



Universidad de san Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL AÑO 2002 AL 2007 DE FALLAS EN LÍNEAS
DE TRANSMISIÓN DE 69KV, 138KV Y 230KV DE LA EMPRESA DE
TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE**

Marco Tulio Sánchez Escobar

Asesorado por el Ing. Norman Scott Gámez Higueros

Guatemala, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL AÑO 2002 AL 2007 DE FALLAS EN LÍNEAS
DE TRANSMISIÓN DE 69KV, 138KV Y 230KV DE LA EMPRESA DE
TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

MARCO TULIO SÁNCHEZ ESCOBAR

ASESORADO POR EL ING. NORMAN SCOTT GÁMEZ HIGUEROS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz De León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Saúl Cabezas Duran
EXAMINADOR	Ing. Juan Fernando Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL AÑO 2002 AL 2007 DE FALLAS EN LÍNEAS
DE TRANSMISIÓN DE 69KV, 138KV Y 230KV DE LA EMPRESA DE
TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE,**

tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 07 de noviembre de 2008.


Marco Tulio Sánchez Escobar

Guatemala, 8 de octubre de 2009.

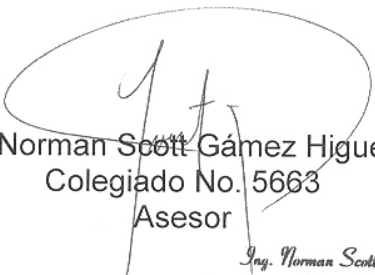
Ingeniero
José Guillermo Bedoya Barrios
Coordinador del Área de Potencia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Bedoya:

Por este medio tengo el gusto de informarle, que he asesorado el trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL AÑO 2002 AL 2007 DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 69KV, 138KV Y 230KV DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE**, elaborado por el estudiante **Marco Tulio Sánchez Escobar**, con carné **200412813**. Después de revisar detenidamente su contenido final, considero su aprobación como trabajo de graduación.

Por lo tanto, el autor del trabajo de graduación y yo su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Atentamente,


Ing. Norman Scott Gámez Higueros
Colegiado No. 5663
Asesor

Ing. Norman Scott Gámez Higueros
Colegiado No. 5663



Ref. EIME 01.2010
Guatemala, 14 de ENERO 2010.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL AÑO 2002 AL 2007 DE FALLAS EN
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 69KV, 138KV Y 230KV DE LA
EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA
ELÉCTRICA DEL INDE, del estudiante Marco Tulio Sánchez
Escobar, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
Coordinador del Área de Potencia

JGBB/sro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 02. 2010.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Marco Tulio Sánchez Escobar titulado: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL AÑO 2002 AL 2007 DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 69KV, 138KV Y 230KV DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez



GUATEMALA, 15 DE ENERO 2,010.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL AÑO 2002 AL 2007 DE FALLAS EN LINEAS DE TRANSMISIÓN DE 69KV, 138 KV Y 230 KV DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE**, presentado por el estudiante universitario **Marco Tulio Sánchez Escobar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Glympto Paiz Recinos
Decano



Guatemala, enero 2010

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios:** Por haberme dado la sabiduría y permitirme cumplir una meta más en mi vida.
- Mis padres:** Claudio Sánchez y Elvira Escobar por sus esfuerzos, consejos y apoyo que me brindaron durante todos estos años.
- Mis familiares:** A los que de alguna manera me dieron su apoyo y ayuda incondicional.
- Mi hermana:** Por compartir este logro en mi vida.
- Yohana Herrera:** Por su comprensión y apoyo mostrado en la culminación de mi carrera.
- Mis amigos:** Por los momentos compartidos y motivación en la culminación de esta meta.
- Universidad de San Carlos:** Por darme la oportunidad de compartir momentos inolvidables y concluir esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES SOBRE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	
1.1. Definición de líneas de transmisión.....	1
1.2. Importancia de una línea de transmisión.....	1
1.3. Fallas en líneas de transmisión.....	2
1.3.1. Condiciones anormales de sistema.....	2
1.3.2. Tipos de fallas en líneas de transmisión.....	2
1.3.2.1. Fallas simétricas.....	3
1.3.2.1.1. Fallas trifásica.....	3
1.3.2.2. Fallas asimétricas.....	4
1.3.2.2.1. Falla bifásica a tierra.....	4
1.3.2.2.2. Falla bifásica.....	5
1.3.2.2.3. Falla monofásica.....	6
1.4. Líneas de transmisión de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE.....	7
1.4.1. Configuración de las líneas de transmisión.....	7
2. CAUSAS DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	
2.1. Vegetación/árboles.....	19
2.2. Descarga electroatmosférica.....	20

2.2.1. Efecto en líneas de transmisión.....	21
2.3. Fuerte lluvia.....	23
2.4. Fuerte viento.....	24
2.5. Quema de caña e incendio forestal.....	24
2.6. Falla de aislamiento.....	25
2.6.1. Contaminación de los aislamientos.....	26
2.6.2. Falla debido a descarga electroatmosférica.....	27
2.7. Falla en cable de guarda.....	28
2.8. Daño/falla en estructura y robo/vandalismo/terrorismo.....	29
2.9. Agentes extraños en la línea de transmisión.....	30
2.10. Accidente automovilístico.....	31
2.11. Falla en equipo primario de línea.....	31
2.12. Fase rota.....	32
2.12.1. Vibraciones de alta frecuencia.....	32
2.13. Movimiento sísmico.....	34
2.14. No se determinó el motivo.....	34

3. ANÁLISIS DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE

3.1. Análisis de fallas ocurridas en el año 2002.....	36
3.1.1. Departamento Central.....	36
3.1.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	36
3.1.1.2. Fase más afectada por las fallas.....	37
3.1.2. Departamento Occidental.....	38
3.1.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	38
3.1.2.2. Fase más afectada por las fallas.....	39
3.1.3. Departamento Oriental.....	40
3.1.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	40
3.1.3.2. Fase más afectada por las fallas.....	41

3.1.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2002.....	42
3.2. Análisis de fallas ocurridas en el año 2003.....	43
3.2.1. Departamento Central.....	43
3.2.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	43
3.2.1.2. Fase más afectada por las fallas.....	44
3.2.2. Departamento Occidental.....	45
3.2.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	45
3.2.2.2. Fase más afectada por las fallas.....	46
3.2.3. Departamento Oriental.....	48
3.2.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	48
3.2.3.2. Fase más afectada por las fallas.....	49
3.2.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2003.....	50
3.3. Análisis de fallas ocurridas en el año 2004.....	51
3.3.1. Departamento Central.....	51
3.3.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	51
3.3.1.2. Fase más afectada por las fallas.....	52
3.3.2. Departamento Occidental.....	53
3.3.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	53
3.3.2.2. Fase más afectada por las fallas.....	54
3.3.3. Departamento Oriental.....	56
3.3.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	56
3.3.3.2. Fase más afectada por las fallas.....	57
3.3.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2004.....	59
3.4. Análisis de fallas ocurridas en el año 2005.....	59
3.4.1. Departamento Central.....	60
3.4.1.1 Causa que provocó el mayor número de fallas.....	60
3.4.1.2. Fase más afectada por las fallas.....	61
3.4.2. Departamento Occidental.....	62
3.4.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	62

3.4.2.2. Fase más afectada por las fallas.....	63
3.4.3. Departamento Oriental.....	65
3.4.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	65
3.4.3.2. Fase más afectada por las fallas.....	66
3.4.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2005.....	68
3.5. Análisis de fallas ocurridas en el año 2006.....	69
3.5.1. Departamento Central.....	69
3.5.1.1 Causa que provocó el mayor número de fallas.....	69
3.5.1.2. Fase más afectada por las fallas.....	70
3.5.2. Departamento Occidental.....	71
3.5.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	71
3.5.2.2. Fase más afectada por las fallas.....	72
3.5.3. Departamento Oriental.....	74
3.5.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	74
3.5.3.2. Fase más afectada por las fallas.....	75
3.5.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2006.....	77
3.6. Análisis de fallas ocurridas en el año 2007.....	78
3.6.1. Departamento Central.....	78
3.6.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	78
3.6.1.2. Fase más afectada por las fallas.....	79
3.6.2. Departamento Occidental.....	80
3.6.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	80
3.6.2.2. Fase más afectada por las fallas.....	81
3.6.3. Departamento Oriental.....	83
3.6.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	83
3.6.3.2. Fase más afectada por las fallas.....	84
3.6.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2007.....	86
3.7. Análisis total.....	87
3.7.1. Causa que provocó el mayor número de fallas.....	87

3.7.2. Tipo de fallas que causo el mayor porcentaje de fallas.....	90
--------------------------------------------------------------------	----

4. POSIBLES MADERAS DE REDUCIR FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

4.1. Reducir fallas a causa de vegetación/árboles.....	93
4.2. Reducir fallas a causa de descarga electroatmosférica.....	93
4.3. Reducir fallas a causa de fuerte lluvia y fuerte viento.....	94
4.4. Reducir fallas a causa de quema de caña.....	94
4.5. Reducir fallas a causa de incendio forestan.....	95
4.6. Reducir fallas a causa de falla de aislamiento.....	95
4.7. Reducir fallas a causa de falla en cable de guarda.....	95
4.8. Reducir fallas a causa de daño/falla a estructura.....	95
4.9. Reducir fallas a causa de robo/vandalismo/terrorismo.....	96
4.10. Reducir fallas a causa de agentes extraños en la línea.....	96
4.11. Reducir fallas a causa de accidentes automovilísticos.....	96
4.12. Reducir fallas a causa de falla en equipo primario de línea.....	96
4.13. Reducir fallas a causa de fase rota.....	97
4.14. Reducir fallas a causa de movimiento sísmico.....	97
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	103
APÉNDICE.....	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Falla trifásica.....	4
2.	Falla bifásica a tierra.....	5
3.	Falla bifásica.....	6
4.	Falla monofásica.....	7
5.	Arreglo vertical, 230 KV.....	8
6.	Arreglo delta, 1 circuito, 230 KV.....	8
7.	Arreglo delta, 2 circuitos, 230 KV.....	9
8.	Arreglo vertical, 138 KV.....	10
9.	Arreglo delta, 138 KV.....	10
10.	Arreglo horizontal, 69 KV, dos postes.....	11
11.	Arreglo horizontal, 69 KV, tres postes.....	12
12.	Arreglo delta, 69 KV.....	13
13.	Arreglo vertical, 69 KV.....	13
14.	Nube eléctrica cargada y campo eléctrico resultante.....	21
15.	Distribución de la corriente producida por una descarga electroatmosférica cuando el impacto es directamente a la estructura...	22
16.	Distribución de la corriente producida por una descarga electroatmosférica cuando el impacto es sobre el vano.....	22
17.	Cable de guarda fracturado.....	29
18.	Vórtice en el conductor.....	33
19.	Daño en un conductor debido a las vibraciones provocadas por el Viento.....	33
20.	Hora en que se presentaron las fallas. Año 2002.....	42

21.	Hora en que se presentaron las fallas. Año 2003.....	50
22.	Hora en que se presentaron las fallas. Año 2004.....	59
23.	Hora en que se presentaron las fallas. Año 2005.....	68
24.	Hora en que se presentaron las fallas. Año 2006.....	77
25.	Hora en que se presentaron las fallas. Año 2007.....	86
26.	Ubicación de los amortiguadores.....	97

TABLAS

I.	Líneas de transmisión del Departamento Central.....	14
II.	Líneas de transmisión del Departamento Occidental.....	15
III.	Líneas de transmisión del Departamento Oriental.....	16
IV.	Número de fallas por causa, Departamento Central 2002.....	36
V.	Número de fallas por tipo, Departamento Central 2002.....	37
VI.	Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2002.....	38
VII.	Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2002.....	39
VIII.	Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2002.....	40
IX.	Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2002.....	41
X.	Número de fallas por causa, Departamento Central 2003.....	43
XI.	Número de fallas por tipo, Departamento Central 2003.....	44
XII.	Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2003.	45
XIII.	Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2003.....	46
XIV.	Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2003.....	48
XV.	Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2003.....	49
XVI.	Número de fallas por causa, Departamento Central 2004.....	51
XVII.	Número de fallas por tipo, Departamento Central 2004.....	52
XVIII.	Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2004.....	53

XIX.	Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2004.....	54
XX.	Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2004.....	56
XXI.	Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2004.....	57
XXII.	Número de fallas por causa, Departamento Central 2005.....	60
XXIII.	Número de fallas por tipo, Departamento Central 2005.....	61
XXIV.	Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2005.....	62
XXV.	Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2005.....	63
XXVI.	Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2005.....	65
XXVII.	Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2005.....	66
XXVIII.	Número de fallas por causa, Departamento Central 2006.....	69
XXIX.	Número de fallas por tipo, Departamento Central 2006.....	70
XXX.	Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2006.....	71
XXXI.	Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2006.....	72
XXXII.	Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2006.....	74
XXXIII.	Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2006.....	75
XXXIV.	Número de fallas por causa, Departamento Central 2007.....	78
XXXV.	Número de fallas por tipo, Departamento Central 2007.....	79
XXXVI.	Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2007.....	80
XXXVII.	Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2007.....	81
XXXVIII.	Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2007.....	83
XXXIX.	Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2007.....	84
XXXX.	Total de fallas por causa para el Departamento Central del año 2002 al 2007.....	87
XXXXI.	Total de fallas por causa para el Departamento Occidental del año 2002 al 2007.....	88
XXXXII.	Total de fallas por causa para el Departamento Oriental del año 2002 al 2007.....	89
XXXXIII.	Total de fallas por cada tipo para los 3 departamentos del año 2002 al 2007.....	90

GLOSARIO

Aceite Dielectrico	Aceite utilizado como aislante y refrigerante en transformadores de potencia, de potencial y corriente, además posee una alta resistencia a la oxidación.
Aterrizar	Conectado con la tierra de referencia o algún elemento conductivo que sirve el lugar de la tierra.
Catenaria	Curvatura que presentan los cables en una línea de transmisión.
Flameo	Descarga de corriente eléctrica en el aire, de un conductor de fase a otro o desde un conductor de fase a tierra, provocando un arco.
Flecha	Distancia entre la línea recta que pasa por las puntas de sujeción de un conductor y el punto más bajo del mismo.
Ionización	Proceso mediante el cual se producen átomos o moléculas cargadas eléctricamente.
Rigidez Dielectrica	Valor límite de la intensidad de campo eléctrico en el cual un material pierde su propiedad aisladora.

Sistema eléctrico	Conjunto de elementos y medio utilizados para generar, transportar y distribuir la energía eléctrica.
Vano	Distancia horizontal entre dos estructuras que soportan una línea de transmisión.
Vórtice	Flujo turbulento espiral con una trayectoria cerrada.

RESUMEN

Las líneas de transmisión son parte fundamental de un sistema eléctrico de potencia, ya que son las encargadas de transportar la energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta los centros de distribución de carga.

La ubicación y distancia de las fuentes de generación respecto a los centros de distribución es considerablemente amplia por lo que en algunos casos las líneas deben atravesar grandes extensiones de terrenos con diferentes características como por ejemplo: montañas, bosques, llanuras, cultivos de caña, poblados, etc., en los cuales están expuestas a diversas condiciones que pueden causar fallas en las mismas.

Las causas más comunes que producen fallas en Guatemala son: la vegetación/árboles, la descarga electroatmosférica, la fuerte lluvia, el fuerte viento, la quema de caña, incendios forestales, falla de aislamiento, falla en cable de guarda, el daño/falla a estructura, el robo/vandalismo/terrorismo, los agentes extraños en la línea, accidentes automovilísticos, la falla de equipo primario de línea, fase rota y los movimientos sísmicos aunque en un porcentaje muy bajo.

Las dos causas que provocan el mayor número de fallas son la fuerte lluvia y la descarga electroatmosférica, las cuales están relacionadas entre si afectando en mayor cantidad la fase A de una línea, esto debido que en algunos arreglos de líneas, esta se encuentra en la parte más alta seguida del cable de guarda que es el caso del arreglo vertical o delta, o se encuentra en uno de los extremos de la estructura que es el caso del arreglo horizontal (69

KV), además, aunque la descarga no sea directamente sobre una fase, sino sobre el cable de guarda, puede existir un sobrevoltaje inducido en la fase a causa del acoplamiento por campo eléctrico, que depende del número de cables de guarda y de la posición relativa de estos con respecto a los conductores de fase. La fase C de una línea también se ve afectada por fuerte lluvia y descargas electroatmosféricas pero en menor cantidad que la fase A, esto en arreglos horizontales donde cada una se sitúa en un extremo de la estructura; en los arreglos vertical y delta donde la fase C se sitúa a una altura menor en comparación con las otras fases, esta también se ve afectada por: la vegetación y los árboles, por agentes extraños en la línea, por la quema de caña (que en el caso de la línea Escuintla - Brillantes es evidente). La fase B presenta un menor porcentaje de fallas a causa de descargas fuerte lluvia y descargas electroatmosféricas o por las otras causas mencionadas ya que en los diferentes arreglos esta generalmente se encuentra ubicada en la estructura en una parte con menor probabilidad de falla.

La hora en que se presentan el mayor número de fallas oscila entre las 12:00 y las 20:00 horas del día, en los 3 departamentos en los que se encuentra dividido el sistema de transmisión del país.

OBJETIVOS

- **General:**

Analizar las diferentes causas que provocan fallas en las líneas de transmisión de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE, desde el año 2002 al 2007.

- **Específicos:**

1. Determinar cuál es la causa que provoca el mayor número de fallas en las líneas de los 3 departamentos del país.
2. Comprobar que el mayor porcentaje de fallas son monofásicas en comparación con las fallas bifásicas, bifásicas a tierra y trifásicas.
3. Determinar qué líneas son las que presentan el mayor número de fallas en cada departamento del país.
4. Analizar en qué horas del día se presentan el mayor número de fallas en cada departamento del país.
5. Determinar el porcentaje de fallas que no se logra determinar la causa que la produjo y el tipo de falla.

INTRODUCCIÓN

Las líneas de transmisión siempre están expuestas a fallas por diferentes causas, estas fallas en la mayoría de los casos son monofásicas y en un menor porcentaje bifásicas, bifásicas a tierra o trifásicas.

Las causas que provocan fallas en las líneas son muy variadas y a veces están relacionadas unas con otras. Además existen algunos casos en los que no se logra determinar la causa y las fases afectadas por las fallas.

En Guatemala existen líneas muy importantes en las que dependiendo de las condiciones del sistema una falla puede causar la pérdida total del servicio de energía eléctrica.

Un sistema de transmisión de energía eléctrica debe mantener la máxima continuidad posible del servicio, por lo que vale la pena hacer un análisis a las fallas que se dan en las líneas de transmisión de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE para determinar cuál es la causa o causas que provocan el mayor número de fallas y ver si existe la posibilidad de reducirlas. Además de esto determinar que líneas son las más falladas.

Adicional a lo mencionado anteriormente, se puede verificar qué fase es realmente la que más se expone a fallas de acuerdo a la configuración o arreglo geométrico de las líneas.

1. GENERALIDADES SOBRE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

1.1. Definición de líneas de transmisión

Las líneas de transmisión son un conjunto de dispositivos que forman parte de un sistema eléctrico y nos permiten transportar cantidades grandes de energía eléctrica, desde una fuente de generación hasta los centros de distribución de carga; esto, a un valor de tensión proporcional a la distancia requerida para su transporte, buscando maximizar la eficiencia en el transporte, haciendo las pérdidas por calor lo más pequeñas posibles.

1.2. Importancia de una línea de transmisión

El crecimiento de las industrias en Guatemala y las aplicaciones de la electricidad en las mismas, además del crecimiento constante de la carga residencial, hacen que el tema de la transmisión de energía eléctrica sea de gran importancia.

En el sistema de transmisión de Guatemala existen líneas muy importantes, en las cuales si se interrumpe el flujo de corriente, se presentan desequilibrios grandes en el sistema, que en ocasiones llevan a la pérdida total del servicio de energía eléctrica. Estas interrupciones traen como consecuencia pérdidas altas a la economía del país, por lo que es necesario, determinar las diferentes causas que producen fallas e interrumpen el flujo de corriente en las líneas de transmisión.

1.3. Fallas en líneas de transmisión

1.3.1. Condiciones anormales del sistema

Un sistema es estable, mientras los parámetros del mismo permanezcan dentro de los rangos determinados, al salirse de sus rangos cualquiera de los parámetros se presenta una condición anormal, que puede resultar en una pérdida total del servicio de energía eléctrica.

Entre las condiciones anormales tenemos:

- Cortocircuito (Falla)
- Circuito abierto
- Bajo voltaje
- Sobre voltaje
- Sobrecarga
- Oscilación

De las condiciones anormales mencionadas anteriormente la más grave y de mayor interés es el cortocircuito o falla, que al momento de presentarse es necesario aislar la parte del sistema fallado para eliminar la alta corriente, a consecuencia de la disminución repentina de la impedancia de un circuito determinado.

1.3.2. Tipos de fallas en líneas de transmisión

Las líneas de transmisión son parte fundamental de un sistema eléctrico, ya que son las encargadas de transportar la energía eléctrica, atravesando grandes extensiones de terrenos con diferentes características: llanuras,

montañas, bosques, carreteras, pantanos, cañaverales, poblados, etc., en las cuales están expuestas a diversas condiciones naturales y no naturales que provocan fallas en las mismas.

En un sistema eléctrico las fallas que se presentan generan una corriente de amplitud definida y características específicas.

En el momento en que se presenta una falla ya sea simétrica o asimétrica (descritas en los subcapítulos 1.3.2.1 y 1.3.2.2 respectivamente), la corriente que fluye tiene dos componentes, siendo estas: una cd (corriente directa) que decae conforme a una constante de tiempo L/R (inductancia y resistencia) del circuito; y un componente de estado estable con amplitud estable que varia sinusoidalmente, lo descrito anteriormente se expresa por medio de la ecuación siguiente:

$$i = \frac{V_{\max}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \left[\text{sen}(\omega t + \alpha - \theta) - e^{-Rt/L} \text{sen}(\alpha - \theta) \right] \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Las componentes de cd y de estado estable tienen siempre la misma magnitud, pero tienen signos opuestos, con el fin de expresar el valor cero de corriente que existe, ya que se considera que un sistema eléctrico es inductivo/resistivo y en un circuito inductivo la corriente no puede cambiar su valor instantáneamente.

1.3.2.1. Falla simétricas

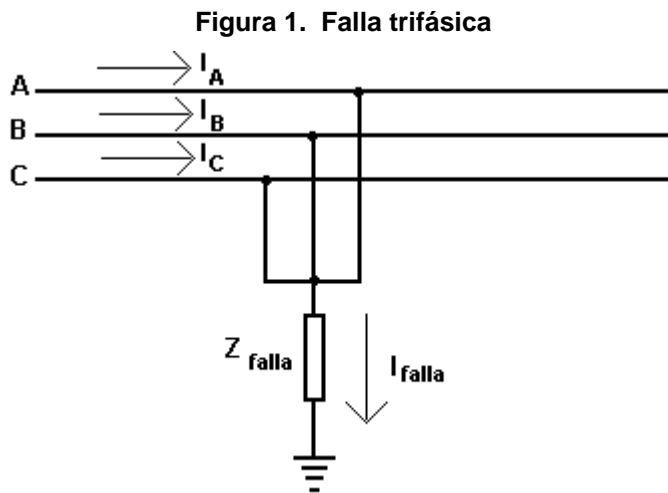
1.3.2.1.1. Falla trifásica

Las fallas trifásicas se clasificadas como fallas simétricas, ya que la magnitud de la corriente en las tres fases es igual; y están desfasadas 120° ,

menos el ángulo de la impedancia de falla, en cada fase. Expresado en forma de ecuaciones tenemos:

$$|I_A| = |I_B| = |I_C| \quad (\text{Ec.1.2})$$

$$\phi_A = 0 - \phi_{Z_{falla}}, \phi_B = 240 - \phi_{Z_{falla}} \text{ y } \phi_C = 120 - \phi_{Z_{falla}}. \quad (\text{Ec.1.3})$$



Estadísticas realizadas, han demostrado que las fallas trifásicas representan el 5% del total de las fallas que se presentan en una línea de transmisión.

1.3.2.2. Fallas asimétricas

La falla bifásica a tierra, bifásica, y monofásica a tierra se clasifican como fallas asimétricas ya que originan un desbalance entre fases de una línea.

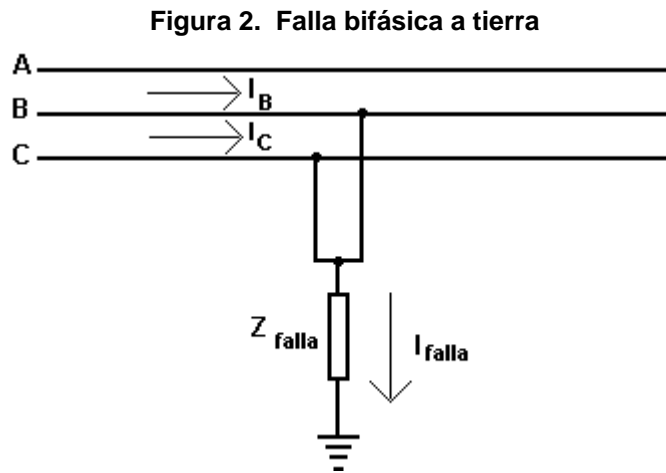
1.3.2.2.1. Falla bifásica a tierra

Después de la falla trifásica, la falla bifásica a tierra se considera como la más crítica de las fallas que se presentan. La magnitud de las dos fases involucradas en la falla es muy similar, estando generalmente desfasadas 120° ,

menos el ángulo de la impedancia de falla; mientras la fase que no fue afectada presenta corrientes de falla muy bajas. Expresado en forma de ecuaciones tenemos:

$$|I_B| \approx |I_C|, \quad (\text{Ec.1.4})$$

$$\phi_B \approx 240 - \phi_{Falla} \text{ y } \phi_C \approx 120 - \phi_{Falla}. \quad (\text{Ec.1.5})$$



Los desbalances causados por este tipo de falla se manifiestan con una alta corriente en el neutro de los equipos conectados en estrella y que están solidamente aterrizados.

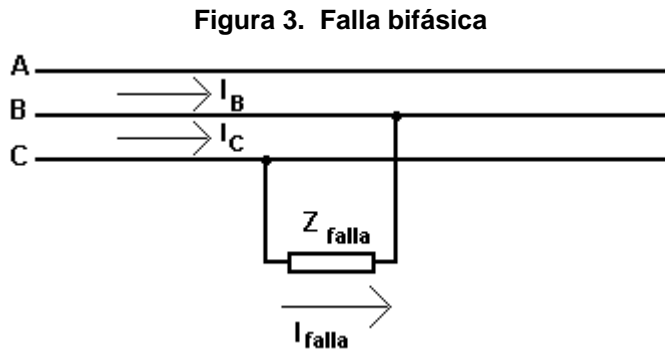
1.3.2.2.2. Falla bifásica

La falla bifásica es otra de las fallas asimétricas, y es de menor magnitud que la falla bifásica a tierra. En la falla bifásica, la magnitud de las dos fases generalmente es igual, y sus ángulos tienden al ángulo de la impedancia con un desfase de 180° entre si, mientras la fase que no fue afectada presenta corrientes de falla muy bajas. Expresado en forma de ecuaciones tenemos:

$$|I_B| = |I_C| \quad (\text{Ec.1.6})$$

$$\phi_B = 240 - \phi_{Falla} \text{ y } \phi_C = \phi_B + 180 \quad (\text{Ec.1.7})$$

La falla bifásica no presenta corrientes de falla en el neutro de los equipos conectados en estrella.



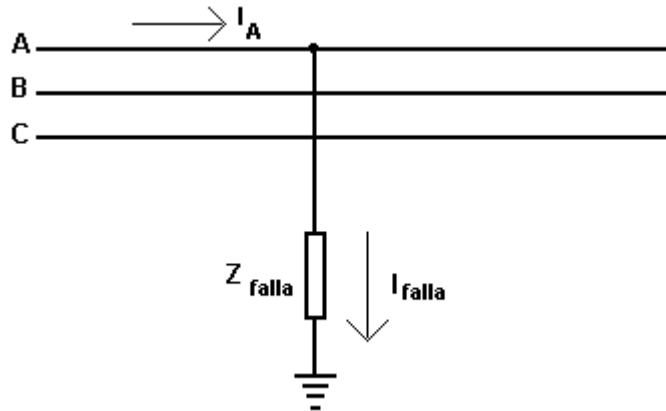
1.3.2.2.3. Falla monofásica

Generalmente las fallas monofásicas representan entre 70 y 80% del total de las fallas que se presentan en un sistema, originadas por descargas atmosféricas, conductores al hacer contacto con estructuras, árboles, etc.

Las fallas monofásicas a tierra pueden generar corrientes de falla cuya magnitud puede superar a la magnitud de una de las fases a tierra de una falla trifásica. Esto es muy frecuente en sistemas de transmisión con tensión media (69 KV en Guatemala), y sobre todo cuando la falla se ubica cerca de la subestación. Es poco frecuente que la falla monofásica supere en amplitud a la falla trifásica,

La magnitud de la corriente de falla depende de la impedancia involucrada en el cortocircuito y del nivel de tensión, mientras el ángulo de la corriente de falla tiende al ángulo de la impedancia de falla.

Figura 4. Falla monofásica



1.4. Líneas de transmisión de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE

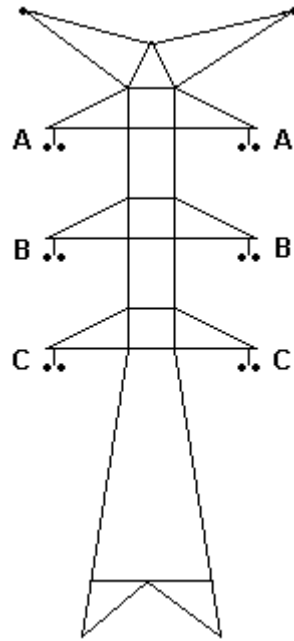
1.4.1. Configuración de las líneas de transmisión

Los niveles de voltaje de transmisión de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica son de 230 KV, 138 KV y 69 KV, con un total de 115 líneas distribuidas en tres departamentos, siendo estos el Departamento Central, Departamento Occidental y Departamento Oriental.

Las líneas de transmisión presentan un arreglo geométrico o configuración en las estructuras que las soportan, esto puede variar en cada nivel de voltaje. En 230 KV los arreglos generalmente son:

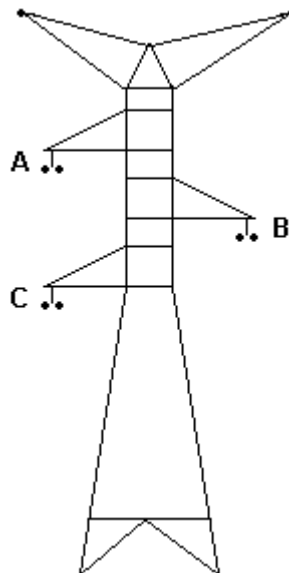
- Vertical, con la fase A en la parte superior, la fase C en la parte inferior y la fase B ubicada al centro, esto en torres que soportan dos circuitos y cuentan con dos cables de guarda.

Figura 5. Arreglo vertical, 230 KV



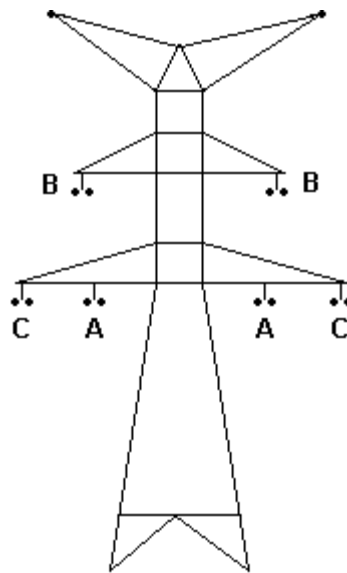
- Delta 1 circuito, con la fase A en la parte superior y la C en la parte inferior de un lado de la estructura, la fase B al otro lado de la estructura. El arreglo cuenta con dos hilos de guarda.

Figura 6. Arreglo delta un circuito, 230 KV



- Delta 2 circuitos, con la fase B en la parte superior, la fase A y la fase C en la parte inferior tal como se muestra en la siguiente figura. El arreglo cuenta con dos hilos de guarda.

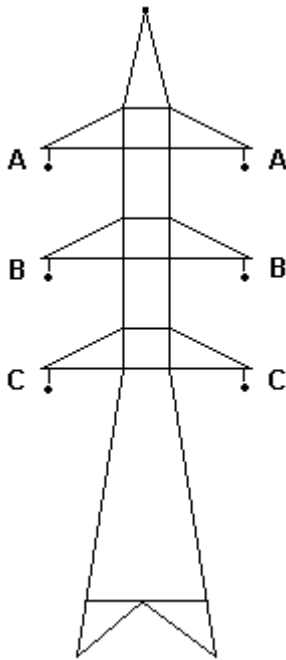
Figura 7. Arreglo delta dos circuitos, 230KV



En 138 KV los arreglos generalmente son;

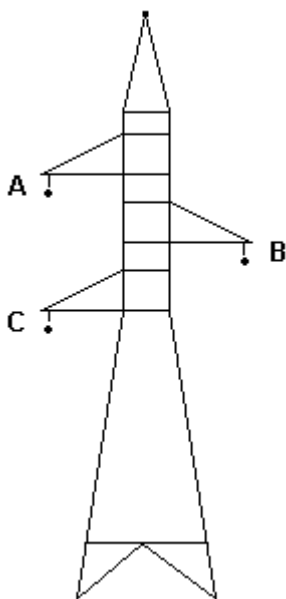
- Vertical, con la fase A en la parte superior, la fase C en la parte inferior y la fase B ubicada al centro, esto en estructuras que soportan dos circuitos y cuentan con un cable de guarda.

Figura 8. Arreglo vertical, 138KV



- Delta, con la fase A en la parte superior y la C en la parte inferior de un lado de la estructura, la fase B al otro lado de la estructura. El arreglo cuenta con un hilo de guarda.

Figura 9. Arreglo delta, 138 KV



En 69 KV los arreglos generalmente son:

- Horizontal, con la fase A y la fase C en los extremos, mientras la fase B se encuentra ubicada al centro. El arreglo cuenta con dos hilos de guarda y estructuras formadas por dos o tres postes, como se muestra en las figuras siguientes.

Figura 10. Arreglo horizontal 69 KV, dos postes

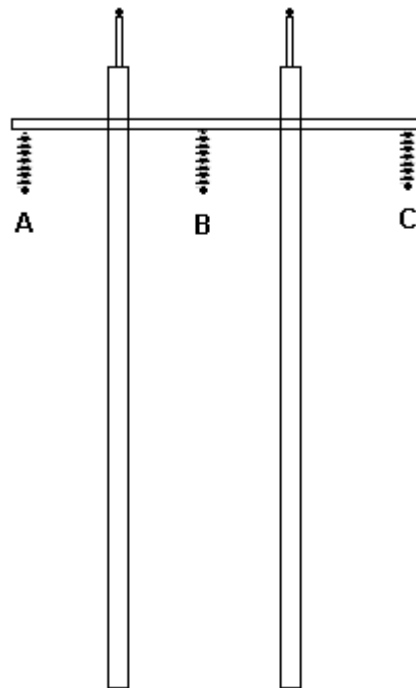
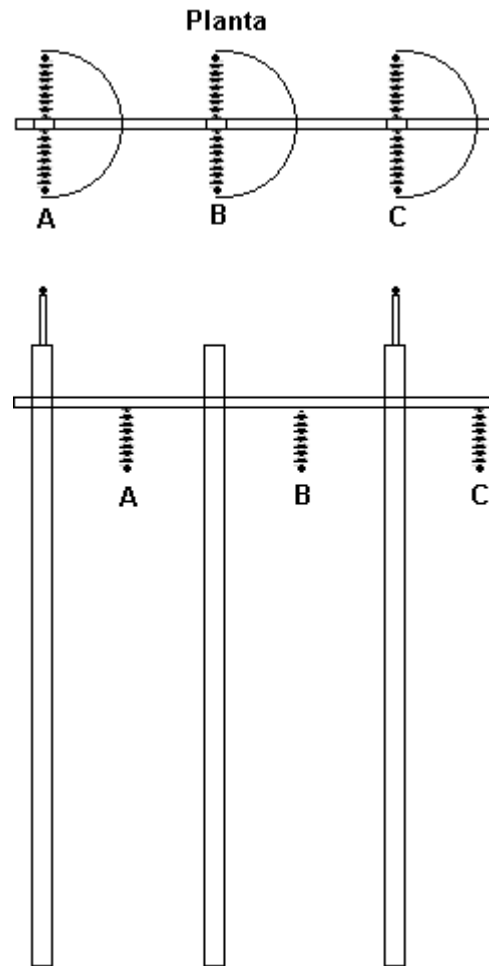
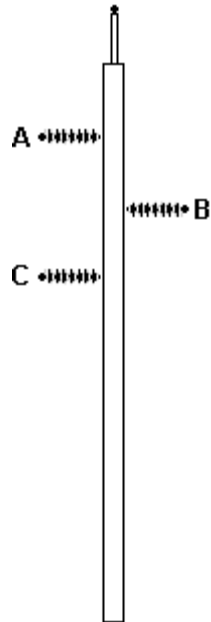


Figura 11. Arreglo horizontal 69 KV, tres postes



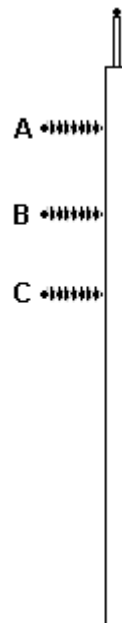
- Delta, con la fase A en la parte superior y la fase C en la parte inferior de un lado de la estructura, la fase B al otro lado de la estructura. El arreglo cuenta con un hilo de guarda.

Figura 12. Arreglo delta, 69 KV



- Vertical, con la fase A en la parte superior, la fase C en la parte inferior y la fase B ubicada al centro de la estructura.

Figura 13. Arreglo vertical, 69 KV



A continuación se presentan 3 tablas con las líneas de transmisión de cada departamento del país.

Tabla I. Líneas de transmisión del Departamento Central

Departamento Central		Voltaje	Distancia
No.	Línea	en KV	en Km
1	Tac Tic - Chixoy 1	230	49
2	Tac Tic - Chixoy 2	230	49
3	Guatemala Norte - Tac Tic 1	230	77
4	Guatemala Norte - Tac Tic 2	230	77
5	Guatemala Sur - Guatemala Norte 1	230	30
6	Guatemala Este - Guatemala Norte 1	230	15.5
7	Ahuachapan - Guatemala Este 1	230	110
8	Guatemala Sur - Guatemala Este 1	230	15
9	Escuintla - Guatemala Sur 1	230	44
10	Escuintla - Guatemala Sur 2	230	44
11	Escuintla 2 - San Joaquin 1	230	3
12	Aguacapa - San Joaquin 1	230	20
13	Brillantes - Escuintla 1	230	99
14	Chixoy - Guatemala Norte 1	230	126
15	Chixoy - Guatemala Norte 2	230	126
16	Escuintla 2 - Aguacapa 1	230	26
17	Escuintla 1 - Siquinala 1	230	16.7
18	Brillantes - Siquinala 1	230	82.3
19	Guatemala Sur - Jurun Marinala 1	138	32
20	Jurun Marinala 2 - Guatemala Sur	138	32.4
21	Palin II - Guatemala Sur 1	138	25.4
22	Jurun Marinala - Palin II 1	138	7
23	Escuintla 1 - Jurun Marinala 1	138	14
24	Palin II - Planta Caldera	138	12
25	Guatemala Norte - Sanarate 1	69	31.6
26	Chimaltenango - Guatemala Sur 1	69	30.8
27	La Vega - Guatemala Sur 1	69	25
28	Jocote - Escuintla 1	69	13
29	Pantaleon - Jocote 1	69	12
30	Cocales - Pantaleon 1	69	25

Tabla II. Líneas de transmisión del Departamento Occidental

Departamento Occidental		Voltaje en KV	Distancia en Km
No.	Línea		
1	La Esperanza - Brillantes 1	230	38.6
2	Champerico - Brillantes 1	69	43
3	Coatepeque - Brillantes 1	69	38
4	Intra - Brillantes 1	69	2.7
5	La Cruz - Brillantes 1	69	8.75
6	Retalhuleu - Brillantes 1	69	3
7	San Sebastian - Brillantes 1	69	6.5
8	Melendrez - Coatepeque 2	69	24
9	El Jocote - Cocales 1	69	32
10	La Noria - Cocales 1	69	21
11	Mazatenango - Cocales 1	69	45.5
12	Ixtahuacan - Huehuetenango 1	69	37.5
13	San Juan Ixcoy - Huehuetenango 1	69	43
14	Soloma - Huehuetenango 1	69	43
15	Pologua - La Esperanza 1	69	20
16	San Marcos - La Esperanza 1	69	36
17	Solola - La Esperanza 1	69	48.6
18	Porvenir - Malacatan 1	69	16
19	La Cruz - Mazatenango 1	69	7.7
20	La Maquina - Mazatenango 1	69	24.4
21	Huehuetenango - Pologua 1	69	38.6
22	Tejutla - San Marcos 1	69	23.6
23	Retalhuleu - San Sebastian 1	69	3.4
24	Brillantes - Santa Maria 1	69	19.2
25	La Esperanza - Santa Maria 1	69	31
26	Chimaltenango - Solola 1	69	50
27	Cocales - Solola 1	69	52
28	Quiche - Solola 1	69	38
29	Tacana - Tejutla 1	69	32.3
30	Melendrez - Malacatan 1	69	30
31	Patzun - Chimaltenango	69	25.8
32	La Esperanza - Orzunil	69	23.4
33	Santa Maria - Orzunil	69	7.6
34	Mazatenango - Chicacao	69	22.4
35	Cocales - Chicacao	69	23
36	Zacualpa - Quiche	69	40
37	Brillantes - Mazatenango 1	69	30
38	Melendrez - Coatepeque 1	69	30

Tabla III. Líneas de transmisión del Departamento Oriental

Departamento Occidental		Voltaje en KV	Distancia en Km
No.	Línea		
1	Escuintla 1 - Chiquimulilla 1	138	58.5
2	Chiquimulilla - Jalpatagua 1	138	45
3	Progreso - Chiquimulilla 1	138	80
4	Jalpatagua - Progreso 1	138	35
5	Ipala - Rio Grande 1	138	17
6	Progreso - Ipala 1	138	39
7	Coban - Chisec 1	69	57.3
8	La Vega - Esclavos 1	69	22.7
9	Progreso - Esclavos 1	69	55
10	Rio Dulce - Estor 1	69	40.4
11	La Ruidosa - Genor 1	69	48
12	Puerto Barrios - Genor 1	69	2
13	San Rafael las Flores - Jalapa 1	69	30
14	Chiquimula - La Fragua 1	69	20
15	Panaluya - La Fragua 1	69	10.8
16	Mayuelas - La Ruidosa 1	69	75
17	Panaluya - La Ruidosa 1	69	100
18	Rio Bobos - La Ruidosa 1	69	22
19	Rio Dulce - La Ruidosa 1	69	36
20	San Julian - Matanzas 1	69	29
21	Santa Elena - Matanzas 1	69	14
22	Tactic - Matanzas 1	69	27
23	Mayuelas - Panaluya 1	69	25
24	Pasabien - Panaluya 1	69	10.3
25	Quezaltepeque - Panaluya 1	69	69.8
26	El Rancho - Pasabien 1	69	37.5
27	Sanarate - Pasabien 1	69	55.5
28	Rio Dulce - Poptun 1	69	91
29	El Jicaro - Progreso 1	69	28
30	Quezaltepeque - Rio Grande 1	69	5
31	La Fragua - Quezaltepeque 1	69	59
32	Coban - San Julian 1	69	31
33	Secacao - San Julian 1	69	71
34	El Rancho - Sanarate 1	69	18
35	Jalapa - Sanarate 1	69	27.6
36	Santa Elena - Sanarate 1	69	30
37	El Rancho - Santa Cruz 1	69	37.5
38	Matanzas - Santa Elena 1	69	14
39	Salama - Santa Elena 1	69	17
40	San Julian - Santa Elena 1	69	43

41	San Julian - Tactic 1	69	8
42	San Julian - Tactic 2	69	8
43	La Fragua - Rio Grande 1	69	50.2
44	Playa Grande - Chisec	69	70
45	Teculután - Maderas El Alto	69	12
46	Maderas El Alto - El Rancho	69	15
47	Progreso - Quetzaltepeque 1	69	57

2. CAUSAS DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Las causas que producen las fallas pueden ser muy variadas ya que dependen del lugar que atraviesen las líneas de transmisión. A continuación se presenta un listado con las causas más comunes que producen fallas en las líneas de transmisión de Guatemala:

- Vegetación/árboles
- Descarga electroatmosférica
- Fuerte lluvia
- Fuerte viento
- Quema de caña e incendio forestal
- Falla de aislamiento
- Falla en cable de guarda
- Daño/falla a estructura y robo/vandalismo/terrorismo
- Agentes extraños en la línea
- Accidente automovilístico
- Falla en equipo primario de línea
- Fase rota
- Movimiento sísmico

2.1. Vegetación/árboles

Debido a la geografía del país, las líneas de transmisión atraviesan extensiones de tierra que presentan una densa vegetación, que en algunos casos alcanza la altura necesaria para hacer contacto con la línea de

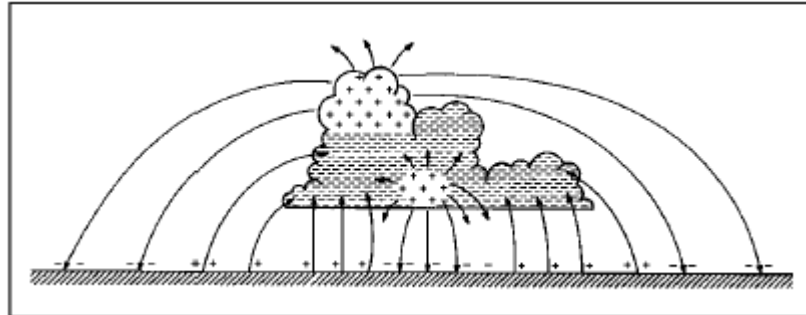
transmisión, además de esto existen líneas con un valor grande de flecha, esto en conjunto, generalmente provoca fallas transitorias en la línea y en algunos casos en los que los árboles caen, el daño en la línea es mayor, ya que puede romperse alguna de las fases interrumpiendo el flujo de corriente permanentemente.

2.2. Descarga electroatmosférica

En la atmósfera, las cargas eléctricas se producen por la fricción entre partículas de vapor de agua, cristales de hielo y granizo en las nubes, por efecto del campo electromagnético de la tierra, además de aire húmedo y la incidencia de alta energía solar en la zona.

Dentro de las nubes se origina energía termina, lo que provoca corrientes ascendentes, estas corrientes arrastran los cristales de agua que en su ascenso chocan con las partículas pesadas de granizo que desciende a gran velocidad, con lo que se origina un desprendimiento de electrones de parte de los cristales de agua; con esto, la parte superior de la nube queda cargada positivamente y la parte inferior negativamente. La parte inferior de la nube (cargada negativamente), por efecto capacitivo produce que la superficie terrestre, debajo de la nube se cargue positivamente. Al momento en que el gradiente de tensión entre la nube y la tierra, supere la rigidez dieléctrica del aire (10 KV/cm), se produce una descarga electroatmosférica.

Figura 14. Nube eléctrica cargada y campo eléctrico resultantes



Estudios realizados con oscilógrafos muestran que los sobrevoltajes provocados por rayos, son impulsos de muy breve duración en un intervalo de 5 a 100 μ s (microsegundos), generando fallas que producen disparos en las líneas de transmisión. Los aisladores de línea no pueden soportar tales sobretensiones, en consecuencia se producen descargas y se forman arcos sobre los aisladores que perduran aun cuando la sobretensión desaparece, siendo la tensión de servicio de las líneas suficiente para mantenerlos el canal de aire ionizado.

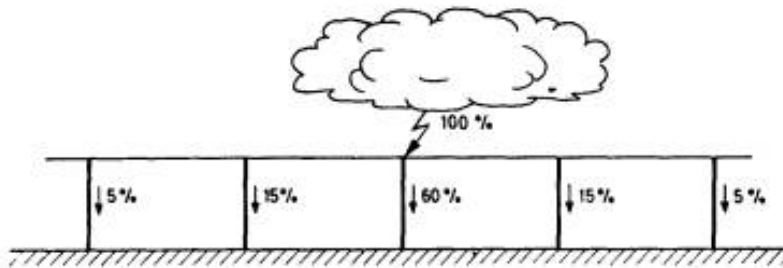
2.2.1. Efecto en líneas de transmisión

El conductor de una línea de transmisión presenta resistencia, autoinducción y una capacidad, por lo que al descargar un rayo directamente sobre el mismo, se modifica su estado eléctrico, apareciendo en el, tensiones de carácter oscilante, las cuales provocan considerables sobretensiones y estas a su vez sobrecorrientes, que desembocan en una falla. Cuando el impacto del rayo es sobre el cable de guarda, la onda de voltaje que se desplaza, por efecto de la capacitancia entre el cable de guarda y el conductor de fase, produce un efecto de acoplamiento por campo eléctrico induciendo un sobrevoltaje en los conductores de fase. La magnitud de este sobrevoltaje depende del número de

cables de guarda en la línea y de la posición relativa de estos con respecto a los conductores de fase.

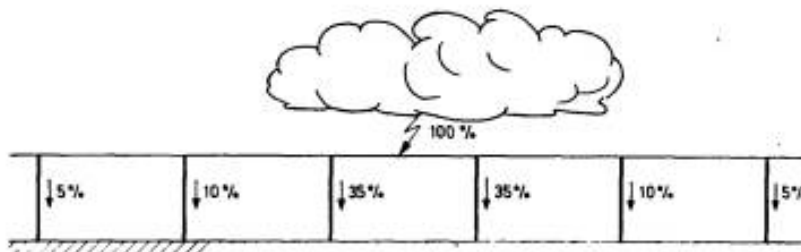
Estudios han demostrado que si la descarga se produce directamente sobre la estructura, esta recibe aproximadamente el 60% de la corriente del rayo y solamente el resto recorre el hilo de guarda o la línea para repartirse.

Figura 15. Distribución de la corriente producida por una descarga electroatmosférica cuando el impacto es directo a la estructura



Si la descarga se produce en el vano, es decir entre dos estructuras, la distribución de la corriente producida por la descarga se realiza de la forma indicada en la siguiente figura.

Figura 16. Distribución de la corriente producida por una descarga electroatmosférica cuando el impacto es sobre el vano



2.3. Fuerte lluvia

De las causas que provocan fallas la lluvia es una de las más impredecibles, ya que no es la lluvia la que directamente provoca la falla, sino los fenómenos que se dan conjuntamente.

Uno de ellos son las descargas electroatmosféricas (descritas anteriormente) que por lo general se presentan en condiciones de lluvia. Muchas veces no es posible determinar si una descarga fue realmente la que provocó la falla, ya que deberíamos de estar en el lugar y momento en el que se produce la falla.

Otro fenómeno que se da en condiciones de lluvia, aunque poco probable que genere una falla, es el efecto corona, el cual se presenta cuando el potencial de un conductor en el aire se eleva hasta valores tales que sobrepasa la rigidez dieléctrica del aire que lo rodea. Este fenómeno se manifiesta como pequeños chispazos azulados y audibles o descargas alrededor del conductor.

Aunque las líneas de transmisión se diseñan para que el efecto corona sea el mínimo, en su aparición e intensidad influyen las siguientes condiciones:

- Tensión de la línea: cuando mayor sea la tensión de operación de la línea, mayor será el gradiente eléctrico en la superficie de los cables. Generalmente se produce en líneas con tensiones superiores a 80 KV.
- Estado de la superficie del conductor: las rugosidades, irregularidades, impurezas adheridas, etc.
- En especial la humedad del aire: a mayor humedad, especialmente en caso de lluvia o niebla, se incrementa la posibilidad de que se presente el efecto corona.

2.4. Fuerte viento

Cuando el viento es demasiado fuerte y tenemos tramos de líneas de transmisión con vanos grandes, la fuerza del viento es tal que mueve cada una de las fases de la línea, acercándolas una distancia lo suficiente para que se forme un arco eléctrico, teniendo como consecuencia falla en la línea de transmisión.

Además de esto, existen tramos de líneas rodeados de vegetación, que en presencia de fuertes vientos causan fallas en ellas, esto porque el viento es tan fuerte que mueve las ramas de los árboles hasta llegar hacer contacto con una línea provocando una falla a tierra y en algunos casos derribar árboles provocando fallas permanentes en la línea.

En lugares poblados se han dado situaciones en que el viento logra levantar o desprender objetos tales como láminas, antenas, vallas publicitarias, residuos de metal, etc., alojándolos sobre la línea y haciéndola fallar.

2.5. Quema de caña e incendio forestal

Guatemala es un país productor de azúcar, por lo que existen una gran extensión con cultivos de caña. Es práctica común de los ingenios azucareros quemar caña en temporada de zafra y en ocasiones, después de la cosecha. Sin embargo además de la contaminación ambiental que produce el humo blanco, esta actividad tiene el inconveniente de provocar la pérdida de nitrógeno en el aire.

El humo provocado por la quema de caña lleva consigo partículas de carbón a una temperatura muy alta, además de otro tipo de partículas contaminantes,

que en conjunto con la disminución de nitrógeno en el aire disminuyen las propiedades dieléctricas del mismo.

Las líneas con vanos muy amplios, y que atraviesan extensiones con cultivo de caña, se encuentran expuestas a una posible falla, ya que como se menciono anteriormente, el aire pierde sus propiedades dieléctricas y además la libranza de la línea (distancia de línea a suelo) no es suficiente para evitar una falla, ya que el humo no puede dispersarse lo necesario, y la tensión de operación de la línea permite la formación de arcos en el ambiente de humo provocando una falla.

Un fenómeno similar al producido por la quema de caña se da en los incendios forestales, con la diferencia que estos son fuegos no programados o no controlados que afectan directamente a la ecología e indirectamente a las líneas de transmisión.

En el análisis estadístico, éstas dos causas se verán por separado aunque el fenómeno que produce la falla sea el mismo.

2.6. Falla de aislamiento

Las líneas de transmisión están sujetas a las estructuras por cadenas de aisladores tipo suspensión, formadas por un determinado número de discos aisladores en serie, coordinados con el aislamiento del sistema. El tamaño de una cadena de aisladores debe ser lo suficientemente grande como para prevenir flameos innecesarios y lo suficientemente pequeña para evitar flameos entre fases.

El funcionamiento de una línea de transmisión depende mucho de su aislamiento. El número de discos aisladores que conforman una cadena de aisladores es aproximadamente proporcional a la tensión. Generalmente en Guatemala, para una tensión de 69 KV se utilizan 7 unidades, para 138 KV 11 unidades y para 230 KV 16 unidades.

Las razones por las que un aislador puede fallar son muy variadas, lo cual se describe a continuación.

2.6.1. Contaminación en los aislamientos

Los aislamientos se encuentran sometidos a las condiciones del medio en que se encuentran situados, las cuales pueden variar ampliamente de un lugar a otro, dependiendo de las características del lugar. Estas características hacen que el nivel de aislamiento requerido pueda variar a lo largo de una línea. Las partículas contaminantes que se encuentran en suspensión en el aire trasladadas por este a los aisladores producen una capa contaminante sobre la superficie del aislador.

Cuando las condiciones de contaminación en un aislante son extremas y existe humedad en las capas contaminantes disminuye su resistencia y se genera una corriente de filtración a través de ella. Esta corriente genera calor disminuyendo aun más su resistencia e inicia la pérdida de humedad en algunas regiones de la capa contaminada, a estas regiones se les llama banda seca, la banda seca aumenta su resistencia disminuyendo la corriente, apareciendo en esta la mayor parte de tensión aplicada, por estar húmedo el resto de la capa contaminada. La banda seca sigue creciendo a través de un proceso cíclico, hasta llegar a un punto en que la tensión aplicada es ligeramente menor al valor requerido para iniciar la descarga por el aire. El arco

puede crecer hasta un límite, en que dependiendo de las condiciones del sistema este se extingue o produce un cortocircuito.

Una cadena de aisladores debe cumplir con una determinada distancia de fuga que no es más que la suma de las distancias más cortas a lo largo del contorno de la superficie de la cadena de aisladores. Considerando que el nivel de contaminación en Guatemala es “media” la distancia mínima de fuga para cada nivel de voltaje según publicación IEC-815 es:

- Para 230 KV, la distancia es 8.05 m.
- Para 138 KV, la distancia es 4.83 m.
- Para 69 KV, la distancia es 2.42 m.

2.6.2. Falla debido a descarga electroatmosférica

Los aisladores además de estar hechos para soportar las resistencias mecánicas provocadas por diversos factores, deben soportar las descargas atmosféricas. La producción de arcos en el contorno del aislador debe evitarse, a excepción de la descarga atmosférica la cual no puede evitarse. La formación de arcos debidos a descargas atmosféricas y la alta temperatura que se genera debilitan el aislamiento provocándole quebraduras, que con el tiempo y la contaminación que existe en el medio, son la causa para nuevas descargas a tierra contabilizando una nueva causa de falla.

Cuando un rayo impacta en el cable de guarda o en la estructura de una línea y los elementos de conexión a tierra y las características del terreno no cumplen con un valor de resistencia bajo para drenar las sobrecorrientes, se presenta un fenómeno llamado “flameo inverso”, que se manifiesta como la reflexión de ondas de sobrevoltaje en el punto de cambio de impedancia. La

cadena de aisladores se ve expuesta a una gran diferencia de potencial debido al voltaje de operación de la línea y el sobrevoltaje reflejado formándose arcos que dañan la cadena de aisladores e incluso pueden llegar a destruirla si el arco no es interrumpido.

2.7. Falla en cable de guarda

Un cable de guarda tiene como función proteger las líneas de transmisión contra descargas electroatmosféricas, generalmente consta de hilos con alma de acero y un recubrimiento de aluminio. En ocasiones el cable de guarda también es utilizado para colocar señalizaciones, como lo son las esferas de balizaje.

La falla más común en un hilo de guarda es la rotura del mismo, dando como resultado disparos en líneas de transmisión, ya que al romperse el hilo de guarda, este hace contacto con una, dos o las tres fases de una línea, provocando una falla a tierra.

La rotura del cable de guarda se debe principalmente a los esfuerzos de torsión y tensión, y a la corrosión y fricción en el mismo, esto en las partes donde existe uniones o en el punto de contacto con la esfera de balizaje. Los esfuerzos de torsión y tensión además de la fricción, provocados por el efecto de la catenaria y las ráfagas de viento, generan el desprendimiento del recubrimiento de aluminio, dejando el acero expuesto a las partículas contaminantes ambientales y atmosféricas y que provocan la corrosión. La corrosión origina pérdida en el espesor, incrementando los esfuerzos en el cable de guarda, ya que un área menor soporta los esfuerzos a los que es sometido el cable.

Figura 17. Cable de guarda fracturado



2.8. Daño/falla de estructura y robo/vandalismo/terrorismo

Los daños a las estructuras que sostienen líneas de transmisión son otra de las causas de fallas en las mismas. Las condiciones de los lugares donde se encuentran ubicadas las estructuras determinan que tan probable es que se dañen. Los daños pueden ser causados por derrumbes, árboles que caen sobre la estructura, crecida de ríos cercanos a las estructuras, envejecimiento de estructuras, etc.

También se puede considerar como daño a la estructura las fallas en los cruceros, en las retenidas, soportes de extensión, etc. Esto especialmente en líneas de transmisión de 69 KV.

Además de las condiciones del medio donde se encuentran las estructuras de una línea, el robo, vandalismo o terrorismo también provocan un daño directo a las estructuras y ha aumentando debido a la falta de conciencia en las personas.

Un caso común es el robo de piezas a las estructuras para ser vendidas como chatarra, lo cual es de fuerte impacto al sistema, ya que en ocasiones las estructuras pierden el equilibrio y caen, ocasionando fallas permanentes, que muchas veces deja fuera de servicio determinadas áreas del sistema.

Como vandalismo y terrorismo podemos mencionar, daños causados a cadenas de aisladores por personas que les disparan, objetos lanzados sobre la línea, etc., dando como resultado el posible disparo de la línea.

En el análisis estadístico el daño/falla de estructura y el robo/vandalismo/terrorismo se verán por separado.

2.9. Agentes extraños en la línea de transmisión

Existen algunas fallas que son provocadas por algún objeto, el cual crea un enlace entre fases de una línea de transmisión o entre una fase y la estructura (fase a tierra), provocando cortocircuitos, este tipo de fallas se conocen como agentes extraños en la línea. Algunos de los objetos que provocan cortocircuitos en las líneas de transmisión listan a continuación:

- Antenas de televisión que hacen contacto con una de las fases de la línea.
- Maquinaria que trabaja cerca de las líneas y hace contacto accidentalmente con la misma.
- Aves que construyen sus nidos sobre una de las estructuras que soporta las líneas y que al extender sus alas hace contacto con una fase o entre fases.
- Vallas publicitarias, láminas u objetos de metal que de alguna manera logran hacer contacto o alojarse sobre la línea.

- Árboles que son talados por personas ajenas al INDE.
- Cables lanzados por personas particulares y que logran hacer contacto o se enredan con las fases de la línea o entre una fase y la estructura.

2.10. Accidente automovilístico

Los accidentes automovilísticos son el resultado de desperfectos mecánicos en los autos, de las condiciones del medio en que se conducen los mismos y muchas veces por la imprudencia de las personas. Los accidentes en algunos casos son tan fuertes que el daño es transferido causando otro tipo de problemas.

Las estructuras o postes que sostienen líneas de transmisión han sido blancos de accidentes automovilísticos, dañándolas y provocando fallas en las líneas, contabilizando así otro tipo de causa de fallas.

2.11. Falla en equipo primario de línea

Se comprende como equipo primario de una línea de transmisión a los elementos que conforman el equipo de salida de un campo de una subestación, entre los cuales podemos mencionar: pararrayos, transformadores de potencial, transformadores de corriente, seccionadores e interruptores.

Cuando uno de estos elementos presenta daños y no son corregidos a tiempo, se genera una falla en la línea de transmisión.

Generalmente los pararrayos se dañan por la presencia de humedad en su interior. Esto se debe al agua que se filtra, cuando los empaques del pararrayos quedan mal ajustados, o por las fisuras que se van creando con el tiempo por

los esfuerzos mecánicos a que son sometidos los mismos. La humedad hace que el pararrayos pierda sus propiedades aislantes y se de una posible explosión del mismo.

De una forma similar los transformadores de potencial y los de corriente, se dañan por fisuras provocadas por los esfuerzos mecánicos a causa de los cables unidos en sus terminales, lo que generan derrames de aceite dieléctrico, y que en conjunto con la cantidad de años que llevan en servicio estos transformadores, se vuelven vulnerables a fallas y a una posible explosión.

2.12. Fase rota

Por causas ambientales, las líneas de transmisión se ven sometidas a esfuerzos mecánicos en las partes que la componen. Los conductores, cadenas de aisladores, torres y demás componentes, son tensados en distintas direcciones, a consecuencia del viento. La fuerza del viento provoca vibraciones en la línea, con consecuencias mecánicas considerables en ella y en sus componentes.

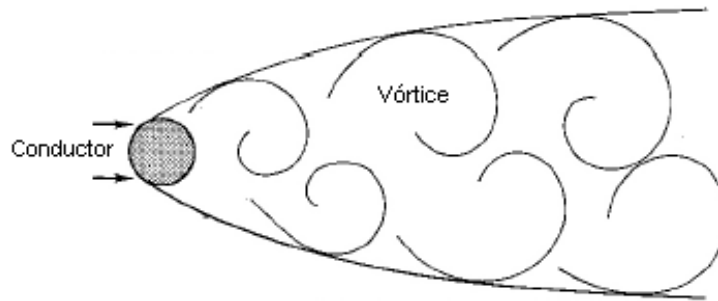
Generalmente en una línea se dan vibraciones de alta frecuencia, la cual se describe a continuación.

2.12.1. Vibraciones de alta frecuencia

Si suponemos que el viento golpea horizontalmente la línea de transmisión (caso más crítico), la posición y sentido del vórtice son muy inestables y debido a las perturbaciones propias del viento, cambian de arriba abajo alternativamente y de igual manera cambia el sentido de giro del vórtice, lo cual

provoca fuerzas alternas en el conductor, haciéndolo vibrar. Estas vibraciones se dan por lo general en el rango de 5 a 60 Hz.

Figura 18. Vórtice en el conductor



Puede ocurrir que las vibraciones sean tan fuertes y provoquen que el conductor se doble alternamente en una dirección y luego en la otra. En el punto en que el conductor está soportado por los aisladores, la curvatura y dobles del conductor es más pronunciada, dado que el movimiento es periódico, los hilos del conductor se calientan, provocando que estos se corten. Además del daño al conductor también se dañan los componentes que sujetan la línea.

Figura 19. Daño en un conductor debido a las vibraciones provocadas por el viento



La situación descrita anteriormente puede causar que la fase de una línea se rompa, provocando desbalances en la línea y corrientes de secuencia negativa.

2.13. Movimiento sísmico

Al igual que el viento un movimiento sísmico puede llegar a causar fallas en líneas de transmisión con vanos grandes, ya que las fases de la línea llegan a moverse acercándose una distancia tal que se forme un arco, fallando así la misma. Si la línea se encuentra rodeada de vegetación o terrenos rocosos, el movimiento sísmico es capaz de derivar árboles o provocar derrumbes que dañan la línea y pueden provocar una falla.

Los movimientos sísmicos provocan dentro de un transformador de potencia movimientos bruscos de aceite dieléctrico, que pueden ser interpretados por la protecciones propias del transformador como una falla, dejándolo fuera de servicio y sobrecarga otros bancos de transformación, esta sobrecarga requiere que se libere carga dejando sin servicio determinadas líneas, o por los esquemas de protección existentes se disparan ciertas líneas evitando el disparo total de la subestación.

2.14. No se determinó el motivo

Existe una gran cantidad de fallas en las líneas que no se pueden determinar que las provoco por lo que la causa es determinada como “No se determino el motivo”.

3. ANÁLISIS DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE LA EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE

En el análisis de fallas se busca determinar: cuál es la causa que provoca el mayor número de fallas en las líneas, qué línea es la que presenta el mayor número de fallas, qué fase es la que se encuentra más expuesta a fallas, a qué hora del día se da el mayor número de fallas; representadas por medio de tablas y gráficas para cada uno de los tres departamentos del país.

Para entender mejor las tablas que contienen los datos de los tipos de fallas, a continuación se describe el significado de sus casillas:

- AT: Falla fase A a tierra
- BT: Falla fase B a tierra
- CT: Falla fase C a tierra
- AB: Falla fase A y B
- BC: Falla fase B y C
- CA: Falla fase C y A
- ABT: Falla fase A y B a tierra
- BCT: Falla fase B y C a tierra
- CAT: Falla fase C y A a tierra
- ABC: Falla fase A, B y C
- ABCT: Falla fase A, B y C a tierra
- NSD: No se determinó el tipo de falla

3.1. Análisis de fallas ocurridas en el año 2002

En el año 2002 se dieron un total de 383 fallas distribuidas de la siguiente forma: 101 en el Departamento Central, 172 en el Departamento Occidental y 110 en el Departamento Oriental.

3.1.1. Departamento Central

3.1.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla IV. Número de fallas por causa, Departamento Central 2002

Departamento Central 2002		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	23	22.77%
Quema de caña	22	21.78%
Descarga electroatmosférica	17	16.83%
Fuerte viento	7	6.93%
Agentes extraños en la línea	3	2.97%
Incendio forestal	2	1.98%
Vegetación, árboles	2	1.98%
Fase rota	2	1.98%
Falla de equipo primario de línea	1	0.99%
Falla cable de guarda	1	0.99%
No se determinó el motivo	21	20.79%
Total	101	100.00%

En el Departamento Central, la fuerte lluvia, la quema de caña, la descarga electroatmosférica y el fuerte viento fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas; además se determinó que de cada 5 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.1.1.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla V. Número de fallas por tipo, Departamento Central 2002

Departamento Central 2002	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Guatemala Sur - Guatemala Norte 1	230	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ahuachapán - Guatemala Este 1	230	1	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 2	230	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Brillantes - Escuintla 1	230	2	2	12	-	-	4	-	-	-	3	1	4
Chixoy - Guatemala Norte 1	230	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Chixoy - Guatemala Norte 2	230	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Sur - Jurun Marinala 1	138	2	-	2	-	-	1	-	-	1	-	-	-
Jurun Marinala 2 - Guatemala Sur	138	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Escuintla 1 - Jurun Marinala 1	138	2	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Norte - Sanarate 1	69	-	-	2	1	-	-	-	-	-	1	-	-
Chimaltenango - Guatemala Sur 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
La Vega - Guatemala Sur 1	69	-	2	2	1	-	-	-	2	1	-	-	-
Jocote - Escuintla 1	69	4	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Pantaleón - Jocote 1	69	2	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
Cocales - Pantaleón 1	69	5	3	1	-	-	-	2	2	2	-	-	1
Total de fallas por cada Tipo		22	11	28	6	2	6	2	4	5	5	2	8
Porcentaje		21.78%	10.89%	27.72%	5.94%	1.98%	5.94%	1.98%	3.96%	4.95%	4.95%	1.98%	7.92%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 60.40%; las fallas bifásicas AB, BC y CA, con un total de 13.86%, y las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 10.89% presentan un porcentaje menor; mientras que las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 6.93% representan el porcentaje más bajo. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Escuintla - Brillantes con 28 fallas, siendo su fase más afectada la C con 12, de las cuales 9 fueron a causa de quema de caña, entre sus fases CA hubieron 4 fallas de las cuales 3 fueron

también por quema de caña; Cocales - Pantaleón con 16 fallas, siendo su fase más afectada la A con 5 fallas, de las cuales 2 fueron a causa de la fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica; Jocote - Escuintla con 9 fallas, donde no hubo una causa específica que provocará más fallas.

3.1.2. Departamento Occidental

3.1.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla VI. Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2002

Departamento Occidental 2002		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	62	36.05%
Descarga electroatmosférica	39	22.67%
Vegetación, árboles	11	6.40%
Fuerte viento	9	5.23%
Falla de equipo primario de línea	6	3.49%
Fase rota	6	3.49%
Quema de caña	4	2.33%
Falla de aislamiento	2	1.16%
Daño/falla en estructura	2	1.16%
Agentes extraños en la línea	2	1.16%
Robo/vandalismo/terrorismo	1	0.58%
Falla cable de guarda	1	0.58%
No se determinó el motivo	27	15.70%
Total	172	100.00%

En el Departamento Occidental, la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, la vegetación/árboles y el fuerte viento fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas, falla de equipo primario de línea y fase rota fueron dos causas con un porcentaje pequeño del total de las fallas pero significativo; además se determinó que de cada 6 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.1.2.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla VII. Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2002

Departamento Occidental 2002	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Champerico - Brillantes 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Coatepeque - Brillantes 1	69	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	2
La Cruz - Brillantes 1	69	2	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1
Retalhuleu - Brillantes 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
San Sebastian - Brillantes 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	2
La Noria - Cocales 1	69	4	1	2	-	-	-	-	-	-	1	-	11
Mazatenango - Cocales 1	69	4	3	2	-	1	-	1	3	1	1	1	3
Pologua - La Esperanza 1	69	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Solola - La Esperanza 1	69	4	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Porvenir - Malacatan 1	69	1	2	2	1	3	2	3	-	-	1	2	2
La Cruz - Mazatenango 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	2
Huehuetenango - Pologua 1	69	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Retalhuleu - San Sebastian 1	69	2	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	6
Brillantes - Santa Maria 1	69	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
La Esperanza - Santa Maria 1	69	3	-	3	1	3	-	-	-	-	2	-	2
Chimaltenango - Solola 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
Cocales - Solola 1	69	3	-	-	1	-	-	1	-	2	2	-	-
Quiche - Solola 1	69	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Melendrez - Malacatan 1	69	4	2	1	-	-	3	1	-	1	-	1	1
Brillantes - Mazatenango 1	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Melendrez - Coatepeque 1	69	1	3	6	1	1	1	-	-	-	2	-	2
Total de fallas por cada Tipo		35	15	21	8	10	6	7	3	5	18	4	40
Porcentaje		20.35%	8.72%	12.21%	4.65%	5.81%	3.49%	4.07%	1.74%	2.91%	10.47%	2.33%	23.26%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 41.28%; las fallas bifásicas AB, BC y CA, con un total de 13.95% representan un porcentaje menor que las fallas monofásicas pero mayor que las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 12.79% y las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 8.72%. La fase más expuesta a fallas fue la A seguido de la C.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Mazatenango - Cocales con 20 fallas, de las cuales 8 fueron a causa de fuerte lluvia y 5 por descarga electroatmosférica, sin resaltar alguna de sus fases; La Noria - Cocales con 19 falla, de las cuales 11 no se determino el tipo de falla, de ellas 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica; Porvenir - Malacatán con 19 fallas de las cuales 5 fueron a causa de fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica, sin afectan alguna fase en especial.

3.1.3. Departamento Oriental

3.1.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla VIII. Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2002

Departamento Oriental 2002		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	30	27.27%
Descarga electroatmosférica	23	20.91%
Fuerte viento	8	7.27%
Falla de aislamiento	3	2.73%
Agentes extraños en la línea	3	2.73%
Quema de caña	3	2.73%
Incendio forestal	2	1.82%
Vegetación, árboles	1	0.91%
Fase rota	1	0.91%
Daño/falla en estructura	1	0.91%
No se determinó el motivo	35	31.82%
Total	110	100.00%

En el Departamento Oriental, la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica y el fuerte viento fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas; además se determinó que de cada 3 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo representando un porcentaje bastante alto. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.1.3.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla IX. Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2002

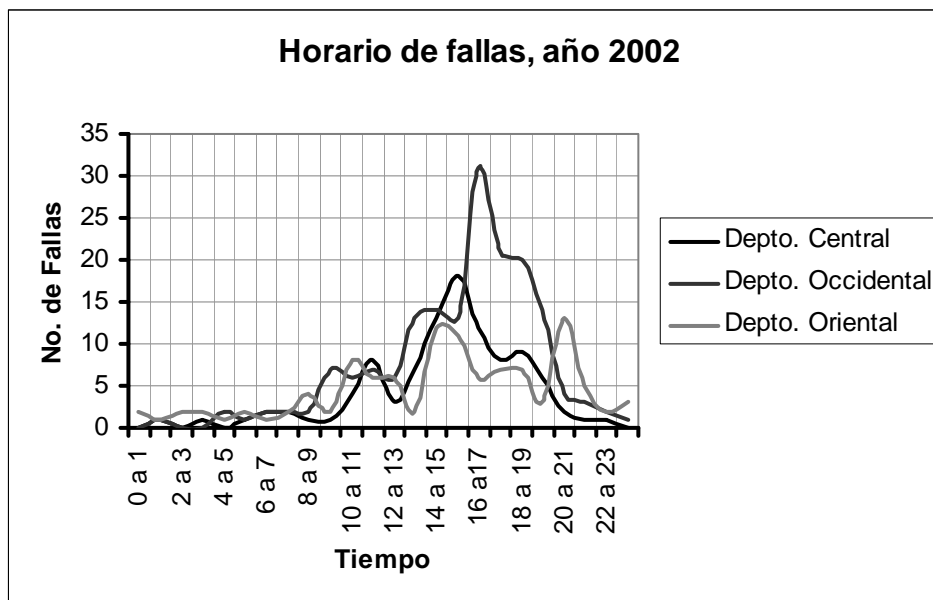
Departamento Occidental 2002 Linea Fallada	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Escuintla 1 - Chiquimulilla 1	138	3	-	4	3	2	-	-	-	1	1	-	1
Chiquimulilla - Jalpatagua 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Progreso - Chiquimulilla 1	138	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	1	-
Jalpatagua - Progreso 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Coban - Chisec 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
La Vega - Esclavos 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Progreso - Esclavos 1	69	15	4	3	-	-	1	-	1	-	1	-	6
La Ruidosa - Genor 1	69	2	2	1	-	-	-	1	-	-	-	1	4
Panaluya - La Ruidosa 1	69	5	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Bobos - La Ruidosa 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mayuelas - Panaluya 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quezaltepeque - Panaluya 1	69	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
El Jicaro - Progreso 1	69	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
La Fragua - Quezaltepeque 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Coban - San Julian 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Secacao - San Julian 1	69	1	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	5
El Rancho - Sanarate 1	69	2	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Jalapa - Sanarate 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
El Rancho - Santa Cruz 1	69	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matanzas - Santa Elena 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
San Julian - Santa Elena 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Progreso - Quetzaltepeque 1	69	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de fallas por cada Tipo		35	12	17	6	3	1	3	1	1	7	2	22
Porcentaje		31.82%	10.91%	15.45%	5.45%	2.73%	0.91%	2.73%	0.91%	0.91%	6.36%	1.82%	20.00%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 58.18%; las fallas bifásicas AB, BC y CA con un total de 9.09% y las fallas trifásicas ABC y ABCT con 8.18% con porcentajes muy similar y menores que las monofásicas; las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 4.55% representan el porcentaje más bajo. La fase más expuesta a fallas fue la A seguido de la C.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Progreso - Esclavos con 31 fallas, siendo su fase más afectada la A con 15 fallas de las cuales 1 fue a causa de fuerte lluvia y 6 por descarga electroatmosférica; Chiquimulilla - Escuintla con 15 fallas, de las cuales 5 fueron a causa de fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica, sin afectar alguna de sus fases en especial; La Ruidosa - Genor con 11 fallas, de las cuales 4 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica, sin afectar alguna de sus fases en especial.

3.1.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2002

Figura 20. Hora en que se presentaron las fallas. Año 2002



La gráfica anterior indica que para el Departamento Central el mayor número de falla se dio de las 14:00 a las 20:00 horas, para el Departamento Occidental el mayor número de fallas se dio de 13:00 a 20:00 y para el Departamento Oriental el mayor número de fallas se dio de 14:00 a 21:00 horas.

3.2. Análisis de fallas ocurridas en el año 2003

En el año 2003 se dieron un total de 522 fallas distribuidas de la siguiente forma: 125 en el Departamento Central, 252 en el Departamento Occidental y 145 en el Departamento Oriental.

3.2.1. Departamento Central

3.2.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla X. Número de fallas por causa, Departamento Central 2003

Departamento Central 2003		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	38	30.40%
Descarga electroatmosférica	29	23.20%
Quema de caña	21	16.80%
Fuerte viento	12	9.60%
Vegetación, árboles	4	3.20%
Agentes extraños en la línea	2	1.60%
Fase rota	2	1.60%
Falla de aislamiento	1	0.80%
Falla de equipo primario de línea	1	0.80%
Falla cable de guarda	1	0.80%
Accidentes automovilísticos	1	0.80%
No se determinó el motivo	13	10.40%
Total	125	100.00%

En el Departamento Central, la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, la quema de caña y el fuerte viento fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas; además se determinó que de cada 10 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.2.1.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XI. Número de fallas por tipo, Departamento Central 2003

Departamento Central 2003 Linea Fallada	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Guatemala Norte - Tac Tic 1	230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Guatemala Este - Guatemala Norte 1	230	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ahuachapan - Guatemala Este 1	230	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 1	230	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brillantes - Escuintla 1	230	-	-	17	-	-	1	-	-	-	-	-	5
Chixoy - Guatemala Norte 1	230	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chixoy - Guatemala Norte 2	230	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Sur - Jurun Marinala 1	138	2	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	4
Jurun Marinala 2 - Guatemala Sur	138	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla 1 - Jurun Marinala 1	138	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Norte - Sanarate 1	69	2	2	3	1	-	-	-	-	1	-	-	2
Chimaltenango - Guatemala Sur 1	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	1
La Vega - Guatemala Sur 1	69	4	-	-	1	-	-	1	2	-	4	2	-
Jocote - Escuintla 1	69	2	-	3	-	-	-	1	1	1	-	-	2
Pantaleon - Jocote 1	69	4	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Cocales - Pantaleon 1	69	9	7	2	-	-	-	-	-	5	1	-	2
Total de Falla por cada Tipo		28	18	33	3	1	1	2	4	7	9	2	17
Porcentaje		22.40%	14.40%	26.40%	2.40%	0.80%	0.80%	1.60%	3.20%	5.60%	7.20%	1.60%	13.60%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 63.20%; las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT, con un total de 10.40% representa un porcentaje bastante menor que las fallas monofásicas, pero mayor que las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 8.80% y las fallas bifásicas AB, BC y CA con un total de 4.00%. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Cocales - Pantaleón con 26 fallas, resaltando su fase A con 9 fallas de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica, su fase B con 7 fallas de las cuales 3

fueron por quema de caña; Escuintla - Brillantes con 23 fallas, resaltando su fase C con 17 fallas de las cuales 14 fueren a causa de quema de caña; La Vega - Guatemala Sur con 14 fallas, resaltando su fase A con 4 fallas de las cuales 3 fueron a causa de descarga electroatmosférica y 1 por fuerte lluvia, sus fases ABC con 4 fallas 3 de ellas a causa de fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica; Pantaleón - Jocote con 12 fallas, resaltando su fase B con 5 fallas de las cuales 2 fueron a causa de la fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica; Guatemala Norte - Sánarate con 11 fallas, de las cuales 5 fueron a causa de descarga electroatmosférica y 1 por fuerte lluvia, sin resaltar alguna de sus fases.

3.2.2. Departamento Occidental

3.2.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XII. Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2003

Departamento Occidental 2003		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	64	25.40%
Descarga electroatmosférica	42	16.67%
Fuerte viento	28	11.11%
Vegetación, árboles	15	5.95%
Fase rota	5	1.98%
Quema de caña	4	1.59%
Agentes extraños en la línea	3	1.19%
Falla de equipo primario de línea	3	1.19%
Falla cable de guarda	2	0.79%
Falla de aislamiento	1	0.40%
Daño/falla en estructura	1	0.40%
No se determinó el motivo	84	33.33%
Total	252	100.00%

En el Departamento Occidental, la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, el fuerte viento y la vegetación/árboles fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas, fase rota fue una de las causa con

un porcentaje pequeño del total de las fallas pero significativo; además se determinó que de cada 3 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo, representando un porcentaje bastante alto. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.2.2.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XIII. Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2003

Departamento Occidental 2003 Linea Fallada	Voltaje en KV	Tipo de Falla												
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD	
La Esperanza - Brillantes 1	230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Champerico - Brillantes 1	69	19	11	6	1	-	-	-	-	-	-	1	-	6
Coatepeque - Brillantes 1	69	2	1	6	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5
Intra - Brillantes 1	69	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1
La Cruz - Brillantes 1	69	2	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1	-	-
San Sebastian - Brillantes 1	69	2	-	1	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-
Melendrez - Coatepeque 2	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Noria - Cocales 1	69	5	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	10
Mazatenango - Cocales 1	69	1	7	8	-	-	-	1	3	-	3	1	-	-
Ixtahuacan - Huehuetenango 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Soloma - Huehuetenango 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Pologua - La Esperanza 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
San Marcos - La Esperanza 1	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	1	-
Solola - La Esperanza 1	69	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Porvenir - Malacatan 1	69	5	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
La Cruz - Mazatenango 1	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
La Maquina - Mazatenango 1	69	7	2	5	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Huehuetenango - Pologua 1	69	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-
Retalhuleu - San Sebastian 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	3
Brillantes - Santa Maria 1	69	2	2	2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	2
La Esperanza - Santa Maria 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Chimaltenango - Solola 1	69	3	-	1	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-
Cocales - Solola 1	69	2	-	-	1	-	1	3	2	-	2	-	-	1
Quiche - Solola 1	69	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Melendrez - Malacatan 1	69	6	-	1	-	2	1	-	1	-	-	-	-	2
Melendrez - Coatepeque 1	69	5	3	5	3	1	1	-	-	-	2	1	1	-
Total de Falla por cada Tipo		71	32	41	10	8	6	5	8	2	24	4	41	
Porcentaje		28.17%	12.70%	16.27%	3.97%	3.17%	2.38%	1.98%	3.17%	0.79%	9.52%	1.59%	16.27%	

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 57.14%; las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 11.11% representa un porcentaje menor que las fallas monofásicas, pero mayor que las fallas bifásicas AB, BC y CA, con un total de 9.52%, y las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 5.95%. La fase más expuesta a fallas fue la A seguido de la C.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Champerico - Brillantes con 44 fallas, resaltando su fase A con 19 fallas de las cuales 5 fueron a causa de fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica, su fase B con 11 fallas de las cuales 7 no se determinó el tipo de falla; Mazatenango - Cocales con 24 fallas, resaltando su fase C con 8 fallas de las cuales 4 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica, y su fase B con 7 fallas de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica; Meléndrez - Coatepeque 1 con 22 fallas, de las cuales 11 no se determinó la causa que la produjo, 4 fueron a causa de vegetación/árboles, 2 a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica, sin resaltar alguna de sus fases; La Noria - Cocales con 19 fallas, de las cuales 10 no se determinó el tipo de falla y de ellas 4 no se determinó la causa que produjo la falla.

3.2.3. Departamento Oriental

3.2.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XIV. Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2003

Departamento Oriental 2003		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	26	17.93%
Fuerte viento	21	14.48%
Descarga electroatmosférica	19	13.10%
Vegetación, árboles	11	7.59%
Quema de caña	7	4.83%
Agentes extraños en la línea	2	1.38%
Fase rota	2	1.38%
Falla de aislamiento	1	0.69%
Falla de equipo primario de línea	1	0.69%
No se determinó el motivo	55	37.93%
Total	145	100.00%

En el Departamento Oriental, la fuerte lluvia, el fuerte viento, la descarga electroatmosférica y la vegetación/árboles fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas; además se determinó que de cada 8 fallas que se dieron, 3 no se determinó la causa que la produjo representando un porcentaje bastante alto. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.2.3.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XV. Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2003

Departamento Oriental 2003	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Escuintla 1 - Chiquimulilla 1	138	2	1	4	1	4	-	-	-	-	4	-	-
Progreso - Chiquimulilla 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Cobán - Chisec 1	69	5	1	11	-	-	-	-	1	-	-	-	8
La Vega - Esclavos 1	69	1	1	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-
Progreso - Esclavos 1	69	9	3	-	1	1	-	1	-	-	1	-	-
La Ruidosa - Genor 1	69	-	1	1	1	-	-	-	-	3	1	-	2
Puerto Barrios - Genor 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Panalúya - La Fragua 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Panalúya - La Ruidosa 1	69	1	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Río Bobos - La Ruidosa 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Dulce - La Ruidosa 1	69	-	-	14	-	-	-	1	-	1	-	-	2
San Julián - Matanzas 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Santa Elena - Matanzas 1	69	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Mayuelas - Panalúya 1	69	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Quezaltepeque - Panalúya 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
El Jicaro - Progreso 1	69	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Fragua - Quezaltepeque 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Cobán - San Julián 1	69	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Secacao - San Julián 1	69	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
El Rancho - Sánarate 1	69	2	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Jalapa - Sánarate 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Elena - Sánarate 1	69	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
El Rancho - Santa Cruz 1	69	1	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Matanzas - Santa Elena 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Salamá - Santa Elena 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
San Julián - Santa Elena 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Julián - Tac Tic 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Progreso - Quezaltepeque 1	69	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Total de Falla por cada Tipo		28	15	40	3	5	3	4	1	5	14	3	24
Porcentaje		19.31%	10.34%	27.59%	2.07%	3.45%	2.07%	2.76%	0.69%	3.45%	9.66%	2.07%	16.55%

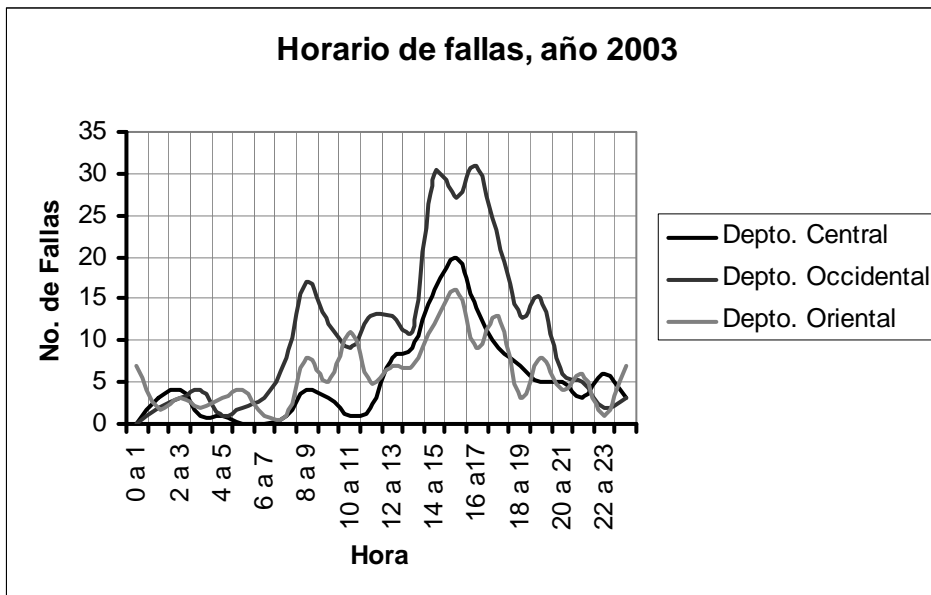
La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 57.24%; las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 11.72% representan un porcentaje

bajo, pero mayor que las fallas bifásicas AB, BC y CA con un total de 7.59% y las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 6.90%. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Cobán - Chisec con 26 fallas, 5 a causa de fuerte lluvia y 5 por descarga electroatmosférica, sin afectar alguna fase en especial; Río Dulce - La Ruidosa con 18 fallas, siendo su fase C la más afectada con 14 fallas de las cuales 3 fueron a causa de fuerte viento y 2 por Vegetación/Árboles; Escuintla - Chiquimulilla con 16 fallas resaltando los tipos de falla BC y ABC con 4 fallas cada tipo, y ambos a causa de quema de caña; Progreso - Esclavos con 16 fallas siendo su fase más afectada la A con 9 fallas de las cuales 4 fueron por fuerte viento y 3 por vegetación/árboles.

3.2.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2003

Figura 21. Hora en que se presentaron las fallas. Año 2003



La gráfica anterior indica que para el Departamento Central el mayor número de falla se dio de las 13:00 a las 19:00 horas, para el Departamento Occidental el mayor número de fallas se dio de 8:00 a 20:00 y para el Departamento Oriental el mayor número de fallas se dio de 13:00 a 20:00 horas.

3.3. Análisis de fallas ocurridas en el año 2004

En el año 2004 se dieron un total de 533 fallas distribuidas de la siguiente forma: 101 en el Departamento Central, 264 en el Departamento Occidental y 168 en el Departamento Oriental.

3.3.1. Departamento Central

3.3.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XVI. Número de fallas por causa, Departamento Central 2004

Departamento Central 2004		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	36	35.64%
Descarga electroatmosférica	24	23.76%
Quema de caña	12	11.88%
Agentes extraños en la línea	5	4.95%
Fuerte viento	5	4.95%
Accidentes automovilísticos	2	1.98%
Vegetación, árboles	1	0.99%
Robo/vandalismo/terrorismo	1	0.99%
Falla cable de guarda	1	0.99%
Daño/falla en estructura	1	0.99%
No se determinó el motivo	13	12.87%
Total	101	100.00%

En el Departamento Central la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica y la quema de caña fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas, los agentes extraños en la línea y el fuerte viento presentaron

porcentajes menores pero considerables; además se determinó que de cada 8 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.3.1.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XVII. Número de fallas por tipo, Departamento Central 2004

Departamento Central 2004 Línea Fallada	Voltaje en KV	Tipo de Falla											NSD
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	
Tac Tic - Chixoy 1	230	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Tac Tic - Chixoy 2	230	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Guatemala Norte - Tac Tic 1	230	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Norte - Tac Tic 2	230	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 1	230	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 2	230	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brillantes - Escuintla 1	230	2	-	9	-	1	1	1	-	-	-	-	-
Guatemala Sur - Jurún Marinalá 1	138	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jurún Marinalá 2 - Guatemala Sur	138	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Escuintla 1 - Jurún Marinalá 1	138	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	1	-
Guatemala Norte - Sánarate 1	69	-	2	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Chimaltenango - Guatemala Sur 1	69	3	-	3	-	-	1	-	-	-	4	1	-
La Vega - Guatemala Sur 1	69	2	3	2	1	-	-	1	2	-	2	-	-
Jocote - Escuintla 1	69	3	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Pantaleón - Jocote 1	69	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Cocales - Pantaleón 1	69	1	4	3	1	-	-	-	1	-	1	-	6
Total de Fallas por cada Tipo		19	15	27	2	4	5	2	3	1	9	2	12
Porcentaje		18.81%	14.85%	26.73%	1.98%	3.96%	4.95%	1.98%	2.97%	0.99%	8.91%	1.98%	11.88%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 60.40%; las fallas bifásicas AB, BC y CA y las fallas trifásicas ABC y ABCT ambas con un 10.89% representan un porcentaje bastante menor que las fallas monofásicas, pero mayor que las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 5.94%. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Cocales - Pantaleón con 17 fallas, siendo su fase más afectada la B con 4 fallas de las cuales 2 fueron a causa de fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica; Escuintla - Brillantes con 14 fallas, siendo su fase más afectada la C con 9 fallas de las cuales 8 fueron a causa de quema de caña; La Vega - Guatemala Sur con 13 fallas, de las cuales 6 fueron a causa de Fuerte Lluvia y 5 por Descarga Electroatmosférica, sin afectan alguno de sus fases en especial; Pantaleón - Jocote con 13 fallas siendo su fase más afectada la A con 4 fallas de las cuales 2 fueron a causa de fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica.

3.3.2. Departamento Occidental

3.3.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XVIII. Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2004

Departamento Occidental 2004		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	59	22.35%
Descarga electroatmosférica	40	15.15%
Vegetación, árboles	37	14.02%
Fuerte viento	28	10.61%
Quema de caña	12	4.55%
Agentes extraños en la línea	6	2.27%
Falla de aislamiento	3	1.14%
Fase rota	2	0.76%
Falla cable de guarda	2	0.76%
Daño/falla en estructura	1	0.38%
No se determinó el motivo	74	28.03%
Total	264	100.00%

En el Departamento Occidental la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, la vegetación/árboles y el fuerte viento fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas; además se determinó que de cada 7 fallas que se dieron, 2 no se determinó la causa que las produjo,

representando un porcentaje considerable. La quema de caña y los agentes extraños en la línea representan un porcentaje pequeño del total de las fallas pero significativo. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.3.2.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XIX. Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2004

Departamento Occidental 2004 Línea Fallada	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
La Esperanza - Brillantes 1	230	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Champerico - Brillantes 1	69	17	1	4	-	-	-	-	-	1	-	-	4
Coatepeque - Brillantes 1	69	2	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1
La Cruz - Brillantes 1	69	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
San Sebastián - Brillantes 1	69	-	1	2	-	-	-	-	1	-	1	-	-
Meléndrez - Coatepeque 2	69	2	2	2	5	2	-	-	1	-	1	-	-
La Noria - Cocales 1	69	3	-	1	1	-	2	-	1	1	-	-	8
Mazatenango - Cocales 1	69	9	1	3	-	2	-	1	1	-	2	1	7
Soloma - Huehuetenango 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Pologua - La Esperanza 1	69	-	1	2	-	-	-	-	-	1	-	-	1
San Marcos - La Esperanza 1	69	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-
Sololá - La Esperanza 1	69	3	2	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Porvenir - Malacatán 1	69	5	2	4	-	1	-	-	-	-	-	-	10
La Cruz - Mazatenango 1	69	1	-	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-
La Maquina - Mazatenango 1	69	9	1	6	-	4	-	-	1	2	-	-	22
Huehuetenango - Pologua 1	69	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Tejutla - San Marcos 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Retalhuleu - San Sebastián 1	69	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Brillantes - Santa Maria 1	69	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
La Esperanza - Santa Maria 1	69	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	-	-
Chimaltenango - Sololá 1	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1
Cocales - Sololá 1	69	1	1	3	-	-	-	-	-	1	2	1	-
Quiche - Sololá 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meléndrez - Malacatán 1	69	3	5	1	1	-	-	-	1	-	1	-	-
La Esperanza - Orzunil	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Santa Maria - Orzunil	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Meléndrez - Coatepeque 1	69	3	5	6	2	3	2	-	-	1	2	1	-
Total de Falla por cada Tipo		61	25	42	14	15	5	2	6	8	17	3	66
Porcentaje		23.11%	9.47%	15.91%	5.30%	5.68%	1.89%	0.76%	2.27%	3.03%	6.44%	1.14%	25.00%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 48.48%; las fallas bifásicas AB, BC y CA con un total de 12.88% y las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 7.58% representa un porcentaje menor que las fallas monofásicas; las fallas bifásicas AB, BC y CA, con un total de 6.06% representan el porcentaje más bajo del total de las fallas. La fase más expuesta a fallas fue la A seguido de la C.

Las líneas con más fallas registradas fueron: La Máquina - Mazatenango con 45 fallas, siendo su fase más afectada la A con 9 fallas de las cuales 3 fueron a causa de fuerte viento, 3 por fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica, además de las 22 en las que no se determinó el tipo de falla 16 no se determinó la causa; Champerico - Brillantes con 27 fallas, siendo su fase más afectada la A con 17 fallas de las cuales 5 fueron a causa de fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica; Mazatenango - Cocales con 27 fallas, siendo su fase más afectada la A con 9 fallas, de las cuales 4 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica; Meléndrez - Coatepeque 1 con 25 fallas, de las cuales 4 fueron a causa de fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica, sin resaltar alguna de sus fases en especial; Porvenir - Malacatán con 22 fallas, siendo su fase más afectada la A con 5 fallas de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica, además de las 10 fallas en las que no se determinó el tipo de falla 5 fueron a causa de vegetación/árboles; La Noria - Cocales con 17, fallas de las cuales 9 fueron a causa de quema de caña sin afectar alguna fase en especial.

3.3.3. Departamento Oriental

3.3.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XX. Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2004

Departamento Oriental 2004		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	47	27.98%
Descarga electroatmosférica	30	17.86%
Fuerte viento	11	6.55%
Vegetación, árboles	10	5.95%
Agentes extraños en la línea	5	2.98%
Quema de caña	3	1.79%
Falla de equipo primario de línea	3	1.79%
Fase rota	2	1.19%
Daño/falla en estructura	2	1.19%
Incendio forestal	1	0.60%
No se determinó el motivo	54	32.14%
Total	168	100.00%

En el Departamento Oriental, la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, el fuerte viento y la vegetación/árboles fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas. Los agentes extraños en la línea representan un porcentaje pequeño pero significativo; además se determinó que de cada 3 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo representando un porcentaje bastante alto. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.3.3.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXI. Número de falla por tipo, Departamento Oriental 2004

Departamento Oriental 2004	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Escuintla 1 - Chiquimulilla 1	138	3	2	3	1	1	-	-	-	-	2	-	-
Chiquimulilla - Jalpatagua 1	138	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Progreso - Chiquimulilla 1	138	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Jalpatagua - Progreso 1	138	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobán - Chisec 1	69	1	-	6	-	-	-	-	-	1	-	-	15
La Vega - Esclavos 1	69	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Progreso - Esclavos 1	69	6	4	5	1	2	-	-	-	1	1	-	-
La Ruidosa - Genor 1	69	-	1	-	2	-	-	-	-	1	1	-	1
Panalúya - La Fragua 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mayuelas - La Ruidosa 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Panalúya - La Ruidosa 1	69	1	2	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Río Dulce - La Ruidosa 1	69	3	4	7	1	4	-	1	1	-	1	-	1
Santa Elena - Matanzas 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tactic - Matanzas 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Mayuelas - Panalúya 1	69	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-
Río Dulce - Poptún 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	5
El Jicaro - Progreso 1	69	3	-	1	-	1	-	-	-	-	2	-	1
La Fragua - Quezaltepeque 1	69	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
Cobán - San Julián 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Secacao - San Julián 1	69	2	2	1	-	-	-	1	1	-	1	1	-
El Rancho - Sánarate 1	69	2	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Jalapa - Sánarate 1	69	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Santa Elena - Sánarate 1	69	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1
El Rancho - Santa Cruz 1	69	4	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Matanzas - Santa Elena 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Salamá - Santa Elena 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
San Julián - Tac Tic 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Progreso - Quezaltepeque 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Total de Fallas por cada Tipo		34	19	41	6	12	2	2	3	3	12	2	32
Porcentaje		20.24%	11.31%	24.40%	3.57%	7.14%	1.19%	1.19%	1.79%	1.79%	7.14%	1.19%	19.05%

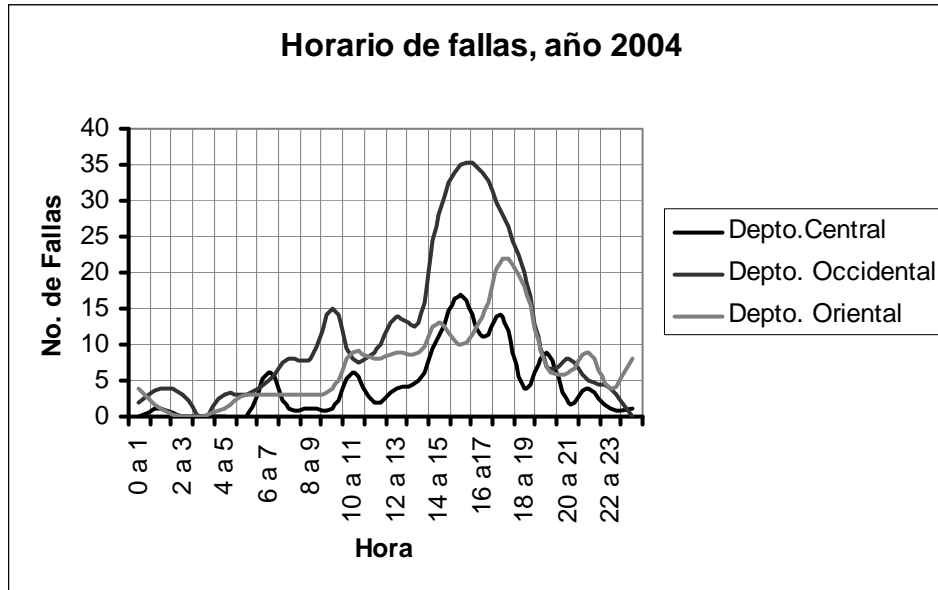
La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 55.95%; las

fallas bifásicas AB, BC y CA con un total de 11.90% y las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 8.33% representan un porcentaje más bajo que las fallas monofásicas, pero mayor que las bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total 4.76%. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Cobán - Chisec con 23 fallas, siendo su fase más afectada la C con 6 fallas de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica, además de las 15 que no se determinó el tipo de falla, 5 fueron a causa de fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica; Río Dulce - La Ruidosa con 23 fallas, siendo su fase C la más afectada con 7 fallas en las cuales no se determinó la causa que las produjo; Progreso - Esclavos con 20 fallas, siendo su fase más afectada la A con 6 fallas de las cuales 2 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica, su fase C fallo 5 veces, de ellas 3 fueron a causa de Fuerte Lluvia y 1 por descarga electroatmosférica; Chiquimulilla - Escuintla con 12, fallas de las cuales 5 fueron a causa de fuerte lluvia, 3 por descarga electroatmosférica y 3 por quema de caña, sin afectan ninguna fase en especial.

3.3.4. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2004

Figura 22. Hora en que se presentaron las fallas. Año 2004



La gráfica anterior indica que para el Departamento Central el mayor número de falla se dio de las 14:00 a las 20:00 horas, para el Departamento Occidental el mayor número de fallas se dio de 9:00 a 19:00 y para el Departamento Oriental el mayor número de fallas se dio de 10:00 a 19:00 horas.

3.4. Análisis de fallas ocurridas en el año 2005

En el año 2005 se dieron un total de 440 fallas distribuidas de la siguiente forma: 75 en el Departamento Central, 204 en el Departamento Occidental y 161 en el Departamento Oriental.

3.4.1. Departamento Central

3.4.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXII. Número de fallas por causa, Departamento Central 2005

Departamento Central 2005		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	19	25.33%
Descarga electroatmosférica	13	17.33%
Quema de caña	12	16.00%
Falla de equipo primario de línea	9	12.00%
Incendio forestal	3	4.00%
Fuerte viento	3	4.00%
Vegetación, árboles	2	2.67%
Fase rota	2	2.67%
Agentes extraños en la línea	1	1.33%
Daño/falla en estructura	1	1.33%
Movimiento sísmico	1	1.33%
No se determinó el motivo	9	12.00%
Total	75	100.00%

En el Departamento Central, la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, la quema de caña y la falla a equipo primario de línea fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas; además se determinó que de cada 8 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.4.1.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXIII. Número de fallas por tipo, Departamento Central 2005

Departamento Central 2005	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Línea Fallada													
Tac Tic - Chixoy 1	230	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Tac Tic - Chixoy 2	230	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Guatemala Norte - Tac Tic 1	230	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Norte - Tac Tic 2	230	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ahuachapan - Guatemala Este 1	230	-	-	-	4	-	-	-	-	-	1	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 1	230	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 2	230	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aguacapa - San Joaquín 1	230	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Brillantes - Escuintla 1	230	5	-	9	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Guatemala Sur - Jurún Marinalá 1	138	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jurún Marinalá 2 - Guatemala Sur	138	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jurún Marinalá - Palín II 1	138	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla 1 - Jurún Marinalá 1	138	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Norte - Sánarate 1	69	-	2	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Chimaltenango - Guatemala Sur 1	69	2	-	1	-	2	-	1	-	-	2	1	1
La Vega - Guatemala Sur 1	69	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jocote - Escuintla 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pantaleón - Jocote 1	69	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Cocales - Pantaleón 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Total de Fallas por cada Tipo		21	6	19	4	3	1	1	1	1	5	1	12
Porcentaje		28.00%	8.00%	25.33%	5.33%	4.00%	1.33%	1.33%	1.33%	1.33%	6.67%	1.33%	16.00%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 61.33%; las fallas bifásicas AB, BC y CA, con un total de 10.67% representa un porcentaje bastante menor que las fallas monofásicas, pero mayor que las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 4.00% y las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 8.00%. Las fases más expuestas a fallas fueron la A seguido de la C.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Escuintla - Brillantes con 15 fallas, siendo la más afectada la fase C con 9 fallas de las cuales 5 fueron a causa de quema de caña; Chimaltenango - Guatemala Sur con 10 fallas, de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 4 por descarga electroatmosférica; Cocales - Pantaleón con 8 fallas, de las cuales 3 fueron a causa de falla en equipo primario de línea y en las cuales no se determino la fase afectada.

3.4.2. Departamento Occidental

3.4.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXIV. Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2005

Departamento Occidental 2005		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	39	19.12%
Fuerte viento	26	12.75%
Descarga electroatmosférica	24	11.76%
Vegetación, árboles	19	9.31%
Quema de caña	10	4.90%
Agentes extraños en la línea	10	4.90%
Fase rota	7	3.43%
Daño/falla en estructura	5	2.45%
Falla de aislamiento	2	0.98%
Falla de equipo primario de línea	2	0.98%
Accidentes automovilísticos	1	0.49%
No se determinó el motivo	59	28.92%
Total	204	100.00%

En el Departamento Occidental, la fuerte lluvia, el fuerte viento, la descarga electroatmosférica y la vegetación/árboles fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas. La quema de caña, los agentes extraños en la línea y fase rota representan un porcentaje pequeño del total de fallas pero significativo; además se determinó que de cada 7 fallas que se dieron, 2 no se determinó la causa que la produjo, representando un porcentaje alto.

3.4.2.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXV. Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2005

Departamento Occidental 2005	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
La Esperanza - Brillantes 1	230	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
Champerico - Brillantes 1	69	11	1	5	-	-	2	-	2	-	-	-	4
Coatepeque - Brillantes 1	69	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1
La Cruz - Brillantes 1	69	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
San Sebastián - Brillantes 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Meléndrez - Coatepeque 2	69	4	1	3	-	-	-	-	1	-	1	-	1
La Noria - Cocales 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
Mazatenango - Cocales 1	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	12
Ixtahuacan - Huehuetenango 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
San Juan Ixcoy - Huehuetenango 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Pologua - La Esperanza 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	3
San Marcos - La Esperanza 1	69	4	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1
Sololá - La Esperanza 1	69	-	1	-	2	2	-	-	1	-	-	-	-
Porvenir - Malacatán 1	69	2	1	3	-	-	-	-	-	1	1	-	2
La Cruz - Mazatenango 1	69	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1
La Maquina - Mazatenango 1	69	1	-	2	1	-	-	-	-	-	1	-	23
Huehuetenango - Pologua 1	69	1	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	5
Tejutla - San Marcos 1	69	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Retalhuleu - San Sebastián 1	69	-	1	2	-	-	5	-	-	-	-	-	1
Brillantes - Santa Maria 1	69	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
La Esperanza - Santa Maria 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Chimaltenango - Sololá 1	69	1	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Cocales - Sololá 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1
Quiche - Sololá 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Meléndrez - Malacatán 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Patzún - Chimaltenango	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
La Esperanza - Orzunil	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Santa Maria - Orzunil	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Meléndrez - Coatepeque 1	69	2	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Total de Fallas por cada Tipo		33	12	28	7	5	8	0	4	2	14	1	90
Porcentaje		16.18%	5.88%	13.73%	3.43%	2.45%	3.92%	0.00%	1.96%	0.98%	6.86%	0.49%	44.12%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 35.78%; las fallas bifásicas AB, BC y CA con un total de 9.80% y las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 7.35% representan un porcentaje menor que las fallas monofásicas; las fallas bifásicas AB, BC y CA, con un total de 2.94% representa el porcentaje más bajo del total de las fallas. La fase más expuesta a fallas fue la A seguido de la C.

Las líneas con más fallas registradas fueron: La Máquina - Mazatenango con 28 fallas, de las cuales 23 no se determinó el tipo de falla y de ellas 5 fueron a causa de fuerte lluvia, 3 por descarga electroatmosférica y 4 por fuerte viento; Champerico - Brillantes con 25 fallas, siendo su fase más afectada la A con 11 fallas de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia, 3 por vegetación/árboles y 2 por descarga electroatmosférica; Mazatenango - Cocales con 15 fallas, de las cuales 12 no se determinó el tipo de falla y de ellas 2 fueron a causa de fuerte lluvia y 4 por descarga electroatmosférica; La Noria - Cocales con 14 fallas en las que no se determinó el tipo de falla y de ellas 5 fueron a causa de quema de caña y 2 por fase rota, además de 5 que no se determinó el motivo; Meléndrez - Coatepeque con 11 fallas, siendo su fase más afectada la A con 4 fallas de las cuales 3 fueron a causa de Vegetación/Árboles; de varias línea que registraron 10 fallas vale la pena mencionar a Porvenir - Malacatán ya que presentó dos fallas en su fase A causa de fase rota.

3.4.3. Departamento Oriental

3.4.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXVI. Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2005

Departamento Oriental 2005		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	44	27.33%
Descarga electroatmosférica	28	17.39%
Vegetación, árboles	12	7.45%
Fuerte viento	9	5.59%
Quema de caña	8	4.97%
Falla de equipo primario de línea	6	3.73%
Falla de aislamiento	2	1.24%
Agentes extraños en la línea	2	1.24%
Daño/falla en estructura	2	1.24%
Incendio forestal	1	0.62%
Movimiento sísmico	1	0.62%
No se determinó el motivo	46	28.57%
Total	161	100.00%

En el Departamento Oriental, la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, la vegetación/árboles, el fuerte viento y la quema de caña fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas. La falla de equipo primario de línea representa un porcentaje pequeño pero significativo por ser causa menos frecuente; además se determinó que de cada 7 fallas que se dieron, 2 no se determinó la causa que la produjo, representando un porcentaje considerable. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.4.3.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXVII. Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2005

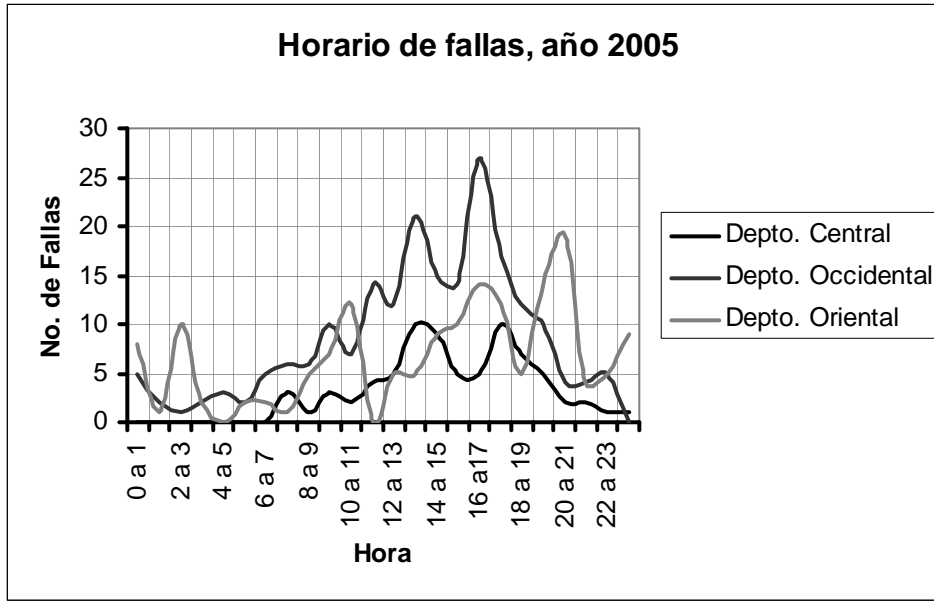
Departamento Oriental 2005	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Escuintla 1 - Chiquimulilla 1	138	6	2	2	4	1	-	1	-	-	1	-	-
Chiquimulilla - Jalpatagua 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	1
Progreso - Chiquimulilla 1	138	1	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-
Jalpatagua - Progreso 1	138	-	-	2	1	-	-	-	-	-	1	-	1
Progreso - Ipala 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Cobán - Chisec 1	69	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	14
La Vega - Esclavos 1	69	-	2	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Progreso - Esclavos 1	69	-	3	2	1	-	-	1	-	-	-	-	1
Río Dulce - Estor 1	69	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
La Ruidosa - Genor 1	69	-	1	1	-	1	-	-	2	1	-	-	2
Puerto Barrios - Genor 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
San Rafael las Flores - Jalapa 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Mayuelas - La Ruidosa 1	69	1	1	2	-	-	-	1	1	-	-	-	1
Río Bobos - La Ruidosa 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Dulce - La Ruidosa 1	69	3	-	4	1	-	-	1	1	-	-	-	1
Santa Elena - Matanzas 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Tac Tic - Matanzas 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5
Mayuelas - Panalúya 1	69	1	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	2
Río Dulce - Poptún 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
El Jicaro - Progreso 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Quezaltepeque - Río Grande 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Fragua - Quezaltepeque 1	69	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Cobán - San Julián 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Secacao - San Julián 1	69	2	3	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-
El Rancho - Sánarate 1	69	4	-	3	-	-	1	-	-	-	1	-	-
Jalapa - Sánarate 1	69	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Elena - Sánarate 1	69	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-
El Rancho - Santa Cruz 1	69	3	-	5	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Playa Grande - Chisec	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Progreso - Quezaltepeque 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Total de Fallas por cada Tipo		28	14	33	10	5	1	7	4	1	12	1	45
Porcentaje		17.39%	8.70%	20.50%	6.21%	3.11%	0.62%	4.35%	2.48%	0.62%	7.45%	0.62%	27.95%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 46.58%; las fallas bifásicas AB, BC y CA con un total de 9.94%, las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT, y CAT con un total de 7.45% y las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total 8.07% representan porcentajes menores. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Escuintla - Chiquimulilla con 17 fallas, siendo su fase más afectada la A con 6 fallas de las cuales 2 fueron a causa de fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica, además las 4 fallas tipo AB que se dieron en esta línea fueron a causa de quema de caña; Cobán - Chisec con 16, fallas de las cuales 14 no se determinó el tipo de falla y de ellas 5 fueron a causa de fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica; El Rancho - Santa Cruz con 12 fallas, siendo su fase más afectada la C con 5 sin mencionar alguna causa que haya provocado la mayor cantidad de fallas; Río Dulce - La Ruidosa con 11 fallas, de las cuales 4 fueron a causa de vegetación/árboles sin afectar alguna fase en especial; vale la pena mencionar a la línea Progreso - Quezaltepeque, ya que las 2 fallas que se presentaron en ella fueron a causa de falla en equipo primario de línea.

3.4.3. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2005

Figura 23. Hora en que se presentaron las fallas. Año 2005



La gráfica anterior indica que para el Departamento Central el mayor número de falla se dio de las 12:00 a las 18:00 horas, para el Departamento Occidental el mayor número de fallas se dio de 9:00 a 19:00, y para el Departamento Oriental el mayor número de fallas se dio de 13:00 a 19:00 horas.

3.5. Análisis de fallas ocurridas en el año 2006

En el año 2006 se dieron un total de 489 fallas distribuidas de la siguiente forma: 114 en el Departamento Central, 231 en el Departamento Occidental y 144 en el Departamento Oriental.

3.5.1. Departamento Central.

3.5.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXVIII. Número de fallas por causa, Departamento Central 2006

Departamento Central 2006		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	36	31.58%
Descarga electroatmosférica	25	21.93%
Falla de equipo primario de línea	8	7.02%
Quema de caña	5	4.39%
Incendio forestal	4	3.51%
Fuerte viento	4	3.51%
Agentes extraños en la línea	3	2.63%
Fase rota	2	1.75%
Vegetación, árboles	1	0.88%
Daño/falla en estructura	1	0.88%
No se determinó el motivo	25	21.93%
Total	114	100.00%

En el Departamento Central, la fuerte lluvia y la descarga electroatmosférica fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas, la falla de equipo primario de línea presenta un porcentaje menor en comparación con las dos causas anteriores pero muy significativo, ya que este tipo de falla no es tan común; además se determinó que de cada 9 fallas que se dieron, 2 no se determinó la causa que la produjo. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.5.1.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXIX. Número de fallas por tipo, Departamento Central 2006

Departamento Central 2006	Voltaje en KV	Tipo de Falla											NSD	
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT		
Guatemala Norte - Tac Tic 2	230	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Sur - Guatemala Norte 1	230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Ahuachapan - Guatemala Este 1	230	-	3	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Escuintla - Guatemala Sur 1	230	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 2	230	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aguacapa - San Joaquín 1	230	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Brillantes - Escuintla 1	230	1	-	5	-	-	2	-	-	1	-	-	-	2
Guatemala Sur - Jurún Marinalá 1	138	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Palín II - Guatemala Sur 1	138	2	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Jurún Marinalá - Palín II 1	138	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Escuintla 1 - Jurún Marinalá 1	138	-	1	2	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
Guatemala Norte - Sánarate 1	69	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chimaltenango - Guatemala Sur 1	69	2	3	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
La Vega - Guatemala Sur 1	69	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jocote - Escuintla 1	69	4	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Pantaleón - Jocote 1	69	2	3	4	-	1	-	2	-	-	-	-	-	12
Cocales - Pantaleón 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
Total de Fallas por cada Tipo		19	18	26	1	2	3	4	1	3	0	0	0	37
Porcentaje		16.67%	15.79%	22.81%	0.88%	1.75%	2.63%	3.51%	0.88%	2.63%	0.00%	0.00%	0.00%	32.46%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 55.26%; las fallas bifásicas AB, BC y CA, con un total de 5.26% y las bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 7.02% representan un porcentajes menores. En este año no se presentaron fallas trifásicas y el porcentaje del tipo de falla no determinado fue alto. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Pantaleón - Jocote con 24 fallas, siendo la fase más afectada la C con 4 fallas de las cuales 2 fueron a causa de fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica; Cocales - Pantaleón

con 20 fallas, de las cuales 19 no se determinó el tipo de falla y de ellas 6 fueron a causa de fuerte lluvia y 5 por descarga electroatmosférica; Escuintla - Brillantes con 11 fallas, siendo su fase más afectada la C con 5 fallas de las cuales 2 fueron a causa de quema de caña y 2 por fuerte lluvia; vale la pena mencionar a las líneas Guatemala Sur - Jurún Marinalá, Palín II - Guatemala Sur, Jurún Marinalá - Palín II y Escuintla - Jurún Marinalá 1, ya que cada una de ellas presentó una falla en equipo primario de línea.

3.5.2. Departamento Occidental

3.5.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXX. Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2006

Departamento Occidental 2006		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	64	27.71%
Descarga electroatmosférica	41	17.75%
Vegetación, árboles	23	9.96%
Fuerte viento	16	6.93%
Quema de caña	6	2.60%
Falla de aislamiento	5	2.16%
Daño/falla en estructura	3	1.30%
Agentes extraños en la línea	2	0.87%
Fase rota	2	0.87%
Falla cable de guarda	2	0.87%
Falla de equipo primario de línea	2	0.87%
No se determinó el motivo	65	28.14%
Total	231	100.00%

En el Departamento Occidental, la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, la vegetación/árboles y el fuerte viento fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas; además se determinó que de cada 7 fallas que se dieron, 2 no se determinó la causa que la produjo, representando un porcentaje considerable. El resto de las causas suman un porcentaje pequeño.

3.5.2.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXXI. Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2006

Departamento Occidental 2006	Voltaje en KV	Tipo de Falla												NSD
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT		
La Esperanza - Brillantes 1	230	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Champerico - Brillantes 1	69	6	3	11	-	1	-	-	4	1	-	-	3	
Coatepeque - Brillantes 1	69	3	4	3	2	-	-	-	2	-	-	-	-	
Iltra - Brillantes 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
La Cruz - Brillantes 1	69	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
San Sebastián - Brillantes 1	69	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Meléndrez - Coatepeque 2	69	1	-	5	2	-	-	2	1	-	-	-	1	
La Noria - Cocales 1	69	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	14	
Mazatenango - Cocales 1	69	4	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	3	
Ixtahuacan - Huehuetenango 1	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	
San Juan Ixcoy - Huehuetenango 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Pologua - La Esperanza 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
San Marcos - La Esperanza 1	69	1	2	2	3	1	-	1	-	-	2	-	2	
Sololá - La Esperanza 1	69	2	1	2	2	-	-	-	-	-	1	-	-	
Porvenir - Malacatán 1	69	3	4	2	-	1	-	-	-	-	-	-	2	
La Cruz - Mazatenango 1	69	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	
La Maquina - Mazatenango 1	69	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	18	
Huehuetenango - Pologua 1	69	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	1	
Tejutla - San Marcos 1	69	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	
Retalhuleu - San Sebastián 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Brillantes - Santa Maria 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
Cocales - Sololá 1	69	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2	1	9	
Quiche - Sololá 1	69	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	
Tacaná - Tejutla 1	69	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	7	
Meléndrez - Malacatán 1	69	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	5	
Patzún - Chimaltenango	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
La Esperanza - Orzunil	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	
Santa Maria - Orzunil	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	
Mazatenango - Chicacao	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
Cocales - Chicacao	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
Meléndrez - Coatepeque 1	69	1	3	2	-	-	2	2	1	-	-	-	-	
Total de Fallas por cada Tipo		30	21	33	14	5	3	8	12	2	11	2	90	
Porcentaje		12.99%	9.09%	14.29%	6.06%	2.16%	1.30%	3.46%	5.19%	0.87%	4.76%	0.87%	38.96%	

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 36.36%; las fallas bifásica AB, BC y CA con un total de 9.52% y las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 9.52% representa un porcentaje menor que las fallas monofásicas pero mayor que las fallas trifásicas ABC y ABCT, ya que éstas representan el porcentaje más bajo, con un total de 5.63%. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Champerico - Brillantes con 29 fallas, siendo su fase más afectada la C con 11 fallas de las cuales 4 fueron a causa de fuerte lluvia, 2 por descarga electroatmosférica y 2 por vegetación/árboles; La Máquina - Mazatenango con 19 fallas, de las cuales 18 no se determinó el tipo de falla y de ellas 7 fueron a causa de fuerte lluvia y 5 por descarga electroatmosférica; La Noria - Cocales con 17 fallas, de las cuales 14 no se determinó el tipo de falla y de ellas 5 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica; vale la pena mencionar 3 línea con 14 fallas cada una, la primera San Marcos - La Esperanza, de las cuales 4 fueron a causa falla de aislamiento entre sus fases A y B, la segunda Coatepeque - Brillantes, de las cuales 6 fallas fueron a causa de fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica y la última Cocales - Sololá, de las cuales 9 no se determinó el tipo de falla, 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica.

3.5.3. Departamento Oriental

3.5.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXXII. Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2006

Departamento Oriental 2006		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	36	25.00%
Descarga electroatmosférica	26	18.06%
Fuerte viento	7	4.86%
Quema de caña	6	4.17%
Agentes extraños en la línea	6	4.17%
Accidentes automovilísticos	2	1.39%
Falla de aislamiento	1	0.69%
Vegetación, árboles	1	0.69%
Robo/vandalismo/terrorismo	1	0.69%
Falla de equipo primario de línea	1	0.69%
Daño/falla en estructura	1	0.69%
No se determinó el motivo	56	38.89%
Total	144	100.00%

En el Departamento Oriental la fuerte lluvia, la descarga electroatmosférica, fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas. El fuerte viento, la quema de caña y los agentes extraños en la línea representan un porcentaje bajo pero significativo; además se determinó que de cada 7 fallas que se dieron, 2 no se determinó la causa que la produjo representando un porcentaje bastante alto. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.5.3.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXXIII. Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2006

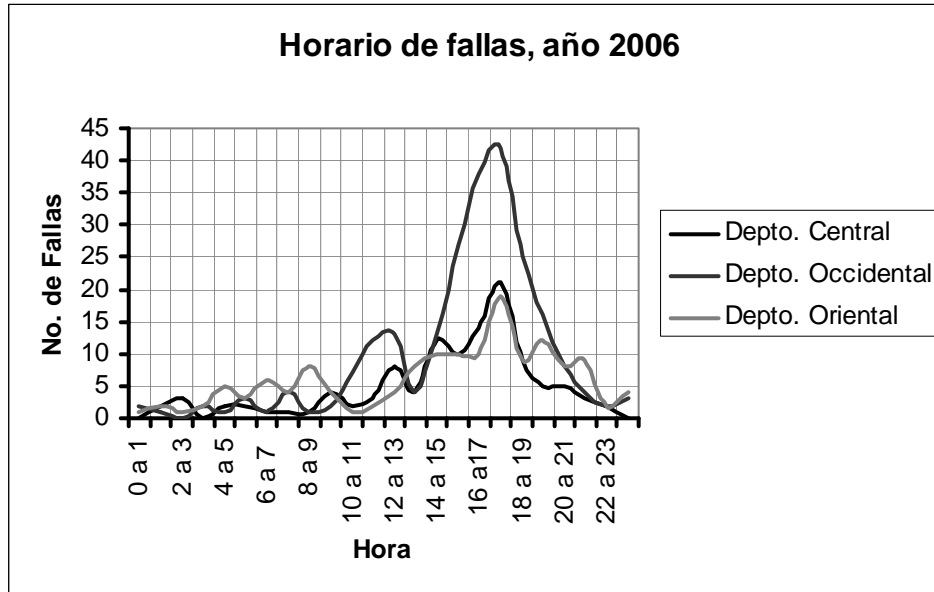
Departamento Oriental 2006	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
Esquintla 1 - Chiquimulilla 1	138	2	-	4	2	-	-	2	-	-	-	-	-
Chiquimulilla - Jalpatagua 1	138	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Progreso - Chiquimulilla 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
Jalpatagua - Progreso 1	138	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Ipala - Río Grande 1	138	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Progreso - Ipala 1	138	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobán - Chisec 1	69	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1
La Vega - Esclavos 1	69	1	2	1	-	2	-	-	-	-	-	-	2
Progreso - Esclavos 1	69	6	2	3	-	1	-	3	-	-	1	1	-
Río Dulce - Estor 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
La Ruidosa - Genor 1	69	2	-	1	1	-	-	-	1	2	1	-	2
San Rafael las Flores - Jalapa 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Mayuelas - La Ruidosa 1	69	-	-	2	-	1	-	-	-	-	1	-	1
Panalúya - La Ruidosa 1	69	1	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Río Bobos - La Ruidosa 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Dulce - La Ruidosa 1	69	-	1	6	-	-	-	1	-	-	-	-	2
Santa Elena - Matanzas 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Tac Tic - Matanzas 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Mayuelas - Panalúya 1	69	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Río Dulce - Poptún 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
El Jicaro - Progreso 1	69	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Cobán - San Julián 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Secacao - San Julián 1	69	1	1	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1
El Rancho - Sánarate 1	69	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jalapa - Sánarate 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Santa Elena - Sánarate 1	69	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	1
El Rancho - Santa Cruz 1	69	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matanzas - Santa Elena 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
San Julián - Tac Tic 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
San Julián - Tac Tic 2	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
La Fragua - Río Grande 1	69	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Playa Grande - Chisec	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Total de Fallas por cada Tipo		22	11	32	5	5	1	8	4	2	7	2	45
Porcentaje		15.28%	7.64%	22.22%	3.47%	3.47%	0.69%	5.56%	2.78%	1.39%	4.86%	1.39%	31.25%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan los porcentajes más altos de todos los tipos de fallas con un total de 45.14%; las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 9.72%, representan un porcentaje menor que las fallas monofásicas pero mayor que las fallas bifásicas AB, BC, y CA con un total de 7.64% y las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total 6.25%. La fase más expuesta a fallas fue la C seguido de la A.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Progreso - Esclavos con 17 fallas, siendo su fase más afectada la A con 6 fallas de las cuales 2 fueron a causa de agentes extraños en la línea, su fase B también presentó 1 falla a causa de agentes extraños en la línea; Escuintla - Chiquimulilla con 10 fallas, de las cuales la quema de caña provocó 2 fallas tipo AB y dos tipo ABT; La Ruidosa - Genor con 10 fallas, de las cuales 4 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica, sin resaltar alguna de sus fases; Río Dulce - La Ruidosa con 10 fallas, siendo su fase más afectada la C con 6 fallas de las cuales 3 no se determinó el motivo que la produjo y 1 fue por accidente automovilístico; vale la pena mencionar la línea La Vega - Esclavos que falló 8 veces, de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica.

3.5.3. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2006.

Figura 24. Hora en que se presentan las fallas. Año 2006



La gráfica anterior indica que para el Departamento Central el mayor número de falla se dio de las 14:00 a las 19:00 horas, para el Departamento Occidental el mayor número de fallas se dio de 11:00 a 20:00 y para el Departamento Oriental el mayor número de fallas se dio de 13:00 a 22:00 horas.

3.6. Análisis de fallas ocurridas en el año 2007

En el año 2007 se dieron un total de 405 fallas distribuidas de la siguiente forma: 60 en el Departamento Central, 199 en el Departamento Occidental y 146 en el Departamento Oriental.

3.6.1. Departamento Central

3.6.1.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXXIV. Número de fallas por causa, Departamento Central 2007

Departamento Central 2007		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Descarga electroatmosférica	19	31.67%
Fuerte lluvia	11	18.33%
Quema de caña	5	8.33%
Agentes extraños en la línea	3	5.00%
Accidentes automovilísticos	2	3.33%
Falla de aislamiento	1	1.67%
Incendio forestal	1	1.67%
Vegetación, árboles	1	1.67%
Falla de equipo primario de línea	1	1.67%
No se determinó el motivo	16	26.67%
Total	60	100.00%

En el Departamento Central la descarga electroatmosférica, la fuerte lluvia y la quema de caña fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas; además se determinó que de cada 4 fallas que se dieron, 1 no se determinó la causa que la produjo. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.6.1.2. Fase más afectada por las fallas.

Tabla XXXV. Número de fallas por tipo, Departamento Central 2007

Departamento Central 2007	Voltaje en KV	Tipo de Falla												
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD	
Tac Tic - Chixoy 1	230	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guatemala Norte - Tac Tic 2	230	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ahuachapán - Guatemala Este 1	230	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Guatemala Sur - Guatemala Este 1	230	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 1	230	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escuintla - Guatemala Sur 2	230	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aguacapa - San Joaquín 1	230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Brillantes - Escuintla 1	230	2	-	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Guatemala Sur - Jurún Marinalá 1	138	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Jurún Marinalá 2 - Guatemala Sur	138	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jurún Marinalá - Palín II 1	138	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Escuintla 1 - Jurún Marinalá 1	138	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Palín II - Planta Caldera	138	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Guatemala Norte - Sánarate 1	69	3	3	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
Chimaltenango - Guatemala Sur 1	69	1	3	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-
La Vega - Guatemala Sur 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Jocote - Escuintla 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Pantaleón - Jocote 1	69	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Cocales - Pantaleón 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Total de Fallas por cada Tipo		14	13	7	1	2	1	1	2	2	2	0	15	
Porcentaje		23.33%	21.67%	11.67%	1.67%	3.33%	1.67%	1.67%	3.33%	3.33%	3.33%	0.00%	25.00%	

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan los porcentajes más altos de todos los tipos de fallas con un total de 56.67%; las bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 8.33% y las fallas bifásicas AB, BC y CA, con un total de 6.67% representan un porcentaje más bajo, pero mayor que las fallas trifásicas que contabilizan tan solo 3.33%. La fase más expuesta a fallas fue la A seguido de la B.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Cocales - Pantaleón con 11 fallas, de las cuales 10 no se determinó el tipo de falla y de ellas 6 no se

determinó la causa que la produjo; Guatemala Norte - Sanarate con 9 fallas, de las cuales 3 fueron a causa de descarga electroatmosférica, 2 por fuerte lluvia y 2 por agentes extraños en la línea, sin afectan alguna de sus fases en especial; Escuintla - Brillantes con 8 fallas, siendo su fase más afectada la C con 4 fallas todas por quema de caña, además se dieron 2 fallas a causa de descarga electroatmosférica; vale la pena mencionar 2 líneas que presentaron 6 fallas, la primera Chimaltenango - Guatemala Sur, de las cuales 3, fueron a causa de descarga electroatmosférica, la segunda Pantaleón - Jocote, de las cuales 2 fueron a causa de fuerte lluvia y 1 por descarga electroatmosférica.

3.6.2. Departamento Occidental

3.6.2.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXXVI. Número de fallas por causa, Departamento Occidental 2007

Departamento Occidental 2007		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Descarga electroatmosférica	38	19.10%
Fuerte lluvia	35	17.59%
Vegetación, árboles	12	6.03%
Agentes extraños en la línea	7	3.52%
Fuerte viento	7	3.52%
Quema de caña	4	2.01%
Fase rota	4	2.01%
Falla de aislamiento	3	1.51%
Falla de equipo primario de línea	2	1.01%
Incendio forestal	1	0.50%
Falla cable de guarda	1	0.50%
No se determinó el motivo	85	42.71%
Total	199	100.00%

En el Departamento Occidental, la descarga electroatmosférica, la fuerte lluvia y la vegetación/árboles fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas, los agentes extraños en la línea y el fuerte viento representan porcentajes menores pero considerables; además se determinó

que de cada 7 fallas que se dieron, 3 no se determinó la causa que la produjo, representando un porcentaje alto. El resto de causas suman un porcentaje bajo.

3.6.2.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXXVII. Número de fallas por tipo, Departamento Occidental 2007

Departamento Occidental 2007	Voltaje en KV	Tipo de Falla											
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	NSD
La Esperanza - Brillantes 1	230	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Champerico - Brillantes 1	69	3	2	3	-	-	-	-	1	-	1	-	-
Coatepeque - Brillantes 1	69	1	1	3	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Intra - Brillantes 1	69	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
La Cruz - Brillantes 1	69	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1
San Sebastián - Brillantes 1	69	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Meléndrez - Coatepeque 2	69	-	1	-	-	2	-	1	-	-	-	-	2
La Noria - Cocales 1	69	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	7
Ixtahuacan - Huehuetenango 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
San Juan Ixcay - Huehuetenango 1	69	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Pologua - La Esperanza 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	6
San Marcos - La Esperanza 1	69	1	-	2	2	-	-	-	-	1	1	-	2
Sololá - La Esperanza 1	69	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	1
Porvenir - Malacatán 1	69	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3
La Cruz - Mazatenango 1	69	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
La Maquina - Mazatenango 1	69	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	25
Huehuetenango - Pologua 1	69	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	2
Tejutla - San Marcos 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Brillantes - Santa Maria 1	69	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Cocales - Sololá 1	69	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	1	8
Quiche - Sololá 1	69	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Tacaná - Tejutla 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Meléndrez - Malacatán 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Patzún - Chimaltenango	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
La Esperanza - Orzunil	69	1	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-
Santa Maria - Orzunil	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Mazatenango - Chicacao	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Cocales - Chicacao	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Meléndrez - Coatepeque 1	69	1	3	1	-	-	1	-	-	-	-	-	7
Total de Fallas por cada Tipo		20	17	13	5	9	2	2	3	1	9	2	116
Porcentaje		10.05%	8.54%	6.53%	2.51%	4.52%	1.01%	1.01%	1.51%	0.50%	4.52%	1.01%	58.29%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todo los tipos de fallas con un total de 25.13%; las fallas bifásicas AB, BC y CA con un total de 8.04%, las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 3.02% y las fallas trifásicas ABC y ABCT con un total de 5.53% representaron porcentajes menores; las fallas en las que no se determinó el tipo sumaron el porcentaje más alto de todos los años analizados. La fase más expuesta a fallas fue la A seguido de la B.

Las líneas con más fallas registradas fueron: La Máquina - Mazatenango con 29 fallas, de las cuales 25 no se determinó el tipo de falla y de ellas 17 no se determinó la causa que las produjo, 4 fueron por fuerte lluvia y 3 por descarga electroatmosférica; Cocales - Sololá con 15 fallas, de las cuales 8 no se determinó el tipo y de ellas 6 no se determinó la causa que las produjo, además de las 15 fallas 3 fueron por falla de aislamiento, 2 por fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica; Meléndrez - Coatepeque 1 con 13 fallas, de las cuales 7 no se determinó el tipo de falla y de ellas 3 fueron a causa de fuerte lluvia, 2 por descarga electroatmosférica y 2 por vegetación/árboles; Cocales - Chicacao con 12 fallas, en las que no se determinó el tipo y de las cuales 3 fueron por fuerte lluvia y 4 por descarga electroatmosférica; vale la pena mencionar 2 líneas con 10 fallas cada una, la primera de ellas Champerico - Brillantes, de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 6 por descarga electroatmosférica, la otra Tejutla - San Marcos, de las cuales 2 fallas fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica.

3.6.3. Departamento Oriental

3.6.3.1. Causa que provocó el mayor número de fallas

Tabla XXXVIII. Número de fallas por causa, Departamento Oriental 2007

Departamento Oriental 2007		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	21	14.38%
Descarga electroatmosférica	19	13.01%
Quema de caña	9	6.16%
Agentes extraños en la línea	8	5.48%
Vegetación, árboles	8	5.48%
Fuerte viento	8	5.48%
Falla de aislamiento	3	2.05%
Fase rota	3	2.05%
Falla de equipo primario de línea	3	2.05%
Daño/falla en estructura	3	2.05%
Robo/vandalismo/terrorismo	1	0.68%
Falla cable de guarda	1	0.68%
Accidentes automovilísticos	1	0.68%
No se determinó el motivo	58	39.73%
Total	146	100.00%

En el Departamento Oriental, la fuerte lluvia y la descarga electroatmosférica fueron las causas que generaron el mayor porcentaje de fallas. Vale la pena mencionar que la quema de caña, los agentes extraños en la línea, la vegetación/árboles y el fuerte viento representan porcentajes menores pero significativos; además se determinó que de cada 5 fallas que se dieron, 2 no se determinó la causa que la produjo, representando un porcentaje bastante alto. El resto de las causas representan un porcentaje pequeño del total de las fallas.

3.6.3.2. Fase más afectada por las fallas

Tabla XXXIX. Número de fallas por tipo, Departamento Oriental 2007

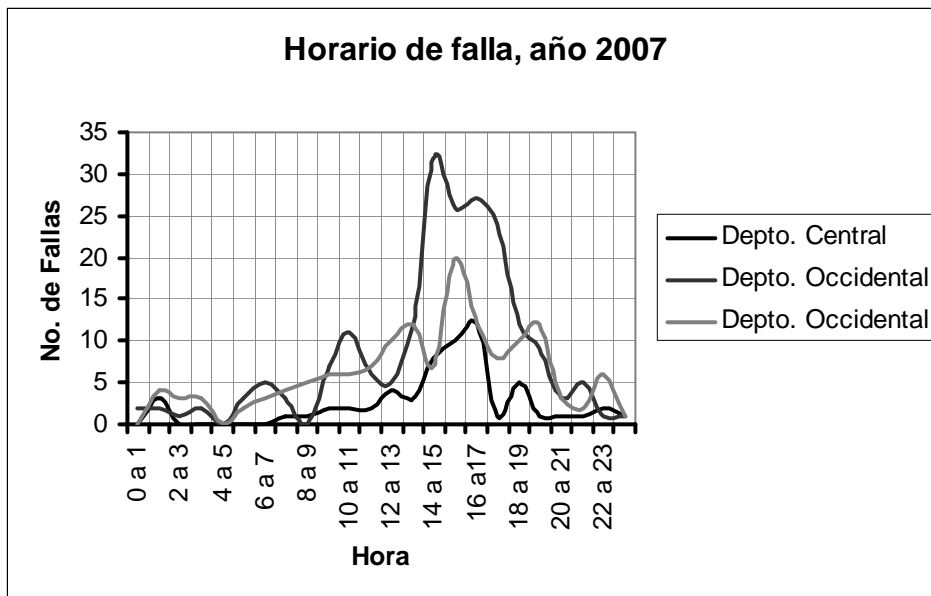
Departamento Oriental 2007 Línea Fallada	Voltaje en KV	Tipo de Falla											NSD
		AT	BT	CT	AB	BC	CA	ABT	BCT	CAT	ABC	ABCT	
Escuintla 1 - Chiquimulilla 1	138	6	-	1	2	1	-	3	2	-	-	-	-
Chiquimulilla - Jalpatagua 1	138	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
Progreso - Chiquimulilla 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Jalpatagua - Progreso 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3
Ipala - Río Grande 1	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Progreso - Ipala 1	138	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobán - Chisec 1	69	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3
La Vega - Esclavos 1	69	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Progreso - Esclavos 1	69	4	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Río Dulce - Estor 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	7
La Ruidosa - Genor 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
San Rafael las Flores - Jalapa 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Mayuelas - La Ruidosa 1	69	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Panalúya - La Ruidosa 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Bobos - La Ruidosa 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Dulce - La Ruidosa 1	69	1	1	5	-	-	-	-	1	-	-	-	5
Santa Elena - Matanzas 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tac Tic - Matanzas 1	69	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mayuelas - Panalúya 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasabien - Panalúya 1	69	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Dulce - Poptún 1	69	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	10
El Jicaro - Progreso 1	69	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
Cobán - San Julián 1	69	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Secacao - San Julián 1	69	4	2	2	-	1	-	1	-	1	-	-	-
El Rancho - Sánarate 1	69	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Jalapa - Sánarate 1	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Santa Elena - Sánarate 1	69	1	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	2
Matanzas - Santa Elena 1	69	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
La Fragua - Río Grande 1	69	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Playa Grande - Chisec	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5
Teculután - Maderas El Alto	69	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
Total de Fallas por cada Tipo		30	18	17	2	2	0	6	4	1	9	2	55
Porcentaje		20.55%	12.33%	11.64%	1.37%	1.37%	0.00%	4.11%	2.74%	0.68%	6.16%	1.37%	37.67%

La tabla muestra que las fallas monofásicas AT, BT y CT presentan el porcentaje más alto de todos los tipos de fallas con un total de 44.52%; las fallas bifásicas a tierra ABT, BCT y CAT con un total de 7.53% y las fallas trifásicas ABC y ABCT también con 7.53% representan un porcentaje menor que las fallas monofásicas; las fallas bifásicas AB, BC, y CA con un total de 2.74% representan el porcentaje mas bajo. La fase más expuesta a fallas fue la A seguido de la B.

Las líneas con más fallas registradas fueron: Chiquimulilla - Escuintla con 15 fallas, de las cuales 9 fueron a causa de quema de caña, sin resaltan alguna fase en especial; Río Dulce - La Ruidosa con 13 fallas, siendo su fase más afectada la A con 5 fallas sin mencionar ninguna causa que haya provocado más fallas; Río Dulce - Poptún con 12 fallas, de las cuales 10 no se determinó el tipo y de ellas 6 no se determinó el motivo, además 3 fueron por vegetación/árboles; Secacao - San Julián con 11 fallas, siendo su fase más afectada la A con 4 fallas de las cuales 2 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por fuerte viento; Progreso - Esclavos con 10 fallas, de las cuales 3 fueron a causa de fuerte lluvia y 2 por descarga electroatmosférica, sin afectar alguna de sus fases en especial.

3.6.3. Horario de fallas para los 3 departamentos en el año 2007

Figura 25. Hora en que se presentan las fallas. Año 2007



La gráfica anterior indica que para el Departamento Central el mayor número de falla se dio de las 14:00 a las 17:00 horas, para el Departamento Occidental el mayor número de fallas se dio de 13:00 a 19:00 y para el Departamento Oriental el mayor número de fallas se dio de 12:00 a 20:00 horas.

3.7. Análisis Total

3.7.1. Causa que provocó el mayor porcentaje de fallas

Tabla XXXX. Total de fallas por causa para el Departamento Central del año 2002 al 2007

Departamento Central año 2002 al 2007		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	163	28.30%
Descarga electroatmosférica	127	22.05%
Quema de caña	77	13.37%
Fuerte viento	31	5.38%
Falla de equipo primario de línea	20	3.47%
Agentes extraños en la línea	17	2.95%
Vegetación, árboles	11	1.91%
Incendio forestal	10	1.74%
Fase rota	8	1.39%
Accidentes automovilísticos	5	0.87%
Falla cable de guarda	3	0.52%
Daño/falla en estructura	3	0.52%
Falla de aislamiento	2	0.35%
Robo/vandalismo/terrorismo	1	0.17%
Movimiento sísmico	1	0.17%
No se determinó el motivo	97	16.84%
Total	576	100.00%

Como era de esperar, en el Departamento Central, la fuerte lluvia y la descarga electroatmosférica fueron dos de las causas que provocaron el mayor número de fallas; la quema de caña fue la segunda causa que provocó más fallas ya que una línea específica, la mayor parte de su trayectoria se encuentra sobre cultivo de caña; el fuerte viento y la vegetación/árboles causaron un porcentaje considerable de fallas. La falla de equipo primario de línea también provocó un porcentaje considerable, esto porque se dieron varios problemas en los equipos de las subestaciones Jocote, Pantaleón y algunos en Cocales. Como ya se mencionó las líneas de transmisión siempre están expuestas a fallas por lo que el resto de las causas se considera aceptable en los 6 años analizados.

Tabla XXXXI. Total de fallas por causa para el Departamento Occidental del año 2002 al 2007

Departamento Occidental año 2002 al 2007		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	323	24.43%
Descarga electroatmosférica	224	16.94%
Vegetación, árboles	117	8.85%
Fuerte viento	114	8.62%
Quema de caña	40	3.03%
Agentes extraños en la línea	30	2.27%
Fase rota	26	1.97%
Falla de aislamiento	16	1.21%
Falla de equipo primario de línea	15	1.13%
Daño/Falla en estructura	12	0.91%
Falla cable de guarda	8	0.61%
Robo/vandalismo/terrorismo	1	0.08%
Incendio forestal	1	0.08%
Accidentes automovilísticos	1	0.08%
No se determinó el motivo	394	29.80%
Total	1322	100.00%

En el Departamento Occidental también la fuerte lluvia y la descarga electroatmosférica fueron las causas que provocaron el mayor número de fallas, seguido de la vegetación/árboles y el fuerte viento, la quema de caña provocó un menor porcentaje de fallas que en el Departamento Central. Fase rota fue una causa que provocó un porcentaje considerable, esto porque los puentes que unen una fase se rompen o tramos de líneas que también se rompen, dándose los mayores problemas en las líneas: Meléndrez - Coatepeque, Coatepeque - Brillantes, Porvenir - Malacatán y Retalhuleu - San Sebastián. El resto de las causas tuvieron un número considerable por estar las líneas siempre expuestas a fallas.

El porcentaje de las fallas en las que no se determinó el motivo o causa es mayor que en el Departamento Central.

Tabla XXXXII. Total de fallas por causa para el Departamento Oriental del año 2002 al 2007

Departamento Oriental año 2002 al 2007		
Causa	No. De Fallas	Porcentaje
Fuerte lluvia	204	23.34%
Descarga electroatmosférica	145	16.59%
Fuerte viento	64	7.32%
Vegetación, árboles	43	4.92%
Quema de caña	36	4.12%
Agentes extraños en la línea	26	2.97%
Falla de equipo primario de línea	14	1.60%
Falla de aislamiento	9	1.03%
Daño/Falla en estructura	9	1.03%
Fase rota	8	0.92%
Incendio forestal	4	0.46%
Accidentes automovilísticos	3	0.34%
Robo/vandalismo/terrorismo	2	0.23%
Falla de aislamiento	1	0.11%
Falla cable de guarda	1	0.11%
Movimiento sísmico	1	0.11%
No se determinó el motivo	304	34.78%
Total	874	100.00%

En el Departamento Oriental también la fuerte lluvia y la descarga electroatmosférica fueron las causas que provocaron el mayor número de fallas, seguido el fuerte viento y la vegetación/árboles, la quema de caña provocó un menor porcentaje de fallas que en el Departamento Central y similar al provocado en el Departamento Occidental pero a diferencia de este, un 96% de fallas se dieron en una sola línea siendo esta Chiquimulilla - Escuintla. El resto de las causas tuvieron un número considerable, por estar las líneas tan expuestas a fallas.

El porcentaje de las fallas en las que no se determinó el motivo o causa es mayor que en el Departamento Central y el Departamento Occidental.

3.7.2. Tipo de falla que provocó el mayor porcentaje

Tabla XXXXIII. Total de fallas por cada tipo para los 3 departamentos del año 2002 al 2007

Departamento Central			Departamento Occidental			Departamento Oriental		
Tipo	Número	Porcentaje	Tipo	Número	Porcentaje	Tipo	Número	Porcentaje
AT	123	21.35%	AT	250	18.91%	AT	177	20.25%
BT	81	14.06%	BT	122	9.23%	BT	89	10.18%
CT	140	24.31%	CT	178	13.46%	CT	180	20.59%
AB	17	2.95%	AB	58	4.39%	AB	32	3.66%
BC	14	2.43%	BC	52	3.93%	BC	32	3.66%
CA	17	2.95%	CA	30	2.27%	CA	8	0.92%
ABT	12	2.08%	ABT	24	1.82%	ABT	30	3.43%
BCT	15	2.60%	BCT	36	2.72%	BCT	17	1.95%
CAT	19	3.30%	CAT	20	1.51%	CAT	13	1.49%
ABC	30	5.21%	ABC	93	7.03%	ABC	61	6.98%
ABCT	7	1.22%	ABCT	16	1.21%	ABCT	12	1.37%
NSD	101	17.53%	NSD	443	33.51%	NSD	223	25.51%
Total	576	100.00%	Total	1322	100.00%	Total	874	100.00%

Departamento Central					
Tipo	Monofásicas	Bifásicas	Bifásicas a T.	Trifásicas	NSD
Total	344	48	46	37	101
Porcentaje	59.72%	8.33%	7.99%	6.42%	17.53%
Departamento Occidental					
Tipo	Monofásicas	Bifásicas	Bifásicas a T.	Trifásicas	NSD
Total	550	140	80	109	443
Porcentaje	41.60%	10.59%	6.05%	8.25%	33.51%
Departamento Oriental					
Tipo	Monofásicas	Bifásicas	Bifásicas a T.	Trifásicas	NSD
Total	446	72	60	73	223
Porcentaje	51.03%	8.24%	6.86%	8.35%	25.51%

En el Departamento Central, el mayor porcentaje de fallas fueron monofásicas. Las fallas bifásicas y bifásicas a tierra se dieron en porcentajes similares, mientras que las fallas trifásicas representaron el porcentaje más bajo, que según estudios realizados es alrededor del 5% del total de las fallas.

En el Departamento Occidental, el mayor porcentaje de fallas fueron monofásicas, pero fue menor que en el Departamento Central. Hubo un aumento en las fallas bifásicas y una disminución en las fallas bifásicas a tierra en comparación con el Departamento Central. Hubo un aumento en las fallas trifásicas, puede que realmente el porcentaje sea menor por lo que se tendría que realizar un análisis más profundo. Las fallas en las que no se determinó el tipo de falla también aumentaron significativamente.

En el Departamento Oriental, el mayor porcentaje de fallas fueron monofásicas; las fallas bifásicas mantuvieron valores similares en comparación con el Departamento Central, mientras que en las fallas bifásicas a tierra hubo una disminución. Al igual que en el Departamento Occidental hubo un aumento en las fallas trifásicas. El porcentaje de las fallas en las que no se determinó el tipo de falla fue menor que el Departamento Occidental pero mayor que en el Departamento Central.

Para los 3 departamentos, las fases más expuestas a fallas son la A y la C, ya que generalmente estas se encuentran ubicadas sobre las estructuras, en lugares donde una línea de transmisión se expone más a una falla. La fase B presenta menor número de fallas que las fases A y C ya que generalmente su ubicación en las estructuras es la menos expuesta a fallas.

4. POSIBLES MANERAS DE REDUCIR FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

4.1. Reducir fallas a causa de vegetación /árboles

Muchas líneas cruzan extensiones con vegetación y árboles en las que se puede producirse una falla en cualquier momento. Una revisión programada en estas líneas que incluya limpieza bajo la trayectoria de la línea, que normalmente la realizan las cuadrillas de linieros, es una buena manera de reducir fallas por esta causa. La programación para revisar cada línea debería ser aproximadamente igual al tiempo en que tarda la vegetación y los árboles en llegar a alturas o alcance horizontal de ramas, suficientes como para hacer contacto con la línea.

4.2. Reducir fallas a causa de descarga electroatmosférica

No hay manera de evitar la presencia de descargas electroatmosféricas en una línea de transmisión, por eso cada línea cuenta con un sistema de protección que consiste de cables de guarda conectados directamente a través de la torre a un sistema de tierras para drenar la corriente de falla. Cuando la posición relativa de los cables de guarda con respecto a los conductores de fase no es la correcta existe la posibilidad de que una descarga electroatmosférica no impacte en el cable de guarda sino en una de sus fases provocando una falla directa en la línea, por lo que sería bueno revisar la coordinación de aislamiento para las líneas que presenten mayor número de fallas por descarga electroatmosférica.

Cuando los elementos de conexión a tierra y las características del terreno no cumplen con un valor de resistencia lo suficientemente bajo para drenar las altas corrientes generadas por una descarga electroatmosférica se presenta el fenómeno de “Flameo inverso”, manifestándose como la reflexión de ondas de sobrevoltaje. En la cadena de aisladores existe una gran diferencia de potencial debido al voltaje de operación de línea y el sobrevoltaje reflejado disminuyendo la rigidez dieléctrica del aire y formándose arcos que desembocan en fallas. Mejorar la resistencia combinada del terreno y los elementos de conexión a tierra reducirá fallas por fenómeno de flameo inverso.

4.3. Reducir fallas a causa de fuerte lluvia y fuerte viento

La presencia de fuerte lluvia y fuerte viento no se puede evitar en una línea de transmisión. La fuerte lluvia está muy relacionada con la descarga electroatmosférica por lo que un porcentaje de fallas que se clasifican como fuerte lluvia realmente son por descargas electroatmosféricas descritas anteriormente. En caso del fuerte viento, tensar las fases de una línea con vanos grandes, y la revisión programa de la línea para eliminar vegetación, árboles u otros, puede reducir las fallas causadas por el mismo.

4.4. Reducir fallas a causa de quema de caña

En las líneas donde la distancia entre la fase más baja y los cultivos de caña no es lo suficiente para evitar que se disperse el humo generado por la quema de la misma y por consiguiente provoque la falla de la línea, la colocación de una estructura en ese punto para levantar las fases, puede reducir considerablemente el número de fallas en la línea afectada. La quema de caña bajo el trayecto de la línea también puede reducir el número de fallas.

4.5. Reducir fallas a causa de incendio forestal

Generalmente, los incendios forestales son causados por personas que hacen mal uso del fuego y se sale de su control. Educar y crear conciencia en las personas sobre daños causados por el mal manejo del fuego reducirá los incendios forestales.

4.6. Reducir fallas a causa de falla de aislamiento

Junto con la programación de revisión de líneas de transmisión también puede programarse la revisión de las cadenas de aisladores para realizar su mantenimiento o cambio en las que presenten contaminación extrema o daños causados por descargas electroatmosféricas.

4.7. Reducir fallas a causa de falla en cable de guarda

Algún tratamiento para disminuir la corrosión en los puntos de unión o puntos de contacto con la esfera de balizaje, evitará la posible rotura del cable por los esfuerzos de tensión y torsión provocados por las ráfagas de viento.

4.8. Reducir fallas a causa de daño/falla a estructuras

Los daños a las estructuras causados por derrumbes o crecidas de ríos son muy difíciles de controlar, pero la ventaja es que no son muy frecuentes. El mantenimiento preventivo programado a las estructuras evitará fallas en ellas y la falla de la línea de transmisión en general.

4.9. Reducir fallas a causa de robo/vandalismo/terrorismo

Crear conciencia en las personas del impacto que tiene el robo de piezas a las estructuras y que éstas pierdan el equilibrio, provocando que algunas regiones se queden sin el servicio de energía eléctrica, es la manera de evitar fallas en líneas por esta causa.

4.10. Reducir fallas a causa de agentes extraños en la línea

Las fallas por esta causa son más frecuentes en lugares poblados, una campaña para hacer conciencia a las personas para que no alojen objetos sobre la línea y que provoquen la falla de la misma ayudaría a reducir el número de fallas.

4.11. Reducir fallas a causa de accidentes automovilísticos

Las fallas que se dan a causa de accidentes automovilísticos disminuirán hasta que las personas sean más prudentes y tengan una mejor educación vial.

4.12. Reducir fallas a causa de falla en equipo primario de línea

Una buena selección del equipo que cumpla con las características del sistema, además de un mantenimiento predictivo y preventivo y la revisión constante a los mismos disminuirá la posibilidad que alguno de ellos falle y haga fallar la línea.

4.13. Reducir fallas a causa de fase rota

Para reducir la posibilidad que se rompa una fase se debe amortiguar las vibraciones de alta frecuencia ya descritas. La utilización de amortiguadores o contrapesos reducirá la amplitud de las vibraciones.

La ubicación óptima de los amortiguadores es un tema que necesita un estudio aparte. La siguiente figura nos ilustra la idea.

Figura 26. Ubicación de los amortiguadores



4.13. Reducir fallas a causa de movimiento sísmico

Un movimiento sísmico no puede evitarse pero el número de fallas que se dan a causa de este en líneas de Transmisión es muy pequeño, por lo que no representa tanto problema.

CONCLUSIONES

1. En el Departamento Central, destaca la línea Escuintla - Brillantes por presentar un número alto de fallas a causa de la quema de caña donde su fase mayormente afectada fue la C.
2. El tramo de línea Jocote - Cocales - Pantaleón presenta valores altos de fallas a causa de descargas electroatmosféricas, igual que el tramo de línea Cocales - Mazatenango - La Máquina por las mismas causas.
3. Las fases A y C son las fases más expuestas a fallas, en caso de la fase A, muchas de ellas son a causa de fuerte lluvia y descarga electroatmosférica, la fase C también se ve afectada por fuerte lluvia y descarga electroatmosférica pero en menor cantidad que la A, la fase C también se ve afectada en un buen número por la vegetación, por los agentes extraños en la línea y por la quema de caña. La fase B presenta un menor número de fallas en comparación con la fase A y C debido a su ubicación en los diferentes arreglos de líneas.
4. La fuerte lluvia y la descarga electroatmosférica son las causas que provocan los porcentajes más altos de fallas en los 3 departamentos en que está dividido el sistema de transmisión del país, aunque un buen número de fallas registradas por fuerte lluvia realmente son a causa de una descarga electroatmosférica, ya que el fenómeno se da conjuntamente y muchas veces los operadores de cada subestación interpretan y reportan que la falla fue causada por lluvia.

5. La hora en que generalmente se da el mayor número de fallas oscila entre las 12:00 y las 20:00 del día, en los 3 departamentos en que está dividido el sistema de transmisión en el país.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario verificar la coordinación entre el cable de guarda y las líneas que presentan un alto número de fallas por descarga electroatmosférica.
2. Revisar los valores de resistencia de los sistemas de tierras que se encuentran en las estructuras y reducir la resistencia en lugares donde el valor sobrepasa los valores establecidos, para evitar el fenómeno de flameo inverso.
3. Con ayuda de los oscilogramas que muchas veces proporcionan los relés de protección de una línea de transmisión, lograr determinar con mayor exactitud el número de fallas a causa de descarga electroatmosférica, ya que muchas se reportan que son causa de fuerte lluvia.
4. Elaborar un reporte más detallado de las fallas que se dan en las líneas de transmisión, para reducir el porcentaje en el que no se logra determinar la causa y la fase afectada (ver formato propuesto en apéndice 1).

BIBLIOGRAFÍA

1. Stevenson William D. Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia. 2da. Edición. México: Editorial McGraw-Hill, 1988.
2. Martín, José Raúl. Diseño de subestaciones eléctricas. 2da. Edición. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.
3. Gil, Linda y Lorena Jiménez. Estudio de falla en cable de guarda. Universidad Nacional Experimental Politécnica. Venezuela, 2008.
4. Jiménez, Obed y Vicente Cantu. Líneas de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León. México, 2006.
5. Jiménez Pinto, Pablo. Todo sobre vibraciones en líneas de Alta Tensión. Universidad de Chile. Chile.
6. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Coordinación de Aislamiento por Descargas Atmosféricas en Líneas de Transmisión. Comisión Federal de Electricidad. México, 1996.
7. Reportes de fallas en Líneas de Transmisión. Centro Nacional de Operaciones. Subestación Guatemala Sur.

APÉNDICE

FORMULARIO DE REPORTE DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SECCIÓN DE SUBESTACIONES EMPRESA DE TRANSPORTE Y CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL INDE						
DEPARTAMENTO REGIONAL	<input type="text"/>					
Subestación	<input type="text"/>	Campo <input type="text"/> Voltaje <input type="text"/>				
FECHA Y HORA DE LA FALLA:						
<table border="1"><thead><tr><th>Fecha</th><th>Hora</th></tr></thead><tbody><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></tbody></table>	Fecha	Hora	<input type="text"/>	<input type="text"/>	(Formato: Fecha: dd/mm/aaaa; Hora: hh:mm, 24 hrs.)	
Fecha	Hora					
<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Distancia marcada por el relé	<input type="text"/>	Tipo de Falla <input type="text"/>				
Causa que provocó la falla	<input type="text"/>					
DETALLE DE LA FALLA:						
<input type="text"/>						
OBSERVACIONES:						
<input type="text"/>						
REPORTE ELABORADO POR:						
Nombre:	<input type="text"/>	Firma: <input type="text"/>				

