



“SISTEMA DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE LA ZONA SAN CRISTÓBAL”

Reporte De Residencia



Diego Emmanuel Gutiérrez Piñeiro

Matricula: 12270631

ASESOR INTERNO:

Dr. Rubén Herrera Galicia

ASESOR EXTERNO:

Ing. Jorge Luis Rodas Zavala

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)

Agosto- Diciembre 2016

TERMINOLOGIA Y ABREVIATURAS.

<u>Concepto</u>	<u>Definición</u>
AAA	Acala.
A tierra	Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.
Abrir	Es desconectar en forma manual o remota una parte del equipo para impedir el paso de la corriente Eléctrica.
Accesible	Que admite acercarse; no está protegido por puertas con cerradura, ni por elevación, ni por otro medio eficaz.
Aislar	Interponer un elemento no conductor para evitar el flujo de la corriente eléctrica de un punto a otro.
Alinear	Instalar postes o estacas en una trayectoria recta.
Amarre	Alambre blando para sujetar los conductores a los aisladores de paso.
Amortiguar	Acción de atenuar en los conductores aéreos la amplitud de una onda causada por viento, golpe o vibración.
ANG	Angostura
Área de baja tensión	Conjunto de transformador, línea de baja tensión y acometidas.
Área rural	Son las localidades o áreas con menos de 5000 habitantes.
Área urbana	Son las localidades o áreas con 5 000 habitantes o más; o bien, las cabeceras municipales independientemente del número de habitantes.
Bajante de Tierra	Es parte del sistema de tierra, es un conductor en el cual se conecta el hilo de guarda y pasa por medio de la estructura hasta las varillas del sistema de tierra.
Balancear carga	Distribuir equitativamente la carga entre las fases.
Bloqueo	Es el medio que impide el cambio parcial o total de condición de operación de un dispositivo, equipo o instalación cualquier tipo.
Boquilla	Aislamiento rígido que sirve para conectar los conductores de entrada o salida al equipo eléctrico.
Brecha	Franja de terreno libre de vegetación mínima necesaria para el trayecto de una línea. En vías de comunicación se debe entender como un acceso.
Cable semiaislado	Es un cable forrado, sin pantalla metálica que se debe usar en forma similar a un conductor desnudo.
Catenaria	Curva que forma un conductor colgado de dos puntos.
Cepa	Perforación en el terreno para hincar un poste o enterrar un ancla.
Cerrar	Es el término que se aplica a equipos de Seccionalización, significa la maniobra que ejecuta el operador para efectuar la conexión de un circuito eléctrico a otro.
Cimentar	Agregar a una cepa, materiales diferentes al extraído para mejorar la rigidez del terreno.
CJT	Comitán
Cola de rata	Es el puente entre el hilo de guarda y la bajante de tierra.

Conductor aislado	Conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos por la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización), como aislamiento eléctrico.
Conductor de puesta a tierra de los equipos:	Conductor utilizado para conectar las partes Metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al electrodo de puesta a tierra.
Conductor desnudo	Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.
Conductor forrado	Conductor rodeado de un material de composición o espesor no reconocidos por la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización), como aislamiento eléctrico.
Conductor múltiple	Es el formado por un conductor desnudo o soporte y uno o varios conductores de aluminio o cobre aislados y dispuestos helicoidalmente alrededor del conductor desnudo.
Conectador	Dispositivo para unir electromecánicamente dos conductores.
Conexión a tierra	Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.
CRI	San Cristóbal
Cuchilla	Es el dispositivo cuya función consiste en conectar y desconectar un equipo sin carga.
Cuchilla de operación con carga	Es el dispositivo equipado con los accesorios necesarios para interrumpir corrientes de carga, cuya función consiste en conectar y desconectar un equipo.
Cuchilla de puesta a tierra	Es el dispositivo utilizado para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema de puesta a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema.
Deflexión	Cambio de dirección horizontal o vertical de una línea. El ángulo de deflexión es el que forma el eje de la nueva dirección con el eje de la anterior.
Densidad de rayos a tierra	Número de descargas atmosféricas en un km ² que inciden en una región en un período de un año.
Derecho de vía	Es una franja de terreno que se ubica a lo largo de la línea aérea cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha, y con la tensión eléctrica de operación.
Desenergizar	Interrumpir la tensión eléctrica a una línea o equipo.
Disparo	Es la apertura de un dispositivo por funcionamiento de la protección para desconectar uno o varios elementos del Sistema Eléctrico Nacional.

Distribución	Parte del sistema eléctrico en alta, media y baja tensión, que tiene como objetivo el suministro de la energía eléctrica a los consumidores finales.
Disturbio	Es la alteración de las condiciones normales del SEN originada por caso fortuito o fuerza mayor, generalmente breve y peligrosas, de las condiciones normales del Sistema Eléctrico Nacional o de una de sus partes y que produce una interrupción en el servicio de energía eléctrica o disminuye la confiabilidad de la operación.
Edificio	Construcción fija, hecha con materiales resistentes, para habitación humana o para otros usos.
Electrodo	Cuerpo metálico conductor o conjunto de cuerpos conductores agrupados, en contacto último con el suelo y destinados a establecer una conexión con el mismo.
Empalme	Conexión eléctrica y mecánica entre 2 conductores.
Empotrar	Fijar un poste en el terreno.
Encerrado	Rodeado por una carcasa, envolvente, cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas.
Energizado (a)	Condición de un circuito eléctrico en el que existe deferencia de potencial.
Energizado(a)	Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferente potencial.
Energizar	Significa permitir que el equipo adquiera potencial eléctrico.
Entorche	Unión de dos cables o alambres trenzados entre sí.
Equipo	Término general que incluye dispositivos, aparatos y productos similares utilizados como partes de ó en conexión con una instalación eléctrica.
Estacar	Señalar el punto donde se debe localizar una estructura.
Estructura de transición	Aquellos tramos de cable que estando conectados o formando parte de un sistema de líneas subterráneas, quedan arriba del nivel del suelo y están provistos de terminales, generalmente interconectadas a instalaciones aéreas, y que se soportan en estructuras.
FCM	Frontera Comalapa
Herraje	Accesorio, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función mecánica.
Hincar un poste	Introducir un poste en su cepa.
Libramiento	Altura mínima entre un conductor y el piso o alguna otra instalación.
Limo	Barro que se forma en un terreno, generalmente provocado por las lluvias.
Línea aérea	Aquella que está constituida por conductores desnudos, forrados o aislados, tendidos en el exterior de edificios o en espacios abiertos y que están soportados por postes u otro tipo de estructuras con los accesorios necesarios para su fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.
Línea de alta tensión	Línea cuyo nivel de tensión es mayor de 34,5 hasta 138 kV.
Línea de Baja tensión	Línea cuya tensión eléctrica es menor de 1000V.

Línea de comunicación	Aquella que se usa para servicio de comunicación o de señales, que opera a no más de 1 kV entre fases. Entre las líneas de comunicación se incluyen las líneas de teléfonos, telégrafos, sistemas de señales de ferrocarriles, alarmas de bomberos y de policía, telecable, entre otros.
Línea de Media tensión	Línea cuya tensión eléctrica de operación está entre 1000 y 34 500V.
Línea rural	Línea de media tensión construida a campo traviesa (en despoblado).
Línea urbana	Línea de Media Tensión construida en área urbana o población.
Longitud del claro	Distancia horizontal entre dos estructuras consecutivas de una línea aérea.
LST	Línea de Subtransmisión
MTO	Motocintla
Neutro	Punto de referencia eléctrico cuyo potencial con respecto a tierra es igual a cero en sistemas trifásicos balanceados.
OCO	Ocosingo
Operación de emergencia	Es la condición de operación durante los disturbios.
OXC	Oxchuc
Paramento	Plano imaginario en el límite de una propiedad privada y una propiedad pública o derecho de vía.
Partes vivas	Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, con potencial y que representan riesgo de descarga eléctrica.
Persona calificada	Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en la proyección, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.
Planchar un conductor	Eliminar deformaciones a un conductor.
Plomear	Alinear el eje longitudinal de un poste con la vertical.
Puente	Conexión aérea sin tensión mecánica para unir eléctricamente dos conductores.
Ramal	Línea que se deriva de otra principal.
Referencia de tierra	Punto de referencia cuyo potencial eléctrico es igual a cero.
Remate	Fijación terminal de un conductor con tensión mecánica a una estructura.
Residuos peligrosos	Son todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, biológicas, infecciosas o irritantes y venenosas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.
Retenida	Elemento que compensa la tensión mecánica de los conductores en la estructura.
RIJ	Reunión de Inicio de Jornada.
RIM	Reunión de Inicio de Maniobra.
SCH	Schpoiná

SCO	San Cristóbal Oriente
Separación	Es la distancia de superficie a superficie.
Sistema eléctrico	Es el conjunto de equipos, dispositivos, aparatos, accesorios, materiales y conductores de líneas y circuitos de distribución, comprendidos desde la Fuente hasta los equipos de utilización.
Sobrecarga	Condición de trabajo de líneas o equipos en que se excede su capacidad nominal.
Sobrecarga	Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal.
Tendido de conductor	Montaje de conductores en los apoyos de una estructura.
Tensar un cable	Aplicarle la tensión mecánica correspondiente a la temperatura de instalación.
Tensión eléctrica (de un circuito)	Es la mayor diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos cualesquiera de la instalación. Es el mayor valor eficaz (raíz cuadrática media) de la diferencia de potencial entre dos conductores determinados.
Tensión eléctrica a tierra	En los circuitos puesta a tierra, es la tensión eléctrica entre un conductor dado y aquel punto o el conductor del circuito que es puesto a tierra. En circuitos no-puesto a tierra es la mayor diferencia de potencial entre un conductor determinado y otro conductor de referencia del circuito.
Tensión eléctrica a tierra	Es la tensión eléctrica entre un conductor y tierra.
Tensión eléctrica nominal	Es el valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real a la cual un circuito opera puede variar desde el nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.
Tensión eléctrica nominal	Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica.
Tensión eléctrica	Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, expresada en volts (V).
Tiempo de secas (estiaje)	Período del año en que el terreno tiene el mínimo de humedad.
Tierra	Punto de referencia cuyo potencial eléctrico es igual a cero.
TIU	Tiempo de Interrupción por Usuario.
Tramo flojo	Tramo de línea menor a 40 m donde la tensión mecánica de los conductores es menor al 40% de la indicada en la tabla de flechas y tensiones a la temperatura de instalación.
Trazar	Definir una trayectoria de una línea.

ÍNDICE

TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURAS	1
1. Introducción	7
1.1 Antecedentes	7
1.2 Estado del Arte	8
1.3 Justificación	8
1.4 Objetivos	9
1.5 Metodología	9
2. Fundamento teórico	¡Error! Marcador no definido.
2.1 Tipos de estructuras	¡Error! Marcador no definido.
2.2 Actividades de Mantenimiento	19
2.3 Causas de Salidas	¡Error! Marcador no definido. 4
2.4 Sistema de tierra	28
3. Desarrollo	¡Error! Marcador no definido. 2
3.1 Programa de inspecciones	¡Error! Marcador no definido. 2
3.2 Google Earth	36
4. Resultados y conclusiones	39
4.1 Resultados	39
4.2 Análisis de Líneas	43
4.3 Conclusiones	52
Referencias Bibliográficas	53

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La Comisión Federal de Electricidad (CFE), es una empresa paraestatal que tiene la misión de generar, transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica. La subdirección de distribución tiene la encomienda de atender los últimos tres conceptos, dentro del Sistema Eléctrico Nacional; las líneas de alta tensión forman parte importante del Sistema Eléctrico Nacional, su operación confiable depende en gran parte de su mantenimiento.

En este punto del mantenimiento es donde se han tenido problemas en cuanto la información y los trabajos realizados puesto que no se lleva un control de los datos de las diferentes líneas y sus estructuras, debido a que la mayoría de la información se encuentra en formatos físicos y no se tiene un seguimiento de estos, es aquí donde entra en juego este proyecto, para estar al margen de las líneas que abarca la zona San Cristóbal.

El problema surge al no tener la facilidad de buscar la información, ya que como se mencionó son formatos físicos del estado de la estructura, formatos que con el transcurso del tiempo se pueden extraviar o deteriorar y perder la información. Información necesaria para ver los estados de las estructuras y conocer las anomalías que está presenta, y así tener planeadas las correcciones.

Por otro lado las fallas dentro de las líneas de subtransmisión son diversas, tanto que se manejan en normalizadas y no normalizadas, fallas que afectan al suministro de energía. Las fallas son latentes en cualquier lado y no es posible erradicarlas, solo podemos prevenir las fallas mediante el mantenimiento constante, es por eso que es de suma importancia hacer el mantenimiento y esto con lleva a tener todo la información sobre las líneas al día.

La falla más común en el ámbito de las líneas de transmisión son los sistemas de tierra, debido a que éstas son elaboradas de cobre por sus características ya que es uno de los mejores conductores. Debido a que son hechos de esta aleación tienden a ser robadas ya que este producto se vende a un buen precio, y por tanto las estructuras se quedan sin sistemas de tierras al haber sido cortadas y no tienen continuidad hacia tierra.

Los sistemas de tierra son los que ayudan a drenar las descargas a tierra, las estructuras al no tener este sistema pueden tener fallas severas ya que la estructura recibe toda la descarga. Es por eso que hoy en día se está tratando de cambiar los cables completamente de cobre por cables con aleación de cobre y cuerpo de acero,

pero sin embargo siguen teniendo los mismos problemas ya que la aleación de cobre se sigue viendo como si fuera cobre normal y siguen siendo cortadas.

Por eso las inspecciones son un punto muy importante para identificar en los Sistemas eléctricos de Transmisión los distintos tipos de fallas que degradan la capacidad de transporte de energía y tiene como consecuencia un elevado costo de penalidades a la empresa responsable del transporte. Particularmente en la zona San Cristóbal carece de algún sistema para tener la información en orden.

1.2 Estado del Arte

Alejandro Degl'Innocenti, Julio Salcedo, Esteban Hollman Carlos Crijenko TranseneR Argentina en el 2009 plantearon como objetivo el desarrollo de un Sistema Experto que procese de manera centralizada en tiempo real la información adquirida y que frente a un proceso característico de una falla emita un diagnóstico que asista a especialistas a identificar el origen del problema.[1]

Anderson Arboleda Correa de la Universidad Nacional De Colombia Facultad De Minas sede Medellin se abordó el problema de la localización de fallas de alta impedancia en una línea de transmisión, partiendo del conocimiento del tipo de falla, de la topología de la red y de las condiciones de operación del sistema basado en técnicas de inteligencia artificial. [2]

En cuanto al área San Cristóbal no hay mucho avance en el área de líneas de subtransmisión ya que no se han desarrollado proyectos. En cuanto a CFE hay un programa llamado SIRCAID que no es más que el sistema de registro y captura de interrupciones de distribución en donde se encuentran registradas las fallas de los últimos años, que es el mayor avance en cuanto sistema digitalizado, el problema que se centra exclusivamente a las fallas.

Este proyecto busca ampliar más ese punto, abarcando el estado de cada uno de los componentes de las diferentes estructuras, para tener un historial de toda la línea además de tener un fácil y rápido acceso a la información, aportando una mayor visualización para dar el mantenimiento sobre todo el predictivo, y sustentando cada trabajo programado y dar un análisis de la falla para tener un sistema de suministro eléctrico en perfectas condiciones.

1.3 Justificación

La comisión Federal de Electricidad al ser una empresa prestadora de servicio público maneja diversos indicadores que se ven reflejados en la productividad y eficiencia, la cual les permite conocer los puntos críticos a trabajar en cada área para llegar a los estándares de calidad adecuados y así tener un suministro de energía de calidad, por tal motivo es de suma importancia tener en excelente estado todo lo relacionado con el suministro eléctrico para evitar cualquier falta de energía.

Con respecto al área de líneas de subtransmisión no ha tenido muchos proyectos en puerta por eso la realización de este proyecto en la zona San Cristóbal es necesario para facilitar el uso de la información que se tiene en relación a las líneas y sus estructuras, ya que no se cuenta con un sistema accesible y rápido para tener la información necesaria y actualizada.

El sistema diagnostico tiene como fin además de tener un fácil acceso a la información de las diferentes líneas, aportar al mantenimiento predictivo para evitar fallas y así no tener problemas en el suministro de energía. En conjunto con Google earth en donde se identificaran y ubicaran las fallas se podrá tener una visualización de las anomalías de los últimos años, de esa manera se tendrá una idea de las fallas más comunes y las estructuras afectadas poniendo más atención a las estructuras con más incidencias.

Además permitirá realizar el plan diario de trabajo más adecuado a la necesidad de mantenimiento de las líneas de subtransmisión a los puntos críticos de las estructuras, proporcionando al personal encargado de mantener y operar las líneas de alta tensión, una guía de recomendaciones para el análisis y control de salidas por falla de líneas por las diferentes causas que las originan, a fin de determinar acciones preventivas para reducir la ocurrencia y lograr mayor confiabilidad del comportamiento operativo

1.4 Objetivo

Diseñar e implementar un sistema de diagnóstico de fallas en líneas de subtransmisión de la zona san Cristóbal, con la finalidad de obtener resultados en la inspección y mantenimiento de acuerdo al régimen normativo; recabando y digitalizando información necesaria con respecto a las estructuras y fallas.

1.5 Metodología

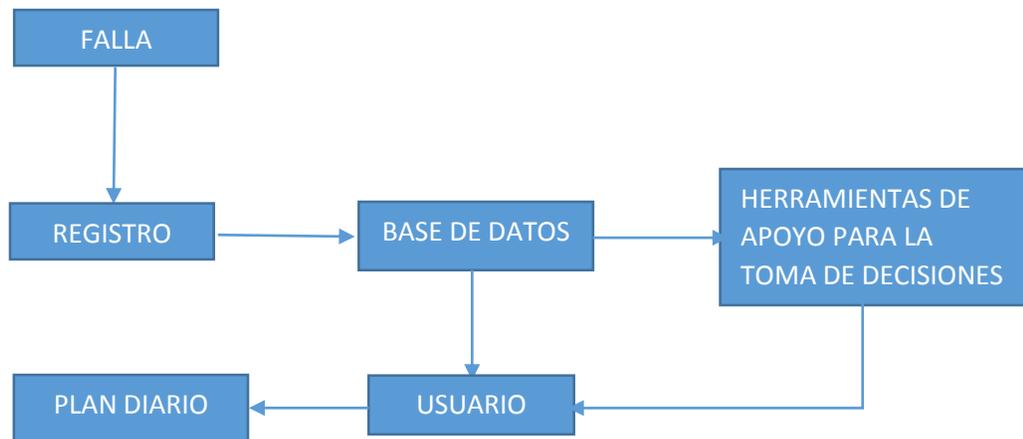


Fig. 1.1 Diagrama a bloques de la estructura general del proyecto.

Falla.- Todo el proyecto parte desde este punto, ya que sucedieron fallas para poder tener un historial y buscar soluciones para éstas. Las líneas de alta tensión en el sistema eléctrico nacional juegan un papel muy importante ya que son las que suministran energía a todas las ciudades, estas líneas están expuestas a incidencias de salidas por diferentes causas, conocidas como fallas que afectan al suministro de energía.

En líneas de transmisión pueden llegar a tener grandes consecuencias, y debido a que las fallas no se pueden eliminar ya que se encuentran presentes en cualquier lugar, se debe tener un mantenimiento a las líneas para tener todo el equipo operando sin ningún problema para evitar cualquier tipo de falla y tener inspecciones constantemente para detectar anomalías y futuras fallas.

Registro.- Esta parte del proyecto no es más que registrar los datos de la falla ocurrida inmediatamente para no dejarla pasar. Se debe registrar todos los datos posibles para tener una buena base de datos, y tener cualquier dato necesario como fecha, causa, línea, número y tipo de estructura así como alguna observación que ayude a precisar más la ubicación o en su caso detalles sobre la falla.

Base de datos.- Se le conoce base de datos a los bancos de información que contienen datos relativos a diversas temáticas y categorizados de distinta manera, pero que comparten entre sí algún tipo de vínculo o relación que busca ordenarlos y clasificarlos en conjunto para su posterior uso. Después del registro la información queda almacenada en la base de datos para poder recurrir a esa información en cualquier momento.

Esta base de datos aportara mayor acceso, y facilidad de manejar toda la información relacionada a las fallas, que en un momento llegan hacer necesarios para reportar y cumplir con los indicadores que establecen los estándares de calidad, además de aportar un sustento al programar el plan diario en donde se plasman las actividades a realizar en cuanto al mantenimiento.

Usuario.- El usuario es el encargado de hacer la toma de decisiones, en este caso es el jefe de oficina de líneas de subtransmisión, y éstas se deberán llevar a cabo por su personal a cargo. Para la toma de decisión el ingeniero a cargo tendrá que hacer un análisis de toda la información junto con otras herramientas de apoyo para tener un plan diario bien estructurado dando prioridades a estructuras más deterioradas o con más anomalías.

Herramientas de apoyo para la toma de decisiones.- Para la toma de decisiones el ingeniero a cargo se podrá apoyar de algunas herramientas que le faciliten más el análisis y realizar un plan diario bien estructurado para poder realizar las correcciones, herramientas como google earth en donde podrá identificar la ubicación de la estructura, también contara con el programa de inspecciones en donde podrá ver el estado de la estructura en todos sus componentes.

CFE cuenta con un manual de maniobras en donde se podrá identificar cual es la más adecuada para poder realizar el trabajo viendo la seguridad del personal. Estas herramientas junto con otras que tiene a su alcance, el ingeniero podrá realizar un amplio análisis del trabajo a realizar tratando de cuidar todos los aspectos y cumpliendo con las correcciones y el mantenimiento, para tener el suministro de energía en buen estado.

Plan diario.- El plan diario es la planificación de las actividades dando el orden en que ocurrirán y los horarios o tiempo aproximado de la durabilidad del paso que se realizara, con algunos otros detalles sobre la maniobra. Un plan diario bien realizado nos ayuda a identificar o definir una maniobra bien elaborada, para tener un mantenimiento bien elaborado.

El plan diario debe tener varias características como flexibilidad ya que se debe adaptar a diferentes alternativas y prever alternativas, realista por el tiempo real que lleva realizar el trabajo además de la capacidad del personal y los recursos disponibles, preciso tiene que ser un plan bien detallado y preciso además de tener coherencia y secuencial en cuanto a los pasos a seguir con respecto a la maniobra.

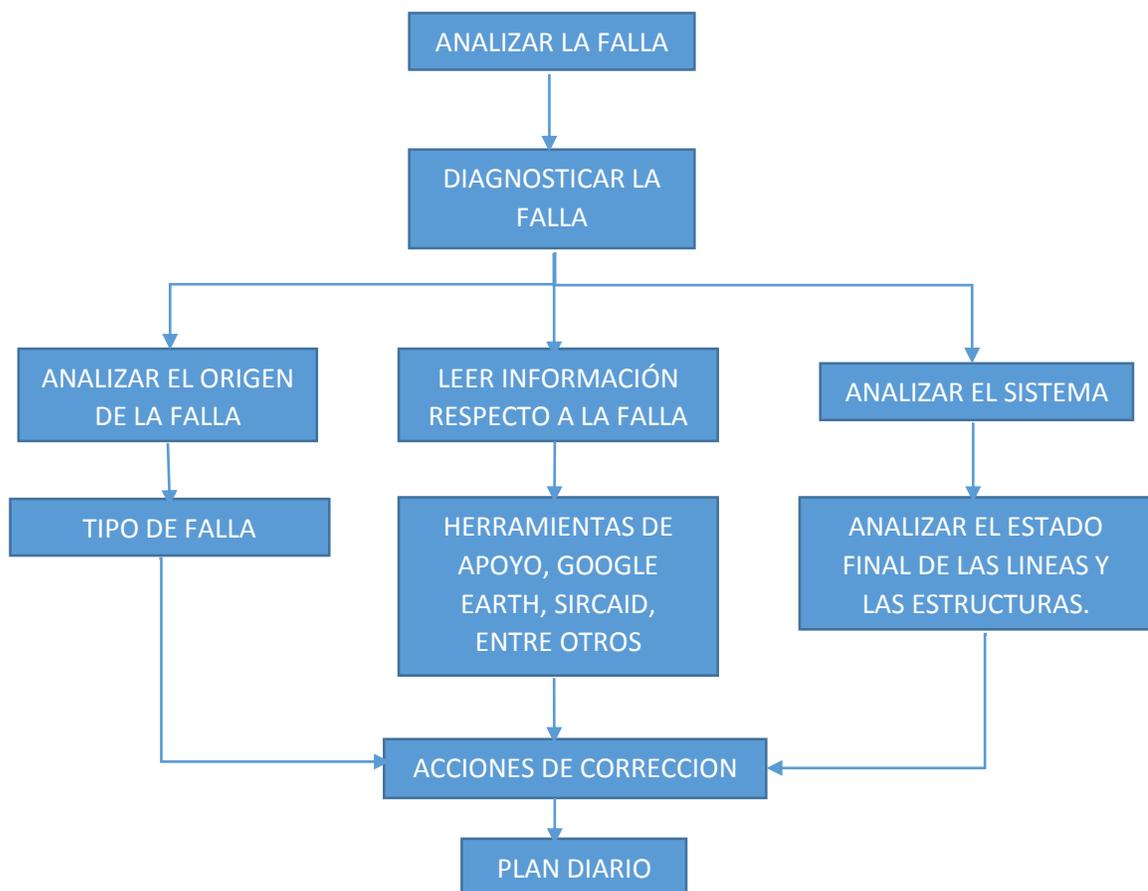


Fig. 1.2 Diagrama a bloques del análisis de una falla.

En la imagen anterior se muestra un diagrama a bloques del análisis de una falla, para poder hacer un análisis completo se tiene que leer la información que se tiene con respecto a la falla y verificar en qué estado se encontraba la estructura por medio del programa de inspecciones, analizar el origen de la falla, es decir las causas por la que sucedió la salida de energía, además de examinar el estado en que se encuentra el sistema es decir la líneas después de la falla sucedida.

Una vez analizado todos estos puntos se lleva a detectar que tipo de falla es y la acciones de corrección que proceden a ser realizados lo más pronto posible dependiendo de la gravedad de la anomalía, esto concluye plasmándose en el plan diario en donde se especifica las actividades y pasos a seguir para rectificar la falla. En caso de no ser una falla de relevancia quedan como inspecciones para trabajos futuros a rectificar como mantenimiento predictivo y corregir las irregularidades que se presenten en las distintas estructuras.

2. Fundamento teórico

2.1 Tipos de estructuras

Las estructuras que se mencionan son las más usuales en las divisiones de Distribución, la función básica de las estructuras de soporte para Líneas de Alta Tensión aéreas es mantener los conductores a cierta distancia sobre el suelo y de los obstáculos presentes en la trayectoria, proporcionando seguridad a personas e instalaciones situadas en las cercanías de la línea, de las estructuras más utilizadas se pueden identificar los siguientes tipos: Postes de madera tipo H, Postes de concreto sección I, Postes Morelos, Postes troncopiramidales autosoportados (tipo camellón y lindero) y Torres Autosoportados.

Por su utilización estas estructuras de soporte se pueden clasificar como: Suspensión, Deflexión, Remate, Usos combinados; remate-deflexión, Transposición y Transición.

Estructura de suspensión.- Estructura de la Línea de Alta Tensión que se diseña para soportar exclusivamente las cargas debidas al peso de cables, herrajes, accesorios, y la acción del viento y sismo.

Estructura de deflexión. Estructura de la Línea de Alta Tensión que se diseña para resistir, además de las cargas antes mencionadas, los esfuerzos producidos durante la construcción y el montaje, eventual rotura de cables y cambios de dirección en el trazo de la línea.

Estructura de remate.- Estructura de la Línea de Alta Tensión que está sujeta a grandes cargas permanentes horizontales debidas a la tensión mecánica no compensada de los cables, en adición a las mencionadas. Terminal, esta clase de torre se encuentra en el inicio o final de una línea, están diseñadas para soportar la tensión ejercida por los conductores ubicados de manera perpendicular a las ménsulas, razón por la cual es el tipo de torre más robusta.

Angular, las torres tipo angular son utilizadas cuando hay cambio de dirección en la línea, soporta la tensión de los conductores producida por el cambio de dirección.

Las torres autosoportadas para transmisión de energía eléctrica constituyen el elemento soporte básico, para conductores, herrajes, etc. A través de los años la expansión del sistema eléctrico nacional y en función de los requerimientos ecológicos y técnico-económicos de transmisión de energía eléctrica, se han instalados diversos tipos de estructuras de acero, de acuerdo a las exigencias o particularidades geográficas en las diferentes tensiones eléctricas.

El tipo o tipos de estructuras para Líneas de Alta Tensión, dependen de varios factores como son el uso de suelo actual para áreas urbanas, semiurbanas o rural, así como de los planes de desarrollo urbano de la localidad; son importantes también el tipo de conductor y número de circuitos que requiera el sistema, nivel de continuidad requerido dependiendo de la importancia de los servicios que se conecten y dependan de la línea.

Todas las estructuras deben apegarse a las especificaciones C.F.E. [3]

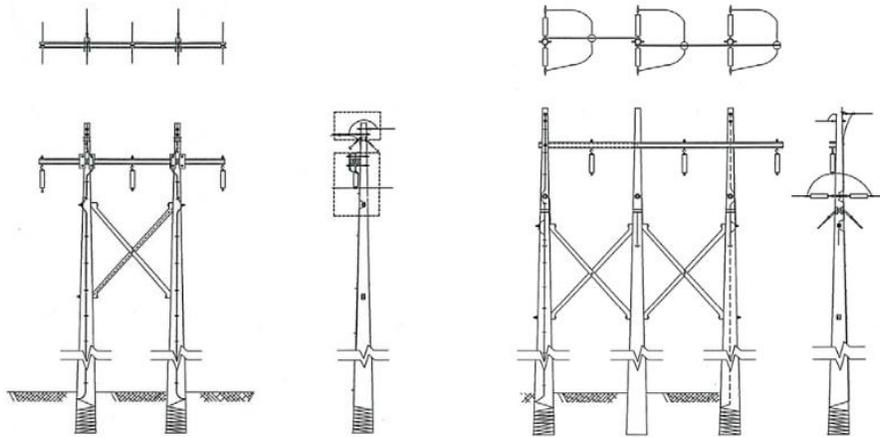
USO DE SUELO	ESTRUCTURA RECOMENDADA
Urbano	Poste de acero
Semiurbano	Poste de acero ó Torre de Acero Autosoportada
Rural	Estrutura Sección "M" de (Madera) o Sección "I" (Concreto)

Tabla 2.1 Tabla de uso adecuado de postes según la zona.

Postes de madera.- Este tipo de estructuras es usado para Líneas de Alta Tensión de un solo circuito, su aplicación es para zona rural o lugares de gran dificultad de acceso debido a que son fáciles de transportar en comparación a los de concreto. No se recomienda el uso de estas estructuras para áreas con altas velocidades de viento. Una gran desventaja que tienen los postes de madera es su vida media que es relativamente corta. La distancia del empotramiento dependerá del tamaño del poste y la distancia del suelo al inicio del tirante como se muestra en la siguiente tabla. En estos tipos de estructura, se encuentran los MS, MSR, MR, MRG. [4]

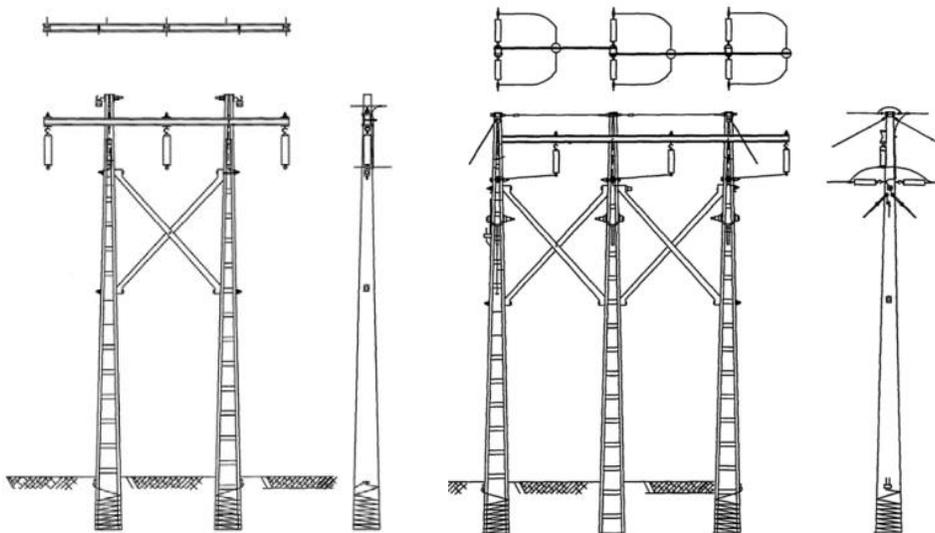
Tamaños de los postes		Distancia del suelo al inicio del tirante	Empotramiento
pies	mm		
50	15240	6040	2150
55	16764	7414	2300
60	18288	8788	2450
65	19812	10162	2600
70	21336	11536	2750
75	22860	12910	2900

Tabla 2.2 Tabla de distancia de empotramiento.

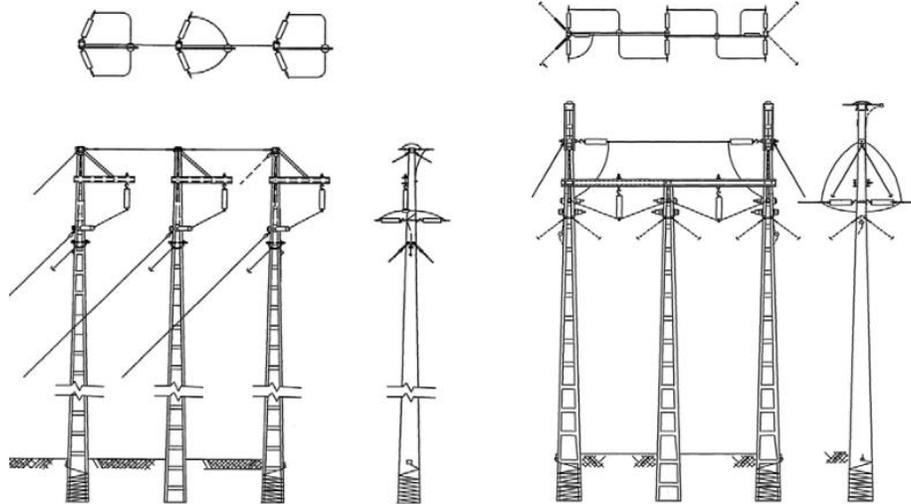


Figs. 2.1 Y 2.2 Estructura MS y MR.

Estructuras tipo con postes de concreto (sección I).- Debido a la poca altura útil con que cuenta la estructura de concreto sección I su uso en las Líneas de Alta Tensión es restringido y se ve limitado exclusivamente a zonas rurales con terreno plano y donde no existen terrenos dedicados al cultivo de caña de azúcar. Otra limitante para su uso, es la fragilidad y dificultad en el traslado a los puntos de difícil acceso; ya que deben realizarse maniobras para el hincado de los postes. En estos tipos de estructura, se encuentran los IS, ISR, ISG, ISRG, IR, IRD, IRG, IRGD, IT. [5]

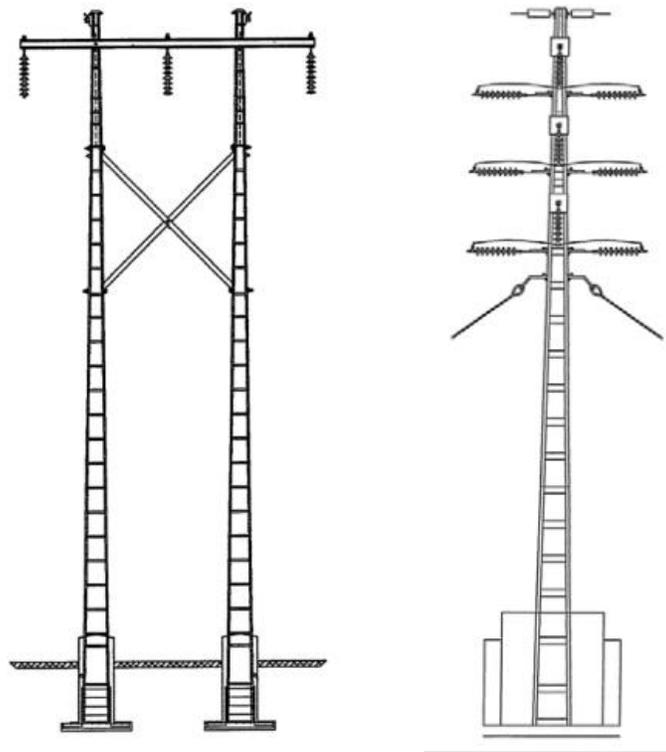


Figs. 2.3 Y 2.4 Estructura IS e IR.



Figs. 2.5 Y 2.6 Estructura IRGD e IT.

Estructuras tipo con postes Morelos.- El uso del poste Morelos en Líneas de Alta Tensión, tiende a ser utilizado exclusivamente en zonas rurales, con libramientos críticos y en forma restringida, en zonas urbanas y suburbanas, debido a su poca resistencia mecánica y altura. En estos tipos de estructura, podemos encontrar MORELOS I, MORELOS II y MORELOS III.

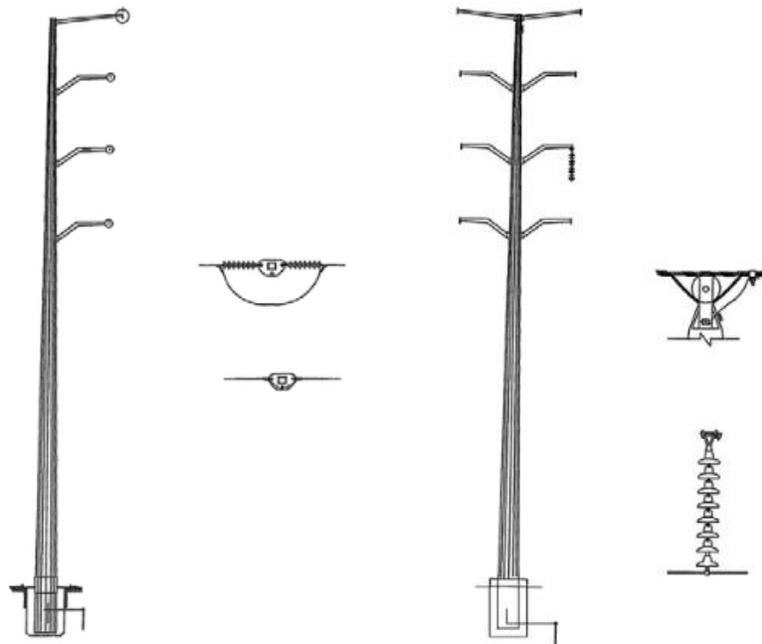


Figs. 2.7 Y 2.8 Estructuras Morelos I y III.

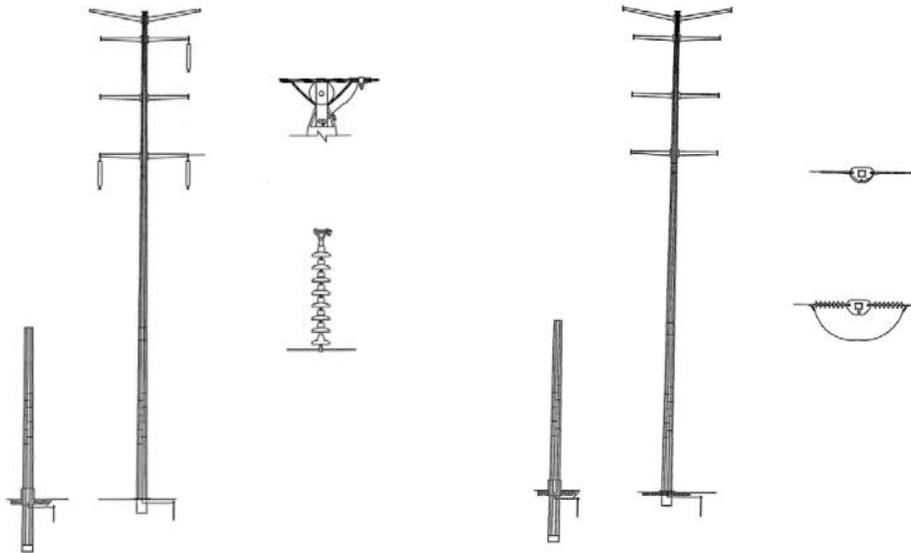
Estructuras tipo poste troncopiramidales autoportados.- El uso de estas estructuras con postes troncopiramidales se recomienda en zonas urbanas o suburbanas, en donde el uso de suelo se ve restringido por el derecho de servidumbre legal de paso, ya que estas estructuras reducen la amplitud del derecho de vía y favorece el impacto visual en Líneas de Alta Tensión. Dentro de estas estructuras tenemos una amplia gama de postes tales como: MPTS, MPTD DE -10°, -30°, -50°, -90°, MPTR, MPT2S, entre muchos más.

Tipo camellón. El uso de estas estructuras se recomienda en zonas urbanas o suburbanas, en donde el uso del suelo se ve restringido dentro de vialidades o amplias avenidas, con estas estructuras reducen la amplitud del derecho de vía y favorece el impacto visual en Líneas de Alta Tensión. Dentro de estos podemos encontrar postes como: 1210SNP-E, 1211DNP-E, 1210SMP-E, 1216RMP-E, entre muchos más.

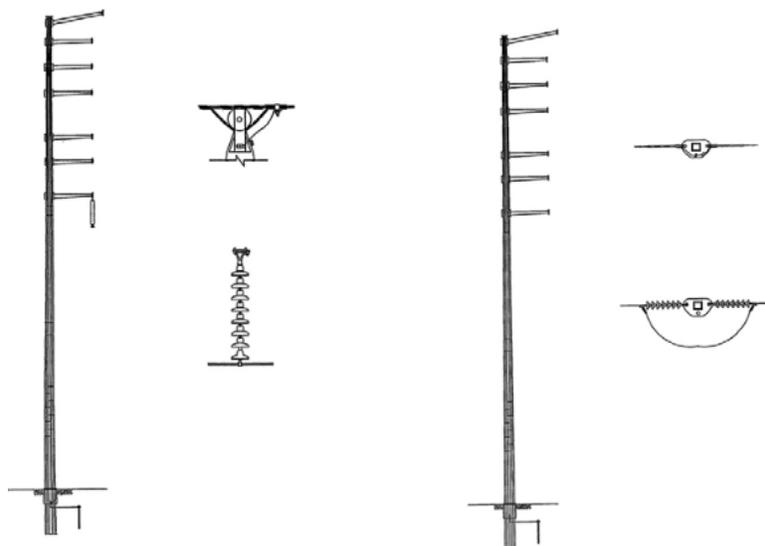
Tipo lindero. El uso de estas estructuras se recomienda en zonas urbanas o suburbanas, al tener un espacio muy restringido para su instalación (aceras peatonales o banquetas), además de que permiten el manejo de líneas de doble circuito. Dentro de estos podemos encontrar postes como: 1210SME, 1211 DME así como 1213, 1216, 1219 DME. [6]



Figs. 2.9 Y 2.10 Estructura MPTD-90° y 1210SNE.

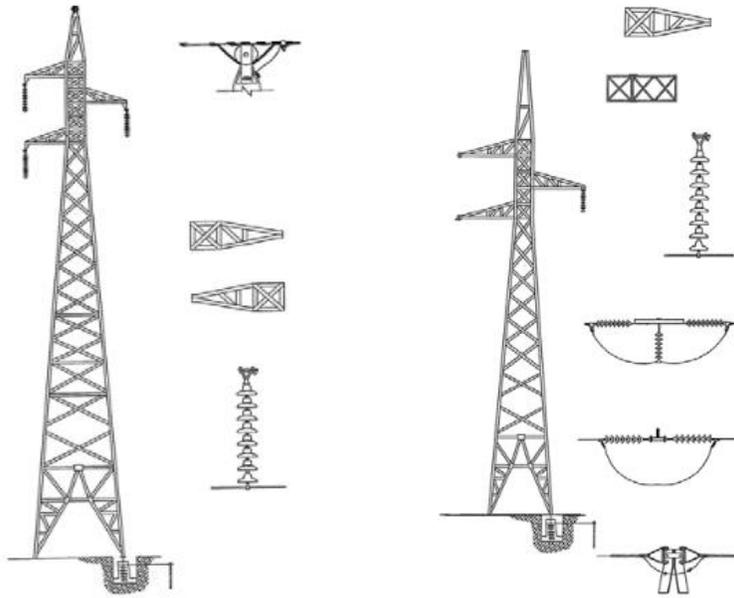


Figs. 2.11 Y 2.12 Estructuras tipo camellón 1210SNP-E y 1213DMP-E.



Figs. 2.13 Y 2.14 Estructuras tipo lindero 1210SME y 1216DME.

Estructuras tipo con torres autoportadas (diseño anterior).- Dado que el diseño de estas torres es para una velocidad normal de viento menor a 120 km/h, su uso es recomendado para zonas que no tienen influencias de vientos fuertes. Dentro de estas estructuras podemos encontrar TAS que es una de las más comunes en las líneas de subtransmisión en la zona san Cristóbal, TASG, TAD, TAR, TASP, TASGP, TAS2P, entre otras. [7]



Figs. 2.15 Y 2.16 Estructura TAS 0° y TAR 30°.

Estructuras tipo con torres autoportadas (nuevo diseño).- El uso de estas estructuras de acero autoportadas es recomendado para zonas donde hay influencia de vientos superiores a 120 km/h y que su diseño es para 160 km/h. Las estructuras está compuesta de las siguientes partes: Cimentación, Botton-Panel, Cuerpo Piramidal, Cuerpo Recto o celosía, Brazos, Crucetas de Conductores y Crucetas de hilos de guarda. Estas partes se describen en la figura siguiente:

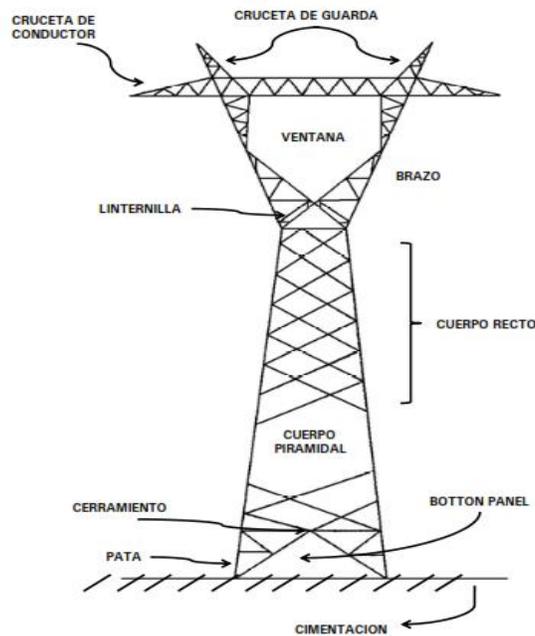


Fig. 2.17 Partes de una torre.

El hecho de que todas las estructuras metálicas de las Líneas de Alta Tensión estén expuestas a los agentes naturales como, el agua, el aire, y las variaciones de temperatura ambiente, da como resultado, que en alguna proporción o en otra se presenta la corrosión, dependiendo de ello la ubicación de la instalación. [8]

Cuando se efectúa la inspección de una línea debe revisarse cuidadosamente el estado que guardan tanto la tornillería y todos los ángulos que forman parte de la torre con el fin de detectar partes o zonas dañadas para que basados en dicha inspección se programe la reparación a base de la aplicación de algunas pinturas o sustancias anticorrosivas.

2.2 Actividades de Mantenimiento

Con el fin de garantizar la continuidad en el suministro de Energía Eléctrica, y la conservación en forma oportuna de los elementos o componentes que conforman las Líneas, es necesario la aplicación del mantenimiento en una Línea de Alta Tensión, éstas están determinadas por el número de anomalías que se detecta al realizar las inspecciones. De esta forma, es posible realizar la programación de las actividades de mantenimiento. Para ello es necesario desarrollar las técnicas de trabajo con línea energizada o desenergizada.

Tipos de mantenimiento.- Las actividades de inspección y mantenimiento son asignados a grupos de trabajo denominadas cuadrillas, conformadas con los elementos necesarios para la ejecución de las mismas. Para la ejecución de los trabajos de mantenimiento a Líneas de Alta Tensión, es importante describir al personal de campo en forma sencilla y precisa la o las actividades a desarrollar en un trabajo.

Para realizar los trabajos de inspección y mantenimiento de Líneas de Alta Tensión, se formaran de 2, 4, 6 y 8 elementos (de 4 a 8 elementos serán las sumatorias de dos o más cuadrillas), siendo la unidad de trabajo. Toda cuadrilla deberá tener un responsable que es quien dirigirá el trabajo asignado y al final de cada trabajo se reportara al ingeniero a cargo para ver el avance de los trabajos.

Mantenimiento predictivo.- Tiene la finalidad de combinar las ventajas y analizar los resultados de los de dos tipos de mantenimiento preventivo y correctivo para lograr el máximo tiempo de operación y eliminar el trabajo innecesario. Lo cual exige mejores técnicas de inspección y medición para determinar las condiciones de la Línea de Alta Tensión, con un control más riguroso que permite la planeación correcta y efectuar las inspecciones y pruebas verdaderamente necesarias.

Mantenimiento preventivo.- Tiene como objetivo evitar las interrupciones de las líneas, mejorando la calidad y continuidad en su operación, y es consecuencia de las inspecciones programadas.

Mantenimiento correctivo.- Es el que se realiza en condiciones de emergencia o de contingencia, de aquellas actividades que quedaran fuera del control del mantenimiento preventivo, buscando tener recursos a fin de lograr el menor tiempo de interrupción. Este tipo de mantenimiento no es deseable, ya que afecta la disponibilidad de la línea.

Inspección Mayor.- Deberá realizarse cuando menos con una frecuencia de una vez por año a lo largo de toda la Línea de Alta Tensión. Esta revisión deberá hacerse a detalle en cada elemento componente de la estructura, cables conductores, hilos de guarda y factores externos a la línea que pudieran ocasionar fallas en la misma como sistema de tierra, brecha, poda, libramientos, cruces de ríos, zonas de contaminación, vandalismo áreas de incendio,(maleza y quema de caña).

Inspección Menor.- Podrán realizarse mínimo 2 inspecciones menores por año en una Línea de Alta Tensión, en el entendido de que esta actividad no se requiere estrictamente subir a las estructuras por parte del liniero.

Patrullaje o Inspección Aérea.- Es una actividad que se realiza en helicóptero u otro medio de transporte, en la cual se pueden detectar fallas notorias en hilo de guarda, cable conductor, estructuras, brechas, aisladores, colas de rata, elementos estructurales, cimentaciones e invasión de derechos de vía.

Se realizan como revisiones de emergencia. Para una mayor efectividad del patrullaje, es aconsejable que esta se efectúe por dos personas, porque el hecho de que una sola persona revise líneas por espacio de más de tres horas continuas ocasiona que con el cansancio que cualquiera manifiesta después de ese tiempo, se pasen desapercibidos algunos detalles de las líneas.

Debe considerarse también la autonomía de helicóptero o del medio de transporte elegido, de tal forma que a la hora de cargar, coincida el lugar con la terminación de la revisión de una línea. Preferentemente esta revisión debe hacerse sobre todo en aquellas Líneas de Alta Tensión que crucen por terrenos de muy difícil acceso.

Patrullaje o inspección menor.- Esta actividad puede ser realizada con vehículo o a pie, cuando las condiciones operativas de la línea lo permitan, en caso de una inspección originada por falla, por otras condicionantes y/o riesgos del entorno que pongan en peligro la operación. Cuando se realizan los patrullajes ya sea aéreo o con vehículo, los elementos de línea que normalmente se revisan, y debido a que el transporte elegido que se puede aproximar en línea son los siguientes:

Bases de estructura.- En esta inspección aérea se puede apreciar solamente del estado que guarda la base de la estructura en cuanto a lo que se refiera a la misma, deslaves, derrumbes, excavaciones o bien erosión del terreno ocasionado por corrientes de agua originadas por lluvias, todo ello en el centro de la torre, así como en la parte donde están sentadas las bases de las patas y alrededor de la estructura a una distancia aproximada de 10 metros.

Estructura general.- En este caso debido a la velocidad con la que el helicóptero o el vehículo se desplazan, solo se pueden apreciar torres fuera de verticalidad o ladeadas, crucetas dobladas, oxidadas y/o elementos faltantes.

Aislamiento.- De los aisladores se pueden apreciar bien la verticalidad de la cadena, detectándose también aisladores rotos y manchados; sin embargo cuando se encuentra una cadena con una mancha, es necesario tomar nota de la estructura y fase correspondiente, para que posteriormente se efectúe una revisión más minuciosa, pues ocurre que muchas veces las manchas ocasionadas por los excrementos de los pájaros se confunden con las manchas por flameo, en caso de que se detecte en un tramo de la línea el hábitat de aves se deberá de considerar una inspección inmediata.

Conductor.- Del conductor se puede apreciar en este tipo de revisión el libramiento vertical y la horizontalidad de los cables, la apreciación de algún cable dañado solo es posible cuando el daño es realmente grande, o bien tratándose de hilo rotos solamente que las puntas de estos estén demasiado extendidos hacia la parte exterior del conductor.

Cable de Guarda.- Se debe observar su libramiento, así como la distancia que guarda en el centro del claro, con respecto al conductor de la fase más baja de alguna línea que cruce por encima del guarda. También se debe revisar la conexión del puente, que une a este sólidamente con la torre.

Amortiguador.- De los amortiguadores se debe comprobar la existencia de los mismos, pues se han dado casos en los que tal vez por propia vibración se ha aflojado de los puntos de sujeción con el conductor y se han caído al piso, lo cual se deberán de reinstalar. En caso de que no ocurra lo anterior, deberá cotejarse su distancia de instalación con respecto a la grapa de suspensión o remate, para comprobar que no se han recorrido hacia el centro del claro.

Brecha y accesos.- Con la revisión aérea es como se logra una rápida inspección del estado de la brecha, pues en este caso todo se puede recorrer en breve tiempo. Por lo tanto cuando se efectúe la revisión aérea de la brecha, debe inspeccionarse muy bien el estado de limpieza que guarde la misma, así como su ancho, también aquí conviene vigilar aquellos puntos conflictivos, tales como cañaverales y árboles frutales y construcciones debajo de la línea.

La ventaja de tener una buena brecha ofrece la facilidad de poder caminar a pie por toda la línea, y cuando por alguna causa llega a tener problemas de conductor reventado, la reparación del daño se hace más rápido.

Cuando se revisan las de forma aérea también se tiene la facilidad de detectar árboles próximos a algunas de la fase de líneas, siendo en la mayoría de las veces árboles

Estos deben acondicionarse en aquellas Líneas de Alta Tensión de muy difícil acceso, próximos a las estructuras más alejadas de caminos por los que no pueden llegar vehículos, con el fin de facilitar el ascenso y descenso del helicóptero para dejar y levantar personal y material en el caso de tener necesidad de realizar sobre la línea algunos trabajos de mantenimiento programado o bien reparaciones de emergencia o contingencia, es por eso que es muy recomendable cuando se hace la revisión aérea, verificar que los helipuertos se encuentren libres de maleza.

Señalización.- Se deberá de verificar que todas las estructuras están debidamente señaladas y numeradas de acuerdo a la norma de referencia NRF-042-CFE-2005 “Señalización de Líneas de Transmisión Aéreas y Subterráneas (Cables de Potencia), para Inspección Aérea, Tráfico Aéreo, Marítimo y Terrestre”; Así mismo se deberá de tener señaladas las protecciones para retenidas en las estructuras que apliquen. [9]

Desarrollo de maniobras en Líneas de Alta Tensión energizadas.- El objetivo es establecer y normalizar los criterios que son utilizados por las Divisiones de Distribución para mejorar las condiciones en el mantenimiento en las Líneas de Alta Tensión en estructuras autosoportadas, sección M y sección I. En este procedimientos se describen las diferentes formas de trabajo que pueden adoptar un liniero durante la ejecución de las maniobras.

Las reglas mínimas de seguridad que debe guardar todo personal que labore en una Línea de Alta Tensión; las precauciones que se deben adoptar al trabajar cerca de una línea energizada; así como el procedimiento para las maniobras en vivo. Todo el personal que desarrolle maniobras en Líneas de Alta Tensión energizada, deberá estar capacitado en el desarrollo de las mismas.

Trabajos a potencial de tierra.- En este caso el liniero se encuentra en piso, sobre la estructura que soporta al conductor o sobre alguna plataforma metálica, el liniero desarrolla su trabajo utilizando herramientas aisladas. La seguridad del liniero depende de su buena conexión a tierra. Si el liniero se encuentra en el suelo debe tener precaución de no exponerse a una tensión de paso o de toque.

Trabajos a medio potencial (aislados).- En este caso el liniero se encuentra aislado de la torre mediante un accesorio tal como plataformas aislantes, escaleras, zapatos, o algún otro medio aislante. El liniero desarrolla su trabajo utilizando herramientas aisladas. La seguridad del liniero depende del aislamiento hacia el punto de tierra y hacia la línea energizada. En ningún caso la distancia entre el liniero y la línea, más la distancia entre la torre y la seguridad mínima para la tensión en la que se está trabajando, antes de volver a potencial de tierra, el liniero debe tocar la estructura con algún elemento conductor a fin de ponerse a potencial de tierra. Nunca hacerlo con la mano puesto que arriesga a alguna descarga.

Trabajos a potencial de línea.- En este caso el liniero es colocado a potencial de línea y debe estar perfectamente aislado de tierra o cualquier potencial diferente al de la línea. El liniero desarrolla su trabajo utilizando un traje conductor especial y con herramientas conductoras. La seguridad del liniero depende del nivel de humedad del ambiente, de la limpieza y buen estado del traje conductor así como la de sus herramientas.

La corriente máxima permitida para trabajar a potencial de línea es de 130 mA. Sin embargo, la corriente de fuga normal para el trabajo, es de 20 a 50. Por seguridad, si la corriente de fuga entre la torre y la escalera es mayor a 100, el liniero no debe ponerse a potencial de la línea, ya que es muy probable que la corriente de fuga se incremente hasta alcanzar el nivel máximo permitido.

Precauciones cuando se trabaja a potencial a tierra.- Cuando se trabaja a potencial a tierra es importante asegurarse que se encuentra a salvo de alguna tensión de paso o de toque. - En caso de que algún punto de un material aislante se haya soltado o necesario aterrizarlo estando el otro punto energizado, ¡no lo toque ni atrape con las manos!, aterrice primero la punta de un estrobo a tierra y luego aterrice el punto que se encuentra flotando. - Si se manejan objetos metálicos cerca de una Línea de Alta Tensión, estos pueden estar cargados por inducción y al tocarlos probable que se reciba una descarga.

Precauciones cuando se trabaja a medio potencial.- Cuando se le pasen objetos conductores a un liniero que se encuentre a medio potencial, asegurarse de que no se está infringiendo la distancia mínima del aislamiento. Para eliminar el riesgo de una descarga, el liniero debe enlazar primero el material conductor, o regresar a potencial de tierra. - Cuando el liniero retorne a potencial de tierra de una plataforma o escalera aislante, primero debe hacer contacto con la estructura mediante algún cuerpo metálico firmemente sostenido con la mano.

Precauciones cuando se trabaja a potencial de línea.- El liniero debe ser aislado de tierra o cualquier otro potencial diferente de la línea. - El liniero debe vestir apropiadamente el traje conductor cuidando que las vísceras del casco se encuentre totalmente cubierta por la capucha del traje. - Si se usa guantes de cuero sobre los guantes conductores, tener cuidado con los arcos de inducción ya que estos pueden quemar los guantes de cuero y dañar los guantes conductores. Se recomienda utilizar guantes de algodón sobre los guantes conductores.

- Todas las cintas que cuelguen del traje conductor deben ser enrolladas y guardadas dentro de las bolsas del traje, ya que estas cintas son cables conductores que pueden provocar un arqueo sobre el liniero. - Al conectarse el liniero a la línea debe utilizar un perico o “cola de cochino” y colocar la cara de perfil a la línea. El liniero debe encontrarse a más de 50 cm de distancia de la línea.

- Si es posible, toda la herramienta que se le dé al liniero, debe colocarse al mismo potencial que se encuentre este, antes de que él las tome. - Cuando se trabaje en la proximidad de otros conductores u objetos, el liniero debe conocer la distancia a las que se encuentran otros puntos de tierra o de potencial diferente al que se encuentre, esto es con el fin de eliminar movimientos inadvertidos.

Distancia mínima de aislamiento.- Uno de los puntos más importantes a considerar es la distancia mínima a la que se puede acercar un objeto a la línea. La rigidez dieléctrica del aire determina la distancia de aislamiento mínima para una tensión dada. Esta se define como la distancia mínima que dos cuerpos con un gradiente de potencial entre ellos, pueden acercarse antes de que la tensión rompa la rigidez dieléctrica del aire, en la tabla se muestran las distancias de aislamiento mínimas para las diferentes tensiones utilizados en México.

TENSION FASE A FASE EN KV.	DISTANCIA MINIMA EN (m)	
	FASE A TIERRA	FASE A FASE
2.4 A 13.8	0.04	0.06
13.8 – 36.0	0.16	0.25
115	0.64	0.99
161 - 169	0.91	1.40
230	1.28	1.97
400	2.5	3.8

Tabla 2.3 Tabla de distancia mínima de aislamiento.

Esta distancia se da como referencia y no debe ser usada para trabajos en línea viva. La distancia de seguridad que deberá usar el liniero es la distancia mínima de trabajo.

Distancia mínima de trabajo.- La distancia mínima de trabajo es obtenida de la distancia mínima de aislamiento en aire para la tensión de la línea más un factor por movimientos inadvertidos. Este factor varía de país a país. Las distancias para las diferentes tensiones utilizadas en México se muestran en la tabla. La distancia entre el liniero y la línea, más la distancia entre la estructura y el liniero no debe ser menor a la distancia mínima permitida. La suma de las distancias en aire de ambos extremos de un cuerpo flotado tiene menor rigidez dieléctrica que la distancia en aire entre dos cuerpos energizados.

TENSIÓN FASE A FASE EN KV	DISTANCIA A EMPLEAR EN M.
0.05 – 0.30	EVITE CONTACTO
2.44 – 13.75	0.6
15.1 – 36.0	0.75
115	1.5
161 – 169	1.75
230	2.5
400	4.4

Tabla 2.4 Tabla de distancia mínima de trabajo en línea energizada.

2.3 Causas de Salidas.

Causas Normalizadas.- Las salidas de líneas por causas normalizadas las comprenden dos grupos. Primer grupo, le corresponden aquellas salidas debidas a componentes de la propia línea o imputables al mantenimiento de las mismas como: Estructuras, Herrajes y accesorios, Aisladores, Conductores de fases o cable de guarda, Equipo de seccionamiento y Control o telecomunicaciones.

Segundo grupo, se le asignan aquellas causas ajenas a la línea y que tienen la influencia de las condiciones atmosféricas de los lugares que atraviesa en su trayectoria, como: Brecha, Contaminación, Descargas atmosféricas, Vientos fuertes, Quema de caña o vegetación, Impacto o Choque

Causas no Normalizadas.- Las salidas de líneas por causas no normalizadas, comprenden aquellas originadas por actividades que realiza el personal encargado de la operación de las mismas, fenómenos atmosféricos y acciones ilícitas, como: Maniobras y libranzas, Pruebas, Ciclones, Sismos, Vandalismo y robo de conductor, Falla de equipo en instalaciones extremas, Disturbios en el Sistema Eléctrico, Fallas Técnicas y Falta de Energía.

La Subdirección de Distribución tiene implementado el Índice de Salidas por Falla de Líneas de Alta Tensión (SFL), que sirve para mostrar la problemática que prevalece en las instalaciones de cada División y cada Zona de Distribución, lo cual permite que se apliquen las medidas preventivas y correctivas necesarias para mejorar la operatividad de las mismas.

CFE otorga una clave a las diferentes causas para tener una mejor manejabilidad en cuanto a los sistemas en donde requiera capturar este tipo de datos, ya que es más fácil. A continuación se clasifica las causas de las diferentes salidas por fallas de Líneas de Alta Tensión, otorgándoles una clave a cada una de ellas para su clasificación e identificación respectiva.

CLAVE	CAUSA	DESCRIPCIÓN
A	Clasificación	Comprende las salidas de línea por falla en los materiales de postes, estructuras de soporte, retenida y aisladores. El índice, de estas causas, se calcula en función de la longitud de las líneas.
A0	Estructuras	Salida línea por falla mecánica de estructuras ya sean daños en cimentación elementos estructurales, postes, crucetas, contravientos, retenidas.
A1	Herrajes y Accesorios	Salida de línea por rotura de estribos, pernos, tornillos, ganchos bola, eslabones, accesorios para suspensión o remate de cables, etc.
A2	Aisladores	Salida línea por rotura, flameo, falla del aislamiento por esfuerzos mecánicos, etc.
A3	Conductor	Salida de línea por rotura de empalmes, desgaste, corrosión, etc. del conductor de fase.
A4	Cable de Guarda	Salida de línea por rotura de empalmes, desgaste, corrosión, etc. del conductor de guarda
A5	Brecha	Salida por falla ocasionada por vegetación cercana y/o pegando a la línea, caída de árbol sobre la línea, etc.

CLAVE	CAUSA	DESCRIPCIÓN
A6	Contaminación	Salida de línea por falla de aislamiento debida a la acumulación de excremento y nidos de aves, vegetación, sal, polvo, fertilizante y neblina en el aislamiento de la línea.
A6.1	Contaminación por excremento de aves	Salida de línea debida a la falla del aislamiento ocasionada por el excremento de aves que defecan sobre este.
A6.2	Contaminación nidos	Salida de línea ocasionada por falla de aislamiento debida a nidos de aves en los aisladores.
A6.3	Contaminación vegetal	Salida de línea ocasionada por falla de aislamiento debida al crecimiento de vegetación (enredaderas) sobre el aislamiento.
A6.4	Contaminación polvo	Salida de línea ocasionada por falla de aislamiento debida a la acumulación de polvo sobre el aislamiento.
A6.5	Contaminación industrial	Salida de línea ocasionada por falla de aislamiento debida a la acumulación de tizne y partículas contaminantes sobre el aislamiento.
A6.6	Contaminación fertilizantes	Salida de línea ocasionada por falla de aislamiento debida a la acumulación de agentes químicos (fertilizante).
A6.7	Contaminación por Neblina.	Salida de línea ocasionada por falla de aislamiento debida a la excesiva acumulación de humedad en el aislamiento.

CLAVE	CAUSA	DESCRIPCIÓN
B	Clasificación	Comprende las salidas de la línea debidas básicamente a descargas atmosféricas e incluyendo defectos de diseño, mantenimiento y fallas en los equipos de protección. El índice, de estas causas, se calcula en función de la longitud de las líneas.
B0	Descargas Atmosféricas	Salida de línea por falla de línea debidas a la causa de descargas atmosféricas (rayos).
B0.1	Angulo de blindaje Inadecuado	Salida de línea por descarga atmosférica que impacta sobre conductor de fase debido a un Angulo inadecuado de blindaje del hilo de guarda.
B0.2	Bajante a tierra interrumpido.	Salida de línea por descarga atmosférica que impacta en hilo de guarda sin conexión a tierra.
B0.3	Alto valor de resistencia a tierra.	Salida de línea por descarga atmosférica que impacta sobre hilo de guarda con valores inadecuados de conexión a tierra.
B0.4	Conector cola de rata en mal estado.	Salida de línea por descarga atmosférica que impacta sobre hilo de guarda con conector de cola de rata mal aplicado (Poco contacto)
B0.5	Sin Hilo de guarda.	Salida de línea por descarga atmosférica en conductor de fase en línea sin hilo de guarda.
B0.6	Falla del apartarrayos.	Salida de línea por falla de apartarrayos conectado a línea.
B0.7	NBAI de la línea inadecuado.	Salida de línea por descarga atmosférica o maniobra debido a un inadecuado nivel básico de aislamiento al impulso.

CLAVE	CAUSA	DESCRIPCIÓN
C	Clasificación	Comprende las salidas por fallas en la línea debidas a causas ajenas a la misma. El índice, de estas causas, se calcula en función de la longitud de las líneas.
C0	Vientos Fuertes	Salida de línea por falla de cualquier elemento de la línea ocasionada por la acción de vientos de alta velocidad (Corto circuito entre fases, flameos a la estructura, etc.)
C1	Quema de Caña	Salida de línea ocasionada por quema de caña
C2	Quema de Vegetación	Salida de línea ocasionada por quema de maleza e incendios provocados por terceras personas.

CLAVE	CAUSA	DESCRIPCIÓN
E	Clasificación	Salida de línea por fallas ajena a la misma.
E1	Disturbio Sistema	Salida de la línea por causa de inestabilidad del Sistema eléctrico, debido a falla de generación u oscilaciones (baja frecuencia, baja tensión, sobretensión, sobrecorriente, etc.).
E2	Impacto o Choque	Salida de línea por causas fortuitas tales como impacto de ave o animal, vehículos (automóvil, camiones, tractores, cosechadoras, etc.) contra estructuras, conductores, aislamientos o retenidas de la línea etc.
E4	Falta de Energía en instalaciones extremas o falla en Instalaciones de terceros.	Salida de línea por suspensión momentánea de energía sin que hayan operado las protecciones, Falta de alimentación del extremo fuente o Falta en instalaciones de terceros no imputables a la operación normal de la línea.
E5	Vandalismo **	Salida de línea ocasionada por vandalismo, disparos de armas de fuego y pedradas que dañan los conductores o el aislamiento así como otros objetos externos que arrojados intencionalmente ocasionan fallas en la línea (papalotes, alambres, láminas, varillas, etc.), o Salida de línea ocasionada por personas desconocidas al robar el conductor o el cobre de puesta a tierra de la estructura.
E7	Ciclón y Sismo	Salida de línea ocasionada por ciclones y sismos; que son considerados como fenómenos meteorológicos y geológicos.

Tabla 2.5 Tabla de causas y sus claves.

2.4 Sistema de Tierra

A continuación se describe el comportamiento y la finalidad de un sistema de tierra en Líneas de Alta Tensión. Las redes de tierra tienen como finalidad lo siguiente: - Proteger a las Líneas de Alta Tensión de sobretensiones ocasionadas por descargas atmosféricas o transitorias. - Obtener un sistema relativamente estable, con un mínimo de sobretensiones transitorias. - Aumento de la confiabilidad de los esquemas de protección del sistema por fallas a tierra. - Disminución de ruido en las comunicaciones.

De acuerdo a la finalidad de las redes de tierra, éstas deberán permitir el paso de las corrientes a tierra con un mínimo de resistencia, según estudio Técnico-Económico, se construirán por lo tanto, formando una malla de cables desnudos enterrados conectados entre sí y a los electrodos de tierra mediante conectores apropiados. [10]

Resistividad.- Se define la resistividad del suelo, como la resistencia medida en cubo de material, de un metro por lado, medido entre dos placas de metal colocadas sobre caras opuestas OHMS-METRO (Ω/m), o en OHMS-CENTIMETRO (Ω/cm). La resistividad del suelo es extremadamente variable de un lugar a otro y para un sitio dado, puede variar vertical y horizontalmente.

Los factores principales que determinan la resistividad son: el tipo de suelo, el contenido de humedad, las sales disueltas en el agua, la profundidad y la temperatura, etc. Recomendamos que al efectuar estas pruebas, se hagan perfectamente en épocas del año, cuando la sequía sea más intensa y así obtener valores de resistividad críticos.

TIPO DE TIERRA	RESISTIVIDAD EN OHM-METRO (Ω/m)
Suelo orgánico mojado	10
Suelo húmedo	100
Suelo seco	1000
roca	10000

Tabla 2.6 Tabla de resistividad según el tipo de suelo.

Cuando el valor de la resistividad del terreno donde se localiza la estructura es alto, es de esperarse que la resistencia a tierra de ésta sea elevada y resulte por arriba del valor requerido. Cuando estos casos se presentan, las resistencias deben mejorarse mediante cualquiera de los siguientes métodos: Varillas en contra antenas radiales, Varilla profundas, Electrodo de Bentonita; contra antenas continuas, modificar la composición química del terreno, o en todo caso y de ser necesario, hacer una combinación de estos métodos.

Las mediciones de resistividad del suelo y de resistencia eléctrica de la red de tierra se deben realizar en época de sequía debido a que son las condiciones más críticas y te presentan los niveles altos de resistividad y así tener una idea del valor máximo que puede llegar a alcanzar ese suelo. [11]

Medición de la Resistividad del Suelo en Líneas Alta Tensión para el Diseño de la Red de Tierra. Una vez determinada la posición de las estructuras y por consecuencia lógica las cimentaciones de las mismas, se procede a ejecutar la medición de la resistividad del suelo, siguiendo el método de los cuatro electrodos o de Wenner.

Para estructuras autoportadas se deben hacer a partir del centro de la base de la torre en diagonal respecto al sentido de la línea, de acuerdo al “Arreglo A” representado en la figura 1, considerando la medición hacia fuera de las patas 1 y 3 o al “Arreglo B” de la misma figura, que involucra las patas 2 y 4. La selección del “Arreglo A” o “Arreglo B” para las mediciones debe ser en función de las mejores condiciones o facilidades que ofrezca el terreno para el indicado de los electrodos verticales.

Para otro tipo de estructuras (poste Tipo H, poste de madera, poste troncocónico) el procedimiento debe ser a partir del centro de la base siguiendo la misma metodología (en diagonal). En zonas urbanas las mediciones se harán a partir del centro de la base en el sentido de la instalación de la red de tierra. En cualquiera de los arreglos, se deben realizar siete mediciones en cada dirección para dar un total de 14 mediciones.

La primera lectura se debe hacer con una separación entre electrodos de 1,6 m, aumentándose la misma en incrementos de 1,6 m, hasta alcanzar un total de 2 m. Los valores obtenidos se deben anotar en un formato y el o los valores representativos de la resistividad del suelo para el diseño de la red de tierra son responsabilidad del diseñador. Las mediciones se deben realizar manteniendo el electrodo C1 instalado en el centro de la estructura, por lo cual sólo variarán de posición los electrodos P1, P2 y C2.

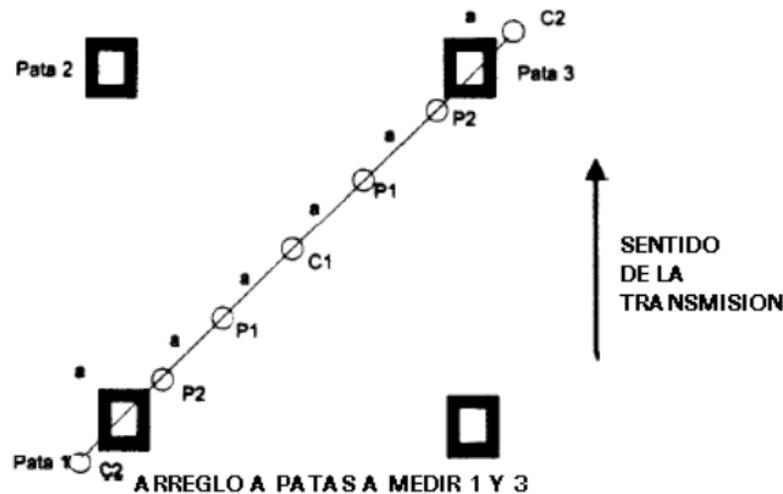


Fig. 2.18 Arreglo A para la medición de resistividad.

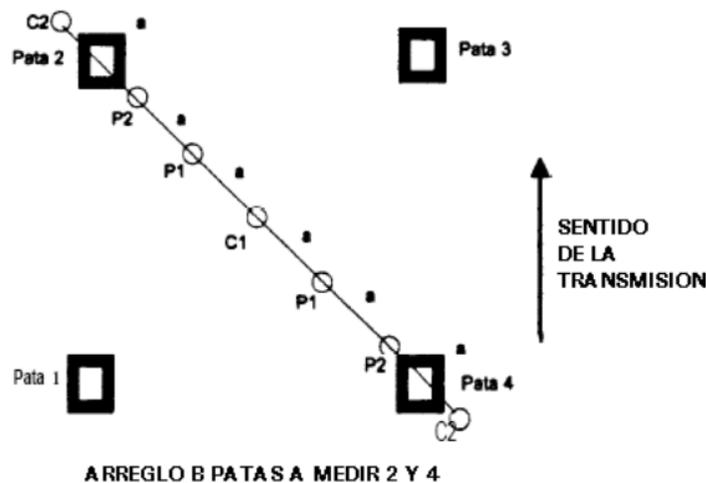


Fig. 2.19 Arreglo B para la medición de resistividad.

Mejoramiento de la red de tierra al pie de la torre.- Como se mencionó anteriormente, el proceso de flameo inverso depende de varios factores, pero el principal es la resistencia al pie de la torre, la cual puede ser diseñada para obtener un índice de fallas por flameos inversos. Cuando se tiene una descarga atmosférica en el hilo de guarda se generan ondas transitorias de corriente y tensión que viajan hacia ambos lados del conductor.

Al llegar la onda a un punto de cambio de impedancia, como lo es una torre, se producen ondas reflejadas y transmitidas en la punta de la torre; estas ondas crean diferencias de potencial en los aislamientos entre los conductores de tierra y conductores de fase, en diferentes puntos de la línea, estos puntos pueden ser a lo largo del claro o en el aislamiento. En el caso de que este potencial exceda los potenciales del aislamiento, se producirán flameos entre las estructuras y los conductores de fase, estos flameos se denominan flameos inversos.

Los flameos inversos en las torres son los más frecuentes y en general es influenciado por los siguientes factores: Resistencia de conexión a tierra, Distancias conductor-conductor y conductor-estructura, Longitud de claro entre torres, Número de hilos de guarda y su posición, Geometría de la estructura, Punto de incidencia del rayo, Distribución de amplitudes de corrientes de rayo y formas de onda, Densidad de rayos a tierra de la zona, Tensión de operación de la línea. [12]

Las funciones básicas de un sistema de conexión a tierra se pueden resumir en: - Proveer de una baja resistencia de dispersión de la corriente a tierra para (Evitar daños por sobre tensiones que se presenten por descargas atmosféricas o maniobras, La descarga a tierra de dispositivos de protección (Contra sobre tensiones atmosféricas o internas), Camino a tierra de corrientes de falla, Conectar los sistemas que usen neutro común aterrizado, Asegurar que las partes metálicas de los sistemas o equipos se encuentren al mismo potencial de tierra.

Esto para protección del personal). -Disipar y resistir repetidamente las corrientes de falla y de las descargas atmosféricas.

Las características de los sistemas de conexión a tierra deben ser: -Tener una resistencia a la corrosión en suelos de variada composición química, de manera que asegure un comportamiento continuo durante la operación del equipo a proteger. - Tener buenas propiedades de resistencia mecánica. - El diseño de la red de tierras debe ser económico.

Debido a que el valor de resistencia de conexión a tierra se ve afectado por las características del terreno, arreglos de las varillas de tierra y las conexiones entre ellas, se han desarrollado varias metodologías para aplicar según las características en cuestión. De los métodos empleados para reducir o mejorar los valores de conexión a tierra, podemos listar los más usuales:

Electrodos profundos.- Cuando el terreno es penetrable se puede aplicar este método ya que a mayor profundidad se tienen mejores valores de resistividad del terreno, específicamente donde se tienen los mantos freáticos no muy profundos. Sin embargo debido a las longitudes de electrodos y los métodos para enterrar las varillas, este método poco práctico y antieconómico.

Contra-antenas.- En terrenos donde no es posible la penetración de varillas teniéndose un manto delgado de suelo sobre subsuelo de roca, se recomienda el uso de conductores enterrados a baja profundidad a lo largo de zanjas construidas específicamente para contener el conductor.

Electrodos múltiples.- Cuando se tienen valores de la resistividad del terreno de las capas superiores más bajas que la de las capas más profundas o en casos donde no se puedan obtener las profundidades adecuadas de las varillas de tierra, se recomienda el uso de dos o más electrodos.

Procedimientos artificiales.- Este método se aplica cuando con los anteriores no se obtienen buenos resultados y los procedimientos en este método son mediante la aplicación de: Sales simples, Coque, Gel y bentonita; estos se aplican en una zanja que rodea al electrodo con una profundidad promedio de 30 cm sin llegar a tener contacto directo con el electrodo ya que en el caso de las sales y el coque por ejemplo se tienen la desventaja de ser muy corrosivos y disminuyen la vida del electrodo de tierra.

De los métodos anteriores, los más aplicados en líneas de transmisión son: - El uso de varillas de conexión de tierra de 19 mm de diámetro y 3 m de longitud, enterradas verticalmente, interconectadas con longitudes cortas de conductor y unidas a las patas de las estructuras. - El uso de contra antenas, las cuales consisten de uno o varios conductores enterrados horizontalmente en zanjas de 30 cm de profundidad y unidos a las patas de la estructura; este último es el más usado en casos en que la resistividad del terreno sea mayor a 200 Ω -m. [13]

Resistividad del terreno (Ω -m)	Configuración
< 300	Dos contra-antenas de 30 m de longitud en patas opuestas.
300 – 500	Dos contra-antenas de 45 m de longitud en patas opuestas.
500 – 1000	Cuatro contra-antenas de 30 m de longitud.
1000 <	Cuatro contra-antenas de 50 m de longitud.

Tabla 2.7 Tabla de configuraciones de contra-antenas para diferentes resistividades de terreno.

Tipo de suelo	Resistividad (Ω -m)
Suelo de superficie, greda, etc.	1 - 50
Arcilla	2 - 100
Arena y grava	50 - 1,000
Piedra caliza de superficie	100 – 10,000
Piedra caliza	5 – 4,000
Esquisto o pizarra	5 – 100
Piedra arenisca	20 – 2,000
Granito, basalto	1,000

Tabla 2.8 Tabla de resistividad típica en diferentes tipos de suelo.

3. Desarrollo

3.1 Programa de Inspecciones

Como parte del proyecto se elaboró un programa de inspecciones que es un sistema digital que en este caso ayudara a almacenar toda la información respecto a las inspecciones sean de índole menor o mayor, esto con el fin de poder utilizar esa información cuando se requiera para poder hacer un análisis con respecto a la falla en suceso, para conocer antecedentes y el estado de la estructura para poder planificar maniobras o acciones correctivas.

Además de lo mencionado, el programa de inspecciones aportara a tener un mejor mantenimiento predictivo y preventivo, ya que se tendrá un mejor panorama de las estructuras que necesitan mantenimiento, también ayudara a realizar un plan diario más adecuado a las irregularidades que presenten cada una de las diferentes estructuras y dando prioridades a las estructuras con más incidencias, haciendo posible tener un sistema en buen estado para el suministro eléctrico. El programa de inspecciones se encuentra conformado por 4 partes importantes.

Historial de inspecciones.- En esta parte se encuentra la información básica de una inspección de los últimos dos años que son: número de estructura, fecha de inspección, tipo de estructura, línea a la que pertenece y observaciones, en este último punto se denotan de manera breve las irregularidades que presenta la estructura. En esta parte también se encuentran vínculos que te pueden llevar al buscador para buscar de manera rápida alguna información y vínculos que te llevan a la base de datos de cada una de las diferentes líneas para una mejor visualización.

	EDITAR O VISUALIZAR LINEA 73390	EDITAR O VISUALIZAR LINEA 73510	
	EDITAR O VISUALIZAR LINEA 73380	EDITAR O VISUALIZAR LINEA 73A00	
	EDITAR O VISUALIZAR LINEA 73540	EDITAR O VISUALIZAR LINEA 73000	
	EDITAR O VISUALIZAR LINEA 73550	EDITAR O VISUALIZAR LINEA 73200	
LINEA DE SUBTRANSMISIÓN: SCO-73390-OXC		NOTA: ESTRUCTURAS 43,42,35,32,22,21 Y 20 SIN DATOS	
NO. DE ESTRUCTURA	FECHA DE INSPECCION	TIPO DE ESTRUCTURA	OBSERVACIONES
116	17-jun-15		No tiene apartarrayos, no amortiguadores, falta hilo de guarda y tierra robada
115	17-jun-15	TADE	No apartarrayos, no amortiguadores, no hay guarda. Cruce de MT Y 2 postes a lado de la línea. Derrame en este tramo
114	17-jun-15	IRD	No apartarrayos, no amortiguadores. 3 retenidas flojas
113	17-jun-15	TAS	No amortiguadores. Tiene detector de falla
112	17-jun-15	TAR	No apartarrayos, no amortiguadores
111	16-jun-15	TAD	No alea, no amortiguadores
110	16-jun-15	TAS	No amortiguadores.
106	16-jun-15	TAS	No amortiguadores.
105	15-jun-15	TAS	Tiene amortiguadores

Fig. 3.1 Historial de inspecciones del programa.

Estado de estructura.- Esta parte del programa es un buscador que facilita y agiliza la información requerida, esto servirá para cuando se requieran saber el estado en que se encuentra algún componente en particular, cada línea tiene su propio buscador, es decir que tenemos ocho buscadores para obtener la información, este buscador está conformado por 3 requerimientos que llenar y la última casilla te arrojará el estado.

Primero te colocas en el buscador de la línea que se desea verificar algo en especial, una vez colocado en el buscador, el primer dato a llenar será la estructura a verificar de dicha línea, después lo que se quiera revisar de esa estructura como por ejemplo el sistema de tierra, dentro de la categoría te encuentras con más opciones en este caso con bajante de tierra, varillas entre otras y esa será el último requerimiento a llenar para poder ver el estado en que se encuentra la información requerida.

LINEA DE SUBTRANSMISIÓN: SCO-73390-OXC			
ESTRUCTURAS	REVISAR	OPCIONES	ESTADO
EST.103	HERRAJE	TIPO DE HERRAJE	PENDULO
LINEA DE SUBTRANSMISIÓN: CRI-73380-SCO			
ESTRUCTURAS	REVISAR	OPCIONES	ESTADO
EST.31	SISTEMA_DE_TIER RA	BAJANTE DE TIERRA	FALTA SIST. TIERRA
LINEA DE SUBTRANSMISIÓN: AN		VARILLAS CONECTORES DE VARILLA BAJANTE DE TIERRA TIPO DE CABLE	
ESTRUCTURAS	REVISAR	OPCIONES	ESTADO
EST.49	SISTEMA_DE_TIER	VARILLAS	OCULTO
LINEA DE SUBTRANSMISIÓN: MTO-73000-FCM			
ESTRUCTURAS	REVISAR	OPCIONES	ESTADO
EST.123	BRECHA	LIENZA	PODA

Fig. 3.2 Estado de estructura del programa.

Base de datos.- Esta parte del programa como su nombre lo dice es la base de datos en donde se encuentra toda la información correspondiente a cada una de las diferentes líneas y sus estructuras. La información de cada una de las estructuras se encuentra en columnas en donde tiene varios grupos como sistema de tierra, hilo de guarda, libramiento de conductor, conductores, aislamiento, brecha, torre, ángulos, patas, herraje, puentes y apartarrayos.

Cada uno de estos grupos contiene elementos relacionados al grupo y alado de cada uno de estos elementos podemos encontrar el estado en que se encuentra, para tener un mejor panorama de todos estos datos se manejan 3 colores de las casillas; color azul par los datos que sean normales o que se encuentren bien, anaranjado para los datos de los cuales no se tenga información y rojo para los datos que necesiten alguna corrección o se encuentren en mal estado.

LINEA MTO-73000-FCM							
ESTRUCTURA 138		ESTRUCTURA 137		ESTRUCTURA 136		ESTRUCTURA 135	
SISTEMA DE TIERRA	ESTADO	SISTEMA DE TIERRA	ESTADO	SISTEMA DE TIERRA	ESTADO	SISTEMA DE TIERRA	ESTADO
VARILLAS	BIEN	VARILLAS	BIEN	VARILLAS	BIEN	VARILLAS	BIEN
CONECTORES DE VARILLAS	BIEN	CONECTORES DE VARILLAS	BIEN	CONECTORES DE VARILLAS	BIEN	CONECTORES DE VARILLAS	BIEN
BAJANTE DE TIERRA	BIEN	BAJANTE DE TIERRA	BIEN	BAJANTE DE TIERRA	BIEN	BAJANTE DE TIERRA	INCOMPLETO
TIPO DE CABLE	AG	TIPO DE CABLE	AG	TIPO DE CABLE	AG	TIPO DE CABLE	AG
HILO DE GUARDA		HILO DE GUARDA		HILO DE GUARDA		HILO DE GUARDA	
CLEMA DE GUARDA	BIEN	CLEMA DE GUARDA	BIEN	CLEMA DE GUARDA	BIEN	CLEMA DE GUARDA	BIEN
RODADERA DE GUARDA	BIEN	RODADERA DE GUARDA	BIEN	RODADERA DE GUARDA	BIEN	RODADERA DE GUARDA	BIEN
REMATE DE GUARDA	BIEN	REMATE DE GUARDA	BIEN	REMATE DE GUARDA	BIEN	REMATE DE GUARDA	BIEN
CONECCTORES DE LA COLA DE RATA	BIEN	CONECCTORES DE LA COLA DE RATA	BIEN	CONECCTORES DE LA COLA DE RATA	BIEN	CONECCTORES DE LA COLA DE RATA	BIEN
CONECTOR DE CABLE A SOLERA	BIEN	CONECTOR DE CABLE A SOLERA	BIEN	CONECTOR DE CABLE A SOLERA	BIEN	CONECTOR DE CABLE A SOLERA	BIEN
CHAVETA DEL GUARDA	BIEN	CHAVETA DEL GUARDA	BIEN	CHAVETA DEL GUARDA	FALTANTE	CHAVETA DEL GUARDA	BIEN
PERNO DE GUARDA	BIEN	PERNO DE GUARDA	BIEN	PERNO DE GUARDA	BIEN	PERNO DE GUARDA	BIEN
CABLE DE GUARDA	BIEN	CABLE DE GUARDA	BIEN	CABLE DE GUARDA	BIEN	CABLE DE GUARDA	BIEN
LIBRAMIENTO DE GU, ESTADO		LIBRAMIENTO DE GU, ESTADO		LIBRAMIENTO DE GU, ESTADO		LIBRAMIENTO DE GU, ESTADO	
A CONDUCTORES	BIEN	A CONDUCTORES	BIEN	A CONDUCTORES	BIEN	A CONDUCTORES	BIEN
A VIAS DE COMUNICACION	BIEN	A VIAS DE COMUNICACION	BIEN	A VIAS DE COMUNICACION	BIEN	A VIAS DE COMUNICACION	BIEN
LIBRAMIENTO DEL		LIBRAMIENTO DEL		LIBRAMIENTO DEL		LIBRAMIENTO DEL	

Fig. 3.3 Base de datos del programa.

Como podemos observar en la figura los principales colores en uso son el rojo y azul, como mencionamos anteriormente esta parte de la base de datos indica en rojo los datos que no se encuentren bien o requieran un grado de compostura, en las tablas de las estructuras se manejan datos como: sistema de tierra, hilo de guarda, libramiento de guarda, libramiento de conductor, aislamiento, brecha, patas, torre, herrajes, puentes, apartarrayos dentro de los cuales se pueden revisar otros componentes.

LINEA OXC-73550-OCO					
ESTRUCTURA 101		ESTRUCTURA 100		ESTRUCTURA 99	
SISTEMA DE TIERRA	ESTADO	SISTEMA DE TIERRA	ESTADO	SISTEMA DE TIERRA	ESTADO
VARILLAS	SIN DATOS	VARILLAS	BIEN	VARILLAS	BIEN
CONECTORES DE VARILLAS	SIN DATOS	CONECTORES DE VARILLAS	BIEN	CONECTORES DE VARILLAS	BIEN
BAJANTE DE TIERRA	SIN DATOS	BAJANTE DE TIERRA	BIEN	BAJANTE DE TIERRA	BIEN
TIPO DE CABLE	SIN DATOS	TIPO DE CABLE	AG	TIPO DE CABLE	AG
HILO DE GUARDA		HILO DE GUARDA		HILO DE GUARDA	
CLEMA DE GUARDA	SIN DATOS	CLEMA DE GUARDA	BIEN	CLEMA DE GUARDA	BIEN
RODADERA DE GUARDA	SIN DATOS	RODADERA DE GUARDA	BIEN	RODADERA DE GUARDA	BIEN
REMATE DE GUARDA	SIN DATOS	REMATE DE GUARDA	BIEN	REMATE DE GUARDA	BIEN
CONECTORES DE LA COLA DE RATA	SIN DATOS	CONECTORES DE LA COLA DE RATA	BIEN	CONECTORES DE LA COLA DE RATA	BIEN
CONECTOR DE CABLE A SOLERA	SIN DATOS	CONECTOR DE CABLE A SOLERA	BIEN	CONECTOR DE CABLE A SOLERA	BIEN
CHAVETA DEL GUARDA	SIN DATOS	CHAVETA DEL GUARDA	BIEN	CHAVETA DEL GUARDA	BIEN
PERNO DE GUARDA	SIN DATOS	PERNO DE GUARDA	BIEN	PERNO DE GUARDA	BIEN
CABLE DE GUARDA	SIN DATOS	CABLE DE GUARDA	BIEN	CABLE DE GUARDA	BIEN
LIBRAMIENTO DE GU, ESTADO		LIBRAMIENTO DE GU, ESTADO		LIBRAMIENTO DE GU, ESTADO	
A CONDUCTORES	SIN DATOS	A CONDUCTORES	BIEN	A CONDUCTORES	BIEN
A VIAS DE COMUNICACION	SIN DATOS	A VIAS DE COMUNICACION	BIEN	A VIAS DE COMUNICACION	BIEN
LIBRAMIENTO DEL CONDUCTOR		LIBRAMIENTO DEL CONDUCTOR		LIBRAMIENTO DEL CONDUCTOR	
A CONDUCTORES	SIN DATOS	A CONDUCTORES	BIEN	A CONDUCTORES	BIEN

Fig. 3.4 Base de datos del programa.

Hoja de cálculos.- Esta parte del programa fue necesario para el buscador y no alterar la base de datos, ya que se necesitó relacionar varias casillas para que el buscador funcionara como se requería, la dificultad que teníamos para utilizar la base de datos era los espacios que había entre estructura y el formato en que se encontraba hacía difícil poder relacionar todo la base de datos para hacer que el buscador identificara una información en particular, además de hacer fórmulas para relacionar los datos necesarios.

		LINEA AAA-73A00-CRI					
EST.5	98						
EST.4	99						
EST.3	100	1	2	3	4	5	
EST.2	101		EST.100	EST.99	EST.98	EST.97	
EST.1	102	1	SISTEMA DE TIERRA	ESTADO	ESTADO	ESTADO	ESTADO
		2	VARILLAS	BIEN	NO TIENE	BIEN	BIEN
		3	CONECTORES DE VARILLAS	BIEN	NO TIENE	BIEN	BIEN
ANG-73510-SCH		4	BAJANTE DE TIERRA	BIEN	NO TIENE	BIEN	BIEN
NO. DE FILA	5	5	TIPO DE CABLE	AG	AG	AG	AG
NO. DE COLUMNA	12	6	HILO DE GUARDA				
ESTADO	AG DESOLDAD	7	CLEMA DE GUARDA	BIEN	NO	BIEN	BIEN
		8	RODADERA DE GUARDA	BIEN	NO	BIEN	BIEN
EST.96	2	9	REMATE DE GUARDA	BIEN	NO	BIEN	BIEN
		10	CONECTORES DE LA COLA DE RATA	BIEN	NO	BIEN	BIEN
EST.95	3		CONECTOR DE CABLE A SOLERA	BIEN	NO	BIEN	BIEN
EST.94	4	11					

Fig. 3.5 Hoja de cálculos del programa.

3.2 Google Earth

Google earth fue parte de este proyecto para georreferenciar y ubicar las estructuras de cada una de las 8 líneas que atiende la zona San Cristóbal esto con el fin de tener una idea de donde se encuentra la estructura o tener referencias que te faciliten la llegada a la estructura. Tener localizadas las estructuras es muy importante para tener un control sobre ellas y poder realizar más rápido las acciones de mantenimiento y corrección.

Se planeó imprimir los planos de los trazos de las líneas para tener una visualización física, y tener un mejor control de las estructuras con incidencias de anomalías, y denotarlas con tachuelas de colores para un mejor control de las salidas del suministro dependiendo de la causa que la haya provocado, de esta manera tener un panorama más amplio al poder ver la situación de las fallas.

Google earth es una herramienta muy útil en este caso en particular ayudo a ubicar los trazos del recorrido de ciertas líneas y más que nada ubicar las estructuras, esto facilitara la ubicación de estas. Esperando que los trazos de las líneas sirvan de ayuda para algo más. Se ubicaron los trazos y las estructuras de 8 líneas que están a cargo de la zona San Cristóbal, a continuación se muestra la georreferenciación de las líneas.

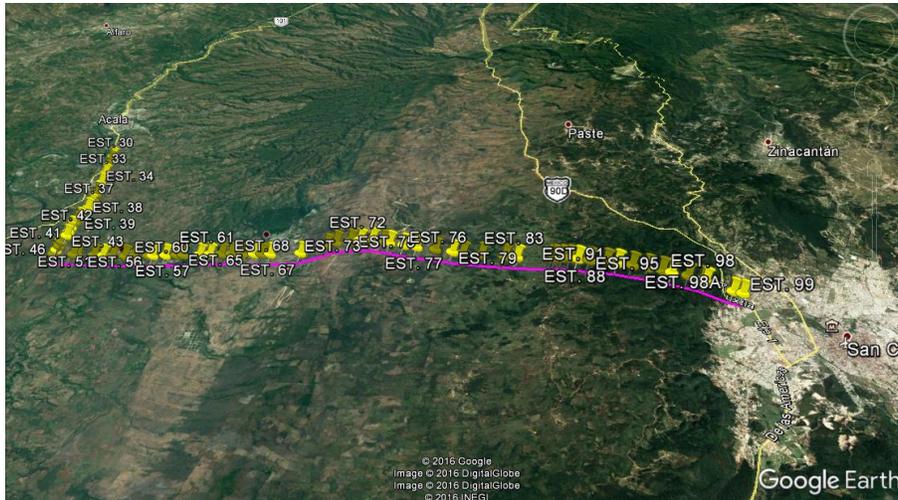


Fig. 3.6 LST AAA-73A00-CRI.

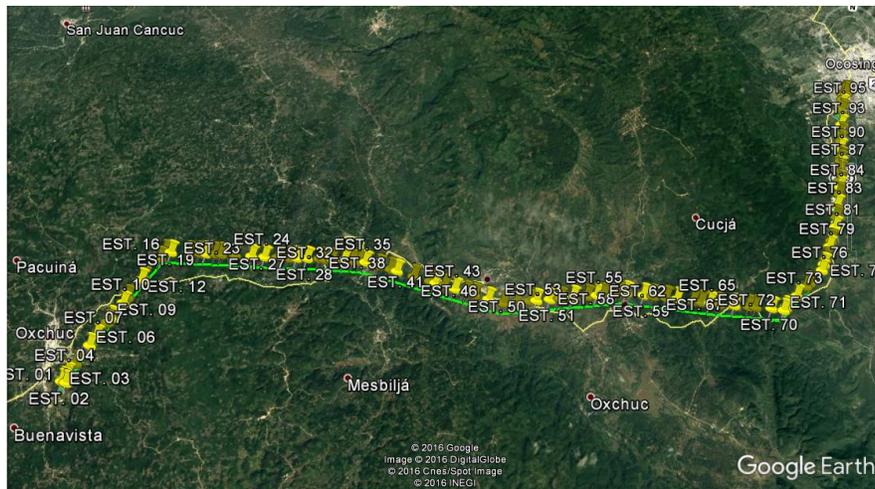


Fig. 3.7 LST OXC-73550-OCO.

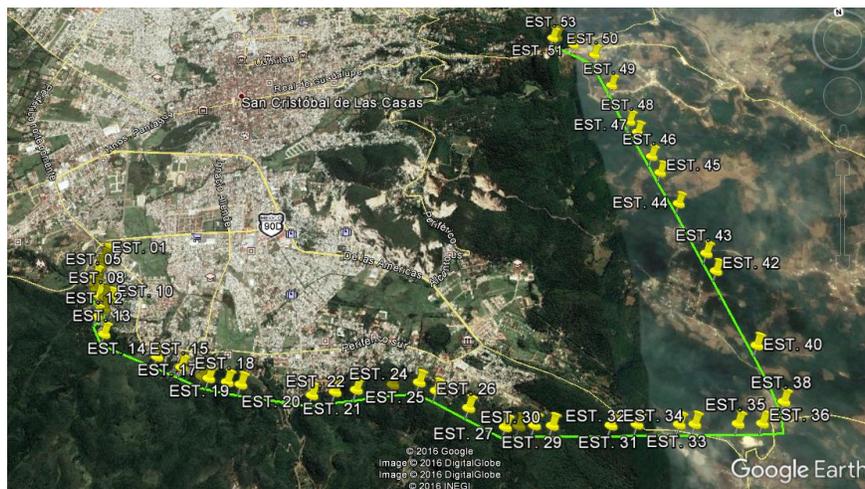


Fig. 3.8 CRI-73380-SCO.

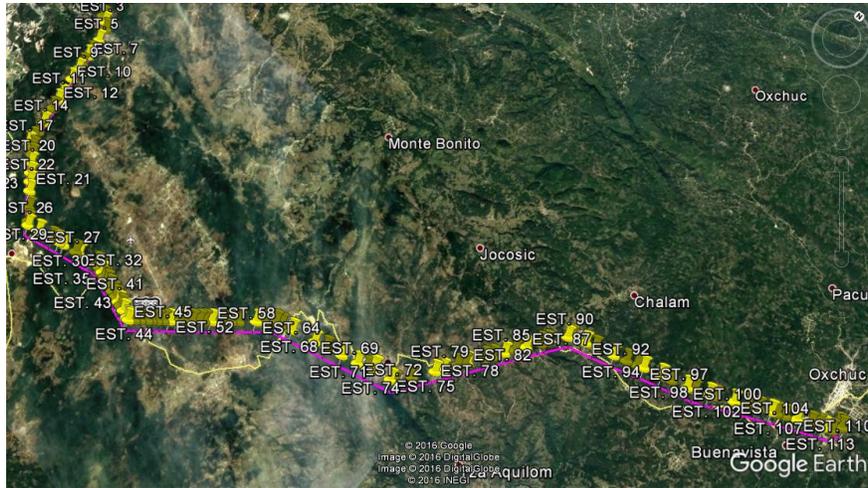


Fig. 3.9 SCO-73390-OXC.

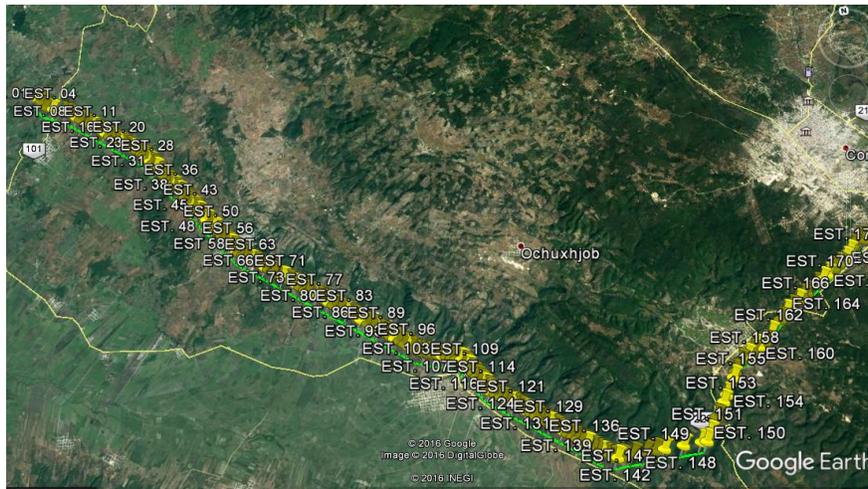


Fig. 3.10 SCH-73200-CJT.

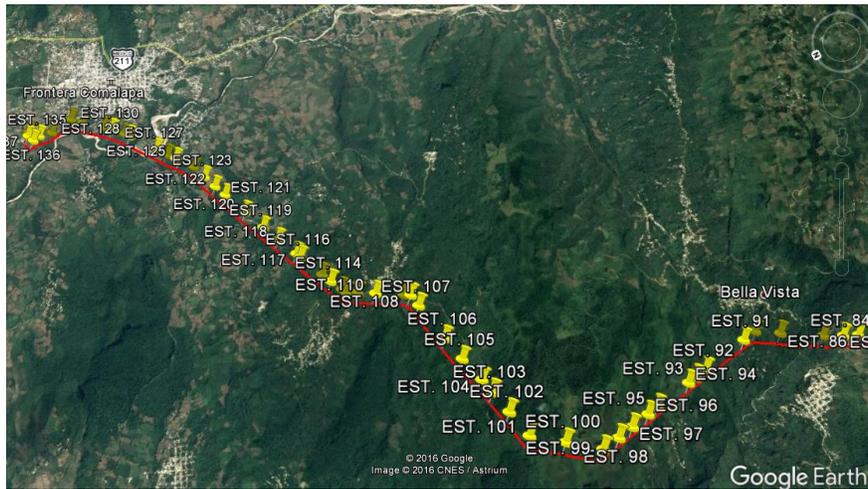


Fig. 3.11 MTO-73000-FCM.

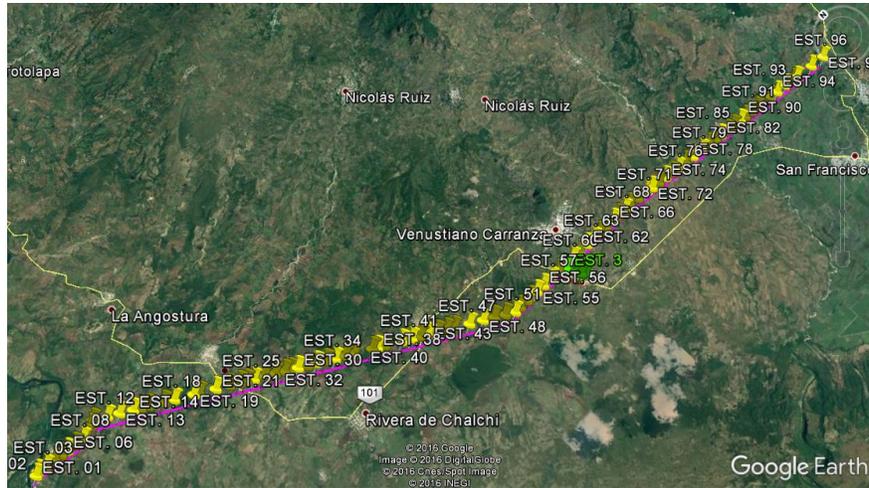


Fig. 3.12 ANG-73510-SCH.

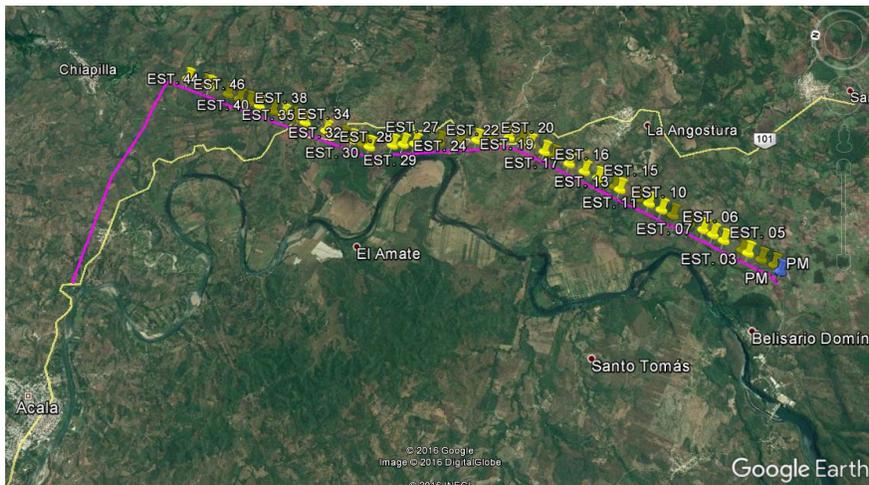


Fig. 3.13 ANG-73540-AAA.

4. Resultados y Conclusiones

4.1 Resultados

Se recopilaron las fallas del 2011 hasta hoy en día, de las cuales se obtuvieron 55 anomalías y en base a esas salidas del suministro se hizo un análisis para poder identificar patrones y tratar de priorizarlos o erradicarlos, esto con el fin de tener un sistema más eficaz y con menos salidas ya que en los últimos años se han incrementado las salidas del sistema por diferentes motivos, uno de ellos es por la falta de tener un registro y seguimiento de las estructuras a las que se ha hecho un mantenimiento.

Otro motivo es debido a los años que tienen ciertas líneas con respecto a los materiales y accesorios que la conforman, puesto que se deterioran a lo largo de los años, también influye mucho el clima que hay durante todo el año ya que debido al calentamiento global el clima no ha sido el mismo que otros años ya que ha tenido variaciones en cuanto a los inicios y finales de ciertas temporadas.

Nº DE SALIDA	LINEA	FECHA	CAUSA	ESTRUCTURA(S) AFECTADAS	OBSERVACIONES	TIU
1	SCH-73200-CJT	14/05/2011	W-C2 QUEMA DE VEGETACIÓN	119-120	DISPARO TRANSITORIO OCASIONADO POR QUEMA DE PASTIZALES POR TERCERAS PERSONAS	0
2	ANG-73510-SCH	21/05/2011	T-02 FALLA DE SUBESTACION DE TRANSMISION		OCASIONADO POR LA EXPLOSION DE UNA TRAMPA DE ONDA ALA SALIDA DE LA LT.ANG-73540-AAA LO CUAL OCASIOE EL BARRIDO DEL BUS DE 115 KV DE LA SUBESTACION ANGOSTURA DEJANDO SIN POTENCIA	15.8138
3	ANG-73510-SCH	12/06/2011	W-C0 VIENTOS FUERTES	83-84	DISPARO TRANSITORIO OCASIONADO POR CAIDA DE ARBOL DE APROX. 30 MTS. EL CUAL SE ENCONTRABA FUERA DEL CONTEXTO DE BRECHA	0
5	CRI-73380-SCO	15/06/2011	W-B01 ANGULO DE BLINDAJE INADECUADO	28	AISLAMIENTO FLAMEADO POR DESCARGA ATMOSFERICA	0
4	OXC-73550-OCO	25/06/2011	W-B01 ANGULO DE BLINDAJE INADECUADO	83	SALIDA DE LINEA POR DESCARGAS ATMOSFERICAS SE ENCUENTRA AISLAMIENTO FLAMEADO	0
6	SCH-73200-CJT	30/11/2011	W-C1 QUEMA DE CAÑA	88-89	SALIDA DE LINEA OCASIONADA POR LA QUEMA DE CAÑA, CAÑERA DE UNION DE GUADALUPE	0
1	SCO-73390-OXC	27/01/2012	W-E7 CICLON	56-57	FALLA OCASIONADA POR ARBOL SOBRE LA FASE A FUERA DEL CONTEXTO POR TROMBA DEBIDO A FRENTE FRIO 28	14.04157
4	OXC-73550-OCO	24/03/2012	W-B01 ANGULO DE BLINDAJE INADECUADO	1	PROTECCION 21N FASE C TIERRA A UNA DISTANCIA DE 0.59 KM CAUSA DESCARGA ATMOSFERICA PUNTO DE FALLA	0
3	ANG-73540-AAA	26/03/2012	T-10 LIBRAMIENTO INCORRECTO DE PROTECCIONES	5-6	SE ENREDA LINEA CON ARBOL	1.59065
2	ANG-73540-AAA	26/03/2012	W-A5 BRECHA	55-56	PROTECCION 121R TIERRA A UNA DISTANCIA DE 25.64 KM CAUSA SE ENREDA LINEA CON ARBOL	0.21069

Fig. 4.1 Algunas de las salidas recopiladas.

Como podemos observar se maneja varios datos relevantes por los cuales se pudo realizar un análisis completo, para posteriormente realizar un diagnóstico con ayuda del programa de inspecciones y poder planificar el plan diario para tener el sistema operando sin ningún problema.

Uno de los datos que muestra la imagen es el TIU (Tiempo de Interrupción por Usuario) como se aprecia la mayoría no tiene TIU puesto que las salidas son instantáneas no tardan más de un minuto por tanto no hay afectación a usuarios pero esas salidas merman la eficacia del suministro y por tanto afectan, las salidas que producen TIU son aquellas en las cuales tardan un tiempo considerable en reconectar el suministro y por tanto hay afectación a usuarios, en comparación a las salidas de Distribución que por lo regular no superan el 1 estas son altísimas, afectando a unos cientos de miles de usuarios.

Varios datos que se muestran fueron de suma importancia para poder realizar estadísticas y graficas que a continuación se presentan.

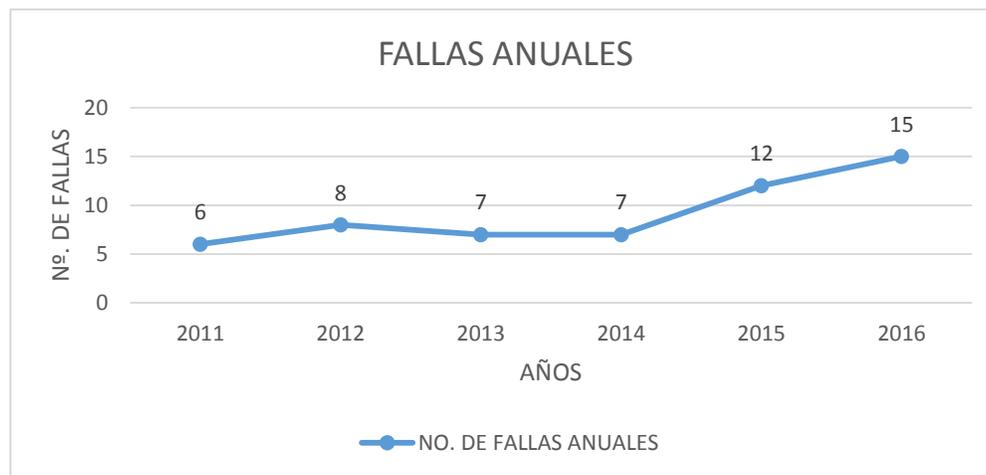


Fig. 4.2 Fallas anuales.

Conforme a las fallas que se presentaron en estos años se graficó la tendencia del número de fallas anuales, podemos apreciar que en los últimos años ha incrementado el número de salidas notablemente esto se debe a muchos motivos como se mencionó, no se tiene un seguimiento constante de mantenimiento, los tramos en que se da el mantenimiento dan saltos a estructuras ya que se priorizan otras estructuras, con esto se busca dar un mantenimiento uniforme para bajar las salidas anuales que se presentan.

Otro motivo es el deterioro de los componentes y accesorios que conforman las estructuras, un ejemplo claro es la línea SCH-73200-CJT que aproximadamente la mitad de estructuras están conformadas por postes tipo M que son de madera y estos tienen un plazo de vida como de 10 años después se empieza agrietar, como se están presentando unos casos en esta línea, así como este componente hay otros en los que presentan deterioro y es necesario estar inspeccionando constantemente para detectarlos y cambiarlos.

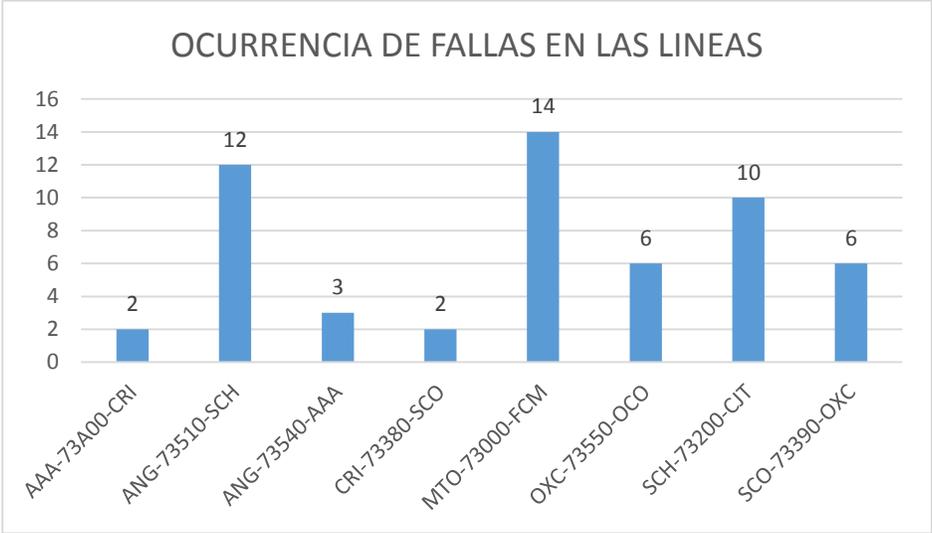


Fig. 4.3 Ocurrencia de fallas en las líneas.

Esta grafica nos permite ver que líneas son las que tienen más incidencias de salidas, como podemos observar son 2 líneas las que resaltan más, ya que rebasan las 10 salidas durante los últimos años, todas las líneas están abiertas a cualquier salida pero en particular estas dos, Angostura- Schpoina y Motocintla- Frontera Comalapa presentan a lo largo de la línea muchos cultivos de caña y en cierta temporada se da la quema de caña provocando las salidas por el aumento de temperatura, este es una problemática que poco a poco se ha ido buscando soluciones por lo pronto cada que se aproxima la quema de caña CFE paga para desbrozar la caña y no afecte tanto a las líneas.

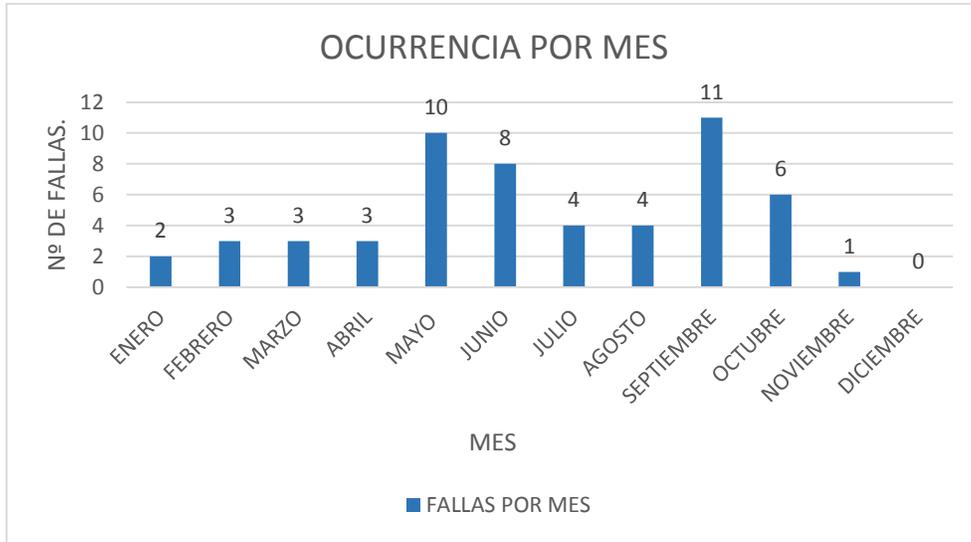


Fig. 4.4 Ocurrencia de fallas por mes.

En esta grafica podemos apreciar los meses en los que tienden a suceder salidas del suministro de energía, esto nos permite poner más atención en esos meses para evitar los altos índices de incidencias, mayo y septiembre son los meses con más ocurrencia, particularmente septiembre se justifica porque septiembre-octubre son las temporadas de lluvias y son más factibles a presentarse descargas atmosféricas, en cuanto a mayo es uno de los meses de temporada de estiaje y es cuando se presentan mayor grado de resistividad los sistemas de tierra, y también se presentaron quemas de vegetación, todo esto junto con otras causas como vientos fuertes entre otros son los causantes del alto índice de salida en estos meses.

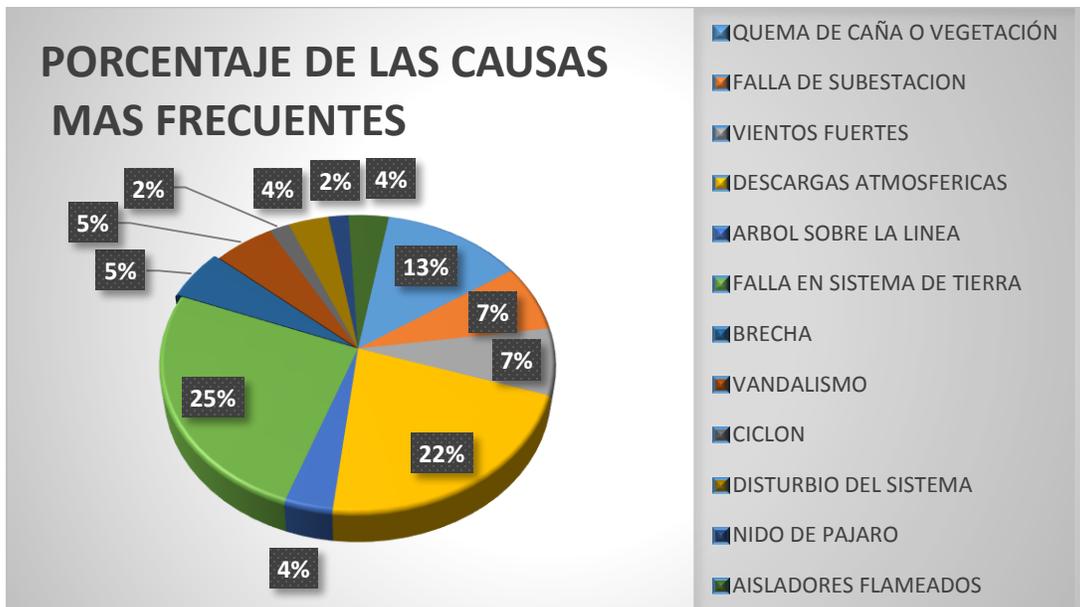


Fig. 4.5 Causas de las fallas.

En esta grafica podemos ver las causas que han provocado las salidas en los últimos años, además de estas causas pueden presentarse muchas más pero estas son las más frecuentes, una de las causas más frecuentes son los sistemas de tierra ya que por vandalismo cortan los sistemas de tierra o no se encuentran bien soldados y en caso de una descarga esté no soporta la energía, en lo que respecta a la eléctrica todo equipo debe contar con un buen equipo de tierra ya que es una manera de prevenir daños en el equipo.

Otra de las causas frecuentes son las descargas eléctricas que son provocadas por el clima, por lo regular en temporada de lluvias es cuando son más frecuentes, esta causa viene de la mano del sistema de tierra ya que esté protege al equipo de descargas otra manera de prevenir las descargas eléctricas es instalando apartarrayos para que ellos absorban el impacto y por medio del sistema de tierra drenen la energía.

Todas estas estadísticas, nos ayudan a tener un panorama más abierto y poder sacar un diagnóstico del estado en que se encuentran las líneas en compañía del programa de inspecciones, las estadísticas ayudaron a hacer un análisis completo de cómo se encuentran las diferentes líneas, la ocurrencia tanto en línea como en meses además de las causas, esto ayuda a poner más atención a las estructuras con más ocurrencia y planificar métodos y acciones de corrección y prevención y dar un buen mantenimiento para evitar cualquier salida o disturbio.

Como parte de los resultados se imprimirán unos planos de los trazos de las líneas y las estructuras que corresponde a cada una de ellas, esto con el fin de poder visualizarlas físicamente y tener un mejor panorama de accesos. Se marcaran con tachuelas de colores las estructuras donde han tenido salidas para tener presentes las fallas, junto con las estadísticas y gráficas para tener latente todas las ocurrencias y así redactar un plan diario de acuerdo a las necesidades que se presenten.

4.2 Análisis de Líneas

Como parte de los resultados se realizan análisis de cada una de las líneas para poder ver las causas que más afectan a esas líneas y acciones que se pueden tomar para bajar los índices de salidas, esto con el fin de mostrar en qué estado se encuentra la línea hasta el 2016 y tener un panorama de las líneas manejadas por la zona San Cristóbal. A continuación se analizan cada una de las líneas.

Línea AAA -73A00- CRI.- Esta línea va de Acala a San Cristóbal entro en función el 12 de Abril del 2011 cuenta con 71 estructuras a lo largo del trazo de la línea, empezando en la subestación San Cristóbal y terminando en la subestación Acala; tiene una longitud de 26.26 km, debido a la cercanía con la agencia es una de las líneas que se tienen más al pendiente por tal motivo es una de las líneas con menos salidas en los últimos años.

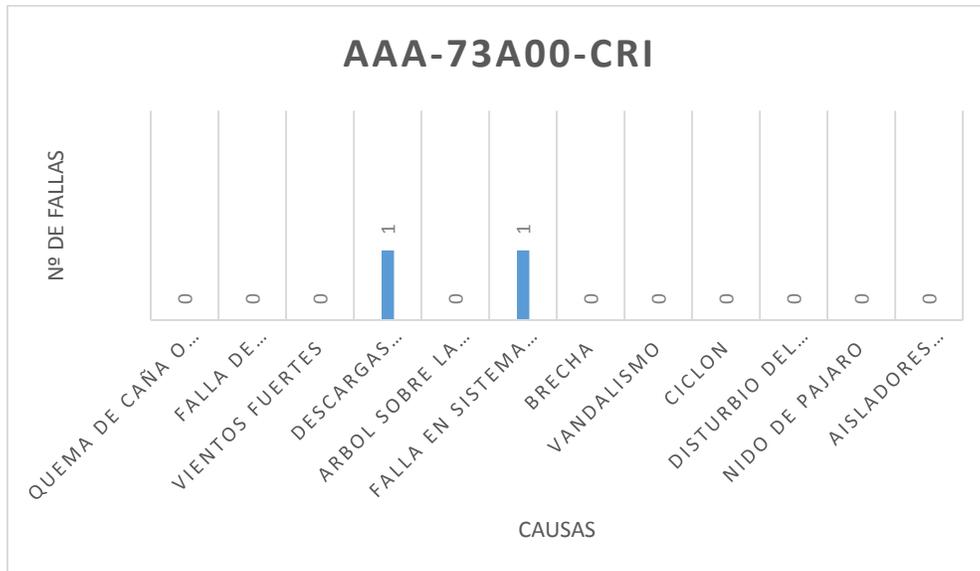


Fig. 4.6 Causas Línea 73A00.

Línea ANG -73510- SCH.- Esta línea va de Angostura a Schpoiná entro en función el 1 de Diciembre de 1975 es una de las líneas que más tiempo lleva suministrando energía, cuenta con 101 estructuras a lo largo del trazo de la línea, esta línea tiene un TAP o derivación de 6 estructuras hacia Flores Magón, en el trayecto de esta línea podemos encontrar la hidroeléctrica Angostura y las fallas que suceden afectan al índice de salidas de esta línea, por esté y otros motivos es una de las líneas con más salidas en los últimos años.

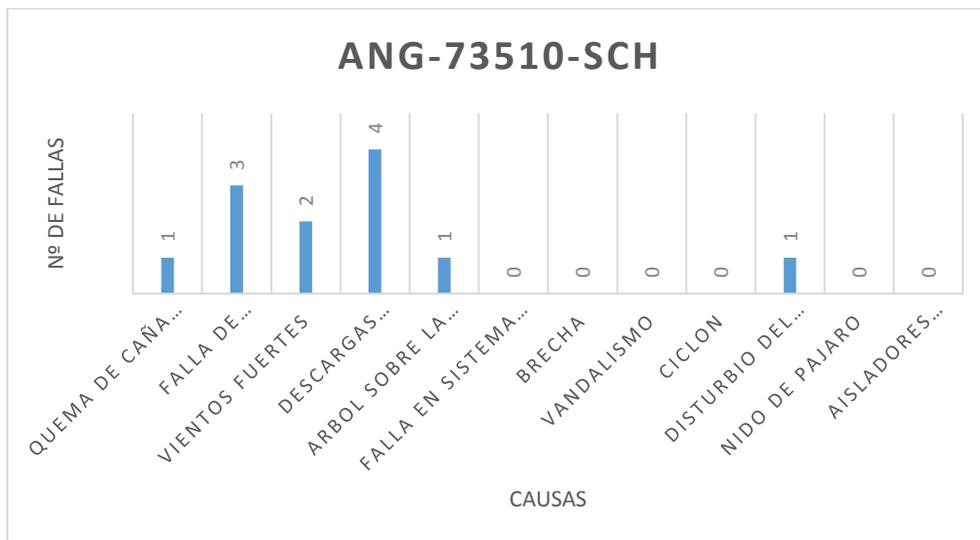


Fig. 4.7 Causas Línea 73510.

Línea ANG -73540-AAA.- Esta línea va de Angostura a Acala entro en función el 01 de Febrero de 1978, es una de las líneas más antiguas junto con la 73510, a lo largo de toda la línea se encuentran 74 estructuras siendo 10 de doble circuito, esta línea es una de las que tienen mantenimiento por eso se encuentra controlado el índice de salidas aunque está expuesta a cualquier falla.

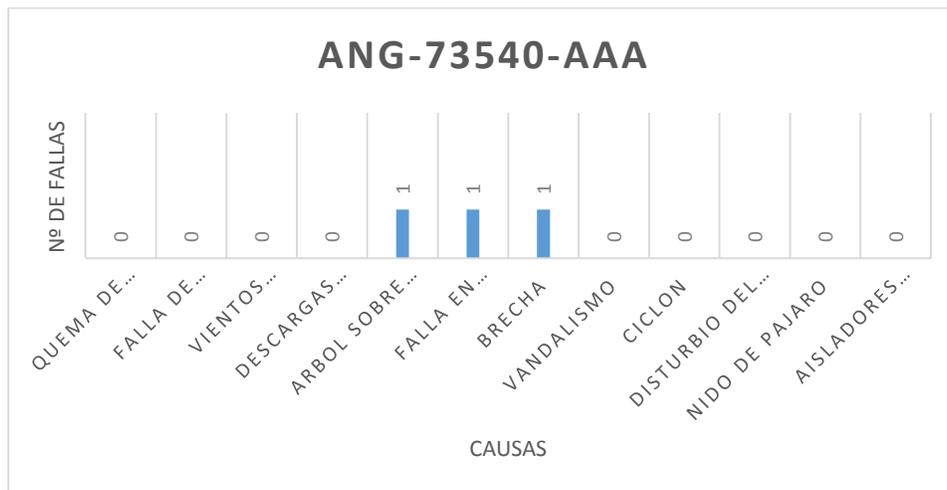


Fig. 4.8 Causas Línea 73540.

Línea CRI -73380- SCO.- Esta línea prácticamente rodea la ciudad de San Cristóbal ya que va de la subestación CRI hasta la subestación oriente dentro de la misma ciudad, entro en función el 15 de junio del 2004, cuenta con 53 estructuras a lo largo de la línea, esta línea es una de las mejores en cuanto al índice de salida debido a que está en constante mantenimiento para evitar cualquier salida ya que es la ciudad de la agencia.

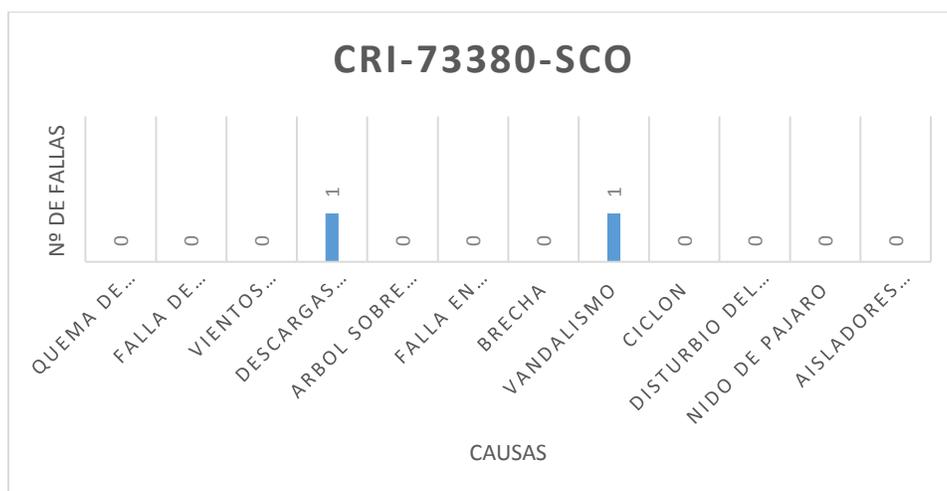


Fig. 4.9 Causas Línea 73380.

Línea OXC -73550- OCO.- Esta línea va de Oxchuc a Ocosingo entro en función el 12 de Diciembre del 2008, cuenta con 101 estructuras a lo largo del tramo y tiene una longitud de 35.241 km, esta línea se encuentra en una zona donde el clima es muy frio con tendencia a lluvias y vientos fuertes, por tal motivo se ve afectada precisamente en esas causas en los índices de salida.

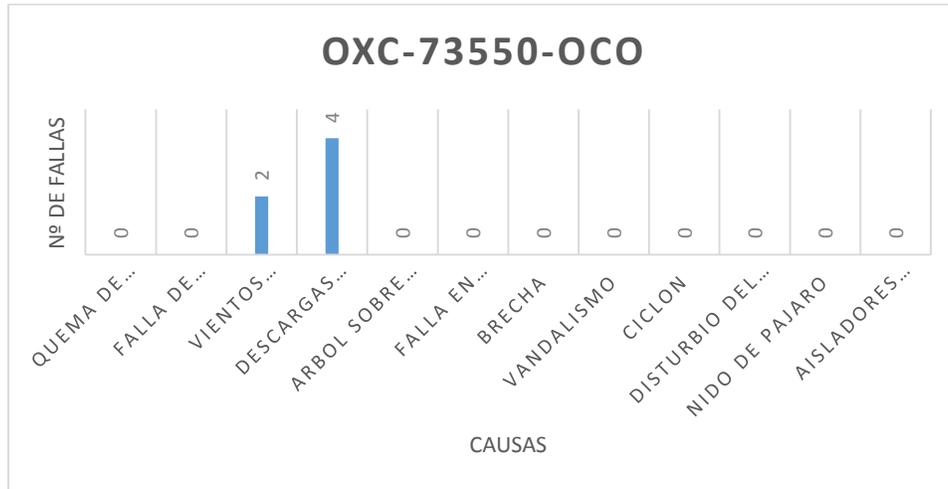


Fig. 4.10 Causas Línea 73550.

Línea MTO -73000- FCM.- Esta línea va de Motocintla a Frontera Comalapa entro en función el 03 de Abril del 2013 es la línea más nueva de la zona, cuenta con 73 estructuras a lo largo del trazo de la línea, es la línea que ha tenido más problemas en cuanto el índice de salidas esto se debe principalmente al sistema de tierra como podemos observar en la gráfica, por tal motivo este año se hicieron mejoras al sistema de tierra.

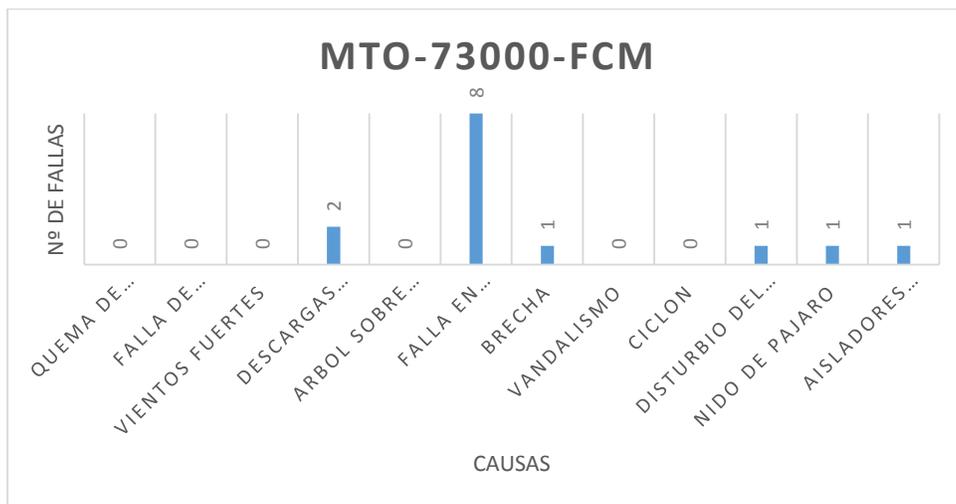


Fig. 4.11 Causas Línea 73000.

NO. DE ESTRUCTURA	TIPO	PATA 1	PATA 2	PATA 3	PATA 4	SUPERFICIE DEL TERRENO	USO DE SUELO	TIPO DE SUELO
T-66	TAD302P	1.75	1.69	1.75	1.77	SECO	CULTIVO	ARENA
T-67	TAS2P	1.14	0	1.16	0	SECO	CULTIVO	ROCA
T-68	TAS2P	1.85	1.87	1.82	1.87	SECO	CULTIVO	ROCA
T-69	TAS2P	1.36	1.31	1.25	1.29	SECO	CULTIVO	ROCA
T-70	TAS2P	1.98	1.95	2.05	1.99	SECO	CERRIL	ROCA
T-71	TAS2P	2.42	2.3	2.37	2.44	SECO	CERRIL	ROCA
T-72	TAS2P	3.57	3.7	3.71	3.6	SECO	CERRIL	ROCA
T-73	TAS2P	2.82	2.73	2.33	2.68	SECO	CERRIL	ROCA
T-74	TAS2P	4	4.05	4.09	4	SECO	BOSQUE	LIMO
T-75	TAD302P	1.92	1.91	1.91	1.95	SECO	BOSQUE	LIMO
T-76	TAS2P	1.77	1.88	1.95	1.97	SECO	BOSQUE	LIMO
T-77	TAS2P	2.5	2.51	2.5	2.53	SECO	BOSQUE	LIMO
T-78	TAS2P	3.58	3.58	3.55	3.57	SECO	CERRIL	ROCA
T-79	TAS2P	30.01	41	41	41.06	SECO	CERRIL	ARCILLA
T-80	TAR302P	3.61	3.61	1.16	1.16	MUY SECO	BOSQUE	ARCILLA
T-81	TAS2P	17.01	16	16	17.09	MUY SECO	BOSQUE	ROCA
T-82	TAS2P	2.56	2.58	2.56	2.57	SECO	BOSQUE	ARCILLA
T-83	TAS2P	7.9	7.92	7.96	7.94	SECO	CERRIL	ROCA
T-84	TAR302P	5.75	5.85	5.77	5.82	SECO	CERRIL	ROCA
T-85	TAD602P	2.28	1.52	1.54	1.52	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-86	TAS2P	5.74	5.76	5.75	5.76	SECO	CULTIVO	LIMO
T-87	TAS2P	5.66	5.8	5.85	5.71	HUMEDO	CULTIVO	ROCA
T-88	TAD302P	4.55	4.05	4.38	4.33	SECO	CULTIVO	ARENA
T-89	TAS2P	4.39	4.42	4.31	4.23	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-90	TAD602P	4.67	4.66	4.61	4.69	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-91	TAS2P	2.98	2.99	2.91	2.95	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-92	TAS2P	2.77	3.03	2.49	2.88	HUMEDO	BOSQUE	ROCA
T-93	TAS2P	1.53	1.48	1.77	1.39	HUMEDO	BOSQUE	ROCA
T-94	TAS2P	1.37	1.55	1.62	1.48	HUMEDO	BOSQUE	ROCA
T-95	TAS2P	3.91	3.9	3.61	3.63	HUMEDO	BOSQUE	ROCA
T-96	TAS2P	3.65	3.64	3.69	3.64	HUMEDO	BOSQUE	ROCA
T-97	TAS2P	3.23	3.2	3.44	3.3	HUMEDO	CULTIVO	ROCA
T-98	TAS2P	1.98	1.94	1.95	1.98	HUMEDO	CULTIVO	ROCA
T-99	TAD602P	1.88	1.9	1.92	1.85	HUMEDO	CULTIVO	ROCA
T-100	TAS2P	1.5	1.54	1.67	1.51	HUMEDO	BOSQUE	ROCA
T-101	TAD602P	1.02	1.33	1.14	1.2	HUMEDO	BOSQUE	GRAVA
T-102	TAS2P	20.04	20.17	30.41	30.47	SECO	BOSQUE	ROCA
T-103	TAS2P	3.9	3.97	3.94	3.91	SECO	BOSQUE	LIMO
T-104	TAS2P	2.45	2.5	2.14	2.14	HUMEDO	BOSQUE	ARENA
T-105	TAS2P	2.12	2.15	2.17	2.22	HUMEDO	BOSQUE	ARENA
T-106	TAD302P	3.88	3.93	3.91	3.96	SECO	BOSQUE	ARENA
T-107	TAS2P	2.08	2.17	2.16	2.12	HUMEDO	BOSQUE	ARENA
T-108	TAD602P	1.94	1.33	1.57	2.05	HUMEDO	BOSQUE	ARENA
T-109	TAS2P	2.11	2.03	2.11	2.11	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-110	TAS2P	3.88	3.85	3.88	3.88	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-111	TAS2P	1.57	1.6	1.56	1.71	HUMEDO	CULTIVO	ARENA

T-112	TAD602P	1.05	1.18	0.89	0.95	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-113	TAS2P	6.01	5.92	5.95	5.99	HUMEDO	OTRO	LIMO
T-114	TAS2P	4.44	4.3	4.32	4.35	SECO	OTRO	LIMO
T-115	TAS2P	4.79	4.81	4.97	4.95	HUMEDO	OTRO	ARENA
T-116	TAS2P	3.89	4	4.05	3.56	SECO	OTRO	ROCA
T-117	TAS2P	6.69	6.93	6.71	6.22	SECO	OTRO	ROCA
T-118	TAS2P	8.88	8.85	8.69	8.89	SECO	OTRO	ROCA
T-119	TAS2P	7.79	7.7	7.66	7.99	SECO	OTRO	ROCA
T-120	TAS2P	17.1	16.98	15.95	16.98	SECO	OTRO	ROCA
T-121	TAS2P	3.37	3.3	3.46	3.39	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-122	TAS2P	1.82	1.8	1.74	1.63	SECO	CULTIVO	ARENA
T-123	TAS2P	16.35	16.7	16.04	16.1	SECO	OTRO	ROCA
T-124	TAD302P	3.13	3.13	3.1	3.02	HUMEDO	CERRIL	ARENA
T-125	TAS2P	4.15	4.1	4.19	4.12	HUMEDO	CULTIVO	ARENA
T-126	TAS2P	1.38	1.45	1.72	1.4	HUMEDO	CULTIVO	ROCA
T-127	TAS2P	2.06	2.4	2.02	2.19	SECO	CULTIVO	ARENA
T-128	TAS2P	3.95	3.9	3.88	3.98	SECO	CULTIVO	ARENA
T-129	TAD302P	2.69	2.53	2.75	2.6	SECO	OTRO	LIMO
T-130	TAS2P	1.77	1.52	1.89	1.7	SECO	OTRO	LIMO
T-131	TAD302P	4.53	4.56	4.54	4.61	SECO	OTRO	GRAVA
T-132	TAS2P	2.19	3.33	2.28	2.19	SECO	OTRO	ARENA
T-133	TAD602P	3.65	3.67	3.67	3.65	MUY SECO	OTRO	GRAVA
T-134	TAD602P	5.17	5.02	4.77	5.13	SECO	OTRO	GRAVA
T-135	TAD302P	2.08	2.17	1.9	2.03	HUMEDO	CULTIVO	ROCA
POSTE 136	1219DMPL	3.23	3.08			HUMEDO	OTRO	LIMO
POSTE 137	1216DME	1.26	1.2			MOJADO	OTRO	LIMO

Tabla. 4.1 Tipos de suelo en sistemas de tierra y resistencias.

Como se mencionó los sistemas de tierra son uno de los problemas más latentes en esta línea por eso se planificó las mejoras que constaban de electrodos de tierra de 3 mts. Y cable ACS calibre 4 (Acero Cobre Soldado) que es uno de los mejores cables para sistemas de tierra debido a sus características, como podemos observar es un terreno que se encuentra variado entre seco y húmedo, predominando el suelo seco y en su mayoría de tipo rocoso por tal motivo algunas de las medidas de resistividad son altas debido a estas condiciones.

Esta línea es la única de la que se tiene en su totalidad el tipo de suelo en cada estructura debido a que se hicieron mejoras en los sistemas de tierra para evitar los altos índices de salidas, las demás líneas debido a que no se tiene el mismo problema con el índice de salidas no se ha puesto gran atención en cuanto mejoras hacia toda la línea si no que se han ido modificando por estructuras sin realizar un estudio completo.

Como podemos observar hay estructuras en las que el valor de resistencia son muy altos el valor máximo permitido en los sistemas de tierra son 10 ohms, esas estructuras en las que se encuentran por encima del valor permitido se verificaran primeramente que los sistemas de tierra se encuentren soldados y no con empalmes ya que suele suceder que tienen falso contacto y eso aumenta la resistividad.

En caso de que el problema no se encuentre ahí y los valores de resistividad sigan siendo altos se recurre a la instalación de polvos químicos o en su defecto contra antenas, está es como último ya que se instala una contra antena a lo largo de varios metros y cada 8 o 9 mts se instalan varillas para ir bajando el valor de resistividad del suelo, este método suele ser utilizados un lugares donde el terreno es muy rocoso y es difícil tener valores bajos de resistencia.

Línea SCH -73200- CJT.- Esta línea va de Schpoiná a Comitán entro en función el 01 de Diciembre de 1982, es la línea más larga y tiene 176 estructuras, tiene una longitud de 43.48 km, su principal causa de salidas es la quema de caña o vegetación debido a que a lo largo del trazo de la línea se encuentran muchos cultivos de caña y en cierta época se da la quema de caña provocando altas temperaturas ocasionando las salidas.

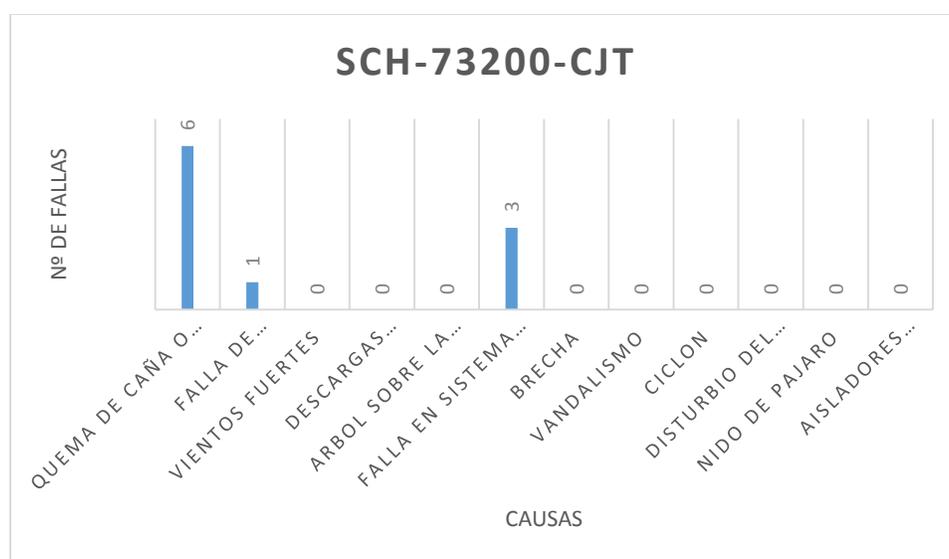


Fig. 4.12 Causas Línea 73200.

Línea SCO -73390- OXC.- Esta línea va de la Subestación Oriente de San Cristóbal a Oxchuc entro en función el 29 de Mayo del 2004, cuanta con 116 estructuras y tiene una longitud de 36.99 km, la zona marcada por esta línea encontramos mucho vandalismo es las estructuras ya que cortan los sistemas de tierra, tiran objetos a las líneas y se han encontrado aisladores rotos por lo mismo, no solo se ve en estructuras de subtransmisión si no también en las de distribución.

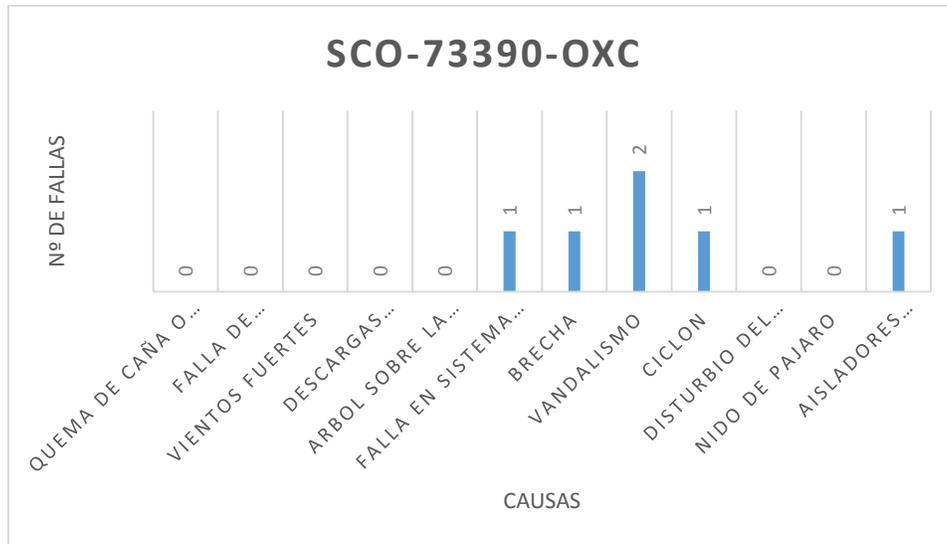


Fig. 4.13 Causas Línea 73390.

Acciones de mejora.- Nidos. Se retiraron el 100% de nidos encontrados en las diferentes líneas, se planea seguir con inspecciones áreas y ahora introduciendo un dron que vuele a lo largo de las líneas para identificación de nidos y poder retirarlos rápidamente para evitar salidas en el suministro.

Instalación de apartarrayos. Se instalaran aleas clase 2 en la LST MTO-73000-FCM; actualmente se tienen instalados 33 piezas de apartarrayos teniéndose programados 9 piezas más para el mes de Diciembre en la LST OXC-73550-OCO. Se seguirán instalando apartarrayos en las demás líneas para proteger a las líneas por una descarga siempre y cuando caigan sobre el apartarrayos.

Revisión del conector de la cola de rata del hilo de guarda. Actualmente se tienen corregidas las anomalías detectadas en las líneas SCH-73200-CJT, ANG-73540-AAA, OXC-73550-OC, se encuentra en revisión la LST AAA-73A00-CRI y CRI-73380-SCO, esto para garantizar la conexión efectiva del hilo de guarda (blindaje) con referencia a tierra, para evitar cualquier descarga que llegue al hilo de guarda y sea drenada a tierra sin dañar algún componente o accesorio.

Instalación y reposición de Sistemas de Tierras. Se han corregido sistemas de tierra en la LST SCH-73200-CJT, OXC-73550-OCO además de otras líneas. Debido a los altos índices de fallas por sistemas de tierra es un punto muy esencial del cual se debe estar pendiente en todas las inspecciones que se realicen para tener en buen estado el sistema de tierra y proteger la estructura.

LINEA	ESTRUCTURAS	CORRECCION EMERGENTE DE BAJANTES DE TIERRA
AAA-73A00-CRI	67, 73, 98	
ANG-73540-AAA	09,10,30	
MTO-73000-FCM	99,100,101	

Tabla. 4.2 Estructuras atendidas por bajantes de tierra.

Patrullajes Aéreos. Se realizaron 4 patrullajes aéreos a todas las líneas para estar detectando diferentes anomalías que se pueden apreciar desde el helicóptero como son nidos, aisladores rotos o flameados, brecha, entre otras. Se espera tener varias inspecciones áreas durante los siguientes años para identificar las diferentes anomalías y se puedan atender a tiempo, se suma las inspecciones aéreas por medio de un dron que se empezó a utilizar para esto.

Desbroce de caña. Se realizará el pago de desbroce de caña, limpieza de brecha y poda y derribe de árboles críticos., se encuentra en proceso la verificación y pago de desbroce de caña, esto para evitar las salidas por quema de caña sobre todo en las líneas con muchos cultivos a lo largo, el desbroce se da para que durante la quema no alcance la altura de las líneas y no sean disparadas.

Revisión y mantenimiento de cerco de protección. Esta revisión y mantenimiento se da para poder contener los árboles que se desplomen sobre la línea y este cerco contenga el impacto o en su defecto para contener las estructuras colapsadas y evitar que se disparen. Se han asegurado árboles en la LST MTO-73000-FCM y OXC-73550-OCO. Al no tener este tipo de protección se afectarían a 105085 usuarios durante tres o cinco horas en promedio por el restablecimiento del servicio eléctrico.

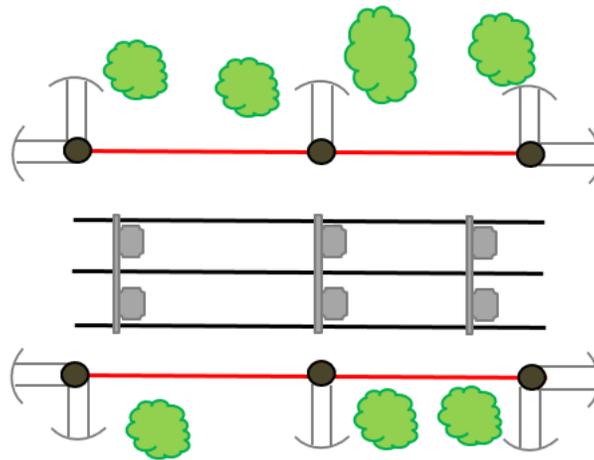


Fig. 4.14 Enmallado creado por postes de madera.

El enmallado consiste en colocar filas de postes de madera de 21 metros e instalación de cable de acero (ag9) y retenidas a los extremos de las líneas conteniéndolas como se aprecia en la imagen. Las retenidas aportan mayor resistencia a los impactos que sufren al desplomarse los árboles conteniéndolos sobre el cable de acero AG9 y así evitando cualquier probable salida.

4.3 Conclusiones

Como pudimos apreciar en los resultados se hicieron los análisis de las líneas tanto generalmente como individualmente con el fin de ver el estado en que se encuentran todas las estructuras de las diferentes líneas y tener un panorama de las anomalías que provocan las salidas para tomar acciones de corrección y preventivas. Esto ayudará a poner más atención a las zonas o estructuras con más incidencias para evitar cualquier falla futura. Se detectaron las causas más concurrentes en cada una de las diferentes líneas, esto permitirá planificar acciones para evitar o disminuir los índices salidas.

El proyecto fue relevante ya que no se tenía grandes avances en esta oficina en particular, el programa de inspecciones ayudara a tener un control sobre estas, ya que se creó la base de datos digital para tener la información sobre los componentes de cualquier estructura de manera fácil y rápido, haciendo de esto una herramienta para verificar las estructuras y tomar acciones que se verán reflejadas en el plan diario.

También como herramienta para la toma de acciones se hicieron los trazos de las líneas en Google earth esto ayudara a identificar la ubicación de las estructuras y el acceso que se tienen a dichas estructuras, esto ayudara a ahorrar tiempo para poder llegar a la anomalía. Lo antes mencionado va enfocado a tratar de bajar los índices de salida ya que en los últimos años ha ido en aumento, provocando índices de eficiencia bajos. Las herramientas ayudaran a sustentar las acciones, además de aportar a un mantenimiento predictivo para tener el sistema funcionando bien y evitar salidas.

Referencias Bibliográficas

- [1] [http://sg.cier.org.uy/Publicaciones/revista.nsf/0a293b20eacdf8a903257133003ea67d/e92e69f2644acfac832578a80061cfac/\\$FILE/12_DiagnosticodeFallas.pdf](http://sg.cier.org.uy/Publicaciones/revista.nsf/0a293b20eacdf8a903257133003ea67d/e92e69f2644acfac832578a80061cfac/$FILE/12_DiagnosticodeFallas.pdf)
- [2] <http://www.bdigital.unal.edu.co/1289/1/1128465319.pdf>
- [3] Especificación CFE J6100-54, para postes metálicos para líneas de transmisión y subtransmisión (truncocónicos).
- [4] Especificación CFE J6200-01, para postes de madera.
- [5] Especificación CFE J6301-53, CFEJ6200-03, para postes de concreto reforzado sección I.
- [6] Especificación CFE J6200-02, para postes de acero truncocónicos (especificación provisional).
- [7] Especificación CFE J6100-56, para torres armadas de acero.
- [8] Especificación CFE JA000-61, para estructuras de emergencia en distribución.
- [9] H0000-35, para aviso preventivo, y uso para inspección aérea.
- [10] Especificación CFE 00JL0-28, para redes de tierra para líneas de transmisión aéreas de 69 a 400 kV.
- [11] CFE 00JL0-28, para redes de tierra para estructuras.
- [12] NRF-011-CFE-2004, para sistema de tierra para plantas y subestaciones eléctricas.
- [13] http://www.academia.edu/9164004/TIPOS_DE_ESTRUCTURAS_UTILIZADAS_EN_LAS_L%C3%8DNEAS_DETRANSMISI%C3%93N_Y_SUBTRANSMISI%C3%93N