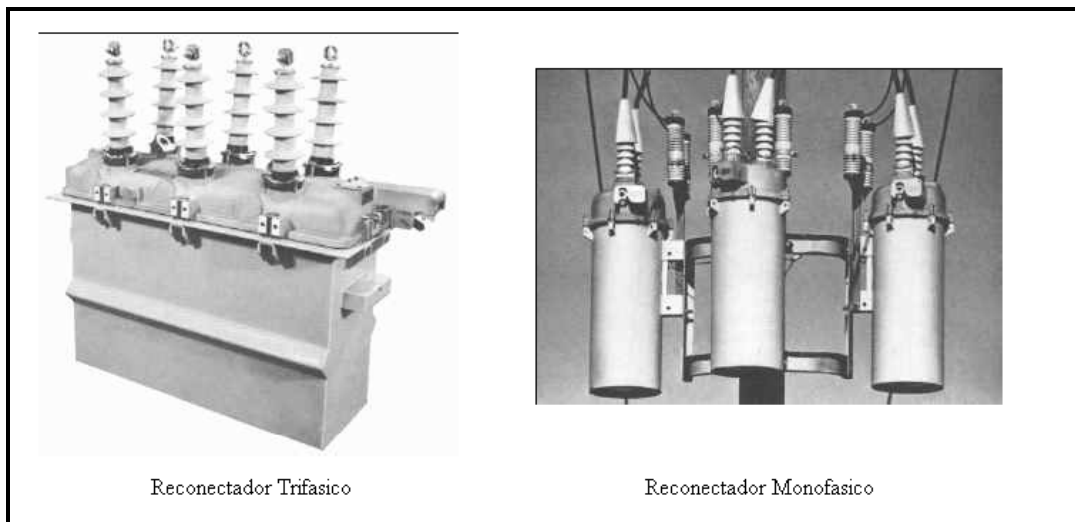
- Reconectores
- Fusibles
- Seccionalizadores

Reconectores [2]:

Un reconectador es un aparato de desconexión automática el cual cumple las funciones de detección de falla, interrupción y reconexión del circuito fallado. Es utilizado en circuitos de distribución en 13,8 kV y 34,5 kV. Los reconectadores seccionan el circuito en varias partes a lo largo del trayecto que va desde la subestación hasta el final del circuito.

En el momento que ocurre una falla, el reconectador detecta la sobrecorriente y la interrumpe, después de transcurrido el intervalo de reconexión este reconecta automáticamente la línea. Esta operación se repite tantas veces como operaciones posea el reconectador. Si después de la última operación la falla persiste se produce la apertura definitiva del dispositivo, requiriendo de una operación manual para cerrar el reconectador nuevamente. Estos equipos están localizados generalmente en los siguientes puntos:

- En S/E como protección principal del alimentador.
- A lo largo de líneas para seccionar largos alimentadores.
- En derivación a ramales importantes.

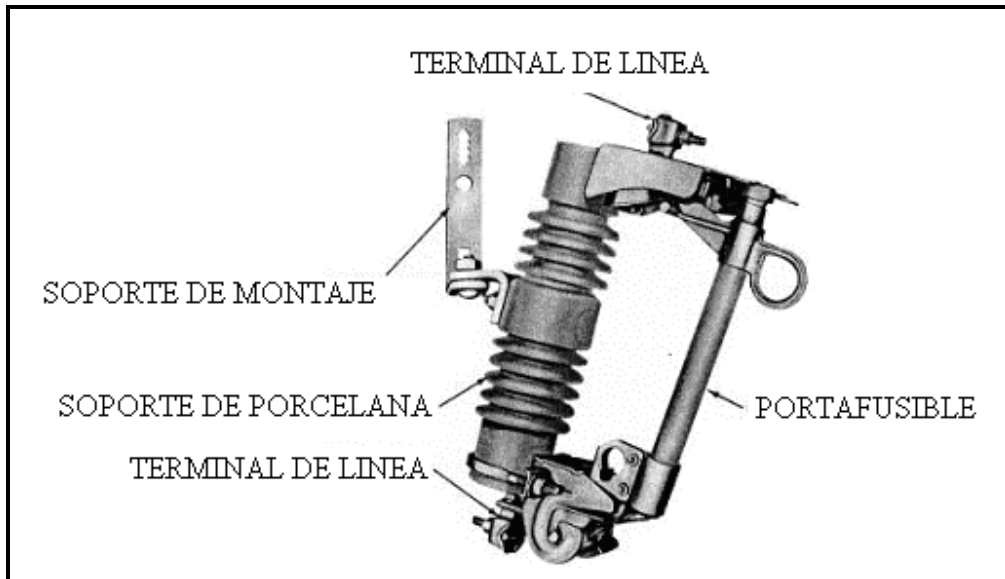


**Figura 3. Tipos de reconectores [6]**

#### Fusibles:

Un fusible es un dispositivo utilizado para proteger equipos eléctricos contra corrientes de falla. Si se presenta una falla permanente, el fusible colocado en el lado de la falla se funde, dejando el circuito abierto durante la penúltima operación del dispositivo de respaldo, si éste está perfectamente coordinado con el fusible. De esta manera es aislada la falla por la apertura del fusible y del dispositivo de respaldo, el cual volverá a su posición original (normalmente cerrado), restableciendo el servicio en todo el circuito, con excepción del tramo fallado [2].

Los fusibles se emplean indistintamente en alta y baja tensión, también como protección de transformadores de distribución, en derivación de líneas de distribución donde se utilizan para proteger ramales [2].



**Figura 4. Fusible para red de distribución aérea**

### **2.3.6 Coordinación de protecciones [1]**

Se define como coordinación de protecciones en seleccionar las características y ajustes de los equipos para que el sistema de protección realice su función cumpliendo con las características funcionales especiales de sus equipos.

En los criterios a seguir para realizar la coordinación de protecciones en un sistema de distribución, podemos mencionar:

- Realización de un estudio de cargas del sistema: se debe determinar los valores máximos de carga en cada elemento a ser protegido.
- Realización de un estudio de fallas del sistema: se hace mediante el cálculo de los niveles de cortocircuito en todos los puntos donde estén ubicados los equipos de protección, derivación y terminales en el sistema de distribución.

- Ubicación y selección adecuada de los equipos de protección para que cumplan con sus características funcionales especiales.
- Escogencia de las características de operación y ajuste de los equipos de protección de modo que exista una coordinación efectiva entre ellos.
- Para la comprobación definitiva siempre debe realizarse un grafico tiempo corriente indicando las características de los equipos de protección y los niveles de fallas importantes.

### **2.3.7 Coordinación entre reconectores y fusibles [6]**

Se pueden distinguir dos casos, reconector-fusible y fusible-reconector. En ambos, se usa el método de trazado de curvas del reconector y del fusible, con el fin de obtener el rango de corrientes de cortocircuito en que existe coordinación.

- Coordinación de reconector con fusible en el lado carga (reconector-fusible): en este caso el reconector deberá detectar las fallas ocurridas en su zona y también las de la zona del fusible. Por lo tanto, el fusible debe operar después de la característica rápida y antes de la lenta del reconector.
- Coordinación de reconector con fusible en el lado fuente (fusible-reconector): el fusible en este caso, protege el sistema de fallas internas en el transformador, o en la barra de la subestación, que no pueden ser detectadas por el reconector.



## **2.4 Coordinación de aislamiento**

### **2.4.1 ¿Qué es la coordinación de aislamiento?**

La coordinación del aislamiento se define como la selección de la rigidez dieléctrica de los equipos y su aplicación en relación con las tensiones que pueden aparecer en el sistema donde se van a utilizar dichos equipos, tomando en cuenta las características de los equipos de protección disponibles en el sistema, para así obtener un nivel de probabilidad de daños a los equipos y de continuidad de servicio aceptable, desde el punto de vista operacional y económico [7].

Existe otra definición se entiende por coordinación de aislamiento al conjunto de medidas que tienen como objetivo evitar fallas en el sistema como consecuencias de las sobretensiones que se producen en el mismo, al igual que el confinamiento de estas sobretensiones en aquellos puntos del sistema donde causen el menor daño, siempre y cuando sea económicamente viable y tratando en lo posible de que el suministro eléctrico no sea interrumpido [7].

Es importante para la coordinación de aislamiento decir que las diferentes sobretensiones han sido normalizadas dependiendo de su naturaleza. Para las denominadas sobretensiones atmosféricas se ha normalizado un tiempo de formación de la onda de  $1,2 \mu\text{s}$  y semiamplitud de  $50 \mu\text{s}$ , mientras que para las sobretensiones de maniobra el tiempo de formación del valor máximo o pico es de  $250 \mu\text{s}$  y el tiempo de la semiamplitud  $2500 \mu\text{s}$ . La importancia de fijar un estándar es para realizar las respectivas pruebas de esfuerzo en los materiales.

Una buena coordinación de aislamiento debe garantizar cuatro aspectos fundamentales [7]:

1. Garantizar que el aislamiento de los equipos que componen el sistema soportará todas las exigencias dieléctricas, tanto de operación como de contingencia.

2. Debe existir una eficiente derivación a tierra de las sobretensiones que afectan al sistema.

3. Garantizar que las rupturas dieléctricas solo ocurran en el aislamiento externo y no en el interno, de manera que los equipos importantes no sufran daños significativos.

4. Si las tres exigencias anteriores no son cumplidas, entonces se debe diseñar el sistema para que las fallas ocurran en lugares del sistema donde el daño sea menor.

Las sobretensiones que deben tenerse en cuenta cuando se hace un estudio de coordinación de aislamiento son:

- Sobretensiones internas.
- Sobretensiones externas.
- Sobretensiones por maniobra.

La coordinación de aislamiento de los sistemas de distribución implica algunos pasos sencillos [8]:

1. Elegir el descargador de base a la tensión nominal del sistema y la configuración de conexión a tierra.

2. Determinar las características de la tensión de descarga del pararrayos.

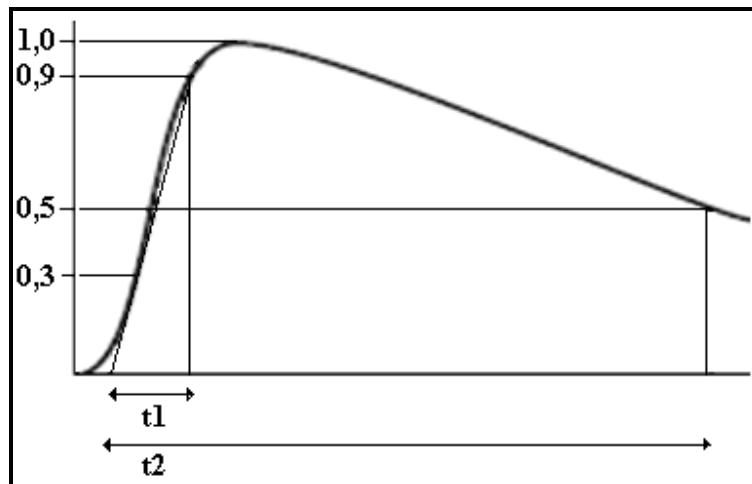
3. Determinar el voltaje a la que puede estar sujeto el aislamiento, teniendo en cuenta los cables y los efectos de ondas progresivas.

4. Por último, asegurar que la tensión aplicada es menor que la capacidad de aislamiento del equipo, incluyendo un margen de seguridad.

Al igual que con muchos aspectos de la ingeniería de distribución, la aplicaciones de las normas ayudan a simplificar. Normalmente, las empresas de servicios públicos pueden estandarizar la protección del equipo en una tensión en particular que incluye calificación pararrayos, clase y ubicación, rara vez se necesitan excepciones.

#### **2.4.2 Equipo de aislamiento [8]**

El desempeño del aislamiento en distribución se caracteriza por el Nivel Básico de Aislamiento para Impulsos Atmosféricos (Basic Lightning Impulse Insulation Level BIL, unidad de medida kV). BIL es la tensión alta no disruptiva para una onda de impulso de forma 1.2/50  $\mu$ s IEEE Std. 4-1995 define ondas de pruebas de impulsos de tensión como T1/T2  $\mu$ s donde t1 es el tiempo equivalente a la cresta basado en el tiempo que se tarda en aumentar del 30% a 90% de la cresta (véase la figura 5). El tiempo medio t2 es el valor de tiempo entre el origen de la parte frontal virtual del 30% a 90% y el punto donde cae a la mitad del valor. El equipo debe soportar un cierto número de aplicaciones de la onda de ensayo en condiciones especificadas.



**Figura 5. Impulso estándar de onda de prueba de tensión de IEEE Std. 4-1995 [8]**

Las clasificaciones de BIL estándar para equipos de distribución son 30, 45, 60, 75, 95, 125, 150, 200, 250, y 350 kV. La mayoría de los equipos tiene el BIL dados en la tabla 2.

**Tabla 2. BIL y CWW para equipos de distribución (\*Para los transformadores: otros equipos pueden tener diferentes CWW) [8]**

Voltaje (kV)	BIL (kV)	CWW (kV)
5	60	69
15	95	110
25	125	145
35	150	175

Algunos de los aislamientos también se prueban con una onda cortada. Una onda cortada tiene la misma característica que la onda 1,2/50  $\mu$ s, pero la forma de onda es cortada después de 2 o 3  $\mu$ s. Debido a que el esfuerzo de tensión no dura para siempre, con la mayoría de los equipos, la Tensión Disruptiva de Onda Cortada (Chopped wave withstand CWW, unidad de medida kV) es mayor que la del BIL.

Los valores de CWW dados en la tabla 4 son para transformadores (IEEE Std C57.12.00-2000). Para equipos y aisladores de transformadores en aceite y medios aéreos, se asume

$$CWW = 1,15 \cdot BIL \quad (1)$$

Para el aislamiento del cable, se asume que son iguales:

$$CWW = BIL \quad (2)$$

El Aislamiento es resistente a tensiones más altas cuando se aplica la tensión en períodos más cortos de tiempo.

Según la norma IEEE Std. C62.22-1997, en el punto 4.6 define tres relaciones de uso común para la comparación de los niveles de protección con la resistencia de aislamiento correspondiente:

$$PR_{L1} = CWW / FOW \quad (3)$$

$$PR_{L2} = BIL / LPL \quad (4)$$

$$PR_S = BSL / SPL \quad (5)$$

Para la coordinación aceptable,  $PR_{L1}$  y  $PR_{L2}$ , debe ser igual o mayor que 1,2, y  $PR_S$  debe ser igual o mayor que 1,15, siendo:

LPL Lightning impulse protective level (kV)

FOW Front of wave protection level (kV)

SPL Switching impulse protective level (kV)

CWW Chopped wave withstand (kV)

BIL Basic lightning impulse insulation level (kV)

BSL Basic switching impulse insulation level (kV)

Las líneas de distribución generalmente no están blindadas y por lo tanto, son particularmente susceptibles a los rayos. Las sobretensiones transitorias causadas por un rayo son de mayor preocupación que las causados por maniobra. La coordinación de aislamiento con base en las sobretensiones eléctricas causadas por un rayo es, pues, la consideración más importante para los sistemas de distribución [8].

### **2.4.3 Márgenes de protección de la coordinación de aislamiento en sistema de distribución [8]**

En la coordinación de aislamiento de sistema distribución normalmente se basa en los siguientes márgenes de protección:

$$PM_{L1} = [ CWW / (FOW + L \cdot di / dt) - 1 ] \cdot 100 \% \quad (6)$$

$$PM_{L2} = [(BIL / LPL) - 1] \cdot 100 \% \quad (7)$$

$PM_{L1}$  = Margen de protección de onda cortada (en porcentaje)

$PM_{L2}$  = Margen de protección de onda completa (en porcentaje)

$L \cdot di / dt$  = caída de tensión del alambre que seria el cable de conexión con el descargador (kV)

Según la norma IEEE Std. C62.22-1997 establece como regla general que  $PM_{L1}$  y  $PM_{L2}$  ambos tienen que ser al menos 20%.

## **2.5 Sistema puesta a tierra (SPAT)**

El sistema puesta a tierra (SPAT) según el curso: Diseño de Sistemas de Puesta Tierra dictado en la UCV por el ing. Nerio Ojeda, se puede definir como: esta asociado a un electrodo o a un grupo de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de que: en los equipos, las instalaciones, edificios y terrenos o superficies próximas, no presenten diferencias de potencial peligrosas, cuando las corrientes de falla o de descargas de origen atmosféricas drenen a dicho sistema. Estas corrientes de fallas llegan al SPAT por medio de uniones metálicas directas, sin fusible ni otro sistema de protección, que unen a los equipos o partes de una instalación SPAT, permitiendo así el paso a tierra de las corrientes indicadas.

### **2.5.1 Función de un sistema de puesta a tierra [9]**

La función fundamental de un sistema de puesta a tierra es la protección de las personas, al limitar el voltaje de contacto cuando ocurre una descarga atmosférica o una falla en el sistema eléctrico. Por tal motivo en el diseño de un sistema de puesta a tierra se deben tener presentes los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano.

- Protección de las instalaciones.
- Limitar las sobretensiones de las estructuras con respecto a tierra, que se pueden producir en caso de una falla del sistema eléctrico.
- Controlar tensiones de paso y tensiones de contacto.
- Una tierra es la referencia de un sistema eléctrico, cero voltios ya que la tierra funciona como un conductor de potencial neutro, es decir, sin energía eléctrica.

- Conducir a tierra las corrientes de falla.
- Control de las descargas atmosféricas, canalizando la energía de los rayos a tierra protegiendo a las personas, instalaciones y las propiedades.
- La tierra asegura la actuación de dispositivos de protección.
- Evitar la contaminación por ruido eléctrico con señales diferentes a la señal deseada, esto se logra mediante blindajes conectados a la tierra física.
- Control de la electrostática, en sitios donde existe materiales inflamables es necesario controlar la electrostática estableciendo cohesión a tierra, ya que se puede producir una chispa provocando fácilmente un incendio o una explosión. La conexión a tierra neutraliza la acumulación de cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos o aislantes, esto se logra conectando a tierra las estructuras metálicas.
- La tierra debe estar asociada a dispositivos de protección tales como: interruptores automáticos, interruptores diferenciales, pararrayos, descargadores, toma corrientes.

### **2.5.2 Características que debe cumplir un sistema de puesta tierra [9]**

- El valor de la resistencia debe ser el adecuado para cada tipo de instalación.
- La instalación no debe variar con los cambios ambientales (altas temperaturas, bajas temperaturas, lluvia).
- La vida útil de un sistema de puesta tierra debe ser mayor de 20 años.



- Debe ser resistente a la corrosión.
- Debe ser de costo moderado.
- Debe permitir el mantenimiento periódico.
- Los conductores de puesta tierra no deben ser interrumpidos por, seccionadores, fusibles. Interruptores.
- Cumplir con las normas y las especificaciones exigidas.
- La revisión del sistema de puesta tierra debe ser al menos anual, en la época en la que el terreno este mas seco, y debe ser realizada por personal técnicamente calificado. Se debe reparar rápidamente los defectos encontrados.

La conexión a tierra se debe usar en [9]:

- Circuitos de corriente alterna menores de 50 V.
- Circuitos de corriente alterna entre 50V y 1000 V.
- Circuitos de corriente alterna de alta tensión.
- Estructuras metálicas en sitios con peligro de explosión.
- Los electrodomésticos deben tener su conexión a tierra.
- Pararrayos.

### **2.5.3 Clasificación de los sistemas de puesta a tierra [9]**

Tierra de seguridad:

Se usa para conducir las corrientes de falla a tierra, controlando las diferencias de potencial que se pueden producir y que pueden afectar a las personas, los materiales y los equipos. La conexión a tierra tiene una función especial en sistemas con atmósferas explosivas o que contienen vapores inflamables ya que en dichos sistemas una concentración de cargas eléctricas puede producir una chispa eléctrica y por supuesto provocar una explosión.

Tierra para funcionamiento:

Esta tierra son necesarias para el funcionamiento adecuado de los sistemas eléctricos tales como:

- En los sistemas de distribución.
- Neutros de transformadores.
- Generadores.
- En la base de pararrayos.
- Aparatos de comunicación con el fin de controlar el ruido eléctrico e interferencias en los circuitos electrónicos.

Sistema de tierras temporales:

Es una tierra instalada por el personal de mantenimiento en trabajos de media y alta tensión, después de haber desenergizado el sistema eléctrico y que garantiza la seguridad de la persona que están realizando el mantenimiento o que se encuentra en las proximidades de la zona de trabajo.

#### 2.5.4 Partes fundamentales de una conexión a tierra [9]

La puesta tierra con electrodo vertical es la más usada, debido al poco espacio que ocupa. A continuación se presenta la siguiente figura que detalla las partes fundamentales de un sistema de puesta tierra con electrodo vertical y su esquema de conexión:

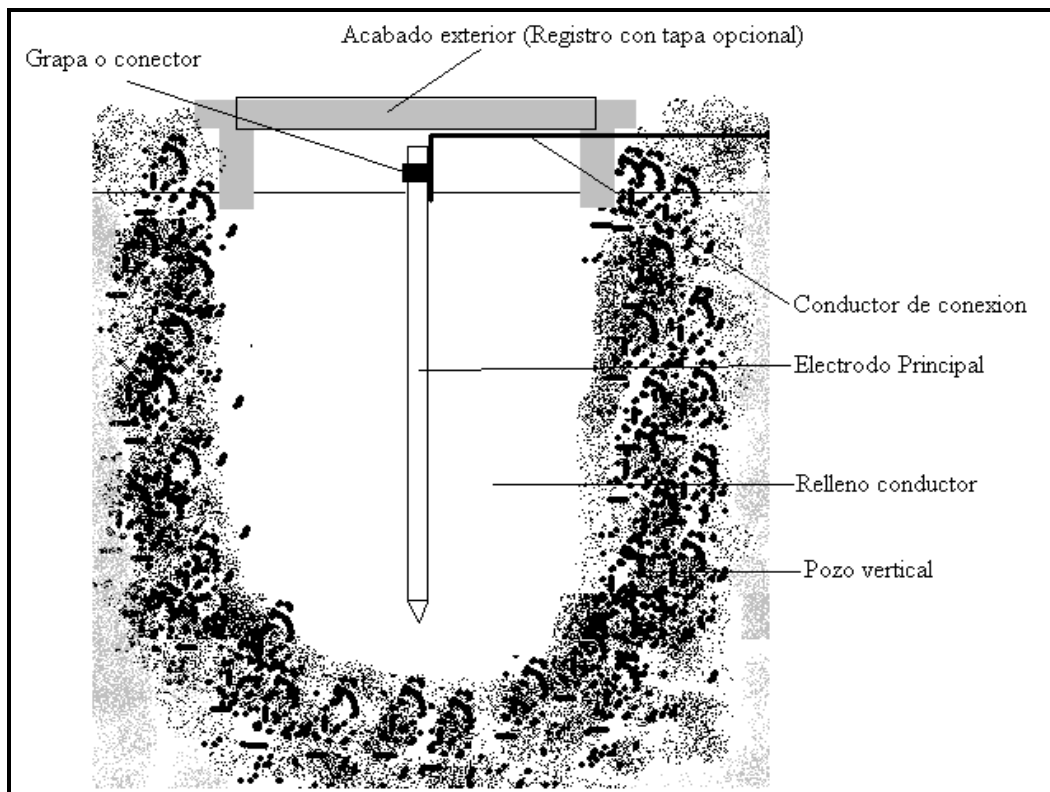


Figura 6. Elementos de un sistema de puesta tierra

### 2.5.5 Medida de la resistencia de puesta tierra [9]

La resistencia de puesta a tierra esta determinada por la resistividad del terreno, a más baja resistividad del terreno mas baja será la resistencia de puesta tierra. Para medir la resistencia de puesta tierra se usa el instrumento llamado telurómetro. Existen telurómetro análogos y digitales.

### 2.5.6 Métodos para medir la resistencia de puesta tierra [9]

Método de caída de potencial:

Este método se considera el más empleado en la actualidad para determinar el valor de resistencia del sistema de puesta tierra; consiste en la siguiente forma: el telurómetro inyecta corriente al electrodo de puesta tierra (E), cerrando el circuito por medio del electrodo (C) y midiendo el voltaje entre el electrodo de puesta tierra y el electrodo de potencial (P); en la figura 7 se muestra el esquema de conexión del método de cada de potencial.

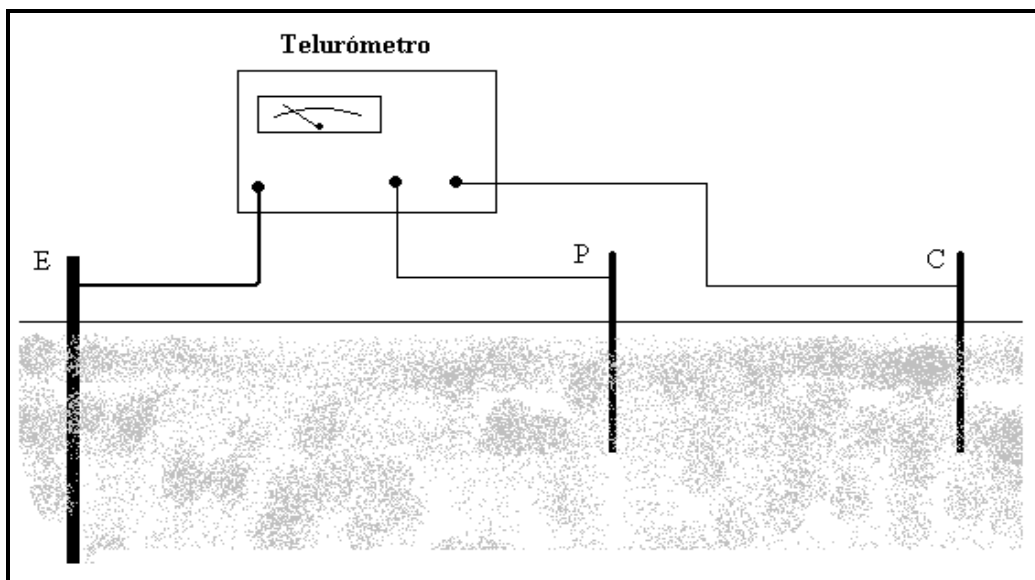


Figura 7. Esquema de conexión para el método de caída de potencial

## **CAPÍTULO III**

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Método de investigación**

El presente proyecto se fundamenta en una investigación de campo de tipo descriptivo y explicativo, donde se elabora el levantamiento de las características de los circuitos eléctricos de un sistema de distribución ubicados en una extensa zona geográfica; puesto que la persona encargada de realizar la investigación se ve en la necesidad de indagar en el ambiente donde se encuentran instalados los circuitos eléctricos, además de respaldarse en una investigación documental ingresando en la modalidad de proyecto factible, ya que el propósito del trabajo de investigación es ofrecer un propuesta viable, con una solución ya sea a corto, mediano o largo plazo a un problema de una situación real.

#### **3.2 Pasos de la investigación**

- Paso 1: Recopilación y revisión de información técnica del sistema de red eléctrico de distribución de las oficinas de las Facultades de Ciencias Veterinaria y Agronomía. También se considera la recopilación y revisión de normas.
- Paso 2: Recopilación y revisión de información técnica del sistema de red eléctrico de distribución de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria a través de la data suministrada por las oficinas de CORPOELEC-Aragua y el personal adscrito a esta empresa de servicio eléctrico.

- Paso 3: Realización de inspección de las líneas de distribución tomando en cuenta los tramos de línea, interruptores, transformadores, seccionadores, descargadores, conductores, postes, fusibles y demás componentes del sistema de red eléctrica, por medio de inspección visual con la finalidad de analizar la situación actual del sistema de distribución.
  
- Paso 4: Identificación de la red de distribución que presenta fallas, por medio de la información suministrada en la institución y la empresa CORPOELEC-Aragua, con la finalidad de analizar la situación actual del sistema de distribución.
  
- Paso 5: Estimación de la demanda de las edificaciones que conforman las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV, haciendo una inspección del consumo de los dispositivos eléctricos de cada una de las instalaciones.
  
- Paso 6: Realización y análisis de la coordinación de protecciones del sistema de distribución de la Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV hasta la entrada del circuito al campus, las protecciones asociadas. Esto se hizo por medio del método del trazado de las curvas de los dispositivos de protección que intervienen en el sistema (reconectador y fusibles) y la información obtenida de las oficinas de CORPOELEC-Aragua.
  
- Paso 7: Revisión de la coordinación de aislamiento del sistema de distribución eléctrico de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV, por medio de la información suministrada por las oficinas de CORPOELEC-Aragua y el personal adscrito a esta empresa de servicio eléctrico.
  
- Paso 8: Realización de el estudio de los sistemas puesta a tierra del sistema de distribución de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV, por medio del método de caída de potencial para verificar si cumple con la

especificaciones estipuladas por el Reglamentos y Normas Generales para Redes de Distribución y Líneas de Alimentación (CADAFE).

- Paso 9: Estudio y realización de propuesta de mejora a la situación actual y futura del sistema de distribución de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV, con la información obtenida en los puntos anteriores.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Características del sistema eléctrico de distribución de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria de la UCV

- Ubicación:

El sistema de distribución objeto de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Maracay, Edo. Aragua, municipio Girardot. Limita por el norte con la urbanización El Limón, por el sur con las urbanizaciones de El Milagro y Los Caobos, por el este con zonas militares y urbanización Las Delicias, y por el oeste con la urbanización Caña de Azúcar, José Félix Ribas y La Democracia.

- Área servida:

El área servida por el sistema de distribución que lleva energía eléctrica a las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinaria abarca un área de 2,08 km<sup>2</sup>.

- Forma del sistema:

La topología del sistema es de anillo. Se describe el sistema de distribución como un sistema de tipo anillo por que hace un recorrido por el campus y llega al mismo punto de donde ingresa, teniendo la particularidad de estar seccionado en su trayectoria. En este caso cada mitad del anillo es similar a un sistema radial con uniones. Una falla en el alimentador primario puede aislarse abriendo los seccionadores de desconexión en cada lado de la falla. Una vez ésta ha sido aislada, puede cerrarse el



seccionador de unión del anillo, el cual es normalmente abierto, restableciendo por lo tanto el servicio a una gran porción del alimentador fallado.

- Longitud de la red de distribución:

La red de distribución objeto de estudio consta con una longitud total aproximada de 23,547 km., distribuida de la siguiente forma:

**Tabla 3. Longitud aproximada de la red de distribución**

<b>Red de distribución</b>	<b>Longitud en km. (aprox.)</b>
Facultad de Agronomía	11,057
Facultad de Ciencias Veterinaria	2,078
CENIA *	11,164

\* CENIA: Centro Nacional de Investigación Agraria

- Tipo del sistema de distribución:

Red de distribución aérea.

- Nivel de tensión del sistema de distribución:

Media tensión 13,8 kV.

- Número de fases:

El sistema de distribución cuenta con 3 fases.

- Número de conductores:

3 hilos, uno por cada fase.

- Frecuencia:

60 Hz.

- Tipo de carga que alimenta:

Carga: gubernamental, rural, agrícola, agropecuaria, comercial, industrial, educativa.

- Calibre de los conductores que conforman el sistema:

Calibres: 4/0 Arvidal, 1/0 Arvidal, 2 Arvidal, 4 Arvidal, 2 Cu, 4 Cu, 6 Cu.

- Características del sistema de puesta tierra del circuito objeto de estudio (SPAT):

El sistema de puesta a tierra, se caracteriza por lo siguiente: electrodo dispuesto verticalmente unido al conductor por medio de un perno.

- Características de interés:

✓ El circuito del campus universitario es derivación del circuito denominado El Milagro, proveniente de la subestación El Limón que maneja niveles de tensión de 115/13.8 kV. Esta subestación es de topología barra simple seccionada con barra de transferencia, consta de dos transformadores reductores de 30 MVA cada uno, y once circuitos de distribución.

✓ El circuito ingresa al campus a través de un reconector; este está ubicado en el paso peatonal adyacente al campus, con salida hacia la Av. Universidad.

El reconector cuenta con las siguientes características:

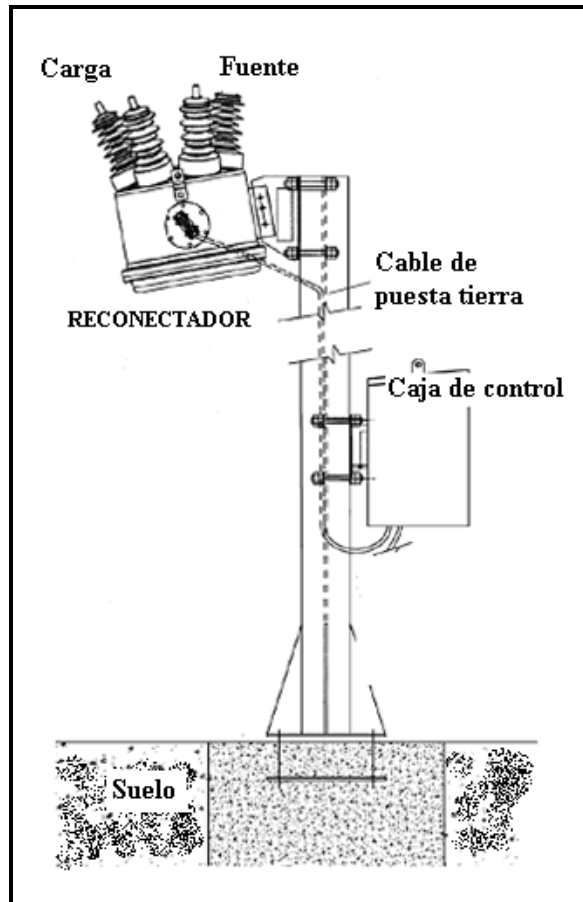
Marca: NOJA POWER

**Tabla 4. Características técnicas del reconectador NOYA POWER**

<b>Rangos:</b>	
Voltaje nominal máximo	15,5kV
Corriente nominal	630 A
Capacidad de Falla (RMS)	16 kA
Capacidad máxima de Falla (Peak)	40 kA
Operaciones mecánicas	30.000
Operaciones a plena carga	30.000
Operaciones a capacidad de falla	200
Capacidad de impulso fase tierra, fase-fase, a través del inter.	110 kV
Tiempo de cierre	< 60 ms
Tiempo de apertura	< 30 ms
Tiempo de ruptura / interrupción (incluyendo tiempo de arco)	< 40 ms
Temperatura Ambiente	-40 °C hasta +55 °C
Humedad	0 – 100 %
Altitud	3.000 m
Generales (largo x ancho x alto)	760 x 534 x 750 mm
Peso	85 kg



**Figura 8. Reconectador NOJA POWER campus de la UCV-Maracay**



**Figura 9. Partes del reanclador**

Características de operación del reanclador:

Corriente de falla en el cual actúa el reanclador: Trifásico  $350 \text{ A} \leq I < 2064 \text{ A}$

Monofásico  $105 \text{ A} \leq I < 1200 \text{ A}$

Tiempos de retardo de los recierre (3 operaciones):

1ero = 15 s

2do = 10 s

3ero = 10 s

Operación en instantáneo: Trifásico  $I \geq 2064 \text{ A}$

Monofásico  $I \geq 1200 \text{ A}$

- Diagrama de planta del campus universitario:

Ver anexo 9

#### **4.2 Demanda de las edificaciones del sistema de distribución eléctrica UCV-Maracay**

- Capacidad instalada:

Actualmente el sistema de distribución del campus de la UCV-Maracay cuenta con 127 grupos de transformación para un total de capacidad instalada de 16447,5 kVA, aproximadamente 17 MVA.

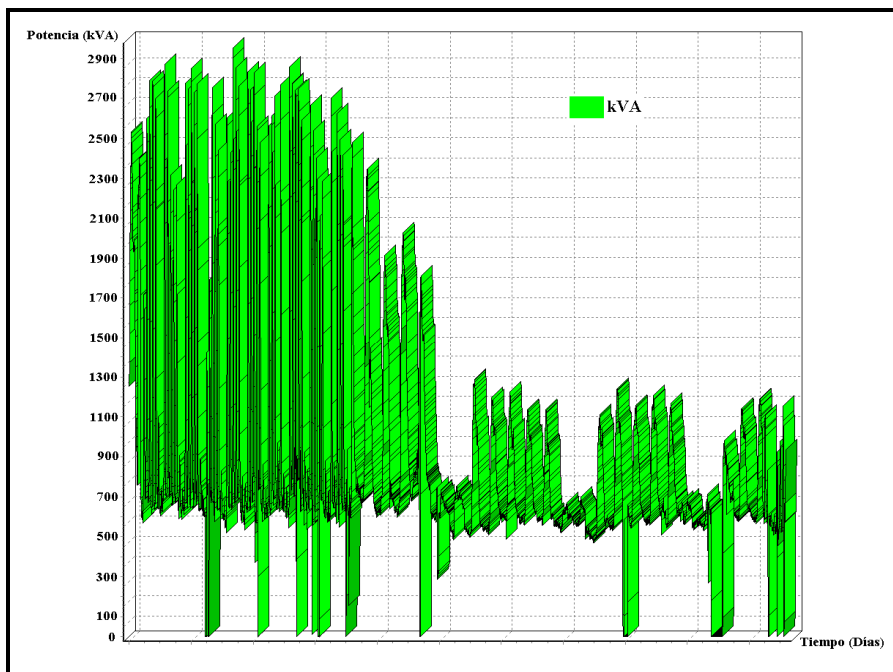
Se presenta la tabla 5 especificando la cantidad de transformadores instalados en el circuito:

**Tabla 5. Transformadores (kVA) Circuito UCV-Maracay**

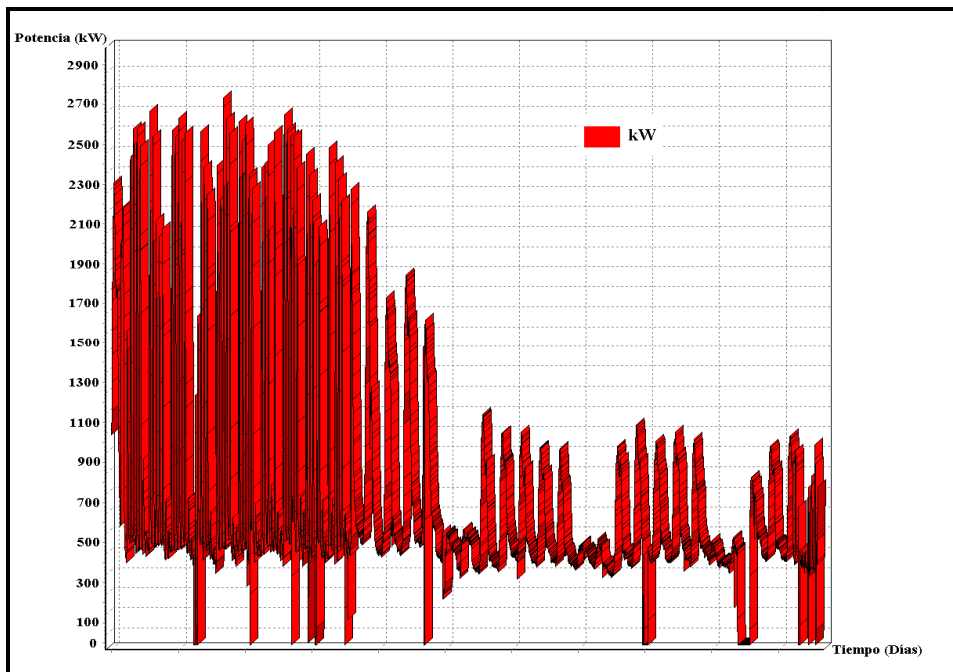
<b>Transformadores</b>	<b>Cantidad</b>
<b>10 kVA</b>	27
<b>15 kVA</b>	50
<b>25 kVA</b>	50
<b>37,5 kVA</b>	64
<b>50 kVA</b>	92
<b>75 kVA</b>	29
<b>100 kVA</b>	45
<b>167,5 kVA</b>	3
<b>Total de transformadores instalados:</b>	360

- Capacidad demandada:

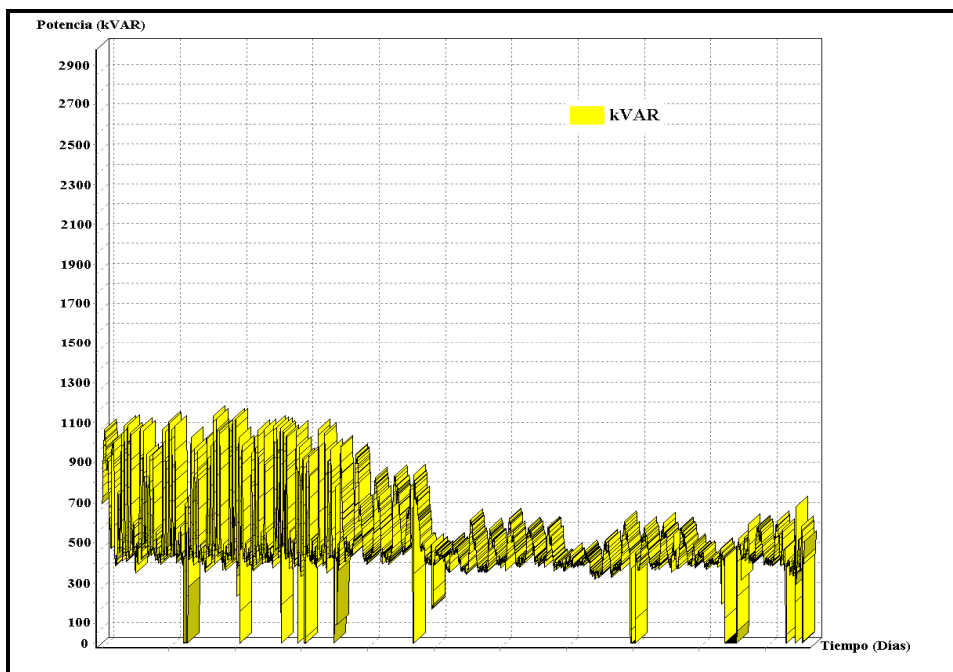
Tomando la información obtenida de la base de datos arrojada por el Reconector que corresponde al perfil de carga del circuito UCV-Maracay, el cual abarca el lapso de tiempo desde la fecha 17/02/2012 hasta 30/08/2012, se obtienen las Gráficas 1, 2 y 3, que describen el comportamiento de la carga del campus universitario en ese periodo.



**Gráfica 1. Perfil de cargas del circuito UCV-Maracay en kVA, abarca las fechas desde 17/02/2012 hasta 30/08/2012**



**Gráfica 2. Perfil de cargas del circuito UCV-Maracay en kW, abarca las fechas desde 17/02/2012 hasta 30/08/2012**



**Gráfica 3. Perfil de cargas del circuito UCV-Maracay en kVAR, abarca las fechas desde 17/02/2012 hasta 30/08/2012**

Analizando la gráfica 1, podemos detallar que el mayor nivel de carga que se presenta es 2952 kVA aproximadamente 3 MVA, esto corresponde al 18 % de la capacidad instalada, quedando una reserva en el sistema sin utilizar de 13495,5 kVA que equivale a unos 82%, descartando así la posibilidad de falla del sistema por sobrecarga.

### **4.3 Análisis de la situación actual del sistema de distribución**

Para analizar la situación actual del sistema eléctrico del campus de la UCV-Maracay, se menciona a continuación una serie de aspectos que lo describen:

- Deterioro de las instalaciones eléctricas del sistema de distribución en los niveles de media tensión, ejemplo: transformadores con evidencia de deterioro por oxidación en la cuba y escape de aceite dieléctrico/refrigerante, líneas caídas.
- Falta de mantenimiento preventivo y correctivo, ejemplo: vegetación solapando las líneas eléctricas.
- Envejecimiento de las instalaciones, ejemplo: crucetas de madera deterioradas por el paso del tiempo.
- Falta de planificación al realizar ampliaciones de las instalaciones del sistema de distribución eléctrico en media tensión. Se observa evidencia que al realizar ampliaciones del sistema no se realizó ninguna planificación de la zona para la ubicación de postes, puesto estas instalaciones quedan inundadas en sus bases en época de lluvia.

La falta de mantenimiento de las instalaciones que presenta el sistema de distribución trae como consecuencia el deterioro progresivo de esta, siendo una de las principales causa de la incidencia de falla del sistema. En el anexo 1 se observan



muestra de las condiciones de las instalaciones eléctricas del sistema de distribución del campus.

Por otra parte debe señalarse también el análisis correspondiente a la información obtenida del Reconectador, información denominada como “Tiempo de Eventos del Reconectador”, que señala los periodos de tiempo en que se encuentra fuera de servicio el circuito. Para un periodo que abarca desde la fecha 6/04/2012 hasta 27/07/2012 equivalente a 3432 horas, el Reconectador tuvo 24 eventos de operación de apertura, que corresponden a 84 horas y 48 minutos aproximados de duración dejando al sistema sin servicio eléctrico.

#### **4.4 Realización de la coordinación de protección del sistema**

Los dispositivos de protección presentes en el sistema son:

- Reconectador.
- Fusibles 20K, 40K, 80K (según información de la Oficina de Supervisión del Distrito Norte, CORPOELEC-Aragua).

La coordinación posible según los elementos de protección presentes en el circuito corresponde a la Coordinación Reconectador-Fusible, usando el método de trazado de curvas del reconectador y del fusible con la finalidad de obtener el rango de corrientes en que existe coordinación.

Para realizar la coordinación de protección se tomó en cuenta los niveles de cortocircuito presentes en el sistema y además se realizó el estudio de carga correspondiente para determinar la cantidad de corriente que estará transitando por

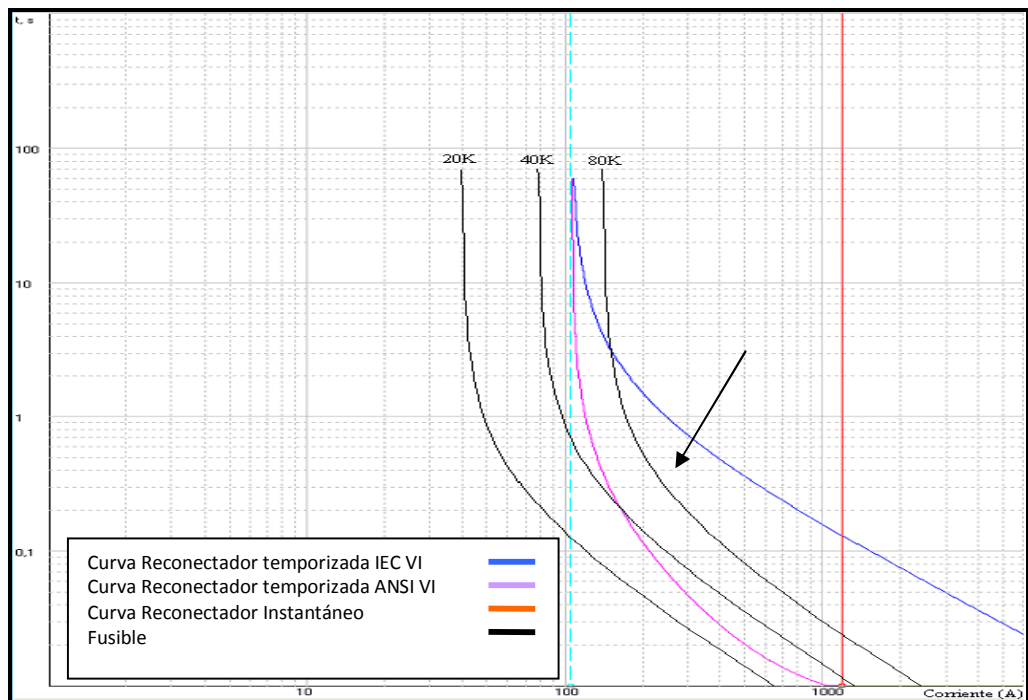
los conductores a plena carga, este análisis se le realizó a cada fusible presentes en el sistema. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 6. Niveles de cortocircuito y corriente de plena carga donde están ubicados los fusibles en el circuito UCV-Maracay**

Fusibles presentes en el sistema	Niveles de cortocircuito (kA)				Corriente a plena carga (A)
	3F	2F	2FT	FT	
	MIL_C29	3,18	2,76	2,87	
MIL_C30	3,05	2,64	2,70	1,97	4,4
MIL_C21	2,55	2,21	2,27	1,64	1,1
MIL_C20	2,52	2,18	2,24	1,62	4,4
MIL_C17	1,98	1,72	1,78	1,37	1,1
MIL_S12	2,11	1,83	1,89	1,45	6,0
MIL_C14	2,17	1,88	1,93	1,40	8,8
MIL_C15	2,11	1,83	1,88	1,37	3,3
MIL_C11	2,21	1,92	1,98	1,53	6,6
MIL_C10	2,50	2,16	2,23	1,72	5,0
MIL_C05	2,38	2,06	2,13	1,65	7,3
MIL_C09	2,27	1,97	2,03	1,57	2,2
MIL_C08	2,25	2,90	2,97	2,19	5,4
MIL_C31	2,25	1,95	2,00	1,45	4,4
MIL_S32	2,25	1,95	2,00	1,45	40,7
CEN_C05	1,82	1,57	1,62	1,19	0,7

En el anexo 14 se puede observar la ubicación de los fusibles en el circuito de distribución del campus de la UCV-Maracay.

#### 4.4.1 Coordinación Reconectador-Fusible (método de trazado de curvas)



**Gráfica 4. Coordinación Reconectador-Fusible, monofásico (método de trazado de curvas)**

La Gráfica 4 presenta la situación actual de coordinación de protección, se puede observar una coordinación inadecuada de la curva del fusible de 80K con respecto a las curvas del Reconectador representada en la Curva Reconectador temporizada ANSI VI, esta condición explica la apertura del Reconectador ante una falla sin que los fusible actúen. Según información suministrada por el departamento de Servicios Generales de la Facultad de Agronomía, este evento se estaría presentando específicamente en el grupo de fusibles denominados MIL\_S32 ubicados en el campus de la universidad, en la zona que abarca la Facultad de Agronomía.

Realizando un análisis, esta condición evidencia una mala coordinación de las protecciones en el sistema afectando el servicio eléctrico cuando ocurre una falla en el circuito, puesto que la función de los fusibles de despejar la falla no se está realizando aguas abajo, específicamente en donde el circuito está protegido con

fusibles 80K, y a su vez el Reconectador es el dispositivo que estaría efectuando la acción de despeje.

#### **4.5 Revisión de la coordinación de aislamiento**

Para la revisión de la coordinación de aislamiento se procedió tomando en cuenta las siguientes pautas:

- El máximo voltaje de operación por fase del sistema de distribución, es obtenido de la siguiente forma:

$$V_f \text{ máx.} = (V_l / \sqrt{3}) \cdot 1,05 = 8,37 \text{ kV}$$

siendo  $V_l = 13,8 \text{ kV}$

- La Norma IEEE Std C62.22-1997 establece las relaciones  $PR_{L1}$ ,  $PR_{L2}$ , obviando  $PR_S$  por ser un sistema de distribución. Para que la coordinación sea aceptable,  $PR_{L1}$  y  $PR_{L2}$ , debe ser igual o mayor que 1,2.

- La Norma IEEE Std C62.22-1997 establece márgenes de protección  $PML1$  y  $PML2$ , estos deben ser igual o mayor a 20%.

- La revisión de la coordinación de aislamiento se realizó a los transformadores del sistema de distribución.

##### **4.5.1 Evaluación de la coordinación de aislamiento**

Se realizó una selección de descargadores a nivel comercial que cumplan con las características anteriormente mencionadas ( $V_f \text{ máx} = 8,37 \text{ kV}$ ), siendo el voltaje máximo de operación 8,4 kV para el descargador seleccionado.

Descargador nro.: 1 (Ver especificaciones técnicas en anexo 2)

Datos:

Marca: COOPER Power Systems

Modelo: Surge Arresters VariSTAR® Type AZS Normal Duty Distribution

Class MOV Arrester

Voltaje nominal del descargador= 10 kV (MCOV = 8,4 kV)

FOW= 33,7 kV

LPL a 10kA= 35,9 kV

Descargador nro.: 2 (Ver especificaciones técnicas en anexo 2)

Datos:

Marca: TYCO Electronics

Modelo: Bowthorpe EMP Distribution Metal Oxide Surge Arrester DAR

Series (IEEE) iser Pole, DAR-10

Voltaje nominal del descargador: 10 kV (MCOV = 8,4 kV)

FOW= 29,6 kV

LPL a 10kA= 27,9 kV

Los transformadores del sistema de distribución cuentan con estas características técnicas según la norma Transformadores Monofásicos de Distribución código 375-05 de CADAPE:

Nivel de aislamiento a las ondas de choques a tierra (completas):

95 kV (BIL)

Nivel de aislamiento a las ondas de choques a tierra (cortadas):

110 kV (CWW)

Cálculos:

Relación de protección:

Descargador nro. 1:

$$PR_{L1} = CWW / FOW = 3,26$$

$$PR_{L2} = BIL / LPL = 2,64$$

Descargador nro. 2:

$$PR_{L1} = CWW / FOW = 3,72$$

$$PR_{L2} = BIL / LPL = 3,41$$

Para que la coordinación sea aceptable,  $PR_{L1}$  y  $PR_{L2}$ , debe ser igual o mayor que 1,2.

Márgenes de protección:

Descargador nro. 1:

$$PM_{L1} = [CWW / (FOW + L \cdot di / dt) - 1] \cdot 100 \% = 34,63 \%$$

$$PM_{L2} = [(BIL / LPL) - 1] \cdot 100 \% = 164 \%$$

Descargador nro. 2:

$$PM_{L1} = [CWW / (FOW + L \cdot di / dt) - 1] \cdot 100 \% = 41,75 \%$$

$$PM_{L2} = [(BIL / LPL) - 1] \cdot 100 \% = 240,1 \%$$

Siendo  $L \cdot di / dt = 48$ , para 1,8 m de longitud del cable de conexión [9].

$PM_{L1}$  y  $PM_{L2}$  ambos tienen que ser al menos 20% según norma (IEEE Std C62.22-1997).

Una vez realizado los cálculos y comprobado que cumple con la Norma IEEE Std C62.22-1997, se concluye que la coordinación del aislamiento en la red de distribución UCV-Maracay es aceptable.

#### **4.6 Realización del estudio de los sistemas de puesta a tierra (SPAT) del circuito UCV-Maracay**

En la realización del estudio de los sistemas puesta tierra del circuito de la UCV-Maracay, se procedió a hacer la verificación del siguiente aspecto:

Medición de la resistencia de puesta tierra utilizando el método de caída potencial, el cual es el método más utilizado en la actualidad para la verificación de este parámetro. El valor de resistencia de puesta tierra en este tipo de instalaciones no debe ser mayor a  $25 \Omega$  según el Reglamento y Normas Generales para Redes de Distribución y Líneas de Alimentación de CADAPE, asumiendo esto se verificó el valor de resistencia de puesta tierra de los SPAT del circuito de la UCV-Maracay para comprobar si cumplen con dicha normativa. A continuación se presentan los resultados:

- SPAT al cual se le pudieron realizar la comprobación de la resistencia de puesta tierra: 38 de un total 78 SPAT, en las inmediaciones del campus universitario y el CENIA.
- De los 38 SPAT a los cuales se le realizó la medición de resistencia de puesta tierra, 29 cumplieron con la normativa de estar igual o por debajo a los 25  $\Omega$ .
- 9 SPAT no cumplieron con la normativa.

La hoja de datos de las mediciones realizadas se pueden observar en el anexo 8 junto con la ubicación respectiva de cada medición.

Limitaciones:

De los 40 SPAT restantes que no se les practicaron el estudio fue debido a que hubo limitaciones al no poder acceder al electrodo de puesta tierra para poder realizar la medición correspondiente a consecuencia de estar bloqueada por materiales como cemento o tierra.

#### **4.7 Propuestas para la realización de modificaciones acorde a la situación actual y futura del sistema**

Tomando en cuenta los estudios y análisis anteriores, se presentan a continuación recomendaciones y sugerencias con la finalidad de mejorar las condiciones actuales del sistema de distribución de las Facultades de Ciencias Veterinaria y Agronomía:

- Realización de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo:



Se sugiere realizar un plan de mantenimiento tanto preventivo como correctivo periódico de toda la red de distribución del campus, que abarque los siguientes puntos:

- ✓ Sustitución de todos los transformadores pertenecientes a la red de distribución que presenten deterioro en sus estructuras.

Se contabilizaron 44 grupos de transformación distribuidos por el campus universitario que presentan condición de deterioro (para ubicación de los grupos de transformación que presentan deterioro en el campus universitario ver anexo 10 y para identificar tipo de deterioro en cada grupo de transformación ver anexo 3).

Los criterios utilizados para identificar el deterioro en los transformadores fueron los siguientes: cuba presentando condiciones de oxidación y escape de aceite dieléctrico/refrigerante, necesidad de poda (la información de los criterios fue obtenida del personal técnico de la empresa CORPOELEC-Aragua, en el anexo 4 se puede observar las condiciones de un transformador en buen estado y un transformador deteriorado).

- ✓ Aplicación de un plan de pica y poda de las áreas seleccionadas en la red de distribución, son aproximadamente 7 km de línea (ver áreas seleccionadas en anexo 11) bajo la norma: Pica y Poda Requisitos Mínimos en el área de Distribución, código 194-92 de CADAFE (ver anexo 5), esta acción de debe realizar por lo menos 2 veces al año para mantener en optimas condiciones el sistema de distribución.

La norma 194-92 Pica y Poda Requisitos Mínimos en el Área de Distribución de CADAFE establece las disposiciones mínimas que se deben cumplir

cuando se van a realizar trabajos de tala, pica y poda por debajo de las líneas de subtransmisión y/o circuitos de distribución. En la norma se tratan los siguientes puntos:

Clasificación (tipos de pica, tipos de poda)

Materiales y operación (cuadrillas, materiales, operación: tala, pica y poda)

Criterios de seguridad

Especificaciones y requisitos para la realización de la pica y de la poda

En el anexo 7 se plantea un plan de mantenimiento en donde se toman como base los aspectos más importantes de la norma 194-92 Pica y Poda Requisitos Mínimos en el Área de Distribución de CADAFE para la realización de estas labores.

✓ Sustitución de las crucetas de madera por crucetas de acero según las especificaciones presentes en la Norma Herrajes de Distribución Crucetas código 274-91 de CADAFE.

Se contabilizaron 12 postes con crucetas de madera en el campus universitario (para ubicación ver anexo 12).

✓ Sustitución o reubicación de postes que se encuentren fuera de lugar por desplazamiento del terreno u otro motivo y retensado de las líneas de la red de distribución.

Se contabilizaron 14 eventos donde se evidencia postes fuera de lugar y líneas caídas que no cumplen con la distancias mínimas establecidas en la Norma de Diseño para Líneas de Alimentación y Redes de Distribución Distancia y Separaciones Mínimas código 58-87 de CADAFE (para ver lista de eventos con descripción del mismo ver anexo 6; para ubicación del evento ver anexo 13).

✓ Mantenimiento correctivo de los sistemas de puesta tierra que presenten deterioro en sus estructuras. Corregir los sistemas de puesta a tierra que no cumplieron con la normativa de valor de resistencia no mayor o igual a  $25 \Omega$  según el Reglamento y Normas Generales para Redes de Distribución y Líneas de Alimentación de CADAFE.

Para la corrección de la resistencia de puesta tierra y cumplir lo estipulado en la norma se recomienda lo siguiente:

La resistencia de puesta tierra se puede reducir de la siguiente forma:

Incrementar el número de electrodos conectadas al sistema de puesta tierra del sistema, ubicándolas a no menos de 1,8 m de distancia una de otra y conectarlas para lograr el valor de resistencia de puesta tierra requerido (esto presenta limitaciones cuando la instalación no dispone de espacio necesario para realizar la ampliación del SPAT).

Tratando químicamente el terreno donde esta enterrada el electrodo de puesta tierra; los químicos sugeridos son: bentonita (arcilla mineral de silicato de aluminio), yeso, gel (con base de silicato de aluminio y magnesio, complementados con sales químicas), este consigue la reducción de la resistencia de puesta tierra de los electrodos hasta un valor entre el 25 % al 80% del valor original [9].

✓ Mantenimiento preventivo periódico de los sistemas de puesta tierra.

Se recomienda la revisión de los sistema de puesta tierra periódicamente (cada 4 a 6 meses) realizando la medición de la resistencia para verificar que este cumpliendo con el valor requerido de  $25 \Omega$  establecido por la norma. Esta medición

se realizara utilizando el método caída de potencial para medir resistencia de puesta tierra, junto con el equipo correspondiente para realizar la medición (telurómetro).

✓ Realizar la modificación de la coordinación de las protecciones del sistema para solventar la problemática de las condiciones actuales en el circuito anteriormente expuestas en el punto: Revisión de la coordinación de las protecciones del capítulo IV. Se sugiere utilizar solo fusibles de 20K Y 40K eliminando el modelo de 80K. Esta modificación de las protecciones se realizarían en el fusible MIL\_S32 ubicado en la zona de la Facultad de Agronomía (ver ubicación en anexo 14), el cual cuenta con las siguientes características de cortocircuito y corriente de plena carga:

Fusible: MIL\_ S32

Niveles de cortocircuito:

3F = 2,25 kA

2F = 1,95 kA

2FT = 2,00 kA

FT = 1,45 kA

Corriente a plena carga = 40,7 A

El fusible a utilizar en MIL\_S32 es el modelo 40K.

La nueva coordinación Reconectador-Fusible del fusible MIL\_S32, utilizando fusibles de 40 K, quedaría de la siguiente forma:



## CONCLUSIONES

La realización de un diagnóstico acertado del sistema eléctrico de distribución de las Facultades Agronomía y Ciencias Veterinaria representa el primer paso para desarrollar propuestas de mejoras para su situación actual.

En el circuito objeto de estudio se observó que la principal causa de falla corresponde a la falta de mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las instalaciones que conforman el sistema de distribución, relegando las fallas de tipo atmosféricas y por sobrecarga. Se destaca el aspecto que el campus universitario en lo que respecta a demanda no llega a utilizar ni el 20 % de la capacidad instalada, dejando un margen muy amplio para futuras ampliaciones de la institución.

Las protecciones del sistema están presentando deficiencias en su funcionamiento a consecuencia de su mala coordinación, esto contribuye a incrementar las fallas del circuito.

El análisis correspondiente a la realización de las mediciones de las resistencias de los sistemas de puesta tierra de las instalaciones no es concluyente a consecuencia de las limitaciones presentadas al realizar dichas mediciones, el cual impidieron su elaboración a un poco mas del 50% de los SPAT de las instalaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Obied, N. (2003). *Coordinación de protecciones en circuitos de distribución de 13,8 kV de C.A. ELECENRO*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [2] Morales, L. (1990). *Diseño de un modelo automatizado de operación para los sistemas de distribución de CADAPE*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [3] Nava, F. (2007). *Mejora y estandarización del sistema de distribución de CADAPE región a zona Miranda*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [4] Zarzalejo, J. (2007). *Estudio eléctrico del sistema de potencia, nueva planta criogénica San Joaquín (IV tren de extracción de gas natural)*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [5] De Oliveira-De Jesús, P (2012). *Naturaleza de la Demanda*. Consultado el 20 de junio del 2013 en: [http://prof.usb.ve/pdeoliveira/ct7235/demanda\\_ct7235\\_72012.pdf](http://prof.usb.ve/pdeoliveira/ct7235/demanda_ct7235_72012.pdf)
- [6] Protecciones en sistemas de distribución. Consultado el 20 de julio del 2013 en: <http://es.scribd.com/doc/124219895/protecciones-en-sistemas-de-distribucion>.
- [7] Pérez, C. (2008). *Análisis de sobretensiones a frecuencia industrial en el sistema de transmisión de CADAPE*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [8] Short, Tom A.. *ELECTRIC POWER distribution handbook.*, (Libro).--Boca Ratón: Estados Unidos: Ed. CRC Press LLC, 2004.
- [9] Servicio nacional de aprendizaje-SENA (2012). Curso: Seguridad en riesgo eléctrico: filosofía de la prevención, unidad: Sistemas de puesta tierra. Colombia.

## BIBLIOGRAFÍAS

### **Norma.**

CADAFE (194 : 92). Pica y Poda Requisitos Mínimos en el Área de Distribución. -- Caracas: Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico, 1992.

Reglamento y Normas Generales para Redes de Distribución y Líneas de Alimentación. -- Caracas: Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico, 1965.

IEEE (C62.22: 1997). Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems. – Nueva York: Estados Unidos, 1997.

IEEE (4: 1995). Standard Techniques for High-Voltage Testing. – Nueva York: Estados Unidos, 1997.

### **Libros.**

Siegert C., Luís A.. *Alta tensión y sistemas de transmisión*. Caracas: Editorial Limusa-Noriega, 1996.

Castaño R., Samuel. *Redes de Distribución de Energía*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2004



**Entrevista.**

Entrevista realizada al Ingeniero. Alfredo Flores, departamento de Servicios Generales UCV-Maracay, julio 2012.

Entrevista realizada al Ingeniero. Luís Agras, CORPOELEC-Aragua, agosto 2012.

Entrevista realizada al Ingeniero. Ing. Rubén Hernández, CORPOELEC-Aragua, octubre 2012.

Entrevista realizada al Ingeniero. Simón Capriles, CORPOELEC-Aragua, enero 2013.

Entrevista realizada al Ingeniero. Rogelio Sandoval, CORPOELEC-Aragua, febrero 2013.

Entrevista realizada al Ingeniero. Digna Bolívar, CORPOELEC-Aragua., febrero 2013.

Entrevista realizada al Ingeniero. Luís Cedeño, UNEFA-Núcleo Maracay, marzo 2013.

**Internet.**

Wikipedia Enciclopedia Libre, SCORM. <<http://es.wikipedia.org>> [Consulta: 2013]

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**



**Evidencia de la situación actual de la red de distribución de la UCV-Maracay**



**Evidencia de la situación actual de la red de distribución de la UCV-Maracay**





**Evidencia de la situación actual de la red de distribución de la UCV-Maracay**



**Evidencia de la situación actual de la red de distribución de la UCV-Maracay**



**Evidencia de la situación actual de la red de distribución de la UCV-Maracay**

## **ANEXO 2**



# Surge Arresters

**COOPER** Power Systems

## VariSTAR® Type AZS Normal Duty Distribution Class MOV Arrester

Electrical Apparatus

235-73

### GENERAL

The Cooper Power Systems VariSTAR® Type AZS normal duty distribution class MOV arrester (Figure 1) in ratings of 3 through 36 kV, incorporates the latest in metal oxide varistor (MOV) technology in a porcelain design. With this combination of technologies, Cooper Power Systems can offer reliable and cost effective overhead protection of distribution systems.

### CONSTRUCTION

The VariSTAR Type AZS arrester consists of highly nonlinear metal oxide varistors enclosed in a porcelain housing. The highly nonlinear nature of the MOV disks results in conduction of leakage current of milliamperes at nominal line-to-ground operating voltage. This small amount of leakage current (which is primarily capacitive current with a small component of resistive current) can be tolerated on a continuous basis.

The VariSTAR Type AZS design is available with or without an isolator and can be supplied with a variety of mounting brackets to satisfy a wide range of applications.

### OPERATION

The operation of the VariSTAR Type AZS is typical of gapless metal oxide arresters. During steady state conditions, nominal line-to-ground voltage is applied continuously across the arrester's terminals. When overvoltages occur, the VariSTAR Type AZS arrester limits the overvoltage to required protective levels by conducting the surge current. Upon passage of the overvoltage condition, the arrester returns to a highly nonlinear steady state, conducting minimal leakage current.

The superior protective characteristics of the VariSTAR Type AZS arrester provide excellent protection for distribution transformers with lower impulse withstand capabilities. Its superior reliability makes it an ideal choice for areas with moderate isokeraunic levels.



Figure 1.  
VariSTAR Type AZS Normal Duty Distribution Class MOV Arrester.

### PRODUCTION TESTS

A complete production test program ensures a quality product. Each VariSTAR metal oxide varistor receives a series of electrical tests. Quality is further ensured by a series of destructive tests performed on every batch of varistors. Listed are the tests that are performed on the varistors:

- 100% Physical Inspection
- 100% Discharge Voltage Test
- 100%  $V1mA/cm^2$
- 100% Leakage Current at 80% of  $V1mA/cm^2$  Voltage
- Batch High-current, Short-duration Test
- Batch Thermal Stability Test
- Batch Disk Aging Test

Each VariSTAR Type AZS arrester must pass the following production tests:

- 100% Physical Inspection
- 100% Vacuum over Fluid Seal Test
- 100% Leakage Current Test
- 100% RIV Test

### STANDARDS

The VariSTAR Type AZS arrester complies with the latest revision of ANSI/IEEE C62.11 "IEEE Standard for Metal Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits".



## Features and Detailed Description

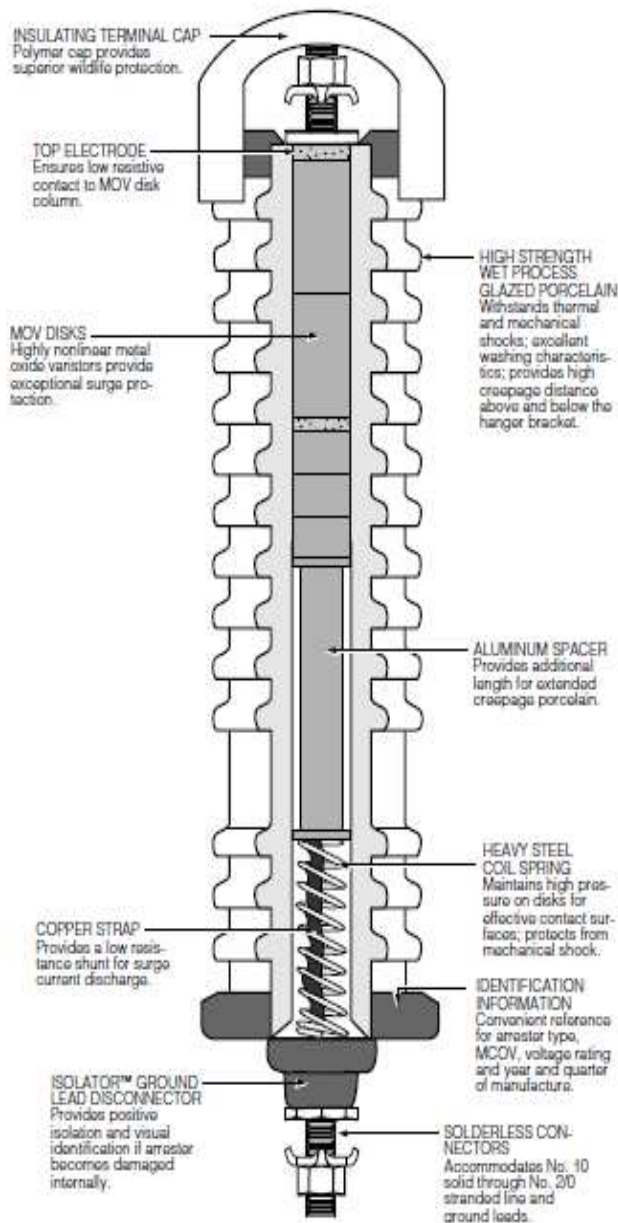


Figure 2.  
Cutaway Illustration of VariSTAR Type AZS Arrester.

### GENERAL APPLICATION RECOMMENDATIONS

The rating of an arrester is the power frequency line-to-ground voltage at which the arrester is designed to pass an operating duty-cycle test. Table 1 provides a general application guide for the selection of the proper arrester rating for a given system voltage and system grounding configuration.

Cooper Power Systems application engineers are available to make recommendations. The following information is normally required:

1. System maximum operating voltage.
2. System grounding conditions.
  - A. For four-wire circuits, grounding conditions depend upon whether the system is multi-grounded, whether it has a neutral impedance and whether common primary and secondary neutrals are used.
  - B. For three-wire circuits, grounding conditions depend upon whether the system is solidly grounded at the source, grounded through neutral impedance at the source transformers or ungrounded.

Where unusual conditions exist (high ground resistance, high capacitive load, arc-welding equipment, etc.) the following supplementary information is necessary:

1. The unusual condition.
2. Type of construction, phase spacing, length of line, conductor size.
3. BIL of equipment and line insulation.
4. Phase-sequence components of impedances on the load side of the distribution substation.

The impedance of the transformer and the impedance and grounding of supply to the substation all affect the voltage during faults.

**TABLE 1**  
Commonly Applied Voltage Ratings of the VariSTAR Type AZS Arrester

System Voltage (kV rms)		Recommended Arrester Rating (kV rms)		
Nominal	Maximum	Four-Wire Wye Multi-Grounded Neutral	Three-Wire Wye Solidly Grounded Neutral	Delta and Ungrounded Wye
2.4	2.54	—	—	3
4.16Y/2.4	4.4Y/2.54	3	6	6
4.16	4.4	—	—	6
4.8	5.08	—	—	6
6.9	7.26	—	—	9
8.32Y/4.8	8.8Y/5.08	6	9	—
12.0Y/6.93	12.7Y/7.33	9	12	—
12.47Y/7.2	13.2Y/7.62	9	15	—
13.2Y/7.62	13.97Y/8.07	10	15	—
13.8Y/7.97	14.52Y/8.38	10	15	—
13.8	14.52	—	—	18
20.78Y/12.0	22Y/12.7	15	21	—
22.86Y/13.2	24.2Y/13.87	18	24	—
23	24.34	—	—	30
24.94Y/14.4	26.4Y/15.24	18	27	—
27.6Y/15.93	29.3Y/16.89	21	30	—
34.5Y/19.92	36.5Y/21.08	27	36	—
48Y/26.6	48.3Y/26	36	—	—

**TEMPORARY OVERVOLTAGE (TOV) CAPABILITY**

The Temporary Overvoltage (TOV) capability of the VariSTAR Type AZS arrester is shown in Figure 3.

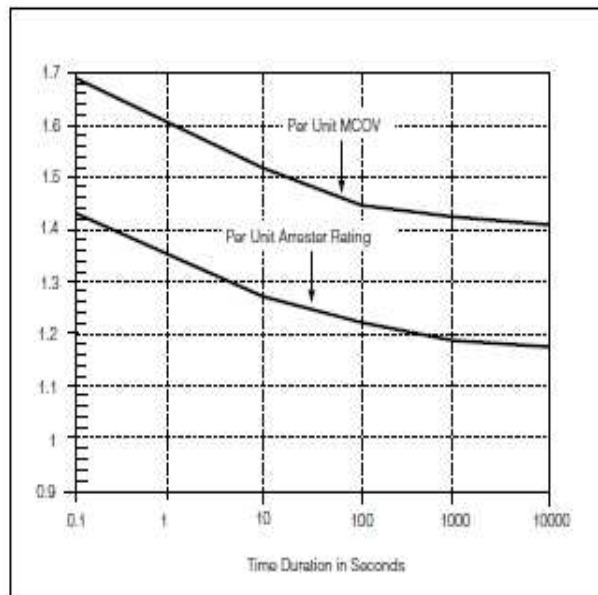
**PERFORMANCE TEST CHARACTERISTICS**

The VariSTAR Type AZS arrester consistently withstands the following design tests as described by ANSI/IEEE C62.11:

- **Duty Cycle:**  
22 current surges of 5 kA crest 8/20  $\mu$ s waveshape.
- **High-current, Short-duration Discharge:**  
2 current surges of 65 kA crest 4/10  $\mu$ s waveshape.
- **Low-current, Long-duration Discharge:**  
20 current surges of 75 A crest 2000  $\mu$ s rectangle wave duration.

Following each of these tests, the arresters remain thermally stable as verified by:

- Continually decreasing power values during a thirty minute power monitoring period.
- No evidence of physical or electrical deterioration.
- The 5 kA (8/20  $\mu$ s) discharge voltages measured after each test changed by less than 10% from the initial values.



**Figure 3.**  
Temporary overvoltage curve. No prior duty – 60° C ambient.

## PROTECTIVE CHARACTERISTICS

The protective characteristics of the VariSTAR Type AZS arresters are shown in Table 2.

**TABLE 2**  
Protective Characteristics

Arrester Rating (kV rms)	MCOV (kV rms)	Front-of-wave Protective Level* (kV crest)	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave					
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.65	10.2	8.6	9.2	9.8	10.8	12.8	15.9
6	5.10	20.4	17.2	18.4	19.6	21.7	25.5	31.9
9	7.65	30.6	25.8	27.6	29.4	32.5	38.3	47.8
10	8.40	33.7	29.4	30.5	32.4	35.9	42.2	52.7
12	10.20	40.8	34.4	36.9	39.2	43.4	51.0	63.8
15	12.70	51.0	43.0	46.1	49.0	54.2	63.8	79.7
18	15.30	61.2	51.6	55.3	58.8	65.1	78.8	98.7
21	17.00	71.3	60.2	64.5	68.6	75.9	89.3	111.6
24	19.50	80.4	67.8	72.7	77.4	85.6	100.7	125.8
27	22.00	91.9	77.5	83.1	88.4	97.9	115.1	143.8
30	24.40	101.1	85.2	91.4	97.2	107.6	128.6	158.1
36	29.00	119.5	100.8	108.1	115.0	127.2	149.7	187.0

\*Based on 5 kA current impulse that results in a discharge voltage cresting in 0.5 $\mu$ s.

## INSULATION CHARACTERISTICS

The insulation characteristics of the VariSTAR Type AZS arresters are shown in Table 3.

**TABLE 3**  
Insulation Characteristics

Arrester Rating (kV rms)	Characteristic for AZS100M, AZS101M and AZS103M series*						Characteristic for base-mount (AZS100C series)							
	Creepage		Strike		1.2/60 $\mu$ s impulse (kV crest)	1 min Dry (kV rms)	10 sec Wet (kV rms)	Creepage		Strike		1.2/60 $\mu$ s impulse (kV crest)	1 min Dry (kV rms)	10 sec Wet (kV rms)
	(in.)	(cm)	(in.)	(cm)				(in.)	(cm)	(in.)	(cm)			
3	2.8	7.1	2.0	5.1	45	15	13	10.9	27.7	8.7	22.1	125	70	80
6	6.6	16.8	4.5	11.4	60	21	20	10.9	27.7	8.7	22.1	125	70	80
9	10.4	26.4	7.0	17.8	75	27	24	13.5	34.3	10.4	26.4	150	80	70
10	10.4	26.4	7.0	17.8	75	27	24	13.5	34.3	10.4	26.4	150	80	70
12	13.2	33.5	8.9	22.6	95	35	30	13.5	34.3	10.4	26.4	150	80	70
15	13.2	33.5	8.9	22.6	95	35	30	16.0	42.2	12.6	32.0	175	90	80
18	17.9	45.5	12.0	30.5	125	42	36	16.0	42.2	12.6	32.0	175	90	80
21	17.9	45.5	12.0	30.5	125	42	36							
24	21.7	55.1	14.4	36.6	150	70	60							
27	21.7	55.1	14.4	36.6	150	70	60							
30**	26.4	67.1	17.5	44.5	200	95	80							
36**	26.4	67.1	17.5	44.5	200	95	80							

\*Refer to pages 5 and 6.

\*\*Not applicable to AZS103M Series.



Energy Division

Bowthorpe EMP  
Distribution Metal Oxide Surge Arrester  
DAR Series (IEEE) Riser Pole

 **Tyco Electronics**  
Our commitment. Your advantage.



## DAR Series

### DAR series arrester standard electrical data:

Residual voltage in kV when tested to the following test waveforms

Part Number	Ur kV	MCOV kV	Front of wave	Lightning (8/20µs)						Switching
				1.5kA	3kA	5kA	10kA	20kA	40kA	
				500A						
DAR-04	3.5	2.95	10.3	8.3	8.7	9.1	9.8	10.8	11.7	7.7
DAR-06	6	5.1	17.7	14.2	15.0	15.7	16.8	18.5	20.1	13.2
DAR-09	9	7.65	26.6	21.3	22.5	23.5	25.1	27.8	30.2	19.8
DAR-10	10	8.4	29.6	23.7	25.0	26.1	27.9	30.8	33.5	22.0
DAR-12	12	10.2	35.5	28.4	29.9	31.3	33.5	37.0	40.2	26.4
DAR-15	15	12.7	44.3	35.5	37.4	39.2	41.9	46.3	50.3	33.0
DAR-18	18	15.3	53.2	42.6	44.9	47.0	50.3	55.5	60.3	39.6
DAR-21	21	17.0	62.1	49.7	52.4	54.9	58.7	64.8	70.4	46.2
DAR-24	24	19.5	70.9	56.8	59.9	62.7	67.0	74.0	80.4	52.8
DAR-27	27	22.0	79.8	63.9	67.4	70.5	75.4	83.3	90.5	59.4
DAR-30	30	24.4	88.7	71.0	74.9	78.4	83.8	92.5	100.5	66.0
DAR-36	36	29.0	106.4	85.2	89.8	94.0	100.6	111	120.6	79.1

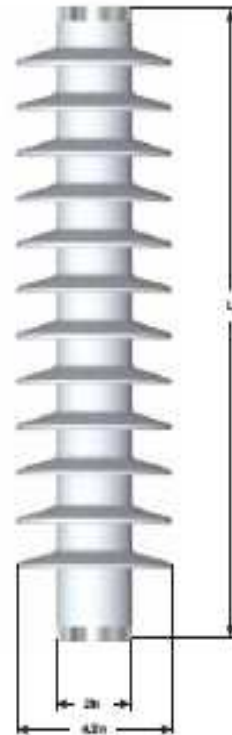
### DAR series arrester standard housing parameters:

Housing code	Leakage inches	Flash over distance inches	Dry lightning (1.2 / 50) kV	10s Wet withstand kV	Height inches	Weight lb
A	12.95	5.98	150	45	3.79	2.64
B	15.9	6.97	170	55	6.77	2.97
C	21.77	8.94	199	74	8.74	3.96
E	27.64	10.9	219	86	10.7	4.84
F	30.55	11.89	253	95	11.72	5.72
G	36.42	13.86	254	115	13.7	6.45

### Housing and Ur compatibility:

Ur	Housing code:						
	A	B	C	E	F	G	
3.5	●	■					
6	●	■					
9	●	■					
10	●	■	■				
12	●	■	■				
15		●	■	■			
18			●	■	■		
21			●	■	■		
24				●	■		
27					●	■	
30					●	■	
36					●	■	

● standard housing ■ optional housing



## **ANEXO 3**

**Lista de grupos de transformación con evidencia de deterioro (GDT)**

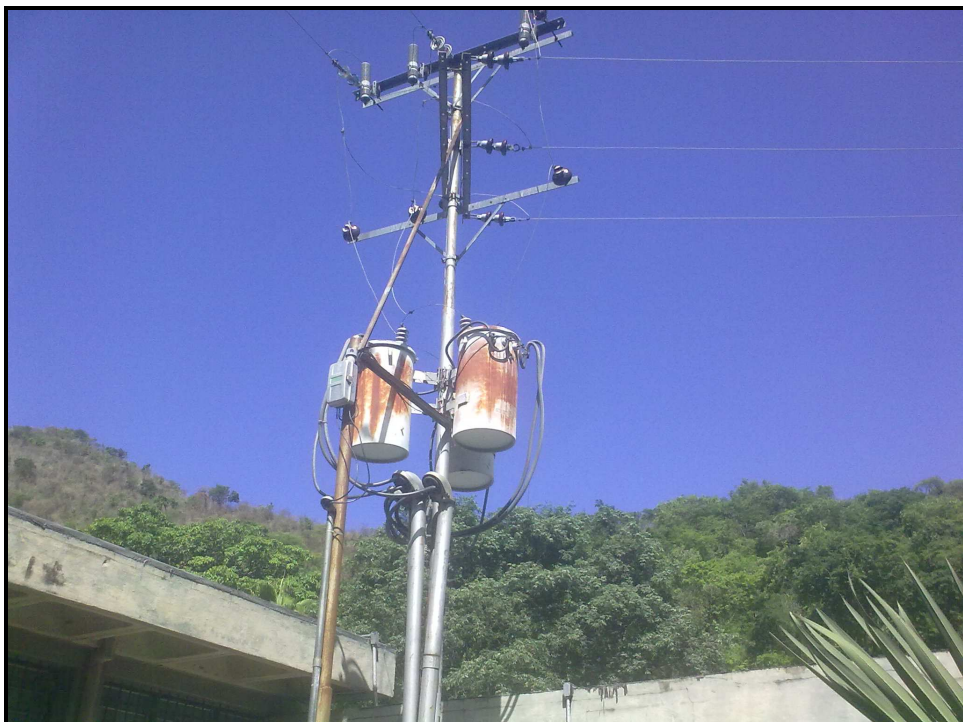
<b>GDT</b>	<b>Condición</b>
1	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
2	Presenta corrosión
3	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
4	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
5	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
6	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
7	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
8	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
9	Presenta corrosión
10	Presenta corrosión
11	Presenta corrosión
12	Presenta corrosión
13	Presenta corrosión
14	Presenta escape de aceite dieléctrico/refrig.
15	Presenta corrosión
16	Presenta corrosión
17	Presenta corrosión
18	Presenta corrosión
19	Presenta corrosión
20	Presenta corrosión
21	Presenta corrosión
22	Presenta corrosión
23	Presenta corrosión, requiere de poda
24	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
25	Presenta corrosión,
26	Presenta escape de aceite dieléctrico/refrig.
27	Requiere poda
28	Presenta corrosión
29	Presenta corrosión
30	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
31	Presenta corrosión
32	Presenta corrosión
33	Presenta corrosión
34	Presenta corrosión, requiere de poda
35	Presenta corrosión, requiere de poda
36	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig., requiere de poda
37	Presenta corrosión,
38	Presenta escape de aceite dieléctrico/refrig.
39	Presenta corrosión
40	Presenta corrosión, escape de aceite dieléctrico/refrig.
41	Requiere de poda
42	Presenta corrosión
43	Requiere de poda
44	Requiere de poda

## **ANEXO 4**





**Muestra de grupo de transformación en condiciones óptimas, no presenta corrosión ni escape de aceite dieléctrico/refrigerante**



**Muestras de grupo de transformación que presenta evidencia de corrosión**

## **ANEXO 5**



NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MINIMOS EN EL  
AREA DE DISTRIBUCION

194-92  
1/24

TRAMITE

COMITE EJECUTIVO DE NORMALIZACION

MIEMBROS:

PRESIDENTE

VICEPRESIDENTE EJECUTIVO TECNICO

VICEPRESIDENTE EJECUTIVO DE PLANIFICACION

VICEPRESIDENTE EJECUTIVO DE FINANZAS

SECRETARIO EJECUTIVO:

DIRECTOR DE NORMALIZACION Y TECNOLOGIA

SECRETARIO TECNICO:

GERENTE DE NORMALIZACION



ASISTENTE  
no 92

*[Handwritten signature]*





NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MINIMOS EN EL  
AREA DE DISTRIBUCION

CODIGO  
194-92

PAG. NA  
3/24

INDICE

ASUNTO	Página
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION .....	4/24
2. DOCUMENTOS A CONSULTAR .....	4/24
3. DEFINICIONES .....	4/24
4. CLASIFICACION .....	6/24
5. MATERIALES Y OPERACION .....	9/24
6. REQUISITOS .....	15/24
ANEXOS .....	18/24



**NORMA**  
**PICA Y PODA**  
**REQUISITOS MINIMOS EN EL**  
**AREA DE DISTRIBUCION**

CODIGO  
194-92

PAGINA  
4/24

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

Establece los requisitos mínimos que debe cumplir la contratista cuando vaya a realizar trabajos de Tala, Pica y Poda debajo de las líneas de Subtransmisión y/o Circuitos de Distribución (A.T y B.T) pertenecientes a CADAFE.

2. DOCUMENTOS A CONSULTAR

CODIGO	NORMA
25-88	"Calzado de Seguridad".
127-88	"Cascos dieléctricos de protección personal".
128-88	"Cinturones de seguridad".
131-88	"Conos de seguridad vial".
211-88	"Cuantes de labor"

3. DEFINICIONES

3.1. LA EMPRESA

Es la Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE).

3.2. TALA

Es la destrucción total de un árbol, eliminándolo por completo desde su base.



**NORMA**  
**PICA Y PODA**  
**REQUISITOS MINIMOS EN EL**  
**AREA DE DISTRIBUCION**

CODIGO 194-92

PAGINA 5/24

**3.3. PICA**

Es la franja de terreno ubicada debajo de la línea de subtransmisión y/o distribución, con un ancho igual a la proyección vertical de los conductores, más dos (2) metros a cada lado de los conductores extremos. Comprende además la zona transversal que en forma de V debe mantenerse libre de vegetación y otros obstáculos que en su caída puedan hacer contacto con los conductores o producir fallas por proximidad a éstos.

**3.4. APERTURA DE PICA**

Es el despeje de toda vegetación que se encuentre en la Pica de la línea de subtransmisión o distribución, la cual se realiza con la finalidad de permitir, con toda seguridad y en todo momento, el paso de personas provistas de equipos e implementos de trabajo.

**3.5. PODA**

Es la remoción de ramas muertas (secas), enfermas, superfluas o que estorben, tomando en consideración la futura salud o crecimiento del árbol.

**3.6. PODA INCLENENTE**

Es el corte total del follaje del árbol.

**3.7. REDES AEREAS DE DISTRIBUCION**

Son las instalaciones (en alta y baja tensión) que permi-



**NORMA**  
**PICA Y PODA**  
**REQUISITOS MINIMOS EN EL**  
**AREA DE DISTRIBUCION**

CORRECCION: 194 92  
PAGINA: 6/24

ten llevar el servicio de energía eléctrica a los suscriptores que habitan en ciudades, pueblos y caseríos.

**3.8. DIRECCION LONGITUDINAL**

Se entiende por dirección longitudinal de la red, a la dirección que determina los apoyos de las líneas en alta y baja tensión que conforman dicha red. (Fig.1)

**3.9. DIRECCION TRANSVERSAL**

Se entiende por dirección transversal de la red, aquella que es perpendicular a la dirección longitudinal de la misma. (Fig.1)

**3.10. DIRECCION AXIAL**

Es aquella dirección que es simultáneamente perpendicular a las direcciones longitudinal y transversal de la línea. Esta dirección coincide con los postes o apoyos de la red y también es perpendicular al nivel del suelo. (Fig.1)

**4. CLASIFICACION**

**4.1. PICA**

Tomando en consideración los tipos de vegetación existentes en las diferentes zonas del país y las formas de terreno por donde pasan las líneas de Subtransmisión y Distribución, la pica se clasifica en:





NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MÍNIMOS EN EL  
ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

DDA 20  
194-92  
PAG. 14  
7/24

4.1.1. Pica Normal

Este tipo de pica es aquella en que la vegetación existente es baja o mediana, encontrándose la misma ya sea por debajo o sobrepasando ligeramente a los conductores de la línea y adicionalmente que el terreno por donde se encuentre sea por lo general plano.

4.1.2. Pica en forma de V

Este tipo de pica se presenta cuando la vegetación existente es de monte alto y en la misma se encuentran Árboles de gran altura cerca de la línea, cuyas copas o frondas sobrepasen muy por encima a los conductores de dicha línea y que el terreno donde está ubicada sea por lo general montañoso. (Figura No.2).

4.2. PODA

Para la clasificación de la poda se consideran los siguientes aspectos: ubicación del árbol con respecto a la red, tipos de árboles existentes en el país y las direcciones de la red (longitudinal, axial y transversal).

4.2.1. Poda debajo de la red

Este tipo de poda consiste en eliminar las ramas que se encuentren por debajo, por encima o cerca de la red o también es la poda que se realiza en la dirección axial de la red (Figura No.3).



NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MINIMOS EN EL  
AREA DE DISTRIBUCION

EDICION 154-92

PAGINA 8/24

4.2.2. Podas de árboles frutales y ornamentales

La poda de árboles frutales (mango, aguacate, etc.) y ornamentales (pino, chaguaramo, caucho y otros) es aquella que debe realizarse tratando en lo posible de no estropear a la planta y guardar al mismo tiempo, si la configuración del árbol lo permite, la distancia mínima necesaria, exigida por esta Empresa, a fin de evitar así los riesgos que podrían afectar las cosechas del producto de los mismos.

4.2.3. Podas de árboles en el alumbrado público

Tomando en cuenta los siguientes parámetros: ubicación del poste de alumbrado con respecto al árbol, la uniformidad del haz luminoso de la luminaria y la seguridad en la vía, la poda de árboles en el alumbrado público se clasifican en:

a. Poda cuando el poste se encuentra cerca del árbol.

Para este caso el poste está ubicado delante del árbol a una distancia determinada. Este tipo de poda consiste en eliminar las ramas que estén interfiriendo con la efectividad del haz luminoso de la luminaria, de tal manera que dicho haz sea lo más uniforme posible y así mejorar la iluminación de la vía. (Ver Figura No.5).

b. Poda cuando el poste se encuentra retirado del árbol.  
En este caso el poste se encuentra a una distancia (D) lateral del árbol y la poda consiste en eliminar a una altura (H) las ramas que estorban al haz luminoso (Ver figura No.6).

5. MATERIALES Y OPERACION

5.1. CUADRILLAS

Las cuadrillas que realizarán las podas deben ser de un número mínimo de cuatro (4) trabajadores.

5.2. MATERIALES

El equipamiento de las Cuadrillas, deberá ser como sigue.  
Los equipos que deberán tener como mínimo, son los siguientes:

- Una camioneta Pick-up y/o un camión.
- Dos autosierres (grande y pequeña).
- Una escalera pequeña dieléctrica (5 metros).
- Una escalera dieléctrica extensible (12 metros).
- Machetes (los necesarios).
- Un serrucho especial, tipo arco (con pértiga de 8 metros).
- Un desjarretador (con pértiga de 6 metros).



**NORMA**  
**PICA Y PODA**  
**REQUISITOS MINIMOS EN EL**  
**AREA DE DISTRIBUCION**

CC.190 194 92

PAGINA  
10/24

- Un gancho de poda (con pértiga de 6 metros).
- Mecates de nylon (los necesarios).
- Cascos de seguridad (uno por cada trabajador).
- Botas de seguridad (un par por cada trabajador).
- Un par de cinchas.
- Un par de guantes B.T. de 5000 V (con protector).
- Un cinturón de seguridad.
- Un par de guantes de A.T. de 20 KV (con protector).
- Un galón de alquitrán vegetal.
- Un isopo para aplicar alquitrán vegetal.
- Un botiquín de Primeros Auxilios.
- Un termo para agua potable.
- Limas para motosierras.
- Calzado de seguridad.
- Guantes de labor y absorbentes.
- Limas para machetes.

**5.3. OPERACION**

Las condiciones generales de operación en las labores de la tala, pica y poda, deberán ser como sigue:

**5.3.1. Tala**

a. En todos los casos la tala deberá ajustarse a las normas mínimas de seguridad vigentes, a fin de evitar posibles riesgos que puedan ser lamentables. (Ver Punto No. 5.3.4).



NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MÍNIMOS EN EL  
ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

CCM33 194-92  
PÁGINA 11/24

b. Toda vegetación subproducto de tala debe ser depositada en los botaderos públicos o en los sitios más aptos y convenientes, con la finalidad de no causar molestias o problemas a la comunidad.

5.3.2. Pica

En las labores de pica se deberá despejar toda vegetación existente en los postes, aisladores, crucetas, guayas, etc. En caso donde sea comprobadamente peligroso eliminar alguna vegetación, se deberán tomar debida nota y avisar al Jefe de Distribución de la Zona o a quien se designe para ello.

5.3.3. Podá

a. Las podas de árboles se ejecutarán con motosierras o serruchos especiales, a fin de hacer cortes limpios y rasos, evitando en todo tiempo el desgarramiento de ramas.

b. El contratista tratará la zona cortada con alquitrán vegetal, con el fin de proteger la integridad del árbol, evitando así la penetración de gérmenes patógenos que lo perjudiquen.

c. Toda vegetación subproducto de poda será depositada en los botaderos públicos o en los sitios más aptos y convenientes, con el fin de no causar molestias ni



NORMA  
TICA Y PODA  
REQUISITOS MÍNIMOS EN EL  
ÁREA DE DISTRIBUCION

194-92  
PAGINA  
12/24

problemas a la comunidad.

d. La poda de árboles frutales y ornamentales, será efectuada lo más cuidadosamente posible y de acuerdo a su configuración. En caso de dudas o reclamos el contratista deberá consultar al Jefe de Distribución de la zona a que corresponde o a quien éste designe para ello.

e. Cuando haya necesidad de podar árboles en terrenos particulares o privados, el contratista solicitará de mutuo y amistoso acuerdo con los dueños o poseedores del terreno, el permiso correspondiente para podar dicho árbol. Si no tuere posible obtener el acceso a la vivienda o terreno, el contratista tomará debida nota de la dirección y características del o los árboles e informará al Departamento de Distribución de la zona correspondiente o a la persona que éste designe, quien se trasladará al sitio y tratará a su vez de conseguir que la realización del trabajo sea positiva. Si continuase la negativa, la Empresa se dirigirá al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables para obtener el permiso respectivo.

Nota: El área debajo de la línea o redes de distribución deberá quedar limpia de vegetación, y ésta no debe ser quemada.



NORMA

PICA Y PODA  
REQUISITOS MÍNIMOS EN EL  
ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

CORFO 194-92

Página 13/24

5.3.4. Seguridad

Se deben cumplir los siguientes requisitos de seguridad industrial en cuanto a la Pica y Poda:

- No se deberá iniciar este tipo de trabajo si el viento está soplando con fuerza.
- Se deberá verificar que la zona de trabajo ha sido previamente despejada de público y se ha realizado la delimitación del área de trabajo, con el equipo de protección adecuado (conos de seguridad), colocándose los avisos de prevención necesarios.
- El trabajador deberá asegurar la disponibilidad de las herramientas, así como del equipo necesario para retirar las ramas, hojas, troncos, etc.
- Se deberá verificar el buen estado del equipo y herramientas a utilizar.
- Tan sólo se deberán podar aquellas ramas que estén en contacto con la red, o aquellas cuyo tamaño indiquen que en breve tiempo harán contacto con la red eléctrica.



NORMA  
TRONCA Y PODA  
REQUISITOS MINIMOS EN EL  
AREA DE DISTRIBUCION

CODIGO 194 92

PAGINA 14/24

- Se deberán asegurar las ramas con los mecates de nylon antes de cortarlas, a fin de evitar que caigan con violencia y puedan ocasionar daños.
- No se deberán manipular ramas que sean demasiado pesadas y que puedan salirse del control o arrastrar consigo al trabajador.
- Mientras se corta, verifique que el follaje no roza las líneas de servicio.
- Las ramas muy grandes no deberán seccionar en varios tramos, no se cortan enteras.
- Cumpla las normas sobre desenergización de circuitos, en los lugares donde las ramas hacen contacto.
- Evite los accidentes, daños a residencias, vehículos, etc.
- Conserve la distancia de aproximación entre las últimas ramas y la línea energizada de acuerdo a lo siguiente:
  - a. Para líneas de 34.5 KV aproximadamente 3 metros de distancia.
  - b. Para líneas de 13.8 KV, 2.5 metros aproximadamente.





NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MÍNIMOS EN EL  
ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

SOJBL 194-92  
PADOZ 15/24

- Evite daños a las líneas telefónicas en la realización de podas.

- Cumpla con todas las otras normas vigentes de seguridad y protección ambiental.

6. REQUISITOS

6.1. PICA

6.1.1. Dimensiones de la pica normal

La altura de la vegetación residual en el interior de la pica, no debe ser mayor de 30 centímetros de alto. En lo referente al ancho, queda expresamente convenido, que el mismo será de 7 metros y tendrá como punto medio la dirección del conductor central.

Cuando hay más de un conductor central, se tomará como punto medio el poste o el apoyo de la línea, el cual quedará despejado de vegetación.

6.1.2. Dimensiones de la pica en V

Las dimensiones de altura y ancho para esta pica, serán iguales a las de la pica normal. El ángulo de la línea que dará la forma de V de la pica, será aproximadamente 60°.



NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MÍNIMOS EN EL  
ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

CODIGO 194-92

PAGINA 16/24

6.2. PODA

6.2.1. Cortes de las ramas

Los cortes de las ramas serán biselados o diagonales de tal manera que el agua de lluvia no se deposite en el corte y escurra mejor. (Ver figura No.7).

6.2.2. Dimensiones de la poda en la dirección transversal de la red

La poda en esta dirección consiste en despejar de vegetación una franja de 2 metros de ancho, calculados a partir de los conductores exteriores respectivamente en redes de Alta Tensión y desde el eje que lo conforma en redes de Baja Tensión. (Ver Figura No. 2).

6.2.3. Dimensiones de la poda debajo de la red

Las dimensiones de esta poda dependerá de la configuración física del árbol y si éste lo permite, como generalmente sucede con la especie de las Acacias, el corte se hará en el tronco a una altura de 3 metros calculados a partir del nivel del suelo, cuidando al mismo tiempo de cumplir las dimensiones contempladas en la dirección transversal.

6.2.4. Dimensiones de la poda en el alumbrado público

a. En este tipo de poda las dimensiones de la misma son:



NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MÍNIMOS EN EL  
ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

CODIGO 194 92

PAGINA 17/24

la altura de la poda será 1 metro, el cual servirá para hacerle mantenimiento a la luminaria y la distancia lateral será igual a 5 metros a partir del extremo lateral de la luminaria (Ver figura No.3).

- b. Para este tipo de poda la altura dependerá de la distancia que exista entre el poste y el árbol (D), de la altura del poste y del ángulo que tenga el haz de luz (A).

Por lo tanto la altura será igual a:

$$H = \text{Altura del Poste} - (\text{COTG } (A) ) \times D$$



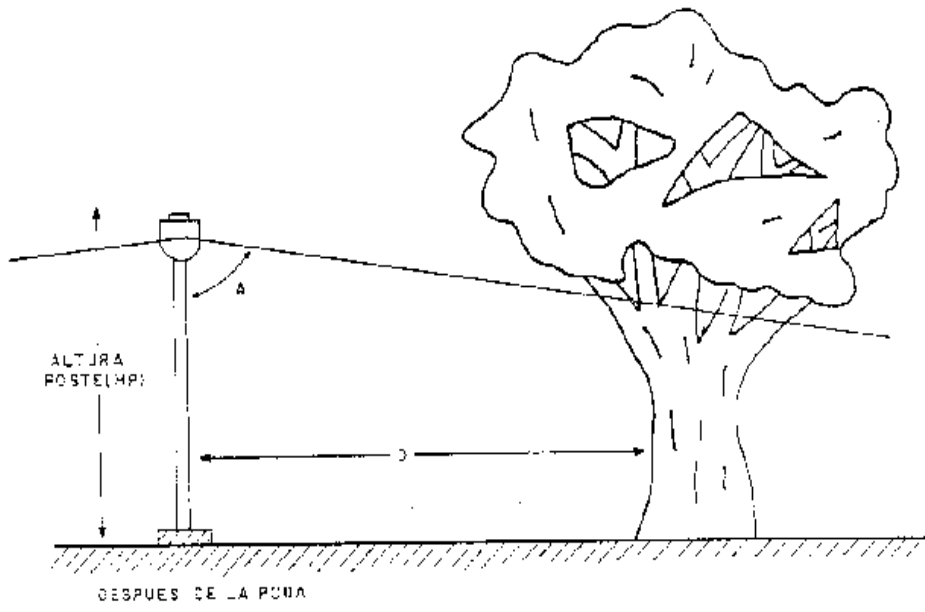
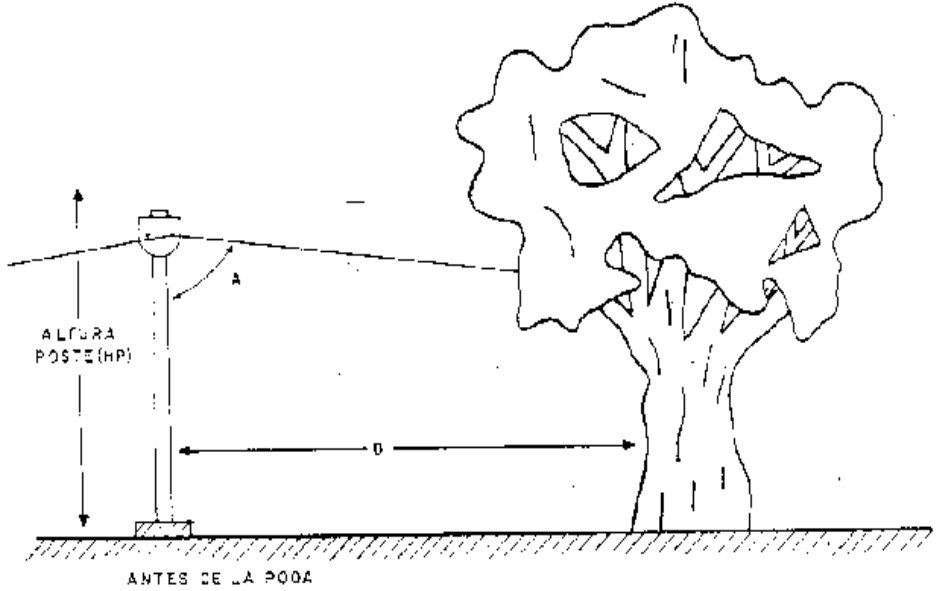


FIGURA 6 PODA ALUMBRADO PUBLICO

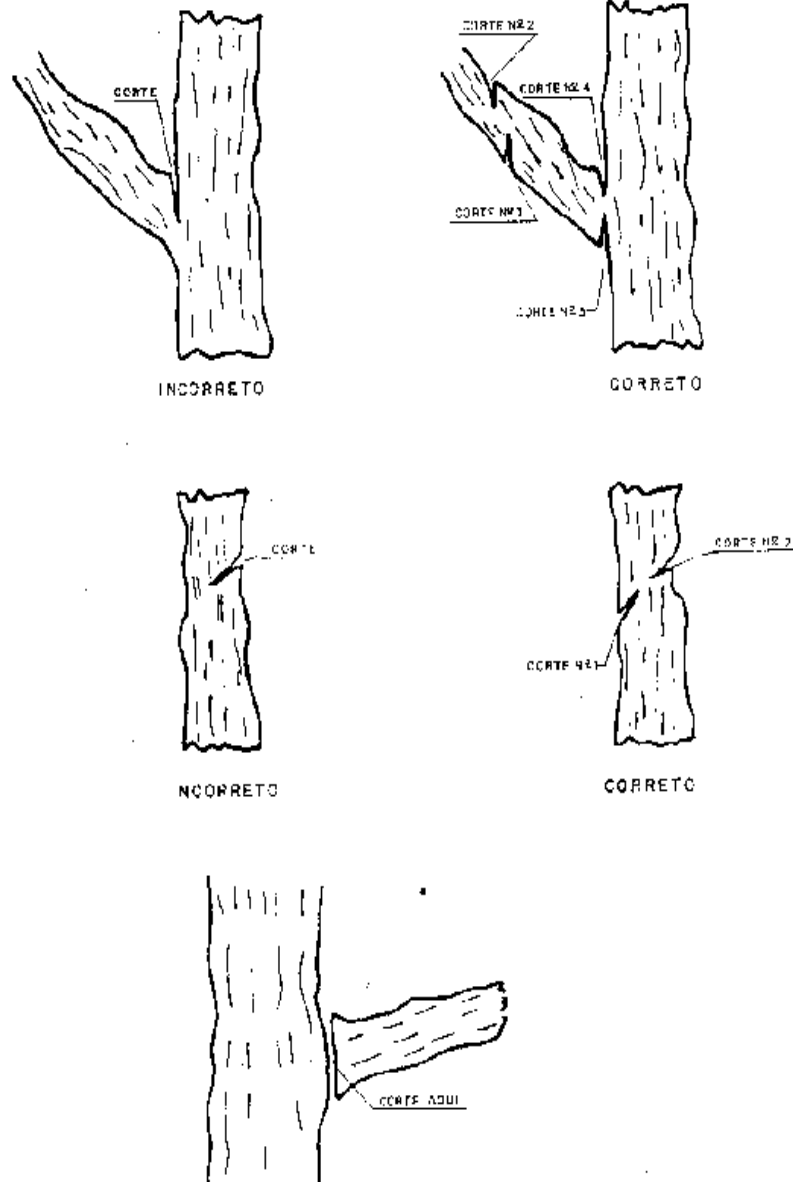


FIGURA 7: TIPOS DE CORTES REALIZADOS A LAS RAMAS

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS

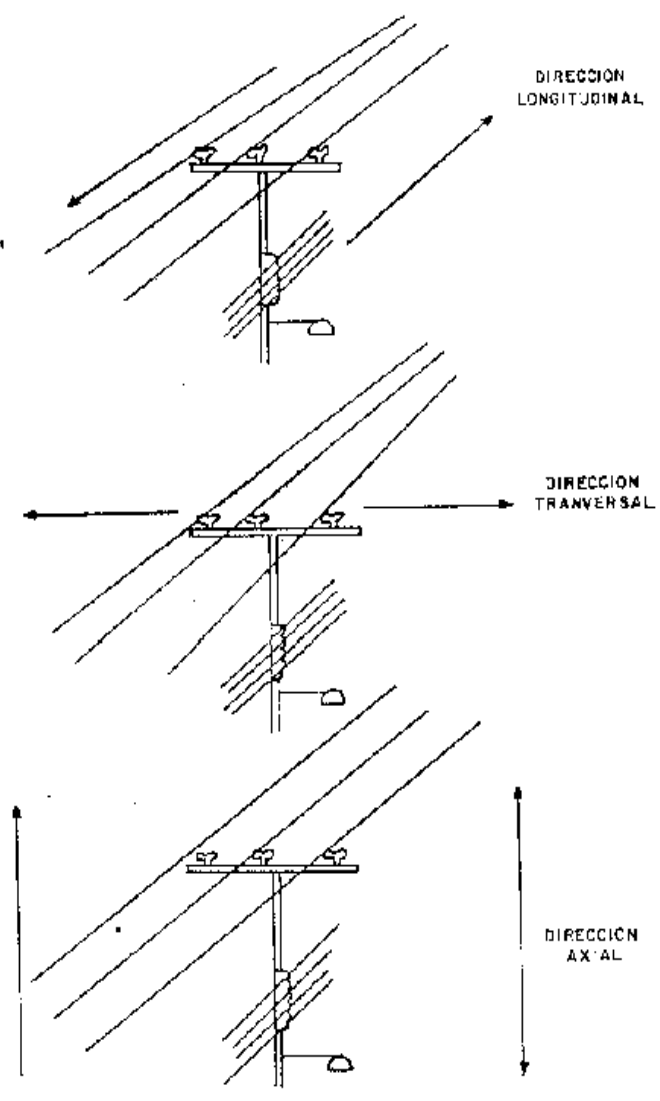
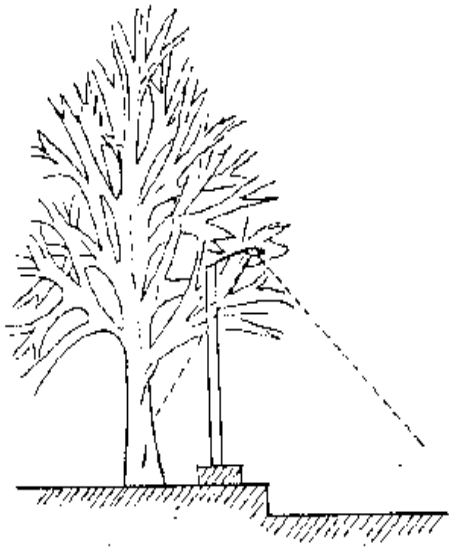
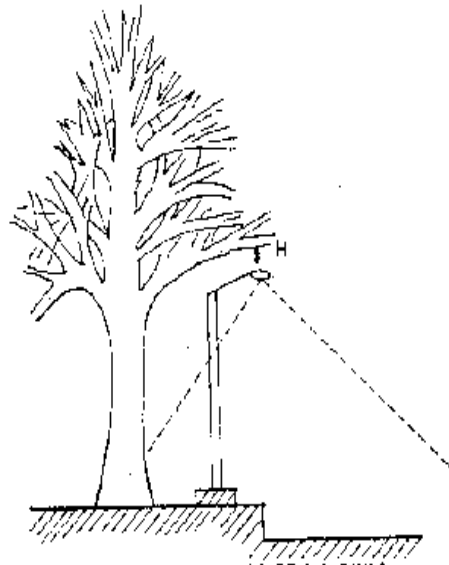


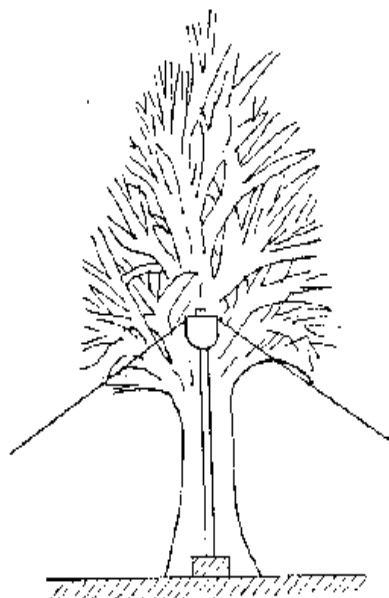
FIGURA 1 : DIRECCIONES DE LAS LINEAS Y REDES



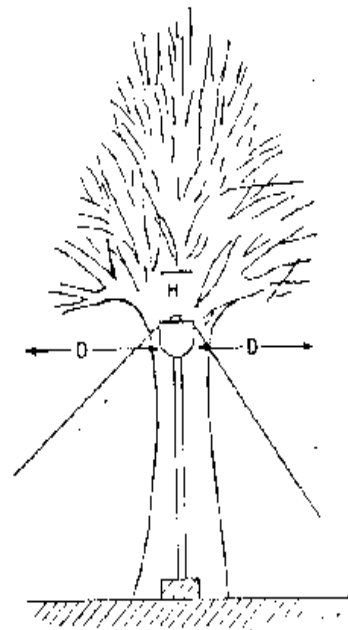
VISTA LATERAL ANTES DE LA PODA



VISTA LATERAL DESPUES DE LA PODA



VISTA DE FRENTE ANTES DE LA PODA



VISTA DE FRENTE DESPUES DE LA PODA

FIGURA 5: PODA DE ALUMBRADO PUBLICO

DISEÑO: INGENIERO EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA, MARGARITA GARCIA DE ALONSO



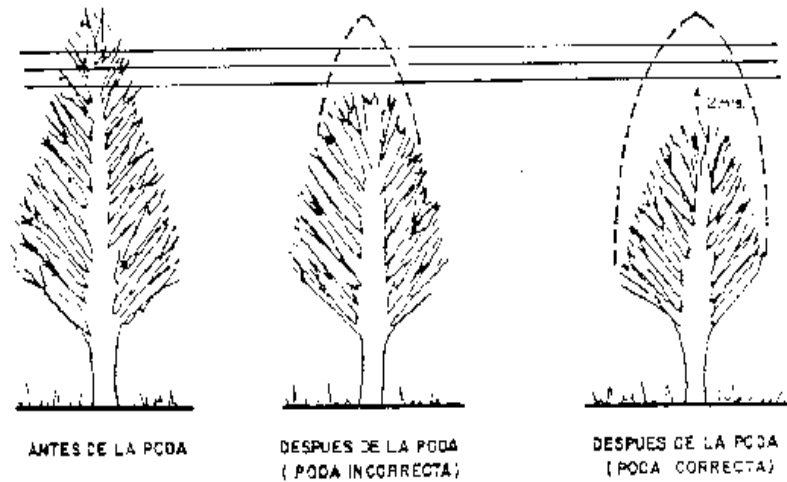


FIGURA Nº 3: PODA DEBAJO DE LA RED.

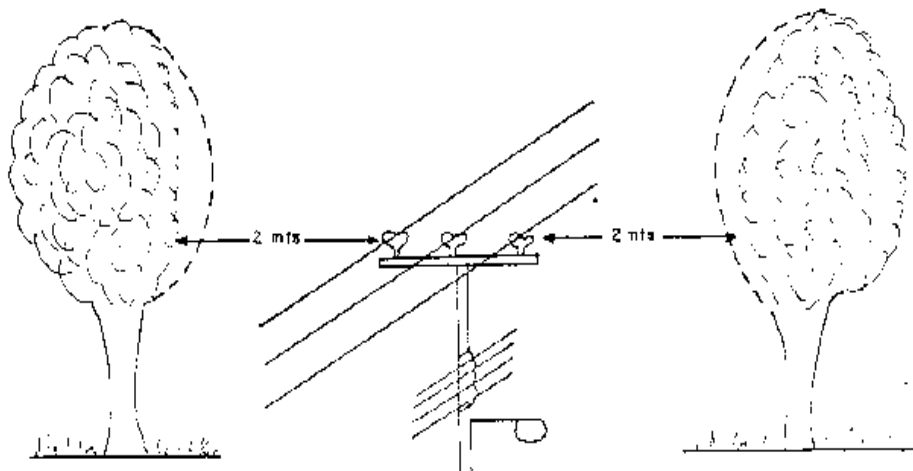


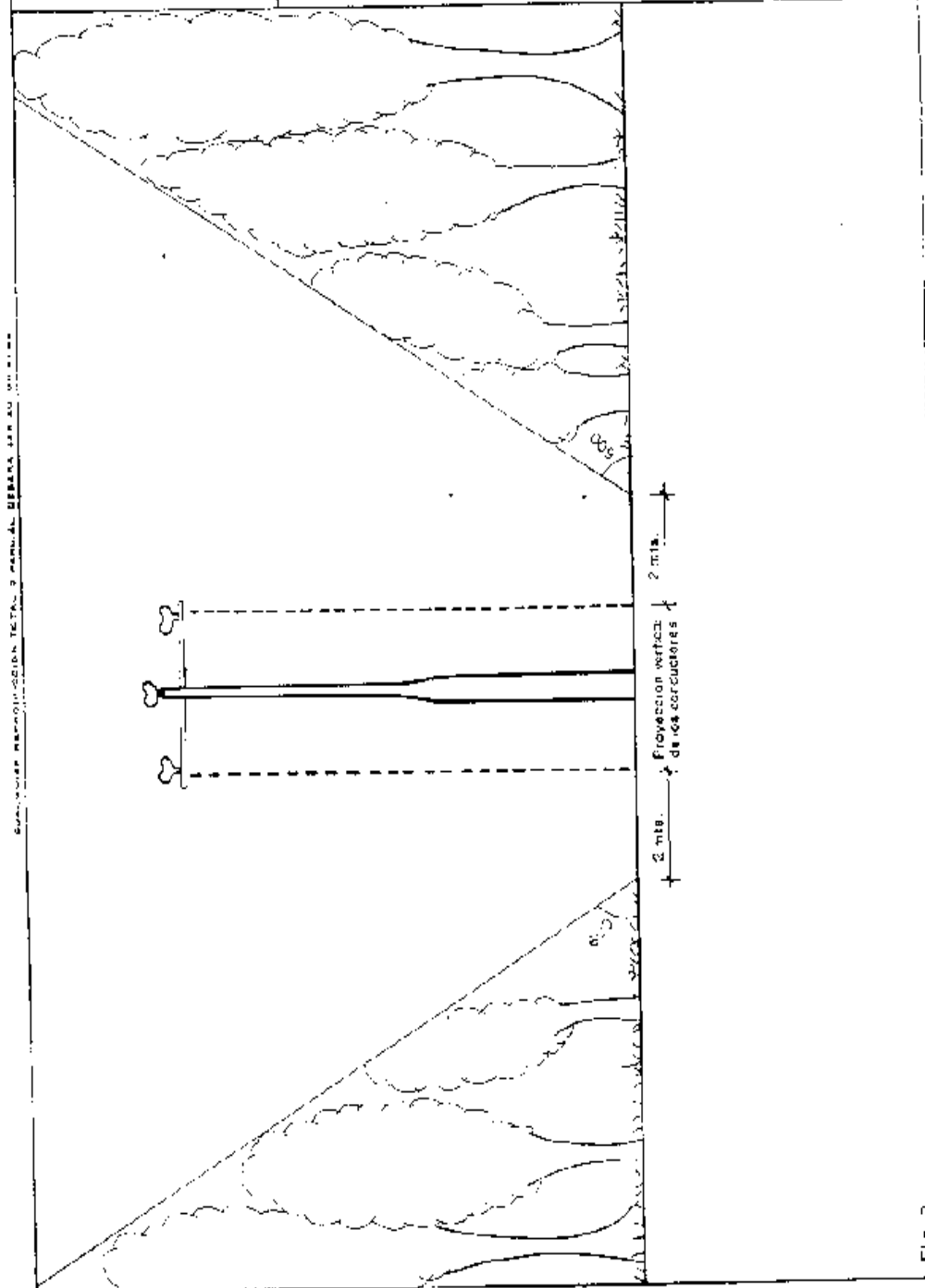
FIGURA Nº 4: PODA EN LA DIRECCION TRANSVERSAL DE LA RED.



NORMA  
PICA Y PODA  
REQUISITOS MÍNIMOS EN EL AREA  
DE DISTRIBUCION

194-3

2012



## **ANEXO 6**

**Lista de evidencias de deterioro presentes en el circuito**

<b>Evidencia</b>	<b>Condición</b>
<b>1</b>	Líneas caídas
<b>2</b>	Líneas caídas, poste fuera de lugar
<b>3</b>	Líneas caídas
<b>4</b>	Crucetas fuera de lugar
<b>5</b>	Líneas caídas
<b>6</b>	Líneas caídas
<b>7</b>	Líneas caídas
<b>8</b>	Líneas caídas, poste fuera de lugar
<b>9</b>	Líneas caídas
<b>10</b>	Líneas caídas
<b>11</b>	Poste fuera de lugar
<b>12</b>	Líneas caídas
<b>13</b>	Líneas caídas
<b>14</b>	Líneas caídas

## **ANEXO 7**

## **PLAN DE MANTENIMIENTO PICA Y PODA**

Materiales y Operación:

- Cuadrillas:

Las cuadrillas para realizar la poda estarán constituidas de un mínimo de cuatro (4) trabajadores.

- Materiales:

El equipo del personal debe ser como mínimo lo siguiente:

- Camión o camioneta de tipo Pick-up.
- Dos motosierras.
- Una escalera dieléctrica para alturas de 5 metros como mínimo.
- Una escalera dieléctrica extensible de 12 metros como mínimo.
- Tres machetes como mínimo.
- Serrucho especial tipo arco con pértiga de 6 metros.
- Desjarretador con pértiga de 6 metros.
- Gancho de poda con pértiga de 6 metros
- Mecates de material resistente
- Cascos de seguridad, uno por cada trabajador.
- Botas de seguridad, un par por cada trabajador.
- Un par de cinchas.
- Par de guantes de baja tensión de 5000 V con protector.
- Un cinturón de seguridad.
- Par de guantes de alta tensión de 20 kV con protector.
- Un galón de alquitrán vegetal.
- Un isopo para aplicar alquitrán vegetal.

- Un botiquín de primeros auxilios.
- Termo para agua potable.
- Calzado de seguridad.
- Guantes de labor y absorbentes.
- Limas para machetes.
- Conos viales de seguridad.

- Operación:

Las condiciones generales de operación en las actividades de la tala, pica y poda, deberán ser como sigue:

Tala:

- Las labores de tala deberán ajustarse a las normas de seguridad vigentes con la finalidad de evitar posibles riesgos.
- Toda la vegetación residual producto de las labores de tala deberán ser depositadas en botaderos públicos o en los sitios más aptos y convenientes.

Pica:

- En las labores de pica se deberá despejar toda labor existente en los postes, aisladores, crucetas, guayas, etc. En caso donde sea peligroso eliminar alguna vegetación, se deberá avisar al Jefe de distribución de la zona o a quien se designe para ello.

Poda:

- Las podas de árboles se ejecutaran con motosierras se ejecutarán con motosierras o serruchos especiales, con la finalidad de hacer cortes limpios, evitando el desgarramiento de las ramas.
- Se tratará la zona cortada con alquitrán vegetal, evitando así la penetración de gérmenes patógenos que perjudiquen.
- Toda la vegetación residual producto de las labores de tala deberán ser depositadas en botaderos públicos o en los sitios más aptos y convenientes.
- La poda de árboles frutales y ornamentales, serán efectuada lo mas cuidadosamente posible y de acuerdo a su configuración.
- El área debajo de la línea o redes de distribución deberá quedar libre de vegetación, y ésta no debe ser quemada.

- Seguridad:

Se deberá cumplir los siguientes requisitos de seguridad industrial en cuanto las labores de pica y poda:

- No se deberá iniciar el trabajo si el viento esta soplando con fuerza.
- Se deberá verificar que las zonas de trabajo ha sido previamente despejada de público y se ha realizado la delimitación del área de trabajo, con el equipo de protección adecuado (conos de seguridad), colocándose los avisos de prevención que sean necesarios.
- El trabajador deberá asegurar la disponibilidad de las herramientas, así como del equipo necesario para retirar las ramas, hojas, troncos, etc.
- Se deberá verificar el buen estado del equipo y herramientas a utilizar.



- Tan solo se deberá podar aquellas ramas que estén en contacto con la red, o aquellas cuyo tamaño indiquen que en breve tiempo harán contacto con la red eléctrica.
- Se deberán asegurar las ramas con los mecates antes de cortarlas, a fin de evitar que caigan con violencia y puedan ocasionar daños.
- No se deberán manipular ramas que sean demasiado pesadas y que puedan salirse del control o arrastrar consigo al trabajador.
- Mientras se corta, verifique que el follaje no roza las líneas de servicio.
- Las ramas muy grandes se deberán seccionar en varios trazos, no se cortan enteras.
- Se deberá cumplir con las normas de desergenización de circuitos, en los lugares donde las ramas hacen contacto.
- Evite los accidentes, daños, etc.
- Conserve la distancia de aproximación entre las últimas ramas y la línea energizada el cual será la siguiente: para líneas de 13,8 kV la distancia mínima será 2,5 metros aproximadamente.
- Evite daños a las líneas telefónicas en la realización de podas.

- Requisitos:

Pica:

- Dimensiones de la pica normal: la altura de la vegetación en el interior de la pica, no debe ser mayor de 30 cm de alto. En lo referente al ancho será de 7 metros y tendrá como punto medio la dirección del conductor central.

- Dimensiones de la pica en V: las dimensiones de altura y ancho para esta pica, serán iguales a las de la pica normal. El ángulo de la línea que dará la forma de V de la pica, será aproximadamente 60°.

Poda:

- Cortes de las ramas: los cortes de las ramas serán biselados o diagonales de tal manera que el agua de lluvia no se deposite en el corte y escurra mejor.
- Dimensiones de la poda en la dirección transversal de la red: la poda en esta dirección consiste en despejar de vegetación una franja de 2 metros de ancho, calculados a partir de los conductores exteriores respectivamente en redes de alta tensión y desde el eje que la conforma en redes de baja tensión.
- Dimensiones de la poda debajo de la red: las dimensiones de esta poda dependerá de la configuración física del árbol y si éste lo permite; el corte se hará en el tronco a una altura de 3 metros calculados a partir del nivel del suelo, cuidado al mismo tiempo de cumplir las dimensiones contempladas en la dirección transversal.

Nota general: para complementar la información o en caso de duda revisar la norma 194-92 Pica y Poda Requisitos Mínimos en el Área de Distribución de CADAFE.

## **ANEXO 8**

Asunto: Tabla de datos de las mediciones de las resistencia de los SPAT  
 Lugar: Facultades de Ciencias Veterinaria y Agronomía de UCV-Maracay/CENIA  
 Método utilizado: Caída de potencial  
 Instrumento utilizado: Telurómetro Siemens Erdungsmesser MO5835-A1

Nro. de poste	Fecha	Valor de medido ( $\Omega$ )	Exactitud	Escala	Temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ )
9380C	21/03/2013	0,6	$\pm 0,05$	X100	30
2120A	22/03/2013	1,2	$\pm 0,05$	X100	30
2094D	22/03/2013	0,65	$\pm 0,05$	X1	30
4214B	22/03/2013	2,95	$\pm 0,05$	X1	30
4129A	22/03/2013	0,5	$\pm 0,05$	X100	30
4066A	22/03/2013	0,95	$\pm 0,05$	X100	30
4872C	22/03/2013	1,05	$\pm 0,05$	X100	30
6574B	22/03/2013	1,5	$\pm 0,05$	X10	30
4546A	22/03/2013	0,56	$\pm 0,05$	X100	30
6254A	22/03/2013	1,6	$\pm 0,05$	X1	30
6069A	22/03/2013	2,7	$\pm 0,05$	X10	30
6678B	22/03/2013	0,7	$\pm 0,05$	X10	30
6429D	22/03/2013	1,9	$\pm 0,05$	X10	30
8248B	23/03/2013	1	$\pm 0,05$	X1	29
9309D	23/03/2013	1,15	$\pm 0,05$	X1	29
0975C	23/03/2013	2,6	$\pm 0,05$	X100	29
7956B	23/03/2013	0,45	$\pm 0,05$	X10	29
2722C	23/03/2013	2,5	$\pm 0,05$	X1	29
7664B	23/03/2013	0,55	$\pm 0,05$	X10	29
1457C	23/03/2013	0,8	$\pm 0,05$	X10	29
1451D	23/03/2013	0,95	$\pm 0,05$	X10	29
1694A	23/03/2013	0,75	$\pm 0,05$	X10	29
2714A	23/03/2013	2,9	$\pm 0,05$	X1	29
8644C	23/03/2013	1,2	$\pm 0,05$	X1	29
9895C	23/03/2013	3,55	$\pm 0,05$	X10	29
8067B	23/03/2013	1,5	$\pm 0,05$	X1	29
1463C	24/03/2013	2	$\pm 0,05$	X10	32
1157A	24/03/2013	1	$\pm 0,05$	X10	32
1061A	24/03/2013	0,95	$\pm 0,05$	X1	32
2896D	24/03/2013	0,7	$\pm 0,05$	X1	32
3469D	24/03/2013	0,65	$\pm 0,05$	X1	32
5643A	24/03/2013	3	$\pm 0,05$	X1	32
6255A	24/03/2013	0,75	$\pm 0,05$	X1	32
7921C	24/03/2013	36,5	$\pm 0,05$	X10	32
7898D	24/03/2013	0,4	$\pm 0,05$	X1	32
7990A	24/03/2013	4,4	$\pm 0,05$	X1	32
8055C	24/03/2013	1	$\pm 0,05$	X10	32
5987C	24/03/2013	1,1	$\pm 0,05$	X10	32

Nota:

1.- La realización de las mediciones de las resistencias de puesta tierra fue realizada a los SPAT correspondientes a los descargadores del sistema.

2.- La ubicación de los postes puede ser observada en el anexo 11.

Características del instrumento:

Datos técnicos:

Modelo: MO5835-A1

Peso: 2,2 kg

Dimensiones: 22x11x12 cm

Escalas: x1, x10, x100, x1000

Baterías: 6 x 1,5 V



## **ANEXO 9**

## **ANEXO 10**

## **ANEXO 11**



## **ANEXO 12**

## **ANEXO 13**

## **ANEXO 14**

## **ANEXO 15**