



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

**PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN
EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS, PARA
APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS**

Roberto Alejandro Quiñónez Figueroa
Asesorado por el Ing. Juan José Mejía Agustín

Guatemala, mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN
EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS, PARA
APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ROBERTO ALEJANDRO QUIÑÓNEZ FIGUEROA
ASESORADO POR EL ING. JUAN JOSÉ MEJÍA AGUSTÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto Gonzáles Padilla
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS, PARA APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 29 de julio de 2011.


Roberto Alejandro Quiñónez Figueroa

Guatemala, 06 de Febrero de 2015

Ingeniero

Otto Fernando Andrino

Coordinador del Área de Electrotecnia

Escuela Mecánica Eléctrica

Facultad de Ingeniería

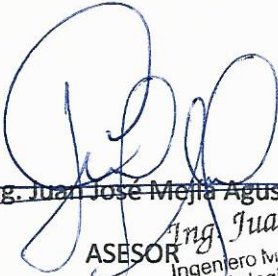
USAC

Estimado Ingeniero Andrino:

De acuerdo con la autorización hecha por la dirección de la Escuela, me permito informarle que he tenido a bien asesorar el trabajo de graduación titulado: **"PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS. PARA APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS"**, desarrollado por el estudiante **ROBERTO ALEJANDRO QUIÑÓNEZ FIGUEROA**, carné **1999-11613** y, encontrándolo satisfactorio en su contenido y resultados, me permito dar aprobación al mismo remitiéndole a esa Coordinación para el tramite pertinente.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,


~~Ing. Juan José Mejía Agustín~~
Ing. Juan José Mejía
ASESOR
Ingeniero Mecánico Electricista
Colegiado No. 8058

Ing. Juan José Mejía
Ingeniero Mecánico Electricista
Colegiado No. 8058



Ref. EIME 08 2015

Guatemala, 12 de NOVIEMBRE 2014.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS. PARA APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS, del estudiante, Roberto Alejandro Quiñónez Figueroa, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Otto Fernando Andrino González
Coordinador Área Electrotécnica



STO

Universidad de San
Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de Lingüística

Guatemala, 26 de mayo de 2015
Ling.17/15

Ingeniero
Guillermo Antonio Puente Romero
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor director:

Por este medio hago de su conocimiento que la Unidad de Lingüística hace una modificación al título del trabajo de graduación del estudiante **Roberto Alejandro Quiñónez Figueroa**, con número de carné: **1999-11613** el cual fue aprobado de acuerdo al protocolo como: **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS. PARA APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS.**

La Unidad modifica el título del trabajo en virtud de que el mismo no está bien redactado y propone la siguiente forma: : **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS, PARA APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS.**



Licenciada Rosa Amelia González Domínguez
Coordinadora de la Unidad de Lingüística



REF. EIME 08. 2015.

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; **ROBERTO ALEJANDRO QUIÑÓNEZ FIGUEROA** titulado: **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS. PARA APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS,** procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 20 DE FEBRERO 2015.



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: **PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE PARA APLICACIÓN EN EVENTOS FORTUITOS O PREMEDITADOS EN INMUEBLES, AUTOMÓVILES Y EQUIPOS, PARA APOYO EN INVESTIGACIONES DE ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS**, presentado por el estudiante universitario: **Roberto Alejandro Quiñónez Figueroa**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Angel Roberto Sic Garcia
Decano



Guatemala, mayo de 2015

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ESTRUCTURA BÁSICA DE LA INGENIERÍA FORENSE	1
1.1. Definición de la ingeniería forense	1
1.1.1. Metodología de la ingeniería forense.....	3
1.2. Estructura de la ingeniería eléctrica forense.....	5
1.2.1. Métodos.....	6
1.2.2. Conocimiento técnico y normatividad	8
1.3. Perfil del investigador forense en materia eléctrica	8
1.4. Organigrama del sistema de justicia guatemalteco	9
1.4.1. Corte Suprema de Justicia de Guatemala	10
1.4.2. Corte de Apelaciones	12
1.4.3. Juzgados de Primera Instancia.....	14
1.4.4. Juzgados de Paz o Menores	15
1.4.5. Presidente del Organismo Judicial	16
2. PRINCIPIOS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA FORENSE.....	21
2.1. Adquisición, documentación y almacenaje de muestras y transporte	21
2.1.1. Adquisición y documentación	21

	2.1.1.1.	Equipo de protección personal	22
	2.1.1.2.	Herramientas y equipos.....	22
	2.1.1.3.	Seguridad	25
	2.1.1.4.	Recolección.....	26
2.1.2.		Documentación	29
	2.1.2.1.	Fotografías	30
	2.1.2.2.	Momento de la toma.....	31
	2.1.2.3.	Fotografías de muestras para pruebas	33
	2.1.2.4.	Notas	33
	2.1.2.5.	Planimetría o dibujos.....	34
2.1.3.		Almacenaje de muestras y transporte	34
	2.1.3.1.	Recipientes para pruebas.....	35
	2.1.3.2.	Cadena de custodia	39
	2.1.3.3.	Pasos de la cadena de custodia.....	40
2.2.		Procesamiento de pruebas eléctricas forenses.....	41
	2.2.1.	Examen visual	42
	2.2.2.	Ensayos.....	43
	2.2.3.	Métodos de ensayo	44
	2.2.3.1.	Análisis químico	44
	2.2.3.2.	Análisis metalúrgico	44
	2.2.3.3.	Cromatografía de gases	44
	2.2.3.4.	Espectometría de masas.....	45
	2.2.3.5.	Espectometría por rayos infrarrojos	45
	2.2.3.6.	Absorción atómica.....	45
	2.2.3.7.	Fluorescencia a los rayos X	45
	2.2.3.8.	Tensión de resistencia dieléctrica	45
	2.2.3.9.	Resistencia del aislamiento	46
	2.2.3.10.	Exámenes y ensayos comparativos	46

2.2.4.	Eliminación de pruebas	46
2.3.	Estructura del sistema de justicia guatemalteco y el factor evidencia	47
2.3.1.	Funciones	48
2.3.2.	Organización.....	49
2.3.3.	Área jurisdiccional.....	49
2.3.4.	Área administrativa	50
2.3.5.	Tribunales.....	52
2.3.5.1.	Corte Suprema de Justicia	52
2.3.5.2.	Corte de Apelaciones	52
2.3.5.3.	Juzgados de Primera Instancia.....	53
2.3.5.4.	Juzgados de Paz	53
2.3.5.5.	Tribunales especializados o de jurisdicción privativa.....	53
2.3.6.	Otros tribunales	54
2.3.6.1.	Corte de Constitucionalidad.....	54
2.3.6.2.	Tribunal Supremo Electoral	54
2.3.6.3.	Consejo de la Carrera Judicial.....	54
2.3.7.	Órganos auxiliares en la administración de justicia.....	55
2.3.7.1.	Ministerio Público.....	55
2.3.7.2.	Instituto Nacional de Ciencias Forenses.....	55
2.3.7.3.	Policía Nacional Civil	55
2.3.7.4.	Instituto de la Defensa Pública Penal	56
2.3.8.	Clasificación de la carrera judicial.....	56
2.3.8.1.	Jueces y magistrados	56
2.3.8.2.	Requisitos y calidades	56

	2.3.8.3.	Ingreso	57
	2.3.8.4.	Derecho de antejuicio.....	58
	2.3.9.	Presupuesto	58
	2.3.10.	Factor evidencia	58
	2.3.10.1.	Normas sobre incendios provocados.....	59
	2.3.10.2.	Testimonio de expertos	60
2.4.		Conceptos básicos de derecho enfocados al investigador forense	60
	2.4.1.	Derecho penal	61
	2.4.2.	Derecho procesal	62
	2.4.3.	Inicio del proceso y la investigación forense	62
	2.4.4.	Sistema acusatorio	63
	2.4.5.	Sistema acusatorio formal o mixto	64
	2.4.6.	Crimen y delito	66
3.		ANÁLISIS FORENSE DE SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	69
	3.1.	Anomalías eléctricas y los siniestros en domicilios, identificación y clasificación	69
	3.1.1.	Anomalías eléctricas	69
	3.1.1.1.	Dispositivos productores de calor.....	69
	3.1.1.2.	Conexiones defectuosas	70
	3.1.1.3.	Subidas de intensidad y de tensión.....	70
	3.1.1.4.	Arcos eléctricos	71
	3.1.1.5.	Electricidad estática	72
	3.1.1.6.	Arcos de cierre	72
	3.1.1.7.	Chispas	72
	3.1.1.8.	Fallos de alta resistencia	73
	3.1.2.	Siniestros en domicilios	73

3.1.2.1.	Tipos de construcciones	73
3.1.2.1.1.	Tamaño.....	74
3.1.2.1.2.	Espacios ocultos	75
3.1.2.2.	Instalaciones eléctricas en domicilios.....	75
3.1.2.2.1.	Servicio monofásico.....	76
3.1.2.2.2.	Acometida.....	76
3.1.2.2.3.	Protección principal.....	76
3.1.2.2.4.	Tierra física	77
3.1.2.2.5.	Neutro flotante	77
3.1.2.2.6.	Protección contra sobrecorriente.....	78
3.1.2.3.	Incendios en estructuras residenciales.....	78
3.1.2.4.	El siniestro y la acometida	79
3.1.2.5.	Causas de los incendios residenciales.....	79
3.1.2.5.1.	Causa accidental	80
3.1.2.5.2.	Causa natural.....	80
3.1.2.5.3.	Causa provocada.....	81
3.1.2.5.4.	Causa indeterminada.....	81
3.1.2.6.	Incendios causados por instalaciones eléctricas.....	82
3.1.3.	Identificación y clasificación.....	83
3.1.3.1.	Marcas de fuego	83
3.1.3.2.	Marcas de movimiento.....	84
3.1.3.3.	Marcas de intensidad.....	84
3.1.4.	Ignición por energía eléctrica.....	85
3.1.5.	Interpretación de daños por energía eléctrica.....	86

3.1.5.1.	Arco eléctrico (cortocircuito y fallo de tierra).....	86
3.1.5.2.	Calentamiento de las conexiones.....	88
3.1.5.3.	Sobrecarga.....	89
3.1.5.4.	Calentamiento y fundición por fuego	91
3.1.6.	Electrodomésticos y equipo eléctrico	93
3.1.6.1.	Análisis de aparatos eléctricos	94
3.1.6.2.	Documentación y recogida del aparato eléctrico.....	95
3.1.6.3.	Aparato eléctrico en la zona origen	95
3.1.6.4.	Funcionamiento del aparato eléctrico	96
3.1.6.4.1.	Aparatos eléctricos de muestra	97
3.1.6.4.2.	Materiales de los aparatos eléctricos	97
3.1.6.4.3.	Elementos eléctricos de los electrodomésticos.....	100
3.1.6.5.	Electrodomésticos más comunes.....	104
3.1.6.5.1.	Hornos y estufas.....	104
3.1.6.5.2.	Cafeteras	104
3.1.6.5.3.	Tostadores.....	105
3.1.6.5.4.	Abrelatas eléctrico	105
3.1.6.5.5.	Refrigeradores.....	105
3.1.6.5.6.	Lavatrastos eléctrico....	106
3.1.6.5.7.	Hornos de microondas.....	107

	3.1.6.5.8.	Aires acondicionados...	107
	3.1.6.5.9.	Planchas y secadoras de pelo	107
	3.1.6.5.10.	Secadoras de ropa.....	108
	3.1.6.5.11.	Electrónica de consumo y bombillas ...	108
3.1.7.		Colección de casos.....	109
3.2.		Anomalías eléctricas y siniestros de incendios en vehículos	110
3.2.1.		Anomalías eléctricas en vehículos.....	111
	3.2.1.1.	Cables sobrecargados.....	111
	3.2.1.2.	Arcos eléctricos	112
	3.2.1.3.	Filamentos de bombillas rotas	112
3.2.2.		Siniestros en vehículos	113
	3.2.2.1.	Combustibles líquidos.....	113
	3.2.2.2.	Combustibles gaseosos.....	114
	3.2.2.3.	Combustibles sólidos.....	115
3.2.3.		Principales sistemas del vehículo	116
	3.2.3.1.	Sistema de combustión	117
	3.2.3.2.	Turbocompresor	118
	3.2.3.3.	Sistema de control de emisiones	119
	3.2.3.4.	Sistema de escape	119
	3.2.3.5.	Sistema eléctrico	120
3.2.4.		Identificación del estado de los componentes	120
	3.2.4.1.	Identificación del vehículo.....	121
	3.2.4.2.	Historial del vehículo.....	121
	3.2.4.3.	Informe del lugar de los hechos y del vehículo una vez retirado.....	122

3.2.4.4.	Primer examen del vehículo incendiado	123
3.2.4.5.	Examen de los sistemas del vehículo	124
3.2.4.6.	Interruptores, bombillas y palancas ...	125
3.2.4.6.1.	Análisis de bombillas ...	125
3.3.	La mano criminal en sistemas eléctricos y su identificación	126
3.3.1.	Incendios provocados	127
3.3.2.	Daños provocados a los sistemas eléctricos.....	127
3.4.	Presentación de resultados en un entorno jurídico	129
3.4.1.	Derecho y método de entrada.....	130
3.4.2.	Pruebas.....	131
3.4.2.1.	Pruebas demostrativas.....	131
3.4.2.2.	Pruebas documentales.....	132
3.4.2.3.	Prueba de cargo.....	132
3.4.2.4.	Expoliación de la prueba	133
3.4.3.	Presentación de pruebas ante un juez	133
3.4.3.1.	Prueba pertinente.....	135
3.4.3.2.	Prueba útil	135
3.4.3.3.	Prueba abundante	136
4.	PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE.....	137
4.1.	Identificación de estructuras deficientes en el sistema eléctrico.....	137
4.1.1.	Protección de la instalación.....	138
4.1.1.1.	Cálculo de la carga.....	141
4.1.1.1.1.	Iluminación	141

	4.1.1.1.2.	Tomacorrientes	141
	4.1.1.2.	Cálculo de la carga para una vivienda existente	143
	4.1.1.2.1.	Carga general	143
	4.1.1.2.2.	Carga de calefacción y A/A.....	145
4.1.2.		Sección de los conductores	147
4.1.3.		Distancia de la fuente a la carga.....	148
4.1.4.		Diámetro de la tubería y ductos eléctricos	153
4.1.5.		Voltaje de fuente <i>versus</i> voltaje de los equipos o cargas.....	158
4.1.6.		Tierra física	159
	4.1.6.1.	Puesta a tierra de los sistemas de corriente alterna alimentados por una acometida.....	161
	4.1.6.2.	Instalación de los sistemas de electrodos de puesta a tierra.....	162
	4.1.6.3.	Calibre del conductor de tierra de equipos.....	164
	4.1.6.4.	Carcasas de cocinas y secadoras de ropa.....	165
4.1.7.		Conexión e instalación correcta de tableros	167
4.2.		Uso de herramientas y disolventes para la muestra de material eléctrico	169
	4.2.1.	Metales o aleaciones	170
	4.2.1.1.	División de la muestra	171
	4.2.1.2.	Disolución de muestras para un análisis.....	171
	4.2.1.3.	Disgregación de muestras	173

4.3.	La lógica criminal en sistemas eléctricos	174
4.3.1.	Motivación criminal en la piromanía	174
4.3.2.	Motivación criminal de incendiarios.....	175
4.3.2.1.	Herramientas utilizadas por los incendiarios	175
4.4.	Procedimiento de análisis eléctrico forense	176
CONCLUSIONES.....		183
RECOMENDACIONES		185
BIBLIOGRAFÍA.....		187
APÉNDICES.....		191
ANEXOS.....		195

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura de la ingeniería forense.....	6
2.	Etapas del método de investigación.....	7
3.	Organigrama del sistema de justicia guatemalteco.....	11
4.	Sobres de papel para evidencia.....	36
5.	Latas de metal para evidencia.....	37
6.	Frascos para evidencia.....	37
7.	Bolsas de papel para evidencia.....	38
8.	Bolsas de plástico para evidencia.....	38
9.	Origen y causas de incendios.....	81
10.	Causas de incendios de origen eléctrico.....	82
11.	Aislante con ahuecamiento o separación por sobrecarga.....	90
12.	Cable sometido a fuego, aislante carbonizado.....	91
13.	Cable sometido a fuego.....	92
14.	Deshumidificador quemado.....	109
15.	Cable sobrecargado en un vehículo.....	112

TABLAS

I.	Propiedades de los líquidos en un vehículo a motor.....	114
II.	Propiedades de gases en vehículos a motor.....	115
III.	Propiedades de los sólidos en vehículos a motor.....	116
IV.	Ampacidades admisibles de los conductores.....	140
V.	Cargas de alumbrado general por tipo de inmueble.....	142

VI.	Propiedades de los conductores.....	151
VII.	Factores de corrección del cable debido a la temperatura.....	154
VIII.	Porcentaje de la sección transversal de conductos y tubería para conductores.....	154
IX.	Áreas de ductos para las combinaciones de cables permitidos.....	155
X.	Áreas aproximadas para el cable THHN.....	156
XI.	Área de canaleta (ocupar 20 %)......	158
XII.	Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna.....	164
XIII.	Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos y canalizaciones.....	165
XIV.	Distancias de seguridad de los conductores que entran en envolventes con barras.....	168
XV.	Solubilidad en agua.....	172

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Al	Aluminio
A	Amperios
Cu	Cobre
kVA	Kilovoltio amperios
kW	Kilowatts
%	Porcentaje
V	Voltios
W	Watts

GLOSARIO

Anomalía	Es la irregularidad, anormalidad o falta de adecuación a lo que es habitual.
Ciencia forense	Aplicación de prácticas científicas dentro del proceso legal, para establecer la causa o móvil de un evento.
Caída de tensión	Es la diferencia de potencial que existe entre los extremos de un mismo conductor; representa el gasto de fuerza que implica el paso de la corriente por dicho conductor, por la resistencia del mismo y por la distancia.
Evidencia	Es un conocimiento que aparece intuitivamente, de tal manera que se puede afirmar la validez de su contenido. En un entorno jurídico es la prueba que señala la causa de un crimen.
Fortuito	Escalón posterior a la fuerza mayor; es aquel evento que no pudo ser previsto, ni que, de haberlo sido, podría haberse evitado.
Incendio	Es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse.

NEC	National Electrical Code (por sus siglas en inglés). Es la norma de EE.UU. para el cableado y equipamientos eléctricos.
Premeditar	Reflexionar sobre una acción antes de llevarla a cabo.
Siniestro	Es la avería, destrucción fortuita o pérdida importante que sufren las personas o la propiedad, y cuya materialización se traduce en indemnización.
Víctima	Es quien sufre un daño personalizable por caso fortuito o culpa ajena.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se estudian y analizan las fallas que se pueden presentar en sistema eléctrico; es muy probable que se deba realizar una investigación para determinar las causas que originaron el siniestro. Se divide en 4 capítulos. En el primero se presenta la estructura básica de la ingeniería forense, esto por medio de la definición de la ingeniería forense y estructura de la ingeniería eléctrica forense; también se propone el perfil profesional que debe tener el investigador eléctrico forense.

En el segundo capítulo se presentan los principios de la ingeniería eléctrica forense, en este se da un procedimiento para la adquisición, documentación y almacenaje de muestras o pruebas que podrán ser utilizadas para determinar la causa del siniestro de incendio; también se muestran los diferentes análisis que se le deben hacer a las diversas pruebas; se presenta la estructura del sistema de justicia guatemalteco, para relacionar el procedimiento a seguir en la presentación de pruebas ante un tribunal. En este capítulo se mencionan los conceptos básicos de derecho para que el investigador esté familiarizado con estos.

En el tercer capítulo se presenta el análisis forense de sistemas eléctricos; se anotan las posibles anomalías eléctricas que se pueden presentar en un sistema y cómo identificarlas; también se definen los siniestros en domicilios, así también las anomalías que pueden ocurrir en un vehículo y cómo identificar el estado de los componentes afectados. Además cómo verificar si en el siniestro hubo mano criminal o no, además de la presentación de los resultados en un entorno jurídico.

En el cuarto capítulo se propone el procedimiento de análisis eléctrico forense, así como las herramientas con que cuenta el investigador eléctrico forense, cómo identificar si la estructura o diseño de un sistema eléctrico es deficiente o no, uso de herramientas para manejar la muestra de material eléctrico, la lógica criminal en sistemas eléctricos. También se sintetiza la propuesta del análisis eléctrico forense como una serie de pasos a seguir.

OBJETIVOS

General

Realizar una propuesta de procedimiento para el análisis eléctrico forense con aplicación en eventos fortuitos o premeditados relacionados con inmuebles, automóviles y equipos, para apoyo en investigaciones de entidades públicas y privadas.

Específicos

1. Describir los fundamentos de la estructura básica de la ingeniería forense.
2. Presentar los principios de la ingeniería eléctrica forense, como adquisición de muestras y el procesamiento de las mismas.
3. Efectuar un análisis forense de sistemas eléctricos, tipos de anomalías y su identificación.
4. Realizar una propuesta de procedimiento de análisis eléctrico forense, para llevar una secuencia en la investigación.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación tiene como finalidad realizar una propuesta de procedimiento para el análisis eléctrico forense en una investigación de un siniestro de incendio, ya que por lo general los incendios son asociados a desperfectos o fallas en el sistema eléctrico de una residencia, edificio o incluso en los automóviles. Se dan herramientas para determinar si un evento de este tipo fue fortuito o premeditado.

Se presenta la estructura de la ingeniería forense, su definición, así como el perfil o la experiencia y conocimientos con que debe contar como mínimo un investigador eléctrico forense.

Los principios de la ingeniería eléctrica forense son los básicos de la ciencias forenses, que van desde la adquisición, documentación y almacenaje de muestras y transporte de las mismas. El procesamiento de las pruebas eléctricas forenses presenta una variación, ya que para analizar este tipo de muestra se usan análisis conocidos, pero la interpretación de resultados varía, ya que se busca en estos el comportamiento de la electricidad o de una falla de tipo eléctrico.

El análisis forense de sistemas eléctricos se basa en identificar los diferentes tipos de fallas o anomalías que se pueden dar en un sistema eléctrico; identificar estas anomalías puede llevar a una conclusión rápida y veraz de las causas de incendio, pero para lograr esto el investigador eléctrico forense se debe valer de varias herramientas, que también son presentadas en el presente trabajo de graduación; algunas de estas herramientas se refieren a

determinar si la protección de la instalación o el calibre de los conductores eran los adecuados para la carga que alimentaban; esto se logra haciendo cálculos de diseño de instalaciones eléctricas basados en la norma NEC y en las normas de la EEGSA.

1. ESTRUCTURA BÁSICA DE LA INGENIERÍA FORENSE

1.1. Definición de la ingeniería forense

La ingeniería forense es comúnmente conocida como la aplicación de un conjunto de conocimientos de ingeniería a la técnica policial de investigación de los delitos, apoyando a la administración de justicia. En la actualidad se reconocen diversas subdivisiones de esta ciencia aplicada, que son de gran apoyo e importancia para la criminalística, basadas en pericias y pruebas de carácter técnico.

La palabra forense proviene de la palabra en latín *forensis*, en alusión a “foro” referido a las cortes de la antigua Roma también llamadas foros romanos, en donde los jueces se sentaban a deliberar ante un hecho ocurrido, para así, hacer sus leyes. De ahí a la actualidad, la ciencia forense ha logrado avances significativos en la calidad de la investigación en todos los campos de la siniestralidad; para ello se vale de herramientas y personal especializado en la materia, como es el caso del ingeniero forense que tiene a cargo ocuparse de los aspectos asociados a la determinación de las causas físicas o técnicas de los accidentes, mediante la metodología que expone dicha área.

La ingeniería forense fue concebida como herramienta auxiliar de la justicia, es parte integrante de las ciencias forenses, cuyo objeto es la aplicación de la ciencia y la tecnología, el estudio de los aspectos reales que se encuentran en el origen de litigios, conflictos y situaciones controversiales entre personas de distinta naturaleza, con la finalidad de determinar el grado de

probabilidad de ocurrencia de los hechos, y la relación de las personas físicas y jurídicas con los hechos y las cosas productoras de los mismos.

Las ciencias forenses son ciencias de finalidad, y esta definición es extensiva a la ingeniería forense. Sus objetivos se relacionan con las necesidades concretas de identificar hechos causales de finalidades predeterminadas. Entre los fines propios de la ingeniería forense puede citarse:

- El esclarecimiento de los hechos, de la naturaleza del litigio o controversia.
- La valoración del daño material producido.
- El riesgo, definido técnicamente como la mensura de la producción probable de daño a futuro.
- La identificación de distintos actores y protagonistas (personas físicas y jurídicas) y su relación con el sufrimiento y la producción del daño material.
- La identificación de acciones correctivas para prevenir o amortiguar el daño futuro probable (atenuación de riesgo) y su eventual valoración.

La ingeniería forense abarca la totalidad de las ciencias básicas (matemática, física, química y algunas aplicaciones de biología) combinadas con los conocimientos tecnológicos de las máquinas e instalaciones productoras, por acción u omisión, de situaciones de daño real o potencial.

La base conceptual de la ingeniería es la física, ciencia teórica y experimental, cuyo objeto es investigar los fenómenos de la naturaleza.

La física define modelos abstractos (conceptos), expresados como relaciones matemáticas (ecuaciones y fórmulas), y verificadas a través de experimentos de laboratorio, que no solo explican lo observado, sino que además pueden predecir nuevos fenómenos.

1.1.1. Metodología de la ingeniería forense

La investigación de siniestros tendrá como resultado el diagnóstico del siniestro, planificado y ejecutado por un ingeniero forense, quien es el encargado de aplicar normas y procedimientos habituales de trabajo como por ejemplo: códigos de construcción, códigos de equipos mecánicos, fuego, especificaciones de materiales eléctricos, códigos de productos de almacenamiento y las especificaciones, métodos de instalación y diversas normas de seguridad, entre otros; todo esto con el fin de cumplir con los reglamentos y objetivos en la investigación.

En múltiples ocasiones el ingeniero forense se ve forzado a aplicar la ingeniería de principio a fin, denotando una serie de preguntas, las cuales son claves en el proceso de investigación para saber cómo se produjo el error, quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo. La información del testigo principal debe ser cuidadosamente examinada y evaluada; sus percepciones del evento también pueden estar influenciadas por su educación y formación, experiencias, condición física respecto de la vista o el oído, y los prejuicios sociales o culturales.

La ingeniería forense se ajusta a los siguientes pasos:

- Evaluar lo que había, y el estado en que estaba antes del siniestro.

- Evaluar lo que está presente después del siniestro, y en qué estado se encuentra actualmente.
- Elaboración de hipótesis, posibles formas que los factores y actores intervienen para dar lugar al siniestro (caos).
- Búsqueda de evidencias que niegan o apoyan las diversas hipótesis.
- Aplicar los conocimientos de ingeniería y la habilidad para relacionar los distintos hechos y pruebas en un escenario, para determinar su origen y causas del siniestro.

El presente trabajo de graduación se basa en una de las principales subdivisiones de la ingeniería forense, denominada ingeniería eléctrica forense, que surge bajo la necesidad de organizar un conjunto de respuestas ante incidentes que requieren del establecimiento de procedimientos y métodos de análisis que permitan identificar, recuperar, reconstruir y analizar evidencias de lo ocurrido ante situaciones siniestras.

Puntualmente, la ingeniería eléctrica forense se define como una rama de la ingeniería forense, que se especializa en investigación de fallas que involucran a la electricidad o el equipamiento asociado y accidentes en un contexto legal, mediante la observación, mediciones y pruebas, a través de las cuales se puede determinar la falla. La ingeniería eléctrica forense se sustenta en las principales ramas de la ingeniería eléctrica:

- Sistemas de protección
- Calidad de potencia
- Aislamiento eléctrico

- Conexiones eléctricas
- Análisis de materiales
- Investigación de incendios

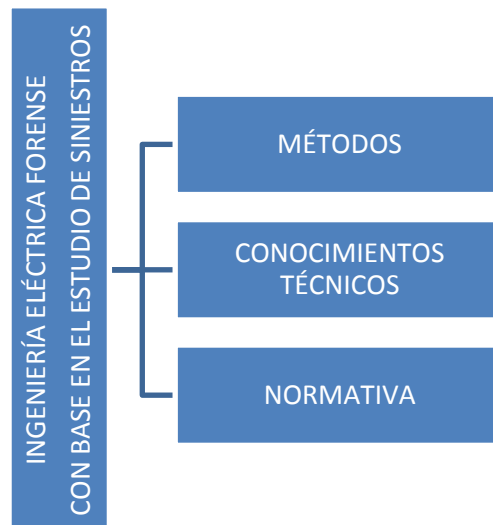
La ingeniería eléctrica forense entonces, se considera como un conjunto de principios y técnicas, que de manera eficiente comprende el proceso de adquisición, conservación, documentación y análisis de evidencia. Es importante resaltar que dicho proceso posee la autonomía suficiente para ser aceptado legalmente en un proceso judicial.

1.2. Estructura de la ingeniería eléctrica forense

El análisis de fallos de origen eléctrico hace referencia a la determinación de cómo una parte o componente fundamental de un sistema ha fallado, por mencionar entre otras, la selección de material, el diseño, uso, métodos de producción y mecánica de la falla dentro del circuito.

Por lo que la investigación de la ingeniería forense cuenta con una estructura sólida, ya que el análisis de fallos determina la parte específica del fallo, y se complementa con el análisis de la causa que lo originó; en conjunto, proporcionan un panorama amplio, evitando una posible reincidencia del mismo.

Figura 1. Estructura de la ingeniería forense



Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Métodos

El método para la investigación de siniestros en la generación de hipótesis, mediante la reconstrucción de fallos, accidentes y siniestros eléctricos en general, se realiza mediante la aplicación del método científico, con la siguiente secuencia:

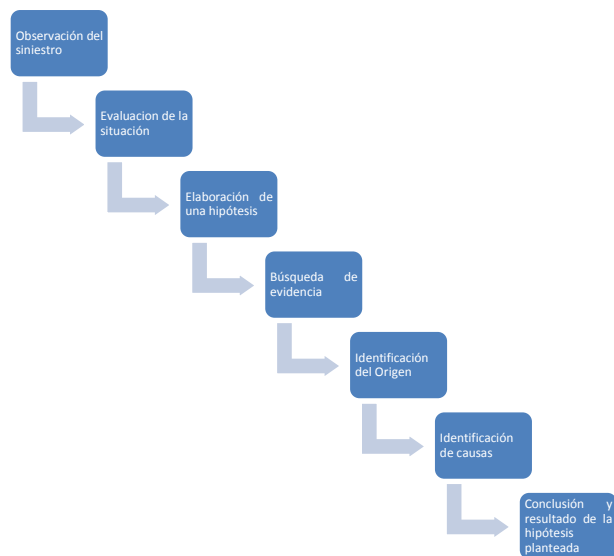
- Una hipótesis general de trabajo de investigación se propone sobre la base de las observaciones.
- A medida que se recopila más información, la hipótesis de trabajo original es modificada para abarcar la creciente evidencia.

- Después de cierto tiempo, la hipótesis de trabajo podría ponerse a prueba mediante la presencia de indicios que pueden no haber sido obvios o se pasaron por alto durante el esfuerzo de recopilación de información inicial.

Una hipótesis es considerada una reconstrucción completa, cuando cumple los siguientes requisitos:

- La hipótesis explica todas las observaciones verificadas.
- Cuando sea posible, la hipótesis predice con exactitud la existencia de más evidencias no conocidas previamente.
- La hipótesis es coherente con principios científicos aceptados, el conocimiento y las metodologías.

Figura 2. **Etapas del método de investigación**



Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenidos los conocimientos básicos definidos en el fundamento teórico, se podrá determinar las circunstancias y los actores que intervienen en el siniestro; seguidamente, según las cuestiones generadas en la hipótesis del siniestro o fallo de tipo eléctrico, se procede a sintetizar primeramente en qué circunstancias aconteció el siniestro o fallo de tipo eléctrico; cuáles o qué protagonistas intervinieron en el origen del siniestro; cómo se asemeja la investigación a los criterios o estándares establecidos y la cuantificación de daños originados.

1.2.2. Conocimiento técnico y normatividad

Como conocimiento técnico se conoce a aquel conjunto de información que después de un proceso experimentado y estudiado por el ingeniero eléctrico forense, actúe de manera conjunta a la investigación del siniestro y a la normativa aplicada, podrán generar a una investigación objetiva. Es decir, desde el comportamiento de los sistemas físicos, químicos, mecánicos y cualquier otro conocimiento útil en la investigación.

1.3. Perfil del investigador forense en materia eléctrica

En la investigación forense en materia eléctrica se emplea con frecuencia un ingeniero eléctrico para evaluar los equipos y sistemas eléctricos, para determinar si la causa del siniestro fue de naturaleza eléctrica, mediante la aplicación de conocimientos y metodologías. El conocimiento técnico y experiencia aportada por el ingeniero eléctrico, junto con la normativa aplicada, podrá generar el dictamen o diagnóstico producto de una investigación objetiva, desde el comportamiento de los sistemas físico, químico y mecánico y cualquier otro conocimiento útil en la investigación.

Dentro del marco legal del cual hace uso la ingeniería forense, para la determinación de las condiciones de uso adecuadas que permiten mantener un estado material, ambiental y humano equilibrado, se hace presente la necesidad de ciertas competencias que el ingeniero debe poseer:

- Conocimiento sobre evaluación, dirección, supervisión y control de los procesos de generación, distribución y utilización de energía eléctrica en forma aislada o integral.
- Administración de proyectos de energía eléctrica, que implica las etapas de planeamiento, planificación, organización, dirección, ejecución, seguimiento evaluación y control de los mismos.
- Conocimientos sobre investigación relacionada con la energía eléctrica; su generación, distribución y aplicación.
- Nivel técnico, administrativo de sistemas operacionales a programas y proyectos relacionados con el campo de la electricidad y sus grandes ramas.
- Capacidad de análisis.
- Conocimiento jurídico asociado a siniestros, relacionados con energía eléctrica.

1.4. Organigrama del sistema de justicia guatemalteco

El sistema judicial en Guatemala está conformado por organismos, entidades descentralizadas, autónomas y semiautónomas del Estado, descritos

en la Constitución Política de la República de Guatemala, que es la ley suprema del país, creada en mayo de 1985 en representación del pueblo, con el objeto de organizar jurídicamente y políticamente al Estado y por consecuencia, contiene los derechos fundamentales de los miembros de su población.

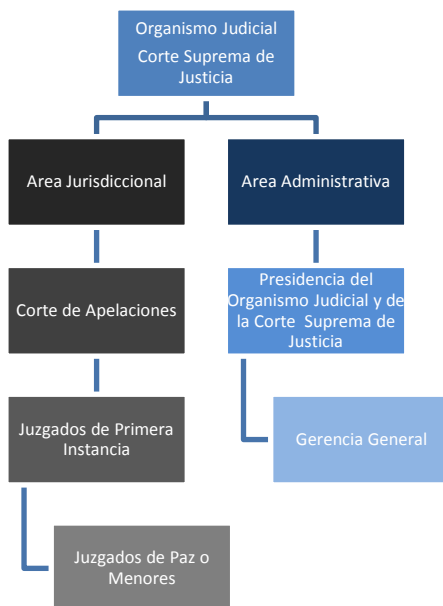
El Organismo Judicial es un ente del Estado destinado a ejercer el poder judicial en la República de Guatemala, es decir, la administración de la justicia en la sociedad mediante la aplicación de las normas jurídicas en la resolución de conflictos, y en ejercicio de la soberanía delegada por el pueblo. El Organismo Judicial está organizado de acuerdo con la Ley del Organismo Judicial, en donde establece su división en dos grandes áreas, la jurisdiccional y la administrativa. El sistema lo encabeza la Corte Suprema de Justicia, que es el más alto tribunal de justicia y de superior jerarquía, en donde se conocen todos los asuntos judiciales que le competen de conformidad con la ley, y su jurisdicción se extiende a toda la República.

1.4.1. Corte Suprema de Justicia de Guatemala

Oficialmente llamada “La Honorable Corte Suprema de Justicia de la República de Guatemala”, está integrada por 13 magistrados, electos por el Congreso de la República para un período de cinco años. Los magistrados son electos entre los abogados candidatos que llenan los requisitos establecidos por la ley y la elección la realiza la Comisión de Postulación, conformada por honorables abogados guatemaltecos.

Los magistrados de la Corte Suprema de Justicia eligen entre ellos al presidente, quien permanece en el cargo por un año. El presidente del Organismo Judicial es también presidente de la Corte Suprema de Justicia, cuya autoridad se extiende a todos los juzgados y tribunales del país.

Figura 3. Organigrama del sistema de justicia guatemalteco



Fuente: elaboración propia.

En la Corte Suprema de Justicia se tramitan y resuelven los recursos de casación que se plantean contra las resoluciones de las salas de apelaciones, así como las acciones de amparo en primera instancia y exhibición personal. Son los magistrados de la Corte Suprema de Justicia quienes tienen a su cargo el estudio y resolución de dichos recursos.

Sus funciones abarcan lo propiamente jurisdiccional y lo administrativo; sin embargo, la ley del Organismo Judicial en su artículo 52 establece que la función jurisdiccional corresponde a la Corte Suprema de Justicia y a los demás tribunales, y las funciones administrativas del Organismo Judicial corresponden a la presidencia de dicho organismo y a las direcciones y dependencias administrativas subordinadas a la misma. El presidente de la Corte Suprema de Justicia preside también el Organismo Judicial.

La Constitución Política de la República y la Ley del Organismo Judicial establecen dentro de las funciones administrativas de la Corte Suprema de Justicia, como órgano superior de la administración del Organismo Judicial, entre otras, las siguientes:

- Formular el presupuesto del ramo (artículo 213 de la Constitución).
- Nombrar a los jueces, secretarios y personal auxiliar (artículo 209 de la Constitución).
- Emitir las normas que le correspondan en materia de sus funciones jurisdiccionales, así como en relación con el desarrollo de las actividades que le confiere la Constitución y la Ley del Organismo Judicial; (artículo 54, literal f, de la Ley del Organismo Judicial).
- Asignar la competencia de los tribunales.
- Establecer tasas y tarifas de los servicios administrativos que se presten (artículo 54, literal n, de la Ley del Organismo Judicial).
- Ejercer la iniciativa de ley (artículo 54, literal j, de la Ley del Organismo Judicial).

1.4.2. Corte de Apelaciones

Es un conjunto determinado de los tribunales colegiados de segunda instancia, cuya jurisdicción se extiende a todo el país, para el ejercicio de sus facultades judiciales dentro de los procesos establecidos por la Constitución

Política de la República. Comúnmente es conocida como tribunales, y está compuesta por un número determinado de jueces llamados magistrados.

Sus principales funciones, según lo establecido en el artículo 88 de la Ley del Organismo Judicial, son:

- Conocer en primera instancia, previa declaratoria del Congreso de haber lugar a juicio, en las causas de responsabilidad contra los funcionarios a que se refiere el inciso h) del artículo 165 de la Constitución Política de la República de Guatemala.
- Conocer en segunda instancia cuáles son los procesos establecidos en la Ley.
- Conocer los antejuicios cuyo conocimiento no esté atribuido por esta ley o por la Constitución Política de la República de Guatemala a otro órgano.
- Cuidar que los jueces de primera instancia, jueces menores o cualesquiera otra persona cumpla sus funciones y los plazos con apego a la ley y evacuen las diligencias que por despacho o en otra forma se les encargue. Deberán sancionarlos, en caso de incumplimiento, con multa de veinticinco quetzales (Q 25,00), salvo en casos debidamente justificados.
- Mantener la disciplina de los tribunales en todo el distrito de su jurisdicción, velando por la conducta oficial de los jueces de primera instancia, y haciéndoles cumplir todos los deberes que las leyes les imponen.

- Vigilar la conducta oficial de sus secretarios y empleados subalternos, a quienes así como a los jueces, podrán corregir aplicando las sanciones determinadas por la ley, poniendo el caso en conocimiento del presidente del Organismo Judicial.
- En casos urgentes, conceder licencia a los secretarios y demás empleados, para que se ausenten de su trabajo por no más de ocho días, pero si fuere necesario el nombramiento de sustituto, el caso se pondrá en conocimiento del presidente del Organismo Judicial.
- Llamar al suplente que corresponda en caso de que, por cualquier motivo, quedare desintegrada.
- Conocer en consulta de los procesos cuando legalmente proceda, confirmando, modificando o revocando la resolución recibida en grado.
- En los casos determinados por la ley, conocer un recurso de reposición de los autos originarios de la misma sala.
- Ejercer las demás atribuciones y funciones que fijen otras leyes, los reglamentos y acuerdos emitidos por la Corte Suprema de Justicia.

1.4.3. Juzgados de Primera Instancia

Los juzgados de primera instancia son tribunales que tienen como principal objetivo conocer los casos, hechos o procesos judiciales, así como actos delictivos en primera instancia, posterior a los juzgados de paz o juzgados menores, cuando se requieran.

Sus principales funciones, según el artículo 95 de la ley del Organismo Judicial son:

- Conocer de los asuntos de su competencia, de conformidad con la ley.
- Conocer las causas de responsabilidad cuando esta atribución no corresponda a la Corte de Apelaciones.
- Los que tienen competencia en materia penal están obligados a visitar, por lo menos una vez al mes, los centros de detención y las cárceles de su distrito.
- Visitar en inspección, cada tres meses, el Registro de la Propiedad; cuando lo hubiere en su jurisdicción. Para la ciudad capital, el presidente del Organismo Judicial fijará a que juzgados corresponde la inspección.
- Las demás que establezcan otras leyes, los reglamentos y acuerdos de la Corte Suprema de Justicia.

1.4.4. Juzgados de Paz o Menores

Son tribunales menores que están a cargo de jueces, que son dispuestos según las órdenes de la Corte Suprema de Justicia; los mismos tienen la facultad de juzgar todos aquellos casos que dispongan las leyes nacionales.

Los jueces de paz están distribuidos según indicaciones de la Corte Suprema de Justicia, los cuales se encargarán de juzgar hechos delictivos o de cualquier otra índole que ocurran en el lugar al que fueron asignados.

- Residencia: según el artículo 106 de la Ley del Organismo Judicial, los jueces menores tienen la obligación de residir en el municipio de su jurisdicción; y si esta se extendiera a dos o más municipios, en la sede que haya fijado la Corte Suprema de Justicia.
- Facultades: los jueces de paz ejercen su jurisdicción dentro de los límites del territorio para el que hayan sido nombrados; su competencia por razón de la materia y de la cuantía serán fijadas por la Corte Suprema de Justicia, y sus atribuciones en el orden disciplinario, son las mismas respecto de sus subalternos, que las otorgadas en el propio caso a los jueces de primera instancia.
- Impedimentos: en caso de impedimento, excusa, o recusación declarados procedentes, o de falta temporal del juez de paz, será sustituido por otro de igual categoría, si lo hubiere en el municipio, y si no, por el juez de paz cuya sede sea más asequible.

1.4.5. Presidente del Organismo Judicial

El presidente del Organismo Judicial y de la Corte Suprema de Justicia de la República de Guatemala es el alto funcionario judicial de más alta jerarquía dentro del Organismo Judicial, su máxima autoridad se extiende a todos los tribunales de la República de Guatemala, la cual es dada a dicho funcionario por la Constitución y la Ley del Organismo Judicial. Es electo dentro de los 13 magistrados que integran la Corte Suprema de Justicia, el cual durará un año en dicho cargo sin derecho a reelección.

El presidente del Organismo Judicial y de la Corte Suprema de Justicia preside las sesiones de la Corte Suprema de Justicia; también tiene la facultad

de administrar el Organismo Judicial, así también está a cargo de la supervisión de los tribunales.

Sus principales funciones y atribuciones son:

- Nombrar, permutar, trasladar, ascender, conceder licencias, sancionar y destituir a los funcionarios y empleados administrativos que le corresponda.
- Emitir acuerdos, circulares, instructivos y órdenes. Toda disposición de observancia general del Organismo Judicial deberá ser publicada en el diario oficial.
- Solicitar informes sobre la marcha de la administración de justicia.
- Autenticar las firmas de los funcionarios del Organismo Judicial y de los notarios, cuando así proceda.
- Ser el órgano de ejecución del presupuesto del Organismo Judicial; cuidar de la adecuada programación y realización de la inversión de sus recursos financieros; aprobar todo contrato civil, mercantil o administrativo; independientemente de su cuantía o duración, podrá firmar o designar al funcionario que ha de firmar el o los contratos respectivos.
- Firmar los documentos de egresos que afecten partidas del presupuesto del Organismo Judicial, lo cual deberá hacerse sin demora.

- Tramitar y resolver la liquidación de conmutas cuando sea procedente, así como hacer la relajación de las penas cuando concurran los requisitos que exige el Código Penal u otras leyes.
- Ejercer, otorgar o delegar la representación del Organismo Judicial en las compras y contrataciones en que este participe, de acuerdo con las formalidades que para tales negociaciones establece la ley.
- Imponer sanciones.
- Acordar la organización administrativa para la adecuada y eficaz administración del Organismo Judicial.
- Ser el órgano de comunicación con los otros organismos del Estado.
- Librar la orden de libertad de los reos que hayan cumplido sus condenas de privación de libertad.
- Ordenar el traslado y distribución de los reos condenados a penas privativas de libertad.
- Ejercer la dirección superior del personal del Organismo Judicial.
- Celebrar por sí mismo o por medio del empleado o funcionario que designe, los contratos relacionados con el servicio de la administración de justicia.
- Cualesquiera otras necesarias o convenientes a una buena y eficaz administración, aunque no estén especificadas en esta u otras leyes.

- Bajo su supervisión, delegar parcialmente y en forma específica en uno o varios magistrados o funcionarios del Organismo Judicial sus atribuciones administrativas; revocar dichas delegaciones. Tales delegaciones no implican que el presidente quede impedido de ejercer directamente las atribuciones delegadas si lo estima conveniente.
- Crear las dependencias administrativas que demande la prestación del servicio de administración de justicia; de igual manera podrá disponer la estructura organizativa de la administración del Organismo Judicial.

2. PRINCIPIOS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA FORENSE

2.1. Adquisición, documentación y almacenaje de muestras y transporte

La adquisición de pruebas es una parte muy importante, ya que de esto dependerá el desarrollo de la investigación; por este motivo el investigador deberá dar la importancia necesaria a este paso de la investigación.

2.1.1. Adquisición y documentación

Cuando se va a investigar un evento como un incendio en el que se sospeche que la casusa fue una falla eléctrica, quizá la parte más importante para la investigación es cómo adquirir las muestras y cómo documentarlas una vez encontradas. Recopilar todas las muestras hará que se pueda reconstruir todo lo sucedido, saber cómo sucedió y determinar si fue un evento fortuito o premeditado, y dependiendo de esto poder construir un caso sólido; se deben recopilar todas las muestras que se encuentren, ya que de no hacerlo se podría poner en riesgo el resultado de un procedimiento judicial. Si se encuentran todas las muestras pero no se tiene el debido cuidado de documentarlas, estas podrían ser inútiles en un juzgado.

“Una buena planificación es esencial para el desarrollo de las tareas en la escena del delito, e incluye la recogida de la mayor cantidad de información posible, planteándose para ello preguntas como estas:

- ¿Qué se cree que ha sucedido?

- ¿Cuál es la magnitud del problema?
- ¿Es necesaria la asistencia especializada o médica?, etc.”¹

Para obtener muestras o pruebas del incendio, el investigador deberá tener acceso a todas las áreas del lugar; no olvidar que esto es muy peligroso debido a que el mejor momento para investigar es justo después de ocurrido el siniestro, ya que el lugar muy probablemente estará en ruinas y este podría colapsar; por ese motivo es muy importante contar con el siguiente equipo de seguridad y herramientas:

2.1.1.1. Equipo de protección personal

- Botas o zapatos de seguridad
- Casco
- Equipo de respiración
- Gafas o anteojos protectores
- Guantes
- Linterna

2.1.1.2. Herramientas y equipos

- Agua
- Alicates (para cortar cables)
- Brochas
- Cámara fotográfica con flash externo y memoria suficiente, baterías

¹ Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito. *La escena del delito y las pruebas materiales*. USA: Organización de las Naciones Unidas, 2009. p.10.

- Cinta métrica
- Compás
- Criba
- Cuerda
- Destornilladores
- Detector de hidrocarburos
- Material para escribir/dibujar
- Escalera
- Escoba
- Etiquetas adhesivas (para las pruebas)
- Focos
- Hacha
- Imán
- Jabón y detergente para manos
- Martillo
- Material absorbente
- Navaja de bolsillo
- Pala
- Pinzas
- Recipientes para colocar las muestras
- Sierra
- Tenazas
- Tollas o trapos para secar
- Multímetro

Además, si se quiere ser eficiente en la localización de muestras se debe contar con una buena iluminación; esto es más importante durante la noche, pero también es posible que se necesite más iluminación durante el día; para

esto se deben apoyar con lámparas y cualquier tipo de fuente de luz que se tenga a la mano. Suponiendo que se está investigando y revisando una habitación en busca de muestras, para poder revisar el cableado de la instalación eléctrica, se deberá revisar incluso hasta por dentro de las paredes y en estos lugares no hay suficiente luz.

Se tienen muchas opciones para iluminar correctamente la escena, incluso si la escena es dentro de una residencia, aún así se necesitará iluminar el exterior. En el mercado existe una gran variedad de fuentes de iluminación disponibles en las ferreterías, las más grandes que requieren generadores (como las que se usan en las construcciones) y las más recientes a base de led; pero en estos casos donde ocurrió una falla eléctrica es casi seguro que no se tendrá energía eléctrica, por ese motivo se deberá contar con lámparas que funcionen con baterías y fáciles de transportar.

Si la investigación y adquisición de muestras se hace en el exterior, es mejor utilizar lámparas con gran capacidad; también se podría pensar que es mejor esperar la llegada de la luz del día. Pero si se hace esto, se podría arruinar la investigación y posteriormente el caso.

Ya que las muestras encontradas pueden servir como pruebas en un caso ante un tribunal, estas se deben retirar de la escena y llevarlas a un laboratorio para estudiarlas con detenimiento; pero antes de esto se deben tomar fotografías y documentarlas en una planilla para después transportarlas y almacenarlas. La recolección de muestras se debe hacer con mucho cuidado, antes de esto se debe verificar que la instalación eléctrica no esté energizada, se puede verificar midiendo si existe voltaje con un voltímetro o para estar más seguros de que no se sufrirá ningún daño, es mejor revisar el interruptor

principal y verificar si se encuentra “disparado” (esto ocurre cuando hay un cortocircuito o una sobrecarga) si no es así se debe bajar el interruptor principal.

2.1.1.3. Seguridad

A continuación se presenta una serie de pasos a seguir para mayor seguridad cuando se realice una investigación:

- Considerar todos los cables como si llevaran corriente, aunque se haya quitado el contador o desconectado de la entrada.
- Al acercarse al lugar de los hechos, tener cuidado de los posibles cables que puedan haber caído al suelo o estar en contacto con varilla metálicas y otros materiales conductores, incluso el agua.
- Mirar si han caído antenas sobre cables eléctricos, si hay barandillas que estén en contacto con cables y si han quedado cables subterráneos al descubierto.
- Tener el máximo cuidado cuando se utilicen escaleras o equipos de elevación cerca de cables eléctricos al aire.
- Tener en cuenta que la instalación del edificio puede producir corrientes de alta intensidad y que un cortocircuito puede producir una fuente de corriente capaz de producir heridas y quemaduras graves.
- No fiarse de los zapatos normales con suela de goma como aislantes.

- No entrar en sótanos inundados sin comprobar si está cortada la corriente. No tocar con la mano equipos eléctricos si los pies están húmedos o metidos en el agua.
- Evitar tocar cualquier interruptor eléctrico o equipo en una zona donde pueda haber vapores o gases inflamables. Cuando se tenga que desconectar un equipo eléctrico, deberá hacerse en el punto de conexión más alejado de cualquier atmósfera explosiva.
- Establecer líneas de comunicación y una estrecha colaboración con la empresa que suministra la electricidad. El personal de esas empresas posee la experiencia y conocimientos necesarios para resolver cualquier emergencia eléctrica.
- Localizar y evitar los cables subterráneos antes de hacer cualquier agujero o excavación en el lugar del incendio.
- Reconocer todas las instalaciones eléctricas que pudieran no estar desconectadas, incluidas las extensiones conectadas a tomacorrientes más alejados e instalaciones similares.
- Utilizar siempre un voltímetro, para saber si un cable tiene voltaje o no.

2.1.1.4. Recolección

Después se procede a la recolección de muestras. Primero se debe identificar el lugar donde se inició el fuego o sea “el origen” o “la zona origen”; puede ser un área amplia, como una habitación en una residencia. El “punto origen” es un área más pequeña que se puede identificar; puede ser tan

pequeño como un botón o tan grande como una habitación. Hay patrones de fuego típicos, que se pueden ver mirando las cosas que han quemado. Por ejemplo, en una casa se obtienen patrones en forma de V en la pared, que muestran la dirección del fuego. Después se hace el seguimiento.

Si se observa que en el origen del incendio hay instalaciones eléctricas, se puede sospechar que esta fue la causa.

Los bomberos deben abstenerse de girar tiradores y operar interruptores de cualquier equipamiento, aparatos eléctricos, o servicios públicos en el lugar del incendio. La posición tanto de los componentes como de los interruptores puede ser un elemento necesario para la investigación, especialmente en el desarrollo de escenarios o hipótesis de ignición del siniestro. Estos componentes que a menudo se hacen de plástico, pueden volverse muy frágiles al quedar expuestos al calor. Su movimiento puede alterar el estado original tras el incendio y causar la ruptura del interruptor o hacerse imposible su recolección en su posición original tras el incendio.

Se pueden tomar muestras del cable que se observe quemado; para esto se cortan varios tramos de cable quemado, de preferencia revisar si el cable está quemado en toda su longitud, dependiendo del tipo de incendio es probable que no todo en la habitación esté quemado y por lo tanto tampoco las instalaciones eléctricas; si este fuera el caso y el cable se encuentra quemado en toda su longitud, se puede realizar una hipótesis y esta sería que existió un cortocircuito. También se deben revisar las protecciones (*breakers*); para esto hay una serie de procedimientos ya establecidos, tales como:

- No intentar operar el equipo dañado. Aislarlo de la fuente de alimentación, verificar todas las protecciones.

- Aislar el equipo dañado, eléctrica y neumáticamente, entre otros, con base en la situación de falla.
- Acordonar el área, esperando unos minutos. No aproximarse inmediatamente al equipo dañado.
- Revisar visualmente el equipo desde un lugar seguro, para evaluar la situación.
- Antes de mover o desmontar cualquier parte, para documentar la evidencia visual, tomar fotografías de buena calidad que muestren una vista general desde todos los ángulos, así como detalles de acercamiento. Si se requiere desmontar o desensamblar el equipo, se deberán tomar fotografías en cada paso, con un letrero alusivo que aparezca en la foto. Si es posible registrar en vídeo y grabar todas las observaciones.
- En la medida de lo posible registrar la posición de todas las protecciones y de sus ajustes, así como de los registros de lecturas antes de desconectar la alimentación del control.
- Tomar muestras de los materiales de los alrededores.
- Establecer una secuencia de la falla y revisar las evidencias con base en este supuesto.
- Todas las partes y evidencias deberán ser conservadas hasta que se complete la investigación. Evitar limpiar y quitar cosas con rapidez y sin precaución.

- Identificar los sucesos previos inmediatos, los inmediatos siguientes, así como los simultáneos con la falla.

A menudo también es importante recoger muestras de comparación cuando se recogen pruebas físicas para su examen y prueba. La toma de muestras de comparación es especialmente importante en la recogida de materiales que se cree contienen acelerantes líquidos o gaseosos.

Se asume que las muestras de comparación pueden no estar disponibles por la situación de la escena del fuego. También se asume que frecuentemente las muestras de comparación son innecesarias. Si se sospecha la presencia de equipos eléctricos o mecánicos en la ignición del incendio, se puede identificar y recoger o comprar equipos ejemplo, como muestra de comparación.

2.1.2. Documentación

El siguiente paso en el proceso de manejo de muestras es documentar la adquisición y el tipo de muestra que se obtuvo; para esto es muy importante tomar fotografías de la escena y de todas las muestras. Al revisar el lugar donde ha ocurrido el evento o siniestro, el investigador debe reflejar los hechos, de manera que le permita recordar sus observaciones posteriormente e informar el estado del lugar. Los métodos más utilizados para conseguir esto son las fotografías, videos, diagramas, planos y notas. Registrar el área o lugar del evento de manera minuciosa y exacta es vital, porque a partir de esta recopilación el investigador puede llegar a opiniones y conclusiones y tendrá material para apoyarlas.

2.1.2.1. Fotografías

Con este medio de documentación se puede tener una mejor representación visual de la escena. Las imágenes describen mejor el entorno de una escena que las palabras, aunque también son importantes (por ejemplo, la entrevista), pueden servir después, ya que al investigador se le pudo pasar por alto alguna marca o detalle al momento de tomar la fotografía, pero esta ha quedado plasmada en ella y resultarán evidentes más tarde. También apoya los informes y declaraciones del investigador.

El investigador tomará la cantidad de fotos que considere necesarias. En una investigación se toman de 200 a 300 fotografías cuando ha ocurrido un importante evento, y con la nueva tecnología en cámaras digitales la limitante que se tiene es el tamaño de la memoria de almacenaje, pero como se tiene esta ventaja no se debe abusar y tomar fotografías solo por tomarlas, ya que al hacerlo, habrá más tardanza cuando se tenga que clasificarlas. Por lo cual se deben tomar fotografías que sean relevantes para la investigación.

Se deben tomar fotografías que contengan varias perspectivas de la escena, más importante aún son los primeros planos, ya que estos muestran en detalle los puntos más importantes; estas tomas deben incluir una escala para determinar el tamaño de la muestra; si no se hace esto, lo más probable es que la fotografía no sea admisible en un tribunal. Debe haber más enfoque en el lugar donde las muestras se localizan.

Tomar primeros planos y acercamientos de todas las muestras recabadas. También es importante numerar todas las muestras y mejor aún, si esta numeración aparece en las fotografías; todo esto para que la clasificación posterior sea más fácil.

2.1.2.2. Momento de la toma

Las fotografías tomadas durante el incendio o lo antes posible después del mismo, son un medio importante de registrar el lugar de los hechos antes de que pueda resultar alterado, afectado o incluso destruido. El tiempo es importante entre otras razones porque:

- El edificio sufrió severos daños y es posible que este quede destruido completamente.
- Es posible que se cree un entorno peligroso debido al contenido del edificio.
- Se debe documentar conforme se va desescombrando, ya que se puede perder para siempre una prueba en este proceso.

Todas estas muestras fotografiadas se deben ingresar en una planilla o libreta, colocando una breve descripción de cada muestra; un informe que documenta todas las muestras.

Como especialistas en el manejo de muestras, se debe asumir que si se llega a la conclusión que un evento ocurrió de forma predeterminada, se dará lugar a un juicio muy probablemente oral; este trabajo consiste en recoger pruebas o muestras y documentarlas, de manera que los fiscales puedan obtener condenas o las empresas de seguros indemnicen a los propietarios del inmueble.

Las fotografías ante los tribunales, para que un investigador pueda dar su testimonio y presentar las fotos ante un tribunal, es requisito que la fotografía

sea importante para el testimonio, es decir, que contenga imágenes relevantes sobre el hecho.

En una investigación se sugiere documentar lo siguiente:

- Extinción del fuego
- Desescombros
- Origen y causa
- Fotografías durante el siniestro
- Fotografías del interior y exterior
- Fotografías de la estructura
- Fotografías de multitudes
- Fotografías de las víctimas, si hubiere
- Fotografías de las entradas de servicios y aparatos

Para extinguir el fuego ocurre una serie de eventos que pueden afectar a la investigación; estos eventos pueden ser el accionamiento de dispositivos automáticos y la propia acción de los bomberos.

En la fase de desescombros es posible que se tenga que trasladar materiales, contenido e incluso partes de la estructura del inmueble; fotografiar esta fase ayudará a entender cómo estaba la estructura antes del siniestro.

Al fotografiar la estructura se documentarán los daños que ha recibido al estar expuesta al fuego y al calor; también se registrarán marcas que den un indicio de cómo se propagó el fuego y quizás de su origen y causa.

2.1.2.3. Fotografías de muestras para pruebas

En el lugar de los hechos se deberá fotografiar todos los objetos que se consideren que pueden servir como prueba y volverlos a fotografiar en el laboratorio, si se necesita una fotografía con más detalle. Cuando se estén retirando los escombros, aparecerán diferentes objetos que se podrán reconocer como prueba.

Las fotografías muestran las pruebas en su posición original y el estado en que fueron encontradas. Las pruebas son esenciales en cualquier caso que sea llevado ante los tribunales, y son más útiles si están bien identificadas.

2.1.2.4. Notas

Las fotografías tomadas se pueden complementar con la toma de notas; es importante cuando se desea registrar objetos o documentos que no se puedan fotografiar. Por ejemplo:

- Nombre y direcciones
- Modelos y números de serie
- Declaraciones
- Número de las fotos
- Identificación de objetos
- Tipos de materiales

También se pueden tomar notas con grabadoras de bolsillo como las de los reporteros. Cuando el investigador documente datos o pruebas críticas, debe tener cuidado y no fiarse de las cintas grabadas o de las pruebas recogidas con un solo equipo.

2.1.2.5. Planimetría o dibujos

Es factible que el investigador haga dibujos como planos, esquemas y diagramas para ayudarse a documentar el siniestro, el investigador elegirá el tipo de dibujo según sea el tamaño del siniestro; los dibujos y las fotografías sirven para recordar la escena cuando se tiene solo una oportunidad de inspeccionarla.

Es recomendable solicitar los planos de construcción del inmueble para facilitarse la inspección y documentación; en estos planos se podría marcar el lugar exacto donde fueron encontradas las pruebas y posteriormente donde se originó el siniestro.

2.1.3. Almacenaje de muestras y transporte

Una vez se ha descubierto un artefacto u otras pruebas, se deben tomar acciones previas para conservar y proteger el elemento contra la pérdida, destrucción o desplazamiento. La persona que lo ha descubierto deberá notificarlo al jefe de incidencias, tan pronto como sea posible. El jefe de incidencias deberá notificarlo al investigador del siniestro u otras personas apropiadas o agencias con autoridad.

La última parte que se realiza en la escena donde ocurrió el evento es la selección del medio de transporte que se utilizará y la forma en que se almacenarán las muestras recogidas para preservarlas de la mejor manera posible para su posterior análisis en laboratorio.

Cuando se han recogido todas las muestras que se llevarán al laboratorio para su análisis, se escogen las que puedan aportar más información que

ayude a la investigación y las que tienen más probabilidades de dar buenos resultados; a la hora de ser estudiados en el laboratorio, estas tendrán preferencia sobre las demás.

Un trámite muy esencial para el manejo de estas muestras es cuando ya se han elegido aquellas que se enviarán al laboratorio o a un almacén intermedio.

Para el correcto transporte y almacenamiento es necesario un lugar fresco y seco, un lugar donde el acceso sea contralado y vigilado; estas son características esenciales del almacén y transporte. También entran en juego los costos, la distancia y el tipo de muestra; podría ocurrir que el transporte no sea adecuado, dependiendo del objeto que se va a transportar (por ejemplo puede ser muy grande). Todas estas muestras o evidencias se deben almacenar correctamente porque es muy probable que se tengan que almacenar, incluso por años o hasta que se resuelva el caso.

Todo lo anterior debe hacerse para que las muestras recogidas resulten útiles en la investigación; las pruebas recuperadas en la escena deben llegar en última instancia al laboratorio forense, de manera que conserve su integridad e identidad; por ejemplo si una prueba es expuesta a la humedad y resulta que se había logrado rescatar, aún con su placa característica, esta se deteriorará y será imposible poder observar los datos del fabricante; esta valiosa información se perderá para siempre.

2.1.3.1. Recipientes para pruebas

Cuando ya se ha recogido la muestra o prueba, esta debe almacenarse en un recipiente adecuado. La elección del recipiente adecuado va a depender del

estado del objeto, sus características físicas y fragilidad. Se guardan en recipientes para garantizar la integridad del objeto y evitar que este se contamine. Estos recipientes pueden ser elementos corrientes como:

- Sobres de papel
- Bolsas de papel o plástico
- Frascos de cristal o metal

Figura 4. **Sobres de papel para evidencia**



Fuente: www.monografias.com/trabajos81/serologia-forense/serologia-forense2.shtml.

[Consulta: 15 de mayo de 2014].

Las latas metálicas son especialmente recomendadas para la recogida de muestras con acelerantes sólidos y líquidos, pero esta debe ser nueva. Solo se deben llenar hasta dos tercios de su capacidad, para dejar espacio por si se producen vapores. El recipiente debe ser completamente hermético. La ventaja de usar latas metálicas es que son corrientes, baratas, duraderas y se evita la evaporación de líquidos volátiles.

Figura 5. **Latas de metal para evidencia**



Fuente: www.canafem.org.mx/Saludenlata/barnizprotege.gif. [Consulta: 15 de mayo de 2014].

Las latas metálicas tienen el inconveniente de no poderse ver a través de ellas; si se quiere ver la muestra debe abrirse la lata; además ocupan más espacio y se oxidan si se deben almacenar por mucho tiempo.

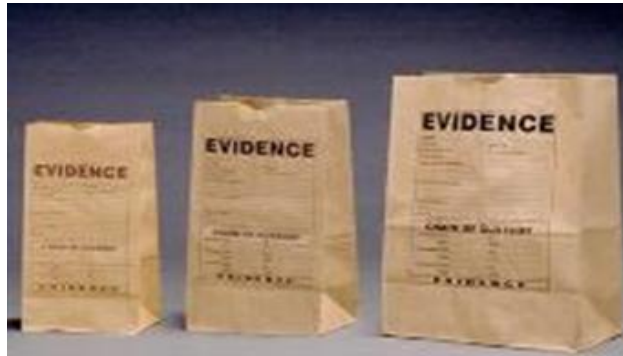
Figura 6. **Frascos para evidencia**



Fuente: 4.bp.blogspot.com/6FpBPvLctg0/TfQwEkfjCAI/AAAAAAAAAH0/rms_7nzBPlo/s1600/preservacion+de+evidencia+entomologica.png. [Consulta: 15 de mayo de 2014].

Las bolsas de papel o plástico también son una buena opción para almacenar las evidencias tomadas en la escena del siniestro o evento.

Figura 7. **Bolsas de papel para evidencia**



Fuente: www.monografias.com/trabajos81/serologia-forense/serologia-forense2.shtml.
[Consulta: 15 de mayo de 2014].

Figura 8. **Bolsas de plástico para evidencia**



Fuente: http://nelmar.com/wp-content/uploads/2012/03/evidence_bag1.jpg. [Consulta: 15 de mayo de 2014].

Siempre que sea posible, se recomienda que el investigador entregue las pruebas personalmente al laboratorio. Así se evita al máximo que las pruebas se estropeen, pierdan o se las roben.

Para enviar pruebas por medio de terceros, el investigador deberá elegir un contenedor en donde quepan todas las muestras de un mismo caso; nunca se deben mezclar pruebas de otros casos en un mismo contenedor; adjunto al contenedor deberá ir una carta dirigida al laboratorio, solicitando que examine y haga pruebas; esta carta debe incluir una lista detallada con las pruebas que se están enviando, así como el tipo de examen o ensayo que se requiere para cada prueba.

Además de los procedimientos descritos con anterioridad, el investigador debe tener en cuenta que algunos componentes eléctricos con partes sensibles electromecánicas, no se deben enviar. Por ejemplo, ciertos disyuntores, relés o termostatos.

2.1.3.2. Cadena de custodia

Son los requisitos que se deben cumplir para demostrar, cuando sea requerido, la autenticidad de los objetos o pruebas y documentos relacionados con un hecho o acto delictivo; estos requisitos se deben cumplir desde la recolección de las pruebas, documentación, almacenaje, análisis o procesamiento, hasta su presentación en juicio.

Para que una cadena de custodia tenga validez y pueda ser utilizada sin objeciones en un juicio, debe satisfacer, entre otras condiciones, ciertos requerimientos:

- Que la evidencia haya sido recolectada, embalada y etiquetada adecuadamente.
- Preservación, transporte y entrega adecuados.

2.1.3.3. Pasos de la cadena de custodia

- Hallazgos y protección en la escena del delito
- Búsqueda mediante la inspección preliminar
- Fijación mediante acta, fotografía, dibujo o vídeo
- Recolección
- Embalaje
- Custodia de evidencias
- Transporte y entrega
- Análisis pericial
- Presentación en juicio
- Devolución, destrucción o decomiso para fines de beneficio de instituciones

En el desarrollo de cada una de las etapas de la cadena de custodia, las personas que reciben la evidencia deberán corroborar que estos objetos estén acompañados por el respectivo formulario de cadena de custodia; también se debe revisar que los recipientes o elementos del embalaje no presenten alteración.

Si se diera el caso de descubrir alguna alteración en cualquiera de los elementos arriba mencionados, se deberá notificar a la persona responsable o al jefe inmediato, por un medio escrito.

La cadena de custodia finaliza con la disposición o resolución que establezca su destino final; este mandato, emitido por el juez, o en su caso por el fiscal, será comunicado a la persona responsable del almacén, quien luego de recibirlo, debe corroborar su contenido, registrar la disposición final del bien y concluir con la materialización de lo ordenado.

2.2. Procesamiento de pruebas eléctricas forenses

En la investigación de un fallo eléctrico, el investigador se encuentra en una situación similar a la de un policía o detective que se enfrenta a la resolución de un crimen misterioso. Por ello se deben observar y examinar todas las pruebas, por pequeñas que estas sean, para determinar las causas probables del fallo o incidente eléctrico. El planteamiento del problema muestra la complejidad del análisis, ya que su ámbito comprende desde la planeación para la construcción del equipo fallado, hasta la fábrica donde se manufacturó y el lugar donde este fue utilizado y falló.

Para acumular el máximo de información, el investigador debe utilizar una metodología adecuada, aplicada en un orden secuencial correcto, para no destruir huellas o vestigios antes que estos puedan ser analizados.

En la recogida de la información debe tenerse en cuenta que el material o pieza fallada fue concebida, diseñada, fabricada e instalada. Es conveniente y a veces necesario conseguir un plano u hoja de especificaciones del fabricante; si es posible, que incluya las especificaciones de los materiales utilizados en su ensamble, procedimiento de ensamble y acabado. Además, a toda esta documentación deben añadirse los certificados de control de calidad en proceso de fabricación y evaluación final del producto; estos documentos son muy importantes, pudiendo en el caso de demandas judiciales, ser determinantes, cuando se detecta falla de conformidad con las especificaciones.

También es de vital importancia saber en qué condiciones (tensiones de servicio, medio ambiente, temperatura, mantenimiento, etc.) trabajaba la pieza o máquina fallada, ya que todo tiene una vida útil y una forma de ser utilizado. La recopilación de información sobre la historia de la pieza no es completa sin el

testimonio de personas que han vivido el fallo o han estado relacionadas con la instalación o control de la misma.

2.2.1. Examen visual

En este punto se debe resaltar la importancia que tiene el paso de adquisición de muestras representativas, como paso previo a cualquier observación visual o microscópica. En el caso de un cable quemado, además de tomar un trozo de cable afectado, se tomarán muestras del medio que lo rodea y de los productos de la combustión. Las muestras han de manipularse cuidadosamente y deberá tomarse medidas preventivas para su conservación.

En el caso que se tenga que manipular piezas rotas o carbonizadas, se debe ser muy cuidadoso, especialmente si han de someterse a estudios de microscopía electrónica de barrido. Muchos resultados de estos estudios se han malogrado, ya que se ha procedido con anterioridad, por haberse almacenado dos piezas en un mismo recipiente, el roce entre ambas ha dañado la muestra, por mala protección e incluso por el contacto con los dedos. Por desgracia llegan en ocasiones muestras que no se han manipulado y empaquetado adecuadamente.

El examen visual de la muestra permite descubrir la presencia de coloraciones, productos de la combustión, detalles estructurales y características morfológicas, que pueden dar luz sobre las causas del evento, así como de su inicio. Por ejemplo, el examen visual puede ayudar a determinar de qué forma se quemó un cable, ya sea por cortocircuito o sobrecarga o por simple combustión externa. También da una idea de cómo se quemó un *breaker* o un motor.

El examen visual de las piezas, unido al historial de las mismas, son a veces suficientes para caracterizar la falla o sospechar anomalías. Sin embargo, se ha de proceder a pruebas complementarias, ya sea de comprobación o esclarecimiento.

2.2.2. Ensayos

Este punto es muy importante, porque es aquí donde se puede determinar con exactitud la causa de la falla o cómo sucedió; los ensayos posibles o necesarios que se pueden realizar en este diagnóstico son muy variados, tanto destructivos como no destructivos, y con distinto grado de sofisticación y en consecuencia complejidad. La elección de los mismos incidirá en el resultado y en el coste de la investigación.

Una vez recogidas las pruebas físicas, se pueden analizar y examinar en un laboratorio o centro de ensayos. Se les realizan exámenes y ensayos para determinar su composición química, conocer sus propiedades físicas, establecer si estaban en uso cuando ocurrió el incidente o si funcionaban apropiadamente; con esos exámenes se establecerán deficiencias en el diseño; todo esto para proporcionar al investigador herramientas para determinar por ejemplo el origen de un incendio y su causa, incluso si el elemento examinado ha sido determinante para la propagación del siniestro.

Por lo general, el examen que se realiza a este tipo de muestras (por ejemplo un trozo de cable) es un estudio metalúrgico clásico. También se recomienda realizar estudios a piezas originales no utilizadas o incluso a piezas que se encontraban en el lugar del siniestro pero no fueron afectadas. Al realizar un ensayo con piezas o máquinas similares a las falladas, se pueden

corroborar, por ejemplo, las causas de fallo de un colector de cobre y de los conductores que transmiten la corriente a las escobillas de un motor eléctrico.

A menudo será necesaria la utilización de un microscopio, por ejemplo, para determinar si un cable de cobre se fundió por arco eléctrico o por una fuente externa de calor; se podrá observar en la primera la fundición de forma irregular y en la segunda, se la superficie lisa.

2.2.3. Métodos de ensayo

A continuación se da una lista de los ensayos que se le pueden realizar a pruebas eléctricas para la investigación de un siniestro.

2.2.3.1. Análisis químico

Aquí se analizan las gotas de material fundido de un conductor eléctrico, valiéndose sus resultados por la concentración de oxígeno en la muestra.

2.2.3.2. Análisis metalúrgico

Con este ensayo se determina la estructura metalúrgica de las gotas de fundición de un conductor; se examina la cantidad de “vacíos” presentes en la muestra.

2.2.3.3. Cromatografía de gases

Con este método es posible separar los componentes de la muestra ensayada, y el resultado da una representación gráfica de cada uno de sus componentes y la cantidad en la que se encuentra en la muestra.

2.2.3.4. Espectrometría de masas

Este sirve para analizar más a fondo cada uno de los componentes encontrados en la cromatografía de gases. También está la espectrometría de masas de iones secundarios, que sirve para encontrar la concentración de oxígeno, por ejemplo, en las gotas del material fundido de un conductor.

2.2.3.5. Espectrometría por rayos infrarrojos

Se identifican algunos productos químicos según su capacidad de absorción de rayos infrarrojos en determinadas longitudes de onda.

2.2.3.6. Absorción atómica

Aquí se identifican las componentes de las sustancias no volátiles, como metales, cerámicas o tierras.

2.2.3.7. Fluorescencia a los rayos X

Este ensayo analiza los elementos metálicos, evaluando su respuesta a los rayos X.

2.2.3.8. Tensión de resistencia dieléctrica

Es también llamado de alto potencial, sobrepotencial, ruptura de potencial o resistencia dieléctrica; a dos componentes aislados se les aplica una tensión superior a la nominal durante un tiempo determinado. También se aplica entre componentes aislados y tierra.

2.2.3.9. Resistencia del aislamiento

Este mide la resistencia que ofrece un componente eléctrico, mediante la aplicación de una tensión necesaria para producir una corriente de fuga a través de o sobre la superficie de dicho componente.

2.2.3.10. Exámenes y ensayos comparativos

En el transcurso de la investigación de un siniestro, puede que se le presente el caso al investigador de necesitar examinar un aparato o máquina eléctrica, para ver si este cumple con las normas establecidas para dicho equipo y determinar si el equipo que está siendo estudiado era el adecuado para el tipo de instalación en que se encontraba.

También se puede usar otro equipo de similares características para compararlo con el de la prueba y usar este como referencia. Debe procurarse realizar el ensayo con un equipo de la misma marca o línea que el siniestrado, para que los resultados sean más exactos y las conclusiones no sean debatibles.

2.2.4. Eliminación de pruebas

En algunas ocasiones el investigador tiene que eliminar las pruebas una vez terminada la investigación y el proceso judicial, pero esto no debe hacerse hasta que se cuente con una orden por escrito. En cierto tipo de casos las pruebas deberán guardarse hasta por varios años, incluso, se devuelven a su propietario.

En los casos en que se determine que fue un incendio provocado, la evidencia debe guardarse hasta que se dicte sentencia. Estas pruebas pueden ser retenidas por el tribunal. Las mismas serán devueltas al investigador hasta que se haya terminado la posibilidad de apelación.

2.3. Estructura del sistema de justicia guatemalteco y el factor evidencia

El Organismo Judicial (OJ) es uno de los organismos del Estado, el cual ejerce el poder judicial en la República de Guatemala y en ejercicio de la soberanía delegada por el pueblo, imparte justicia conforme la Constitución Política de la República de Guatemala y los valores y normas del ordenamiento jurídico del país.

El Organismo Judicial está organizado de acuerdo con la ley del Organismo Judicial, en la cual establece su división en dos grandes áreas: área jurisdiccional y administrativa. El órgano supremo es la Corte Suprema de Justicia.

El Organismo Judicial actualmente está conformado por alrededor de 619 tribunales, distribuyéndose de la siguiente manera: la Corte Suprema de Justicia, 30 salas de la corte de apelaciones, 218 juzgados de primera instancia y 370 juzgados de paz.

La justicia se imparte de conformidad con la Constitución de la República y las leyes nacionales. Por ello, corresponde a los tribunales de justicia la potestad de juzgar y promover la ejecución de los juzgados. Los otros organismos del Estado deben prestar a los tribunales el auxilio que requieran para el cumplimiento de sus resoluciones.

Los magistrados y jueces son independientes en el ejercicio de sus funciones y únicamente están sujetos a la Constitución de la República y a las leyes. A quienes atenten contra la independencia del Organismo Judicial, además de imponérseles las penas fijadas por el Código Penal, se les inhabilitará para ejercer cualquier cargo público.

La función jurisdiccional es ejercida, con exclusividad absoluta, por la Corte Suprema de Justicia, Corte de Apelaciones y otros tribunales colegiados, juzgados de primera instancia y juzgados de paz. Ninguna otra autoridad puede intervenir en la administración de justicia.

2.3.1. Funciones

Para cumplir sus objetivos, el Organismo Judicial no está sujeto a subordinación alguna, de ningún organismo o autoridad, solo a la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes. Tiene funciones jurisdiccionales y administrativas, las que deben desempeñarse con total independencia de cualquier otra autoridad:

- Las funciones jurisdiccionales del Organismo Judicial corresponden fundamentalmente a la Corte Suprema de Justicia y a los demás tribunales que a ella están subordinados.
- Las funciones administrativas del Organismo Judicial corresponden a la presidencia de dicho Organismo y a las direcciones y dependencias administrativas subordinadas a dicha presidencia.
- Las funciones de los órganos que integran el Organismo Judicial les son conferidas por la Constitución Política de la República de Guatemala.

2.3.2. Organización

El Organismo Judicial se divide en dos grandes áreas, las cuales, de acuerdo con sus funciones, son:

- Área jurisdiccional
- Área administrativa

La organización del Organismo Judicial se adecua de acuerdo con lo establecido en la Constitución Política de la República de Guatemala, la Ley del Organismo Judicial, reglamento y políticas internas.

2.3.3. Área jurisdiccional

- Corte Suprema de Justicia
 - Cámara Civil
 - Cámara Penal
 - Cámara de Amparo y Antejuicio
- Corte de Apelaciones
 - Salas Penales
 - Salas Civiles
 - Salas Regionales mixtas/mixtos departamentales
 - Sala de Familia
 - Salas de Trabajo y Previsión Social
 - Sala de la Niñez y de la Adolescencia

- Tribunal de Segunda Instancia de Cuentas y Conflictos de Jurisdicción
- Tribunal/Sala de lo Contencioso-Administrativo
- Juzgados de primera instancia
 - Salas de ejecución penal.
 - Juzgados de primera instancia penal, narcoactividad y delitos contra el ambiente y juzgado delito fiscal.
 - Juzgados de primera instancia civil.
 - Tribunales de sentencia y juzgados de instancia mixtos departamentales.
 - Juzgados de familia.
 - Juzgados de trabajo y previsión social.
 - Juzgados de la niñez y la adolescencia y de adolescentes en conflicto con la ley penal y juzgados de control de ejecución de medidas.
 - Juzgados de primera instancia de cuentas.
 - Juzgados de primera instancia de lo económico coactivo.
- Juzgados de paz o menores
 - Juzgados de paz penal y juzgados de paz de falta de turno
 - Juzgados de paz civil y juzgados de paz de móviles
 - Juzgados de paz mixtos y juzgados de paz comunitarios (penales)

2.3.4. Área administrativa

- Corte Suprema de Justicia

- Secretaría de la Corte Suprema de Justicia
- Consejo de la Carrera Judicial
- Secretaría Ejecutiva del Consejo de la Carrera Judicial

- Presidencia del Organismo Judicial y de la Corte Suprema de Justicia
 - Asesoría jurídica
 - Secretaría de la Presidencia
 - Departamento de Comunicación Social
 - Auditoría Interna
 - Supervisión General de Tribunales
 - Archivo General de Protocolos
 - Escuela de Capacitación Institucional/Escuela de Estudios Judiciales
 - Unidad de Información
 - Unidad de la Mujer y Análisis de Género
 - Dirección de Servicios de Gestión Tribunalicia
 - Centro de Servicios Auxiliares de la Administración de Justicia
 - Centro Administrativo de Gestión Penal
 - Archivo General de Tribunales
 - Almacén Judicial
 - Unidad de Antecedentes Penales
 - Unidad de Resolución Alternativa de Conflictos
 - Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial
 - Sección de Relaciones Internacionales e Institucionales

- Gerencia General
 - Equipo gerencial
 - Centro de Informática y Telecomunicaciones

- Secretaría de Planificación y Desarrollo Institucional
- Gerencia de Recursos Humanos
- Gerencia Financiera
- Gerencia Administrativa
- Coordinaciones regionales

2.3.5. Tribunales

El Organismo Judicial está formado por los siguientes tribunales que ejercen la función jurisdiccional.

2.3.5.1. Corte Suprema de Justicia

Es el tribunal máximo y órgano colegiado de gobierno del Organismo Judicial del país, es decir, la autoridad suprema de dicho poder. Está compuesta por 13 magistrados electos por el Congreso de la República para un período 5 años. El presidente de la Corte Suprema de Justicia es el funcionario de más alta jerarquía y es quien preside las reuniones del pleno; él es electo para un período improrrogable de 1 año, dentro de los mismos magistrados, pudiendo ser sustituido por uno de ellos, según el orden de su designación. Actualmente se divide en tres cámaras, compuestas cada una por un presidente y tres vocales, pudiendo pertenecer a ellas el presidente del mismo máximo tribunal, en caso de empate.

2.3.5.2. Corte de Apelaciones

La corte de apelaciones, es el conjunto de salas o tribunales colegiados de segunda instancia, cuya jurisdicción se extiende en todo el país. Su número de salas es determinado por la Corte Suprema de Justicia. Cada sala cuenta con

un grupo actual de 5 jueces llamados magistrados, dentro de los cuales uno actúa como su presidente y los otros como vocales.

2.3.5.3. Juzgados de Primera Instancia

Los juzgados de primera instancia son los tribunales unipersonales, es decir dirigidos por un juez; se encargan de conocer procesos judiciales de mayor importancia a los que conocen los juzgados de paz.

2.3.5.4. Juzgados de Paz

Los juzgados de paz o juzgados menores son los tribunales unipersonales menores que tienen la facultad de juzgar los hechos que les son asignados de conformidad con la ley.

2.3.5.5. Tribunales especializados o de jurisdicción privativa

La Constitución y otras leyes establecen entre los tribunales, cortes o tribunales especializados o de jurisdicción privativa (sin excluir a los que han de existir en un futuro) son los siguientes:

- Los tribunales militares
- Los tribunales de cuentas
- Los tribunales de lo contencioso administrativo
- Los tribunales de trabajo y previsión social
- Los Tribunales de la niñez y la adolescencia
- Los tribunales de la familia

2.3.6. Otros tribunales

Existen otros tribunales fuera del Organismo Judicial que ejercen la función jurisdiccional privativa en determinada materia, los cuales son:

2.3.6.1. Corte de Constitucionalidad

Es la máxima autoridad en materia constitucional. Es decir, como tribunal ejerce la función privativa en materia constitucional, y a la vez es el defensor del orden constitucional e intérprete supremo de la Constitución.

2.3.6.2. Tribunal Supremo Electoral

Es la máxima autoridad en materia electoral. Es decir, como tribunal ejerce la función privativa en materia electoral, además de ejercer otras funciones asignadas por la Constitución y la ley electoral.

2.3.6.3. Consejo de la Carrera Judicial

Es un órgano dependiente adscrito a la Corte Suprema de Justicia que se encarga de administrar la carrera judicial, aplicar las medidas disciplinarias, nombrar y remover funcionarios y empleados públicos, realizar convocatorias a cargos de jueces y magistrados por oposición, notificar al Congreso de la República el vencimiento del período constitucional para el cargo de magistrados de las altas cortes, entre otras funciones. Para la realización de sus funciones es auxiliado por las siguientes unidades o entidades:

- La junta de disciplina judicial
- La comisión de la postulación

- La unidad de capacitación institucional

2.3.7. Órganos auxiliares en la administración de justicia

Entre los órganos auxiliares que ayudan a los tribunales en la administración de justicia están:

2.3.7.1. Ministerio Público

Es un órgano auxiliar constitucional independiente de la administración pública y de los tribunales, que vela por el cumplimiento correcto de las leyes de país, promueve la persecución penal, investiga los delitos de acción pública y prosigue la justicia de acuerdo con los principios determinados por la ley.

2.3.7.2. Instituto Nacional de Ciencias Forenses

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses (Inacif) es una institución auxiliar de la administración de la justicia que tiene como objetivo la prestación del servicio de investigación científica forense de forma independiente, emitiendo dictámenes técnicos científicos sobre las evidencias recabadas. Esta institución cuenta con autonomía funcional, personalidad jurídica y patrimonio propio para la ejecución de sus funciones.

2.3.7.3. Policía Nacional Civil

Es la fuerza de seguridad encargada de resguardar el orden público. Auxilia a los tribunales de justicia en el cumplimiento de las resoluciones emitidos por los mismos.

2.3.7.4. Instituto de la Defensa Pública Penal

Es una institución auxiliar encargada de proporcionarle al sindicado un abogado defensor, cuando este no posea uno por escasez de recursos económicos.

2.3.8. Clasificación de la carrera judicial

La carrera judicial comprende únicamente a quienes por mandato constitucional ejercen jurisdicción y competencia en la administración de justicia y los divide en cuatro categorías o clases, que no forman grado jerárquico, así:

- Magistrados de la Corte Suprema de Justicia
- Magistrados de la Corte de Apelaciones y otros tribunales colegiados
- Jueces de primera instancia
- Jueces de paz

2.3.8.1. Jueces y magistrados

Los jueces y magistrados son los encargados de administrar e impartir justicia en forma imparcial y objetiva según los lineamientos de Constitución Política de la República y las leyes nacionales.

2.3.8.2. Requisitos y calidades

Los requisitos y calidades generales para los aspirantes al cargo de juez o magistrado, cualquiera que sea su categoría, deben ser guatemaltecos de origen, de reconocida honorabilidad, estar en el goce de sus derechos ciudadanos y ser abogados colegiados activos.

Los requisitos y calidades específicos para el caso de aspirantes a jueces de paz, rigen las excepciones establecidas en el artículo 56 de la ley de la carrera judicial. Para el caso de magistrados de la Corte de Apelaciones y tribunales de igual categoría, se requiere, además, ser mayor de treinta y cinco años, haber sido juez de primera instancia o haber ejercido por más de cinco años la profesión de abogado.

Los requisitos y calidades para el caso de magistrados de la Corte Suprema de Justicia se requiere, además, ser mayor de cuarenta años y haber desempeñado un período completo como magistrado de la Corte de Apelaciones o de los tribunales colegiados que tengan la misma categoría, o haber ejercido la profesión de abogado por más de diez años.

Los magistrados de la Corte Suprema de Justicia prestan ante el Congreso de la República, la protesta de administrar pronta y cumplida justicia. Los demás magistrados y jueces, la prestan ante la Corte Suprema de Justicia, cuando hayan sido electos, cumpliendo los requisitos y calidades establecidos de conformidad con la Ley.

2.3.8.3. Ingreso

El ingreso a la carrera judicial, es decir para el cargo de jueces y magistrados, se hace por alguna de las formas siguientes:

- Mediante nombramiento de la Corte Suprema de Justicia para el caso de los jueces, cualquiera que sea su categoría o grado.
- Mediante elección por el Congreso de la República para el caso de los magistrados, cualquiera que sea su categoría.

2.3.8.4. Derecho de antejuicio

Los magistrados y jueces gozan del derecho de antejuicio en la forma que lo determine la ley. El Congreso de la República tiene competencia para declarar si hay lugar o no a formación de causa contra el presidente del Organismo Judicial y los magistrados de la Corte Suprema de Justicia.

Corresponde a esta última la competencia en relación con los otros magistrados y jueces.

2.3.9. Presupuesto

De conformidad con el artículo 213 de la Constitución de la República es atribución de la Corte Suprema de Justicia formular el presupuesto del ramo; para el efecto se le asigna una cantidad no menor del 2 % del presupuesto de ingresos ordinarios del Estado, que deberá entregarse a la tesorería del Organismo Judicial cada mes en forma proporcional y anticipada por el órgano correspondiente.

Son fondos privativos del Organismo Judicial los derivados de la administración de justicia, y su inversión corresponde a la Corte Suprema de Justicia. El Organismo Judicial debe publicar anualmente su presupuesto programático e informar al Congreso de la República cada cuatro meses acerca de los alcances y ejecución analítica del mismo.

2.3.10. Factor evidencia

El artículo 182 del Código Procesal Penal establece: “Se podrán probar todos los hechos y circunstancias de interés para la correcta solución del caso

por cualquier medio de prueba permitido. Regirán, en especial, las limitaciones de la ley relativas al estado civil de las personas”.²

El artículo 183 (prueba inadmisibles). “Un medio de prueba, para ser admitido, debe referirse directa o indirectamente, al objeto de la averiguación y ser útil para el descubrimiento de la verdad. Los tribunales podrán limitar los medios de prueba ofrecidos para demostrar un hecho o una circunstancia, cuando resulten manifiestamente abundantes. Son inadmisibles, en especial, los elementos de prueba obtenidos por un medio prohibido, tales como la tortura, la indebida intromisión en la intimidad del domicilio o residencia, la correspondencia, las comunicaciones, los papeles y los archivos privados.”³

Para que una prueba sea admisible en un juicio debe cumplir con las normas. El objetivo de estas normas es asegurar que la prueba presentada sea fiable. Cuando se investiga un siniestro se tiene como objetivo principal la generación de documentos, pruebas, declaraciones, informaciones y conclusiones fiables.

No es necesario que un investigador sea un experto en manejo de pruebas, siempre y cuando siga el procedimiento en el manejo de pruebas, los resultados de su investigación serán admisibles en un tribunal.

2.3.10.1. Normas sobre incendios provocados

En general, el incendio provocado en primero o segundo grado, se considera delito culposo, y en Guatemala las penas por estos delitos son desde

² Guatemala. Congreso de la República. *Código procesal penal*. Decreto número 51-92. p. 41.

³ *Ibíd.*

1 hasta 15 años. Tales delitos exigen demostrar que una persona ha provocado el incendio intencionalmente provocándolo o avivando el mismo.

2.3.10.2. Testimonio de expertos

En los litigios solo se permite que testigos expertos ofrezcan su opinión, a discreción del tribunal. La definición de un testigo experto es definida como: una persona con la suficiente capacidad, conocimientos o experiencia en un campo determinado, que le permiten sacar conclusiones u opiniones a las que una persona sin dicho conocimiento no podría llegar. El testimonio de un experto ayuda a un juez o jurado a entender mejor los hechos y por lo tanto, establecer la verdad.

La opinión o conclusión de los investigadores que den su testimonio como experto, no será de mayor valor en el descubrimiento de la verdad de un asunto que la garantiza; el testimonio deberá, para que tenga solidez, estar acompañado por algo que apoye las razones y hechos del investigador. La prueba o evidencia tomada es la base de cualquier conclusión que dicte el investigador; esta debe ser fiable, y por tanto, admisible. Si la investigación es realizada siguiendo el procedimiento adecuado, hará que las evidencias y conclusiones sean fiables.

2.4. Conceptos básicos de derecho enfocados al investigador forense

El investigador forense deberá conocer la terminología usada en derecho y estar familiarizado con los conceptos básicos del derecho.

2.4.1. Derecho penal

“El derecho penal también suele ser denominado derecho criminal, utilizando la designación primera, se refiere más exactamente a la potestad de penar; mientras el derecho al crimen no es reconocible, aunque adjetivamente se expresa en verdad derecho sobre el crimen, como infracción o conducta punible”.⁴

“El derecho penal es el conjunto de reglas establecidas por el Estado con el fin de unir al hecho del delito y la pena por medio de investigaciones forenses, testimonios de testigos, etc., con su consecuencia jurídica”.⁵

Una definición más dice: “es la rama del ordenamiento jurídico que contiene las normas impuestas bajo amenaza de sanción”.⁶

Antiguamente las penas eran muy severas y la aplicación generalizada de la pena capital se aplicaban estos castigos muchas veces sin que hubiera una investigación, solo se admitían como pruebas los testimonios de testigos. En cuanto a la seguridad jurídica, el ciudadano debe estar protegido frente a posibles arbitrariedades de jueces y funcionarios públicos y de errores judiciales; además, para garantizar que el ciudadano será juzgado de manera correcta, las instituciones de Estado encargadas de impartir justicia también están obligadas a realizar una investigación forense para determinar la participación del ciudadano en el delito que se le imputa.

⁴ ROSSEL RAMÍREZ, Ángel Estuardo. *Análisis de la escena del crimen y sus repercusiones en el proceso penal guatemalteco*. p .8.

⁵ *Ibíd.*

⁶ MARIACA, Margot. *Introducción al derecho*. p. 3.

2.4.2. Derecho procesal

En la rama del derecho público, es el ordenamiento que regula el proceso. Es la sucesión de actos regulados jurídicamente y desarrollados ante los órganos de la administración de justicia, que se inician con el ejercicio de la acción y conduce a la sentencia.

En derecho romano, derecho y acción son dos aspectos de una misma realidad. El derecho romano es por ello un sistema de acciones. Otra de las características del derecho romano es su acusado carácter privado. El magistrado interviene para dirigir el litigio y así evita que ambas partes litigantes se tomen con violencia. Por medio del acuerdo o contrato arbitral, como acto central y principal del proceso, se nombra un juez privado; este es el encargado de practicar las pruebas y dictar sentencia.

2.4.3. Inicio del proceso y la investigación forense

Es aquí cuando se inicia el proceso; en esta parte se recogen e investigan las pruebas siempre de acuerdo con las normas procesales, en este punto es donde se prepara el material y los resultados de la investigación forense, entrevistas a testigos y todo lo necesario para la apertura del juicio, proporcionando al juez las pruebas necesarias y los informes de los expertos en el estudio y examen de las mismas; estas pruebas e informes le servirán al juez para dictar su fallo; el mismo material le es entregado al MP y a la defensa, para que puedan fundar sus conclusiones y refutar las mismas.

El proceso penal puede descansar en uno de estos tres sistemas:

- El acusatorio

- El mixto
- El inquisitivo

En la mayoría de las naciones comenzó con la forma acusatoria, pasando luego al sistema inquisitivo y posteriormente, a lo largo del siglo XIX, al sistema mixto.

2.4.4. Sistema acusatorio

Es el sistema procesal que concibe al juez como un sujeto pasivo rígidamente separado de las partes, y al juicio como una contienda entre iguales, iniciada por la acusación a la que compete la carga de la prueba, enfrentada a la defensa en un juicio contradictorio, oral y público y resuelta por el juez, según su libre convicción.

Tras la caída del Imperio Romano, el proceso se vuelve acusatorio, confundiéndose en las primeras jurisdicciones bárbaras con los rituales de las ordalías y los duelos judiciales. Es originario de Grecia y fue adoptado y desarrollado por los romanos. En un principio corresponde a la concepción privada del derecho penal, en cuanto el castigo del culpable es un derecho del ofendido, quien puede ejercitar su derecho o abandonarlo; si lo ejercita, el castigo y el resarcimiento del daño se tramitan en un mismo procedimiento, sin que haya distinción entre procedimiento penal y procedimiento civil.

Se basaba este sistema en los siguientes principios básicos:

- Facultad de acusar de todo ciudadano.

- Necesidad de que alguien distinto al juez formule acusación para que pueda existir un juicio, el juez no procede "*ex officio*".
- El juez no es un representante del Estado ni un juez elegido por el pueblo. El juez es el pueblo mismo, o una parte de él, si este es muy numeroso para intervenir en el juicio. La acción corresponde a la sociedad, mediante la acusación que es libre y cuyo ejercicio se confiere no solo al ofendido y a los parientes, sino a cada ciudadano.
- Quien juzga es una asamblea o jurado popular, por lo que las sentencias no son apelables, sino que rige el principio de instancia única.
- El de libertad personal del acusado hasta que exista sentencia condenatoria.
- El de igualdad absoluta de derechos y deberes entre acusador y acusado.
- El de que el juzgador limite su juicio a los hechos alegados y probados

2.4.5. Sistema acusatorio formal o mixto

El sistema acusatorio implica la repartición de tareas en el proceso penal, puesto que el juzgamiento y la acusación recaen en diferentes sujetos procesales; es por eso que el juez no puede efectuar investigaciones por cuenta propia, ni siquiera cuando se cometa un delito durante el juicio, entendiéndose delante de él.

En este caso deberá comunicarlo al fiscal de turno; sin embargo, el sistema acusatorio no solo implica la separación de funciones entre juzgador,

acusador y defensor, sino también que trae consigo otras exigencias fundamentales tales como que necesariamente deben existir indicios suficientes de que un individuo haya cometido un hecho constitutivo de delito y no solo meras sospechas para poder realizar una imputación o iniciar un proceso, afectando de esta manera la dignidad del sujeto imputado.

Fruto de las nuevas ideas filosóficas, como reacción ante las denuncias secretas, las confesiones forzadas y la tortura, surge en Francia un nuevo sistema procesal penal que respeta el derecho de todo ciudadano a ser juzgado públicamente en un proceso contradictorio, pero conservando un elemento del sistema anterior, el de la acusación oficial encargada a funcionarios, que de modo permanente supla la carencia de acusadores particulares, con lo que nace el ministerio, que es órgano independiente de los juzgadores y representante de la ley y de la sociedad.

Además, se conserva una fase de investigación secreta, escrita y no contradictoria, que a diferencia del sistema inquisitivo no sirve de base a la sentencia, sino a la acusación. La sentencia solo puede basarse en las pruebas practicadas en el juicio.

Tanto el código de Termidoriano de 1795 y el código Napoleónico de 1808 dieron vida al procedimiento mixto, en el cual predominaba el sistema inquisitivo en la primera fase, escrita y secreta, dominada por la acusación pública exenta de la participación del inculpado privado de la libertad durante la misma; tendencialmente acusatorio en la fase sucesiva del enjuiciamiento, caracterizada por el juicio contradictorio, oral y público, con intervención de la acusación y la defensa, pero destinado a convertirse en mera repetición o escenificación de la primera fase.

Los principios en que descansa este sistema son:

- La separación de la función de investigación y acusación y la función de juzgar. Para que haya juicio es preciso que exista acusación y la función de acusar corresponde, no siempre en exclusiva, a órganos públicos especiales.
- Del resultado de la instrucción depende que haya acusación y juicio, pero el juzgador ha de basarse en las pruebas del juicio oral.
- El acto del juicio es oral, público y confrontativo, y se rige por el principio de inmediación, dependiendo la sentencia de la apreciación por el juez, no sometida a regla alguna.
- Según el modelo francés, la sentencia se da mediante una cooperación de magistrados y jurados. La combinación de ambos elementos en la administración de justicia varía según los distintos países. Puede excluirse la participación del jurado y conservarse todas las demás notas esenciales.

2.4.6. Crimen y delito

“Crimen y delito son términos equivalentes, su diferencia radica en que, delito es genérico, y por crimen se entiende un delito más grave, o en ciertos países, un delito ofensivo en contra de las personas. Tanto el delito como el crimen son categorías presentadas habitualmente como universales”.⁷

⁷ ROSSEL RAMIREZ, Ángel Estuardo. *Análisis de la escena del crimen y sus repercusiones en el proceso penal guatemalteco*. p. 47.

El delito también es definido como una acción típica, imputable, antijurídica, culpable, que conlleva a una sanción penal, y a veces a condiciones objetivas de punibilidad. Es una acción u omisión tipificada y penada por la ley.

3. ANÁLISIS FORENSE DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

3.1. Anomalías eléctricas y los siniestros en domicilios, identificación y clasificación

Existen muchos tipos de anomalías eléctricas y todas ellas pueden llevar a causar daños a personas o inmuebles, pudiendo estos daños concluir en un siniestro de grandes proporciones que llevará a realizar una investigación para determinar la causa del siniestro e incluso a llevar el caso ante los tribunales; en este capítulo se analizarán las anomalías más frecuentes en sistemas eléctricos.

3.1.1. Anomalías eléctricas

Anomalia eléctrica se refiere a la acción irregular de un componente que funcione con energía eléctrica; esta puede darse por una conexión defectuosa o mal hecha, como empalmes o bornes de un tomacorriente o de la misma protección. Una mala conexión produce calor e incluso chispas. También existen los arcos y sobrecargas.

3.1.1.1. Dispositivos productores de calor

El mal uso de estos dispositivos como hornos y calentadores o por algún defecto causado por deterioro o mal uso son fuentes de incendios. Y aún más fácil de provocar un siniestro si cerca de esos dispositivos se encuentra algún tipo de combustible o alguna bombilla, una freidora o fallos de mando de temperatura de una cafetera, cuyo control falla o se desactiva.

3.1.1.2. Conexiones defectuosas

En los circuitos eléctricos hay gran cantidad de conexiones, como empalmes por derivaciones o en los bornes de los tableros eléctricos o tomacorrientes; estos empalmes pueden estar mal hechos (flojos), o los tornillos de los bornes y terminales están flojos; esto hace que la resistencia se incremente y por lo tanto la terminal se caliente. Este calentamiento produce una interface de óxido; el óxido conduce la corriente y permite que el circuito funcione, pero su resistencia es mucho mayor que la del cobre.

3.1.1.3. Subidas de intensidad y de tensión

Este es el estado en el que por un conductor pasa más corriente de la permitida. Una subida de intensidad a 25 amperios en un conductor AWG 14 no representa peligro a menos que no se pueda disipar el calor. Una subida de 120 A en el mismo conductor hace que se pueda poner al rojo vivo, quemando los combustibles que haya a su alrededor.

Cuando existe una sobrecarga, esta puede llevar al conductor hasta un punto de fusión. En el momento en que el conductor se funde y divide, hay un pequeño arco de cierre; el circuito se abre y detiene la subida de calor. Las condiciones para que haya una subida de intensidad son que hay un fallo que puentee las cargas normales (cortocircuito) o que el circuito esté sometido a muchas cargas.

Para que en el circuito exista una sobrecarga, las protecciones deben fallar o ser alteradas para que no se desconecte el circuito. El inicio de un siniestro por sobrecarga es poco común ya que por lo general las protecciones se accionan y desconectan el circuito.

Un mal diseño de la instalación, por ejemplo, que se instale un conductor más pequeño entre la carga y el dispositivo protector, hará que la protección no abra el circuito y llevará al conductor a su límite de temperatura.

3.1.1.4. Arcos eléctricos

“Un arco eléctrico es una descarga disruptiva generada por la ionización de un medio gaseoso (por ejemplo, el aire) entre dos superficies o elementos a diferente potencial.”⁸

El arco es una descarga de energía de alta temperatura entre dos conductores que no se llegan a tocar. La temperatura que se genera en el arco puede llegar al orden de los miles de grados, según sea la intensidad, la caída de tensión y el metal del que estén hechos los conductores. Para que se produzca un arco eléctrico debe haber entre los conductores una diferencia de potencial mayor a los 350 voltios; en los sistemas de 120/240 V y 120/208 los arcos eléctricos no se forman de manera espontánea en circunstancias normales.

A pesar de las altísimas temperaturas que se generan en un arco eléctrico, estos no son una fuente de ignición idónea para muchos combustibles. Los arcos eléctricos son muy breves y definidos en un lugar que estos no son capaces de encender combustibles sólidos como la madera. En cambio los combustibles como la guata de algodón o el papel tisú, combustible líquido y los gaseosos pueden arder al contacto con el arco eléctrico.

⁸ PÉREZ FORMIGÓ, Marcos. *Arco eléctrico: estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador*. p. 1.

3.1.1.5. Electricidad estática

Esta es una carga que se acumula en algunos objetos, la electricidad estática produce arcos cuando los objetos que han acumulado dicha carga se descargan.

“Algunos experimentos sencillos demuestran la existencia de fuerzas y cargas eléctricas. Por ejemplo, después de pasar un peine por el cabello en un día seco, la persona descubrirá que el peine atrae pedacitos de papel. Con frecuencia, la fuerza atractiva es lo suficientemente fuerte para sostener los pedazos de papel. El mismo efecto ocurre cuando materiales como el vidrio y el caucho se frotan con seda o piel.”⁹

3.1.1.6. Arcos de cierre

Son arcos que se producen, por ejemplo, al apagar la luz o desconectarse de un tomacorriente, habrán observado que se observa una pequeña luz, o las escobillas de un motor eléctrico; estos arcos son muy breves que solo encenderán vapores o polvos combustibles.

3.1.1.7. Chispas

Cuando los arcos se producen solo entre cobre y acero, las chispas de metal fundido se empiezan a enfriar inmediatamente cuando van por el aire. En cambio, si hay aluminio involucrado en el fallo, las partículas pueden arder por el aire y seguir muy calientes hasta que se queman del todo o se enfrían al caer sobre algún material. Por lo tanto, las chispas de aluminio arden y pueden ser la

⁹ SERWAY, Raymond. *Física, tomo II*. p. 650.

ignición de un combustible que generalmente no arde como las de cobre o acero. El arco en cables de entrada puede producir mayores chispas que los arcos producidos en los circuitos ramales.

3.1.1.8. Fallos de alta resistencia

Son eventos de larga duración en los que el fallo de corriente no es lo suficientemente alto para superar la protección del circuito contra corrientes elevadas. Un fallo de este tipo es capaz de encender los combustibles que tenga alrededor. Es difícil encontrar una prueba de fallo por alta resistencia después de un fuego. Un ejemplo de este tipo de fallo es cuando un conductor con corriente entra en contacto con otro conectado a tierra, defectuosamente.

3.1.2. Siniestros en domicilios

Para entender mejor cómo se inicia, desarrolla y extingue un siniestro en un domicilio, es muy importante conocer acerca de la construcción y materiales que se utilizan en estas. Además se debe tener conocimiento sobre cómo es una instalación eléctrica básica, desde la entrada al domicilio hasta las tomas de corriente, los tipos de servicios. También es de suma importancia conocer cómo son las instalaciones en una vivienda, los tipos de voltaje y cómo ingresa la energía eléctrica a la misma. Es muy importante saber cómo se protege la instalación e identificar si hay una puesta a tierra o saber cuándo existe un neutro flotante en la instalación.

3.1.2.1. Tipos de construcciones

Es muy importante que el investigador entienda la reacción al fuego de los domicilios y los artículos que se encuentran dentro de ellos. La capacidad que

tendrá un siniestro para desarrollarse, propagarse e incluso extinguirse, dependerá mucho del tipo de construcción y la capacidad que tiene la estructura de mantenerse intacta. La forma en que están distribuidos los ambientes en el interior del domicilio, la forma en que circulan los habitantes, los materiales del acabado interior y los materiales de los muebles, son determinantes para el desarrollo y propagación del siniestro. Otra cuestión que se debe tomar en cuenta es cómo el diseño arquitectónico contribuye a la extinción manual del siniestro.

En fuegos desarrollados en salas o habitaciones, la mayor parte de propagación del incendio también es función del estado del confinamiento de las capas superiores de gas caliente. Para un elemento combustible dado, el tamaño de la habitación, el material del recubrimiento de las paredes, la forma, altura del techo y la localización y área de puertas y ventanas, pueden afectar profundamente la formación de chorros en el techo, retroceso de la radiación, producción y confinamiento de capas elevadas de gas, ventilación, llama de techo y el tiempo de llegada a combustión súbita generalizada de un fuego en un compartimiento.

3.1.2.1.1. Tamaño

Cuando un siniestro ha iniciado, la velocidad a la que se libera el calor, volumen de la sala, altura del techo, tamaño de las ventanas y puertas, y el foco del incendio, afectarán la velocidad del crecimiento dentro de la habitación.

Cuanto más pequeña sea la habitación, más pronto puede entrar en combustión súbita generalizada y más pronto puede el fuego propagarse fuera de ella. Los salones extremadamente grandes puede que nunca tengan suficiente transferencia de energía calorífica para causar combustión.

Cuando una edificación o residencia está compartimentada, la forma en que se puede propagar el incendio es a través de las puertas abiertas, escaleras, ductos de elevadores abiertos, incluso cuando una construcción cuenta con materiales combustibles, la utilización de tabla yeso proporciona un significativo aumento de la resistencia del desarrollo total del incendio. Las superficies combustibles en techos y paredes de habitaciones, que no son capaces de transmitir el incendio, se calentarán y producirán productos de pirólisis. Estos productos se suman a los del fuego principal e incrementan la intensidad y longitud de las llamas.

3.1.2.1.2. Espacios ocultos

En muchas construcciones, ya sea de viviendas u oficinas se encuentran muchos lugares ocultos y otros intersticiales. Estos espacios pueden aumentar la velocidad en que se propaga el incendio y hacer que este dure más de lo normal y agravar más el daño que puede esperarse.

Los espacios intersticiales se encuentran más en edificios, por ejemplo, entre la fachada y las paredes internas, ya que se trata de ocultar la estructura principal del edificio, también ocurre en los espacios entre techos donde se han instalado cielos falsos.

3.1.2.2. Instalaciones eléctricas en domicilios

En este inciso se dará una descripción breve del servicio eléctrico desde su entrada y su recorrido a través del domicilio. Con esta descripción se dará al investigador una herramienta para el reconocimiento de los diferentes dispositivos y un conocimiento general de cuáles son sus funciones dentro de la

instalación. En este caso la investigación se ha centrado en la instalación eléctrica monofásica 120/240 V.

3.1.2.2.1. Servicio monofásico

La mayoría de los edificios residenciales, pequeños edificios comerciales y domicilios independientes reciben electricidad de un transformador a través de tres cables, que pueden ser aéreos y subterráneos; dos de los cables aislados, denominados fases, transportan la corriente alterna en direcciones opuestas.

El tercer conductor se conecta a tierra para actuar como conductor neutro, que puede ir sin aislar, el voltaje entre cualquiera de las dos fases y neutro es de 120 voltios; el voltaje entre las dos fases es de 240 voltios.

3.1.2.2.2. Acometida

Los cables de la acometida entran por una entrada protegida llamada accesorio de entrada; este protege contra las condiciones climáticas, diseñada para que no entre agua al sistema y proteger los cables del movimiento. Se une a un contador y conecta los cables del servicio, de modo que la electricidad pueda circular en todo el domicilio.

3.1.2.2.3. Protección principal

Después del contador los cables van a un *breaker* principal para proteger toda la instalación. Este debe colocarse cerca del contador; tiene tres funciones: proporcionar medios de desconectar la corriente a todo el sistema eléctrico y dar protección contra averías eléctricas. Después los cables se dirigen a un

centro de distribución; es aquí donde se ramifican los circuitos a los diferentes servicios.

3.1.2.2.4. Tierra física

Toda la instalación debe estar conectada a tierra con el equipo de servicio. La conexión a tierra consiste en hacer una conexión eléctrica sólida entre el sistema eléctrico y la tierra. La toma de tierra se consigue por la conexión equipotencial del sistema al electrodo de tierra. El electrodo de tierra debe ser una varilla de cobre de por lo menos 2.4 m de largo. Con esto se logra mantener el cuerpo de los equipos al mismo voltaje, el cual esencialmente es cero, si se conecta con el terreno.

La conexión de la acometida se consigue con un conductor de cobre desde un electrodo ubicado en la base de la estructura de la acometida. Si un conductor no conectado a tierra (fase activa) contacta con un objeto a tierra, la sobrecarga resultante del fallo de tierra abrirá la protección.

3.1.2.2.5. Neutro flotante

Una instalación eléctrica que no está conectada a tierra adecuadamente puede seguir siendo utilizada, pero no habrá un punto fijo de voltaje cero (tierra) entre las dos fases. Todavía habrá 240 V entre las dos fases, pero en vez de fijarse en 120 V el voltaje entre cada fase a tierra, puede variar a cualquier otro, valor que suma a los 240 V.

Todas las líneas a los circuitos neutros quedarán afectadas. Los voltajes presentes en las fases dependerán de las cargas en las dos fases en cualquier momento. Por ejemplo, los voltajes podrían estar entre 60 y 180. El voltaje

mayor puede sobrecalentarse o quemar algún equipo, y el voltaje menor puede dañar algún equipo electrónico. Los ocupantes podrán haber visto luces incandescentes que estaban demasiado brillantes o desvanecidas, o equipos que de algún modo se sobrecalentaron o averiaron.

3.1.2.2.6. Protección contra sobrecorriente

Los fusibles y los disyuntores proporcionan protección contra cortocircuitos eléctricos, fallos de toma a tierra y cargas de corriente que podrían ser perjudiciales. En general, este dispositivo contra sobrecorrientes debe instalarse donde cada conductor ramificado no conectado a tierra (fase) se conecta al suministro eléctrico, y el dispositivo debe funcionar automáticamente.

Los dispositivos de protección tienen dos rangos de corriente, el rango de corriente normal y el de interrupción de corriente. El rango de corriente normal es el nivel de corriente por encima del cual el dispositivo se abrirá con 15, 20 o 50 A. El rango de interrupción es el nivel de corriente que el dispositivo puede interrumpir con seguridad. Un valor típico para disyuntores es 10,000 A o 10 kA.

3.1.2.3. Incendios en estructuras residenciales

En el 2009, el problema de incendios en estructuras residenciales representó aproximadamente el 86 % de todas las muertes en incendios y el 77 % de los heridos. Las estructuras residenciales incluyen las viviendas para una y dos familias (incluyendo las viviendas prefabricadas), apartamentos, hoteles, moteles, dormitorios universitarios, casas de huéspedes, entre otros.

3.1.2.4. El siniestro y la acometida

La acometida puede ser significativa en la investigación de incendios, porque el daño al aislamiento de los conductores puede resultar en una avería continuada de alto poder que pueden prender la mayoría de los combustibles. Entre el transformador y la protección principal en el domicilio, normalmente no hay protección de los cables contra sobrecorrientes, con lo que puede originarse una avería y continuar después de iniciada. Una vez que se produce la avería, causando o resultando de un fuego, las averías que siguen pueden dañar toda o parte de la acometida.

3.1.2.5. Causas de los incendios residenciales

- La cocina es la causa principal de los incendios residenciales, seguida por los equipos de calefacción e iluminación y distribución eléctrica.
- El cigarrillo es la causa principal de los incendios residenciales fatales, seguido por los actos involuntarios o de descuido, y los actos intencionales.
- La cocina es la causa principal de heridas producidas en los incendios residenciales, seguida por los actos involuntarios y de descuido, y las llamas abiertas (como las de velas, fósforos y encendedores, entre otros).

Las características significativas se pueden agrupar en los siguientes grupos:

- Causa del fuego o explosión. Aquí se investiga de qué forma se pudieron juntar los 3 elementos necesarios para que se inicie un fuego.

- Causa del daño de la propiedad como consecuencia del incidente. Este grupo encierra los factores que fueron necesarios para la propagación del fuego y dimensión de la pérdida.
- Causa de la muerte o lesiones de las personas, seguridad personal, sistemas de alarma y vías de evacuación.
- Grado del error humano: el factor humano en el inicio, propagación y extinción del fuego.

Las causas de un incendio se pueden clasificar como accidentales, naturales, provocadas o indeterminadas. El término sospechoso no es una descripción exacta de la causa de un incendio. La mera sospecha no es un nivel aceptable de prueba para establecer la causa de acuerdo con lo que se cree que es correcto.

3.1.2.5.1. Causa accidental

Una causa accidental es aquella en la que se ha probado que ningún humano ha participado en la ignición o propagación del fuego, en un lugar donde se supone no se debería haber propagado. También se considera accidental, por ejemplo, si existe un fuego en un vertedero de basura legal y una ráfaga de viento lo propaga a lugares o viviendas aledañas; la propagación es accidental aunque el inicio del fuego pudo ser provocado.

3.1.2.5.2. Causa natural

Es aquella en la que no hay intervención humana directa, como los rayos, terremotos, viento y similares.

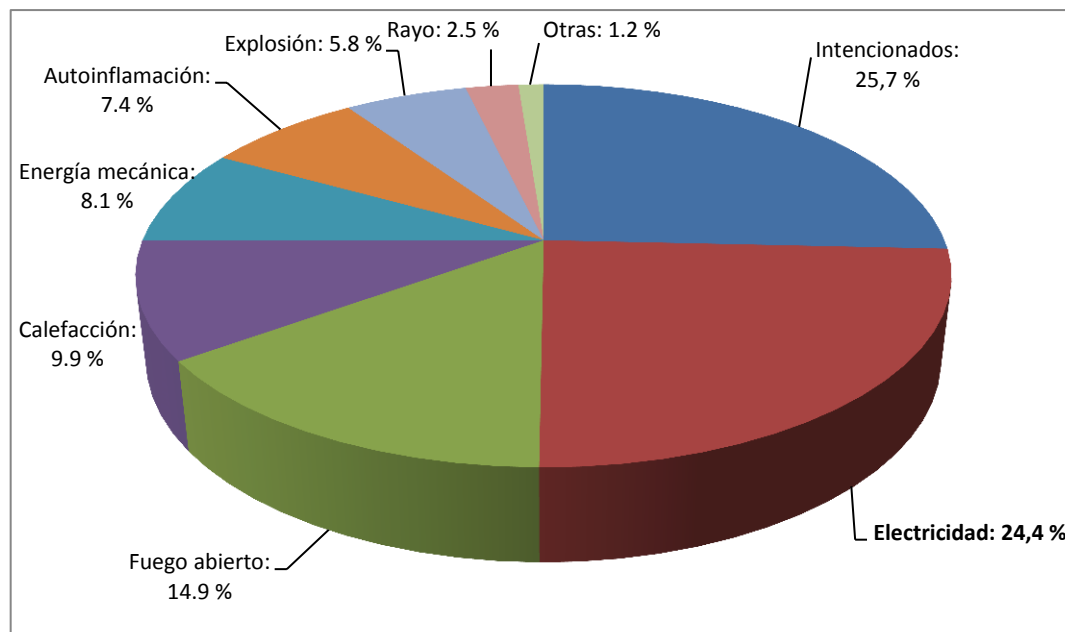
3.1.2.5.3. Causa provocada

El incendio provocado es aquel que se ha iniciado en circunstancias en que una persona sabe que no debería haber iniciado el fuego.

3.1.2.5.4. Causa indeterminada

Si no se puede llegar a una conclusión sobre el inicio y propagación de un incendio, se debe tomar como causa indeterminada; esta no dejará abierta la posibilidad de seguir investigando para determinar la causa.

Figura 9. Origen y causas de incendios



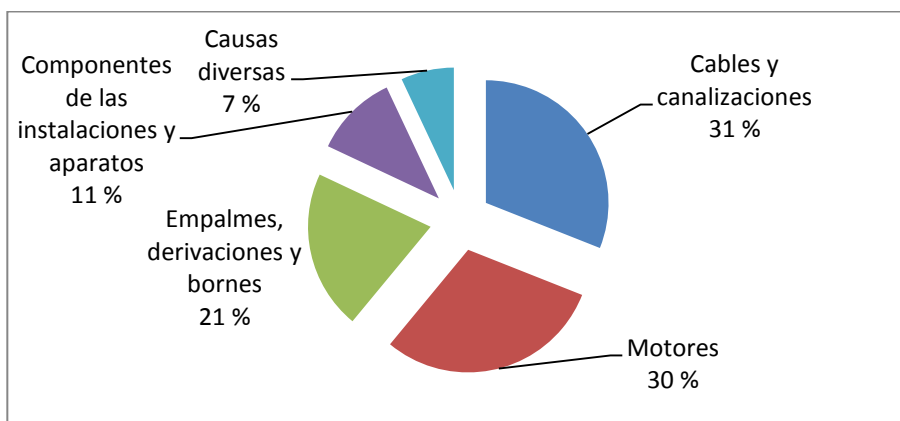
Fuente: http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1063446. [Consulta: 21 de julio de 2014].

3.1.2.6. Incendios causados por instalaciones eléctricas

Unas de las causas principales de los incendios en viviendas es:

- Fallos en la elección de las protecciones
- Secciones insuficientes de los conductores, sobrecargas
- Defectos de conexionado
- Deterioro en el aislamiento de los conductores
- Conexionado de electrodomésticos inapropiados
- Extensiones en tomas de corriente con varios puntos de conexión
- Ejecución de instalaciones defectuosas como ampliaciones
- Uso incorrecto de las instalaciones
- Derivaciones inadecuadas
- Incumplimiento de reglamentación

Figura 10. Causas de incendios de origen eléctrico



Fuente:http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1063446. [Consulta: 21 de julio de 2014].

El 90 % de los incendios de origen eléctrico se produce en instalaciones de baja tensión.

Cuando una instalación se hace de manera adecuada, se dimensionan bien los conductores, se instalan equipos eléctricos en buen estado y se dimensionan bien las protecciones; esta presenta una baja probabilidad de incendio.

3.1.3. Identificación y clasificación

Para identificar el origen o causa de un incendio puede utilizarse una serie de herramientas, las cuales se refieren a la identificación de las marcas de fuego hasta el análisis de pruebas en un laboratorio.

3.1.3.1. Marcas de fuego

Cuando se investiga la escena donde ha ocurrido un incendio, hay varios objetivos y uno de ellos es el reconocimiento, identificación y análisis de las marcas dejadas por el fuego.

Esta investigación se hace para intentar establecer la ruta de propagación del fuego, de identificar las zonas y puntos de origen y lograr identificar los tipos de combustibles que se han incendiado.

El reconocimiento, identificación y análisis adecuado dependen de conocer qué marcas producen los tres tipos de transmisión de calor (conducción, convección y radiación) y la naturaleza del movimiento de las llamas, calor y humos dentro de una vivienda.

La forma que va dejando una columna de gases mientras se eleva sobre la fuente combustible, es casi como un cono cuyo vértice descansa directamente sobre la fuente de calor; si la columna de gases no encuentra ningún obstáculo en su trayectoria, el ángulo entre la vertical y los lados inclinados de la columna es de unos 15 grados; este ángulo puede variar según las corrientes de aire que estén en el lugar, lo cual puede producir que este ángulo se ensanche. Mientras los gases siguen ascendiendo, estos se van enfriando, acercándose a la temperatura que los rodea; los límites superiores se abren hacia fuera. Si la superficie es combustible, el ángulo de la columna de gases se ampliará.

3.1.3.2. Marcas de movimiento

Existen dos tipos de marcas de fuego: una es producida por el movimiento y la otra por la intensidad. Las primeras son causadas por el movimiento de las llamas y el calor se produce por la propagación del movimiento del fuego y los productos de la combustión a partir de la fuente inicial de calor. Si se identifican y analizan con precisión, estas marcas pueden llevar al origen de la fuente de calor que las produjo.

3.1.3.3. Marcas de intensidad

Las marcas de intensidad de calor se producen como respuesta de los materiales a los efectos de la distinta intensidad de su exposición al calor. Los distintos efectos del calor sobre cada material pueden producir líneas de demarcación, que pueden resultar útiles al investigador para determinar las características y cantidades de los materiales combustibles y la dirección de propagación del fuego.

3.1.4. Ignición por energía eléctrica

Para que un incendio se pueda iniciar por una fuente de energía eléctrica, tiene que ocurrir lo siguiente:

- Los aparatos eléctricos, el cableado o toda la instalación eléctrica deben tener electricidad, ya sea por la acometida o por una fuente de emergencia o cualquier fuente.
- La fuente eléctrica debe haber producido suficiente calor y temperatura para prender un material combustible cercano al punto de origen.

Para que ocurra ignición por energía eléctrica se debe generar el calor y la temperatura por el tiempo necesario, mediante el paso de la corriente para que empiece a arder el material combustible que se encuentre cerca del origen. Ese calor necesario puede ser generado por una gran variedad de medios, como arcos eléctricos y cortocircuitos, sobrecargas o por fuentes de calor normales como bombillas, calentadores y equipos de cocina. Para que la ignición se pueda dar se necesita que la fuente de calor se mantenga encendida el tiempo suficiente para que el material combustible comience a arder.

La sola energía de ignición no es suficiente para garantizar el inicio de un fuego. El calor debe estar distribuido de tal forma que se concentre en un área; entre más pequeña sea esa área más fácil arderá el material combustible. Por ejemplo, una manta eléctrica extendida en una cama puede disipar continuamente 180 watts sin peligro. Si la misma manta se enrolla, este calor se concentra en un espacio más pequeño. La mayoría de calor quedará retenido por las capas exteriores de la manta, lo que hará que se eleve su temperatura interior y lleve a posible ignición.

En contraste con los 180 watts de la manta, los pocos watts de una bombilla pueden hacer que se ponga incandescente, con temperaturas de filamento superiores a los 2 204 °C.

Al considerar la posibilidad de que la causa fue por ignición eléctrica, se debe tener en cuenta que la temperatura y el tiempo fueron suficientes para que ardieran los primeros combustibles. Se debe evaluar el tipo y geometría del combustible para estar seguros de que había calor suficiente para generar vapores combustibles. Si no se puede determinar la razón por la que el componente eléctrico causó la ignición, hay que investigar otras causas.

3.1.5. Interpretación de daños por energía eléctrica

Cuando un incendio es causado por una defectuosa instalación eléctrica, este produce daños característicos que se pueden reconocer después. Los daños se pueden producir en los cables, contactos, terminales, tableros u otros dispositivos eléctricos. Se puede tratar de establecer si el daño observado en los elementos eléctricos mencionados es la causa del incendio o el resultado del mismo.

3.1.5.1. Arco eléctrico (cortocircuito y fallo de tierra)

Estos arcos se producen cuando un cable por el que pasa una corriente choca con otro cable, ya sea de tierra, neutral u otra fase y también cuando choca con un objeto metálico que tenga contacto a tierra, pero haría falta un factor muy importante, que el aislante del conductor se encuentre dañado o incluso reblandecido por el calor producido por el fuego; la alta corriente que se genera por el cortocircuito puede fundir los cables o el objeto de contacto.

Al observar esta parte del conductor que ha resultado dañada a través del microscopio, se ve que la superficie de esa marca está fundida; además, también pueden aparecer gotas de cobre poroso.

Cuando un arco funde un metal, este lo hace solo en la superficie de contacto inicial. Las superficies cercanas podrían no haberse fundido, o que se hayan fundido por el fuego; si esto sucede puede ser muy difícil lograr determinar en dónde se dio el cortocircuito inicial. Será importante determinar si el aislamiento estaba antes del fallo o si este fue removido; puede haber gotas de metal en las superficies adyacentes no fundidas.

El material aislante de un cable expuesto al fuego se carbonizará antes de fundirse. Al carbonizarse el aislante, este dejará partes del conductor expuestas y pueden producirse a través de estas partes expuestas arcos que pueden dejar puntos de fundición en la superficie del cable o incluso fundir el mismo, según la duración del arco. El cable puede estar expuesto al fuego directo en varios puntos a lo largo de la longitud del cable, por lo tanto los arcos se pueden dar en todos los puntos en los que el cable quedó expuesto, fundiendo varios centímetros del mismo o dañando varios trozos pequeños.

Cuando se produce un arco en una zona carbonizada, los extremos del conductor pueden estar fundidos; debido a esto aparecerán bolitas de material fundido en forma de perlas en el extremo. Las perlas se diferencian de los glóbulos; estos últimos se crean por calentamiento no localizado, como una sobrecarga o fundición por fuego. Las perlas se caracterizan por su línea de demarcación, distinta e identificable, entre la perla fundida y la porción no fundida adyacente al conductor.

Los primeros arcos por lo general se producen en la parte más alejada de la fuente de alimentación; al realizarse la investigación será necesario revisar toda la longitud del conductor en cuestión, para localizar el primer arco. En los diferentes ramales también se pueden observar varios agujeros en los ductos y cajas de distribución en los que se produjo el arco con el conductor. Si la falla se produjo en la acometida del sistema, se pueden encontrar varios centímetros de cable fundidos, e incluso agujeros en el conducto, ya que en esta parte del sistema eléctrico no hay mayor protección contra subidas de intensidad.

3.1.5.2. Calentamiento de las conexiones

El calentamiento de un conductor también se puede dar en las conexiones, desde la salida del ramal en el tablero eléctrico, hasta la conexión en la carga, pero también pueden existir empalmes de derivación o prolongación en dicho conductor; estos puntos también pueden ser propensos a fallas o calentamiento. En las conexiones (finales e iniciales) de un circuito se pueden presentar falsos contactos, ya sea por un tornillo flojo o por sarro u óxido en la terminal de la conexión. Este falso contacto incluso puede generar chispas o arco; además se produce una sobrecorriente.

La mayoría de los incendios eléctricos tienen como origen conexiones defectuosas que pueden crear puntos calientes, los cuales surgen cuando se aflojan las conexiones por vibraciones, fatiga y el paso del tiempo, que da lugar a corrosión, creando un aumento puntual en la resistencia, y por ende un aumento en la caída de potencial en ese punto, propiciando la generación de calor. Cuando la causa es un receptor en cortocircuito, el conductor eléctrico es afectado por el calor y la alta intensidad de corriente de forma homogénea en todo su recorrido, muchas veces carbonizando todo el aislante.

La mayoría de los métodos investigativos consisten en la detección de alguna de estas anomalías. Sin embargo, existe un tipo de falla puntual de conductores eléctricos, donde se ha verificado por peritaje técnico, que en el momento de falla no existe ningún cortocircuito o malas conexiones en partes eléctricas terminales que esos alimenten; la falla es propia del conductor, con fundiciones puntuales en secciones limpias, en las que la instalación parece no tener nada qué ver y que a primera vista pareciera ser algún defecto de fabricación.

Las acometidas eléctricas de las edificaciones, y líneas generales de alimentación, son lugares ideales para encontrar conductores de alta intensidad y difícil disipación térmica, y es precisamente en estos lugares donde se encuentra más incidencia de este tipo de falla.

3.1.5.3. Sobrecarga

Los niveles de calentamiento por conducción excesiva de corriente en un conductor, no se dan en forma lineal. El almacenamiento de calor, las distorsiones en la forma de onda, las variaciones medioambientales, las afecciones a la sección del conductor por dobleces, golpes, etc., pueden crear circunstancias temporales que no son consideradas por los diseños actuales, pero causan fallas en conductores, que no se ajustan a ninguna de las fallas eléctricas clásicas.

Las sobrecargas son las subidas de intensidad de suficiente magnitud y duración para causar daños o crear peligro de incendio. Cuando ocurre un incendio y se sospecha que fue provocado por sobrecarga, se debe examinar la protección del circuito en cuestión.

Una sobrecarga es más probable que ocurra en una extensión, ya que en estas no hay ninguna protección; cuando una sobrecarga ocurre, el conductor se calienta en toda su longitud y sección, y puede causar daño al aislante haciéndole huecos; si la sobrecarga es muy prolongada, el cable puede llegar a fundirse; al alcanzar el cable temperaturas muy altas puede llegar a incendiar el material aislante circundante a este. La existencia de varias roturas es un indicativo de fuertes sobrecargas.

Una manera de determinar una sobrecarga en un conductor es si se presenta ahuecamiento, es decir, separación entre el conductor y el aislamiento; este se produce por el reblandecimiento del aislamiento combinado con la emisión de gases entre el conductor y el aislante, lo que provoca que este se hinche longitudinalmente. Las sobrecargas son más comunes en los conductores de acometida a las instalaciones, que en los ramales, ya que estos están más protegidos que los primeros.

Figura 11. **Aislante con ahuecamiento o separación por sobrecarga**



Fuente: domicilio particular.

3.1.5.4. Calentamiento y fundición por fuego

El cableado puede verse afectado por otras causas que no son la electricidad, y que por lo general se pueden distinguir de la misma. Cuando un conductor queda desnudo o expuesto sin su material aislante, el calor hará que la superficie del conductor se oxide, haciendo que este cambie de color desde el rojo oscuro al negro. El mismo aislante puede contener algún tipo de ácido como es el caso del PVC; en la presencia de un ácido durante el calentamiento o combustión, el color que presentará la superficie del cobre será entre verde y azul; estos colores no tienen valor para establecer las causas del incendio, porque casi siempre son resultado del propio incendio.

Figura 12. **Cable sometido a fuego, aislante carbonizado**



Fuente: domicilio particular.

Los conductores de cobre, al ser expuestos al fuego pueden fundirse. Se observa un abombamiento y distorsión en su superficie. Los conductores de cobre sólido tienen en su superficie unas estrías propias de su fabricación; estas empiezan a desaparecer por el calor, después la superficie del cobre se funde, dando lugar al apareamiento de gotas del mismo material; si el material sigue expuesto al fuego, se producen partes más estrechas y lisas. Cuando la fuente de calor desaparece el material conductor se resolidifica y forma lo que se llama glóbulos; los glóbulos son de forma y tamaño irregular; a menudo están afilados y puntiagudos.

Figura 13. **Cable sometido a fuego**



Fuente: domicilio particular.

En cambio los conductores trenzados o de hilos (los que se usan actualmente), cuando alcanzan su temperatura de fusión se vuelven más rígidos. Si el cable continúa expuesto al fuego se puede fundir entre los hilos, quedando un cable sólido con una superficie que muestra los hilos por los que

está conformado el conductor; si se sigue calentando se causará la fundición, estrechamiento y formación de típicos glóbulos de los conductores sólidos. Los cables de mayor sección también pueden fundir todos sus hilos, pero también pueden quedar los hilos separados y más finos; en algunos casos los glóbulos pueden aparecer en un extremo de la superficie de los hilos.

Un cable de aluminio se funde y vuelve a solidificarse en formas irregulares que no sirven para identificar la causa del incendio. Ya que el aluminio tiene una temperatura de fusión más baja que el cobre, los cables de aluminio se funden en casi todos los incendios, por lo que raramente pueden contribuir a descubrir su causa.

Si hay otros metales en presencia del aluminio y el zinc, estos se funden y forman aleaciones. Por ejemplo, si durante un incendio el aluminio fundido cae en forma de gotas sobre un conductor de cobre desnudo y este continúa calentándose, el metal penetra en el óxido y se funde a una menor temperatura que el metal puro.

3.1.6. Electrodomésticos y equipo eléctrico

Sera necesario analizar e investigar los aparatos eléctricos, como electrodomésticos y equipos de oficina; este análisis se hará solamente si ya se ha identificado el origen del incendio, ya que la investigación se centra en aparatos eléctricos como fuente de ignición, pero también como fuente de explosiones por sus componentes.

3.1.6.1. Análisis de aparatos eléctricos

Cuando se ha identificado la zona de origen del incendio se debe verificar si hay aparatos eléctricos cerca a esta zona; si los hay, se debe analizar cuidadosamente antes de tocarlo o moverlo. Se debe fotografiar el aparato en cuestión, de la forma que se explicó en el procesamiento de pruebas, fotografías de todos los ángulos posibles, primeros planos, (incluso fotografías), alejados del objeto para incluir en la toma puntos de referencia, incluso que aparezcan posibles materiales combustibles cerca del aparato.

Si por alguna razón el aparato fue movido al iniciarse el incendio, se deberán tomar fotografías del aparato donde se encontró, y también llevarlo al lugar donde se encontraba habitualmente; esto se puede hacer preguntándole a alguna persona que sepa dónde estaba ubicado; cuando ya esté en su lugar habitual se le debe fotografiar, obviamente este movimiento no se puede hacer hasta que se haya documentado en el lugar donde se encontró.

Tiene mucha importancia la ubicación exacta del aparato en la zona de origen, si es necesario se deben tomar medidas para ayudar a localizar la ubicación del aparato.

Cuando se analiza y documenta por medio de fotografías algún aparato, se debe poner especial atención en los interruptores, botones y controles de los aparatos, siempre identificando la posición (ya sea encendido o apagado). También se deben documentar las partes móviles, como tapadera, puertas, entre otros.

Es muy importante observar las fuentes de alimentación o baterías, identificar si la conexión es por medio de una extensión o es directa a la toma

de corriente. Incluso es importante observar si el aparato se encuentra cerca de una fuente de agua o de algún material combustible (como el cilindro de gas).

3.1.6.2. Documentación y recogida del aparato eléctrico

Después de realizada la toma de fotografías, mediciones y diagramas es muy importante identificar el aparato, cuál era su uso, marca, fabricante, modelo, fecha de fabricación, número de serie, advertencias, recomendación, voltaje, incluso la frecuencia (Hertz) para la que fue diseñado. De ser posible, tomar fotografías de la placa donde se encuentra toda esta información y también tomar notas de la misma; para hacer esto quizás sea necesario mover el aparato, por eso se indica al inicio de este párrafo que se debería hacer esta actividad después de la documentación.

Es casi seguro que el aparato haya resultado dañado por el incendio e incluso más por las tareas de extinción del fuego; se debe hacer todo lo posible por reunir todas las piezas del aparato y mantenerlas juntas. Cuando algún objeto ha estado expuesto al fuego y no se destruye por completo, este quedará lo suficientemente frágil como para que se destruya, incluso solo con tocarlo, por lo cual no se debe tratar de encender o probar su funcionamiento, esto podría destruirlo; se podría tratar de armarlo nuevamente, es decir, colocar las partes que se hayan quitado en su lugar y fotografiarlo de esta forma. Si se quiere hacer pruebas en el lugar, estas deberán ser no destructivas.

3.1.6.3. Aparato eléctrico en la zona origen

El fuego se ha limitado al aparato o si se piensa que ha empezado en el aparato y de ahí se propagó a la habitación. Se debe establecer si el aparato

estaba en la zona origen. También es importante excluir los aparatos que claramente no estaban en la zona origen y no tienen parte en el siniestro; esto para concentrarse en lo que realmente interesa y no hacer el trabajo más extenso y tedioso.

También es posible que un aparato alejado de la zona origen haya formado parte del siniestro de forma indirecta, si esto es así, entonces hay que analizar todos los aparatos en cuestión.

Hay que establecer, estudiando las marcas de fuego, si el aparato estaba en la zona origen o no. Hay que fijar especial atención a las marcas claras y definidas para determinar la ubicación del aparato.

El grado de daño que presente el aparato también puede ser un indicativo de la zona origen, por ejemplo, si se observa que el grado de daño en la habitación es moderado y el aparato está casi destruido en su totalidad, este puede ser un claro indicativo de que el aparato eléctrico ha sido el origen del incendio. Sin embargo, si el daño es mucho, en general, hay que investigar otras causas, como goteo, carga de fuego (por ejemplo, fuga de gases), e ir las eliminando. Por otro lado, si el aparato eléctrico en cuestión no está muy dañado, no se debe considerar que este fue el que dio origen al siniestro, solo por estar presente.

3.1.6.4. Funcionamiento del aparato eléctrico

Para poder llegar a una conclusión sobre el origen de un incendio y si la causa ha sido un aparato eléctrico, se debe averiguar si dicho aparato ha podido generar la energía necesaria para la ignición. Cuando se sepa bien de qué tipo de aparato se trata, se determinará si el calor que genera en operación

normal es suficiente para la ignición o si se trata de una operación anormal. Después de esto se debe determinar qué material fue el que ardió en primera instancia. Una vez se hayan descartado las hipótesis imposibles o menos probables, irán quedando las más probables; si no se logra plantear una hipótesis que sea accidental o intencionada, la causa quedará indeterminada.

3.1.6.4.1. Aparatos eléctricos de muestra

En ocasiones será necesario y muy útil para esta investigación obtener un aparato eléctrico igual al que se está estudiando; esto para saber cómo funciona o, mejor aún, saber cómo ha fallado. Si el modelo en cuestión ya no se fabrica, será tarea del investigador determinar si uno con características similares sería de utilidad o no.

Se puede probar y hacer funcionar las muestras de aparatos eléctricos para demostrar la validez de la hipótesis sobre el inicio del fuego. Si la hipótesis es que el fuego se inició por el mal funcionamiento de un aparato eléctrico, se tendrán que hacer muchas pruebas con la muestra; si se está casi seguro que el aparato fue el causante, será necesario obtener las muestras suficientes para realizar las pruebas necesarias. Las pruebas no solo deben demostrar que el aparato es capaz de generar ese calor, sino si esa cantidad es de suficiente magnitud y duración como para provocar la ignición de los materiales combustibles.

3.1.6.4.2. Materiales de los aparatos eléctricos

Existe una gran variedad de electrodomésticos en el mercado, distintos tipos de construcción y usos. Los componentes de los aparatos, los hay de

distintos materiales y formas; a continuación se darán algunos de estos materiales:

- Acero: este material es usado en muchas de las carcasas de los aparatos por su alta resistencia, duración y facilidad de moldeado. El acero no se funde en un incendio, a menos que en este haya muy altas temperaturas y por un tiempo muy prolongado. Si el acero se expone mucho tiempo al fuego, se oxida, y la capa de óxido puede llegar a ser lo suficientemente gruesa como para producir escamas; cuando el acero se oxida por el fuego este se torna de un color gris azulado mate.

Cuando el acero se expone a incendios de corta duración la superficie de una carcasa de acero pulido o cromado puede presentar varias bandas de color. Los componentes de un aparato que tiene una carcasa de acero no están seguros del todo, ya que si el aparato queda expuesto al fuego directo durante mucho tiempo, su interior se pondrá tan caliente que los componentes internos llegarán a quemarse e incluso se puede fundir el cobre.

- Aluminio: el aluminio tiene una temperatura de fusión muy baja (660°C) si es puro, si es parte de una aleación, este se funde a temperaturas menores. Cuando se analizan los daños en las carcasas de este material, puede indicar la gravedad del fuego o de la fuente de calor. Existen otros metales que se emplean en los aparatos electrodomésticos, como el zinc o el latón, principalmente para decoración o soportes. El punto de fusión del zinc es de 419 °C y el del latón es de 959 °C. El latón también es utilizado para muchos terminales eléctricos. Cuando un aparato que está compuesto por cualquiera de estos metales es encontrado después de un

incendio, este se encuentra parcial o totalmente fundido o retorcido por el calor.

- **Plástico:** en la actualidad se utiliza mucho el plástico, incluso en los electrodomésticos, muchos de estos no funcionan a altas temperaturas y tanto sus carcasas como algunos de sus componentes son de plástico. Los plásticos se funden a bajas temperaturas y a más altas, estos se carbonizan y arden; la mayoría de plásticos continúan ardiendo. La fabricación de plásticos modernos incluye la adición de retardantes, por lo cual no arden tan fácilmente. Cuando concluye un incendio breve, las carcasas plásticas pueden aparecer fundidas o carbonizadas parcialmente; si la marca de los daños muestra que la fuente era interior, habrá que hacer otro examen de los restos.

Cuando una masa fundida y carbonizada de plástico se analiza por rayos X, esto puede revelar las partes metálicas y cables en su interior. Algunas piezas de plástico son resistentes al calor por su tipo de aplicación, como, las asas de una cafetera y los *breakers*; para este tipo de artefacto se utilizan plásticos fenólicos, que no se funden ni se queman. Pero si el incendio dura mucho, estos se pueden consumir dejando una ceniza gris. Cuando estos plásticos fenólicos se calientan por poco tiempo, dejan en su superficie una ceniza gris; si esta no aparece en la superficie exterior pero sí en la superficie interior, este puede ser un indicativo de que el calentamiento vino desde adentro del aparato eléctrico.

- **Madera:** es posible que la madera se siga usando en aparatos electrodomésticos, pero es muy raro, quizás solo como un elemento decorativo. Si la madera es expuesta a fuego esta puede llegar a

consumirse por completo, sin embargo, si el fuego no dura mucho tiempo, pueden quedar marcas en la madera y convendría estudiar dichas marcas.

- Vidrio: al contrario de la madera, sí es muy utilizado en aparatos electrodomésticos, se le puede encontrar en las puertas como las de un horno microondas, por ejemplo. El vidrio es un material muy frágil; puede romperse de manera no uniforme en presencia del fuego, si el fuego es muy prolongado este puede deformarse, ablandarse, fundir o incluso gotear. El ablandamiento depende más de la duración de la exposición al fuego que de la temperatura.

3.1.6.4.3. Elementos eléctricos de los electrodomésticos

- Fuentes de alimentación: por lo general una fuente de alimentación que se toma de la red eléctrica es de 120 V; en otros casos será de 240 V pero dependerá del aparato eléctrico que se analice. Típicamente será entre estos dos voltajes; la mayoría de los aparatos eléctricos están diseñados para funcionar con 120 V y 60 Hz; a excepción de las estufas eléctricas y calentadores de agua para toda la edificación.
- Cables eléctricos: en la actualidad la mayoría de los cordones eléctricos que alimentan a los electrodomésticos son cables de 3 hilos con doble aislante, comúnmente conocido como TSJ; aunque todavía se utiliza el cable de dos hilos o cable paralelo; en el cordón que tiene 3 hilos, el tercer cable se usa para protección (tierra). Estos cordones de 3 hilos por lo general sobreviven a un incendio pero pueden quedar muy frágiles, por lo tanto se debe tener mucho cuidado al manipularlos, para analizar si se dio un arco eléctrico en ellos. Las clavijas están empaquetadas en un cuerpo

de plástico moldeado; este cuerpo se puede fundir o quemar durante un incendio.

- Clavijas de latón: dependiendo de la intensidad del incendio, pueden sobrevivir o fundirse completamente. Si el fuego cercano a la clavija del aparato eléctrico ha sido ligero, las clavijas pueden haber permanecido casi frías al estar dentro del tomacorriente; esto demuestra que el aparato estaba enchufado. Incluso en un incendio grave, si las clavijas estaban introducidas en el tomacorriente, estas pueden estar menos oxidadas.
- Baterías: son utilizadas en muchos aparatos domésticos, portátiles y sistemas de seguridad; los voltajes que manejan las baterías van desde 1,5 V hasta 6 o 9 voltios. Es muy usual que después de un incendio se encuentren restos de baterías en los aparatos, pero estas estarán demasiado dañadas como para saber si fueron la causa de la ignición. Se considera que las baterías son capaces de encender algunos materiales en las circunstancias ideales, pero la seguridad de los aparatos no permite que la carga de la batería se concentre en un solo punto como para producir la ignición.
- Protección: algunos electrodomésticos ya traen incluida una protección, por ejemplo, fusibles o disyuntores. Esos dispositivos se pueden analizar después de un incendio; si este no fue muy grave, se podrán analizar estos dispositivos para saber si se activaron o no, y si fue grave, habrá que revisar entre los escombros se existía tal protección. Los elementos de protección más usados en aparatos eléctricos son los mencionados arriba, los fusibles y los disyuntores; el fusible es un filamento de metal cuya sección está calculada para que cuando pase por este una corriente superior a la nominal, normalmente, abajo del doble de la nominal, este se

funda. El disyuntor es un *breaker* que se desactiva en presencia de una corriente superior a la especificada y también en presencia de calor se acciona el bimetálico.

- Interruptores: los hay manuales, automáticos y electrónicos. Los interruptores en un aparato eléctrico sirven para encender o apagar dicho aparato, pero también para cambiar sus funciones o incluso su potencia; por lo general estos botones son manuales para que el operador los active o desactive. En una investigación, después de un incendio estos dispositivos son muy importantes, ya que al analizarlos podrá comprobarse si el aparato estaba encendido o no, o si estaban a máxima potencia; si el incendio fue muy grave quizás solo sirvan para ver si los contactos están pegados. Es muy importante no mover los interruptores o cualquier tipo de control hasta que esté bien documentada la posición en que se encontraron.
- Termostatos: son interruptores de seguridad; estos desactivan el aparato que protegen cuando alcanzan la temperatura a la que fueron diseñados. Están compuestos por diferentes elementos, como bimetálicos, que son dos placas de metal que se dilatan en presencia de calor; una de las placas se dilata más que la otra dando lugar a que se doblen, también hay algunos termostatos que funcionan con un líquido que se expande en presencia de calor, pasando por un fuelle que desactiva los contactos. Los contactos de un termostato como cualquier otro contacto se van deteriorando conforme su uso, apareciendo picaduras en su superficie; como los contactos de un termostato solo se activan si el aparato está funcionando de una forma inadecuada a temperaturas más altas de las permisibles, estos contactos deberían estar en buenas condiciones. Por el contrario, si después de un incendio se analizan estos contactos y se ve

que presentan muchas picaduras, es el indicativo que se han activado muchas veces; esto indicará que el aparato ha funcionado mal por mucho tiempo.

- Transformadores: es un dispositivo que disminuye el voltaje de entrada (típicamente 120 V) a voltajes para uso electrónico (12 V a 5 V); este también aísla el aparato de la fuente de alimentación. Los transformadores son aparatos que se utilizan en las redes eléctricas como elementos que convierten un sistema de tensiones dado (monofásico o trifásico) en otro sistema de la misma frecuencia y de diferente valor eficaz.¹⁰

Cuando se analiza un transformador después de un incendio, es conveniente fijarse en el bobinado, ya que este indicará de qué forma estuvo expuesto al calor; por ejemplo, si al quitar el devanado se advierte que el cable de la bobina está oxidado solo en la parte superior, pero al adentrarse hasta llegar al núcleo, este presenta incluso un color brillante, esto será un indicativo de que el daño proviene de una fuente externa y no del aparato o transformador. El recalentamiento del bobinado se puede determinar si existen marcas claras internas de calor, si han producido arcos entre una vuelta y otra y si existen marcas de fuego salidas del aparato. También existen transformadores en las lámparas fluorescentes; todos los balastos de este tipo de lámpara son en esencia transformadores, incluso los balastos electrónicos deben llevar un transformador para que funcione.

- Motores eléctricos: los motores son muy comunes en los aparatos eléctricos y electrodomésticos, como lavadoras, secadoras, licuadoras,

¹⁰ SANZ FEITO, Javier. *Máquinas Eléctricas*. p. 40.

batidoras, entre otros. Estos motores llevan incorporado un dispositivo de seguridad que impide que pase la corriente si la temperatura sube demasiado. Este dispositivo puede ser un fusible, mecanismo de corte térmico con rearme automático o manual. Al igual que los transformadores, si el bobinado del motor presenta daño de quemadura, pero el exterior del mismo no, entonces es un indicativo de que el motor fue el que se recalentó. Si hay muchas marcas de fuego alrededor del motor, lo más probable es que el bobinado este fundido.

3.1.6.5. Electrodomésticos más comunes

A continuación se dará a conocer un listado con su descripción de los electrodomésticos que más comúnmente se encuentran en una vivienda. También se da una breve descripción sobre su funcionamiento.

3.1.6.5.1. Hornos y estufas

En la actualidad es muy común que en las viviendas se encuentren hornos y estufas eléctricas, incluso en las panaderías, también es común el uso de hornos eléctricos. Pero el uso de estos aparatos a gas es bastante normal. El horno produce calor, ya sea por la corriente eléctrica que se aplica a las resistencias o por la quema de gas propano. En estos dispositivos es común encontrar termostatos que son los que regulan el calor dentro del horno; también pueden tener un temporizador que es el que regula el ciclo de cocción.

3.1.6.5.2. Cafeteras

Por lo general las cafeteras funcionan de la siguiente forma: se coloca agua en un depósito; esta agua se calienta por medio de una resistencia y el

vapor generado la empuja al lugar donde se coloca el café con un filtro; este cae a otro depósito, que por lo general lo calienta la misma resistencia. Las cafeteras cuentan con un termostato que apaga la resistencia cuando el café ya está caliente a la temperatura deseada; la resistencia se vuelve a encender cuando la temperatura del café baja demasiado; este proceso se repite para que el café se mantenga caliente, pero no se quiere que la resistencia de caliente demasiado.

3.1.6.5.3. Tostadores

El tostador también usa una resistencia eléctrica para tostar el pan. Estos tienen una especie de bimetálico para que cuando llegue a cierta temperatura este desconecte las resistencias, al enfriarse el bimetálico se suelta la palanca, al sacar el pan.

3.1.6.5.4. Abrelatas eléctrico

Este aparato básicamente funciona con un motor que hace girar la lata; el motor se enciende hasta que se baja la palanca, que a su vez introduce la cuchilla en la lata y deja pasar corriente al motor. Ya que el motor solo se enciende si está presionada la palanca; es probable que este aparato no tenga ninguna protección contra recalentamiento.

3.1.6.5.5. Refrigeradores

Un refrigerador es un dispositivo empleado principalmente en cocina y en laboratorio. Consiste en un armario aislado térmicamente, con un compartimento principal y el congelador. El frío se produce mediante un sistema de refrigeración por compresión, alimentado por corriente eléctrica, y a veces,

por un sistema de absorción, usando como combustible queroseno o gas butano. La función de una máquina de refrigeración es tomar el calor de un ambiente a baja temperatura y cederlo en el ambiente exterior, empleando una fuente de energía externa para mantener el proceso. Un refrigerador es una bomba de calor impulsada generalmente por un motor eléctrico.

Para que la eficiencia sea mayor, la diferencia de temperatura entre el condensador, y el aire ambiente debe ser máxima, ya que es en este lugar donde el calor sale del aparato. Por este motivo son más eficientes en invierno que en verano, y en cualquier época, su consumo es menor si se sitúa en un lugar fresco. Asimismo, debe procurarse que el intercambiador de calor externo, que suele estar en la parte trasera del aparato, tenga una buena ventilación.

También son más eficientes y por lo tanto consumen menos, los aparatos que disponen de dos compresores, uno para cada compartimento. Efectivamente, si se está abriendo constantemente la puerta del refrigerador, se pondrá en marcha solamente uno de los dos compresores, sin añadir frío, que no hace falta, al compartimento congelador.

3.1.6.5.6. Lavatrastos eléctrico

Estos se componen de una bomba que lleva el agua caliente y el jabón a los platos y vasos; también podría llevar una resistencia eléctrica para calentar el agua, pero hay otros modelos que no tienen esta resistencia; por lo tanto, el agua que entra ya debe estar caliente. Después del lavado se expulsa el agua y viene el ciclo de secado por medio de aire. Los lavatrastos también tienen otros accesorios eléctricos, como, electroválvulas y temporizadores que marcan el ciclo de lavado. Algunos lavatrastos han dado lugar a incendios por fallos en los botones, que han hecho que se quemara la carcasa de plástico.

3.1.6.5.7. Hornos de microondas

Un horno de microondas se compone por un magnetrón que genera y dirige las ondas de radio o microondas en el interior del horno.

La frecuencia de estas ondas hace que las partículas de los alimentos vibren a alta velocidad haciendo que se calienten. También consta de un temporizador, circuitos de control, un transformador y luz interior. El transformador suministra la alta tensión al magnetrón. El magnetrón suele llevar un dispositivo de corte térmico. También puede haber otros dispositivos de este tipo en la parte superior, para cortar la corriente si se produce un fuego dentro del horno.

3.1.6.5.8. Aires acondicionados

El funcionamiento de un aire acondicionado es muy parecido a un refrigerador; el aire extraído de la habitación pasa por el evaporador donde se enfría y vuelve otra vez a la habitación. Un motor mueve un ventilador para mejorar la circulación del aire; este motor suele estar protegido por un dispositivo de corte térmico. También lleva mandos de control de velocidad del ventilador, capacidad de refrigeración y temperatura.

3.1.6.5.9. Planchas y secadores de pelo

Los secadores de pelo son básicamente un ventilador que sopla aire a través de una resistencia eléctrica que calienta el aire; estos solo tienen un interruptor selector de encendido y velocidad, algunos tienen instalado un dispositivo de corte térmico para evitar el sobrecalentamiento.

Las planchas constan de una resistencia eléctrica que calienta la suela; algunas incorporan agua para producir vapor; su mando es por lo general un selector; también cuentan con un termostato que la activa y desactiva para mantener la temperatura seleccionada.

3.1.6.5.10. Secadoras de ropa

Las secadoras eléctricas de ropa funcionan con una alimentación de 240 voltios; por lo general, el motor funciona con 120 voltios y las resistencias que producen el calor para secado lo hacen con 240 voltios. Estas funcionan haciendo girar un tambor donde se deposita la ropa y dentro de este circula el aire caliente. Las secadoras típicas tienen controles del ciclo de secado, sensores de humedad, mandos de la fuente de calor y selectores de intensidad y también dispositivos de corte térmico.

3.1.6.5.11. Electrónica de consumo y bombillas

La electrónica de consumo la componen los televisores, radios, reproductores de CD y DVD, videocámaras y computadoras. Todos estos dispositivos tienen una construcción muy parecida, fuente de alimentación, tarjetas electrónicas y una carcasa.

Las bombillas más comunes en una vivienda son las incandescentes y las fluorescentes. Una bombilla incandescente lleva en su interior un filamento rodeado de gas inerte o de vacío.

Las bombillas incandescentes se calientan mucho; en cambio las bombillas fluorescentes funcionan con alta tensión que es producida por un

transformador interno, generando una descarga a lo largo del tubo, el cual está revestido de material fluorescente que produce luz cuando recibe la descarga eléctrica. Las bombillas fluorescentes producen menos calor pero el transformador si se calienta.

3.1.7. Colección de casos

En el 2013, se produjeron en Estados Unidos varios casos de incendios provocados por deshumidificadores de varias marcas, estos fueron retirados del mercado. El problema de los deshumidificadores radica en que tienden a sobrecalentarse, a echar humo y hasta prenderse en fuego.

En la página de *Consumer Product Safety Commission*, hasta el 30 de octubre de 2013 se habían añadido 160 incidentes adicionales y 25 incendios por causa de estos aparatos (de los que fueron reportados). La recomendación que hace esta comisión es que los consumidores deben apagar inmediatamente y desconectar los deshumidificadores y contactar al fabricante para un reembolso.

Figura 14. **Deshumidificador quemado**



Fuente: www.cpsc.gov/onsafety/2013/09/. [Consulta: 28 de julio de 2014].

3.2. Anomalías eléctricas y siniestros de incendios en vehículos

En este punto se analizará lo referente a incendios en vehículos a motor, como automóviles, camiones, buses, etc. No se incluyen barcos, aviones, entre otros, pero muchos de los puntos que se enunciarán aplican también para estos, como la documentación.

Con el simple hecho de que un vehículo se incendie y consuma muy rápidamente no significa que fue provocado; se debe tener cuidado con llegar a esta conclusión muy rápido; debe tomarse en cuenta que los vehículos no solo funcionan con combustible (gasolina), sino que también hay otros líquidos presentes en su funcionamiento, que también pueden llegar a ser inflamables. Es muy importante que la persona que investigue cómo ocurrió un siniestro eléctrico en un vehículo y esté familiarizada con el funcionamiento del mismo en condiciones normales.

A la hora de investigar un siniestro en un vehículo debe tenerse mucho cuidado. A continuación se enumera un listado de situaciones a las que se debe prestar especial atención al investigar:

- Evitar que el vehículo se mueva. Se debe colocar topes al vehículo para evitar que se mueva, ya que si se está dentro o abajo del vehículo, este puede avanzar y causar daños al investigador.
- Desactivar bolsas de aire. Si el incendio no se generó después de un choque, quiere decir que las bolsas de aire no se activaron. Se les debe desactivar (consultando al fabricante) para evitar que se activen por sí solas; recordar que el vehículo ha sufrido daños y sus sistemas no trabajarán adecuadamente.

- Desconectar fuentes de alimentación. Es probable que no se haya consumido todo el combustible del vehículo y si aún hay una fuente de alimentación (acumulador) que pueda causar chispas, se podría producir un nuevo fuego.

3.2.1. Anomalías eléctricas en vehículos

Tanto en las viviendas como en los vehículos, las fuentes de ignición pueden ser las mismas: arcos eléctricos, cables sobrecargados, llamas y restos de cigarrillos. Sin embargo, hay otras posibles fuentes que solo se les encontrarán en vehículos a motor, como un convertidor catalítico, turbocompresor y colector.

3.2.1.1. Cables sobrecargados

Si un cable falla de tal forma que disminuya su resistencia, este elevará su temperatura hasta el punto de ignición del forro; sobre todo en los cables que van debajo del panel de instrumentos, el calor no se disipa fácilmente. Esto puede suceder sin que se fundan los fusibles. En la actualidad muchos vehículos cuentan con calefacción en los asientos, pero los cableados de estos llevan cables autoregulados, pero la acumulación de un material combustible debajo de los asientos puede causar una ignición.

Una forma común de sobrecargar los cables principales de un vehículo es cuando se le agregan dispositivos que no estuvieron contemplados en el diseño del vehículo; un ejemplo de esto son los equipos de sonido de gran potencia o incluso sistemas de alarma que se le agregan después de la compra.

También es una práctica común que estos dispositivos que fueron agregados después de la compra no incluyan dispositivos de seguridad.

Figura 15. **Cable sobrecargado en un vehículo**



Fuente: www.bmw motos.com. [Consulta. 2 de agosto de 2014].

3.2.1.2. Arcos eléctricos

Cuando un cable se desgasta, quiebra, rompe o sufre cualquier otro daño y este entra en contacto con una superficie conectada a tierra se produce un arco eléctrico. Después de un choque se pueden producir arcos eléctricos por los cables aplastados o cortados, sobre todo los de la batería y del motor de arranque y los cables que van a las bujías. La batería aporta también una gran cantidad de energía; esta puede encender las acumulaciones de aceite, plásticos y combustible. Un aplastamiento de la batería también producirá arcos eléctricos.

3.2.1.3. Filamentos de bombillas rotas

Cuando una bombilla se rompe, su filamento puede funcionar como una fuente de ignición. El filamento de las bombillas puede alcanzar los 1400°C. Sin embargo, los filamentos solo funcionan en el vacío; cuando se rompe la bombilla el filamento solo funcionará unos segundos, después de eso

comenzará a quemarse; por lo tanto esta fuente de ignición solo estará unos segundos.

Existen muchas otras fuentes de ignición que no son de origen eléctrico, por eso solo se dará una breve descripción de estas.

Cuando un líquido Dot 3 o 4, o el mismo aceite de motor se derrama sobre una superficie caliente como los colectores y tubos de escape, que generalmente están a muy alta temperatura, dicho líquido puede arder. Una pieza de metal fuera de su lugar que tope con el pavimento, generará chispas que pueden servir como una fuente de ignición.

3.2.2. Siniestros en vehículos

Para que un fuego se inicie se necesita reunir tres elementos, los cuales se indican en el triángulo de fuego, estos son: material combustible, oxígeno o aire y la chispa o fuente de ignición. En el inciso anterior se mencionaron las fuentes de ignición del tipo eléctrico que se pueden dar en un vehículo; a continuación se presentan los combustibles que se encuentran en un vehículo a motor.

3.2.2.1. Combustibles líquidos

Este tipo de combustible es el que más está presente en los automóviles, es con el que se asocia en los incendios de automóviles. Este combustible está bien contenido en los dispositivos del vehículo que lo utilizan, pero al momento de ocurrir un choque podría derramarse y lo único que faltaría para iniciar un incendio sería la fuente de ignición, que al haber un percance, lo más probable es que haya una falla eléctrica también.

Para que se produzca la combustión es necesario que el líquido se gasifique. Los combustibles líquidos más comunes en un vehículo son: gasolina, aceite de motor, líquido de frenos, aceite de caja de cambios, diésel, entre otros.

Tabla I. **Propiedades de los líquidos en un vehículo a motor**

Líquido	Punto de inflamación		Temperatura de ignición		Límite de inflamabilidad (%)		Punto de ebullición		Densidad de vapor (aire=1)
	°F	°C	°F	°C	Inferior	Superior	°F	°C	
Líquido de frenos (a)	240-355	115-179							
Líquido de frenos (b)	298	148					485	252	
Etilenglicol (100 %)	232	111	775	413	3.3		387	197	
Etilenglicol (90 %)	270	132							
Diésel #2D	126-204	52-96	494	257					
Keroseno #1 fuel oil	100-162	38-72	410	210	0.7	5	303-574	151-301	
Gasolina-100 octanos	-36	-38	853	456	1.4	7.6	100-400	38-204	3.4
Metanol	52	11	867	464	7.8	86	147	64	1.1
Aceite de motor	410-495	210-257	500-700	260-371					
Aceite de caja de cambios	350	177							
Dextron IIE	361-379	183-193	410-417	210-214					
Dextron II	367	186	414	212					
Tipo F (Ford)	347	175							
Aceite de dirección hidráulica	350	177							

Fuente: NFPA 921. 2001. p 181.

3.2.2.2. Combustibles gaseosos

Hay casos particulares de vehículos que utilizan como combustible el gas propano; este se da con mayor frecuencia en flotas de vehículos de empresas; es poco común encontrar este tipo de sistema de combustible en vehículos particulares, pero se da.

En las baterías de plomo-ácido puede haber hidrógeno y oxígeno, pudiendo estos quedar libres en un choque. Al ser estos volátiles, se corre un mayor riesgo de ignición o incluso de explosión.

Tabla II. **Propiedades de gases en vehículos a motor**

Gas	Temperatura de ignición		Punto de ebullición		Límite de inflamabilidad (%)		Densidad de vapor (aire=1)
	°F	°C	°F	°C	Inferior	Superior	
Hidrógeno	932	500	-422	-252	4	75	0.1
Gas natural (metano)	999	537	-259	-162	5	15	0.6
Propano	842	450	-44	-42	2.1	9.5	1.6

Fuente: NFPA 921. 2001. p 181.

3.2.2.3. **Combustibles sólidos**

Es menos común que los combustibles sólidos sean los primeros que ardan en un incendio, pero pueden ser la principal causa de que el incendio se propague con mayor velocidad y que los daños sean mayores.

Los plásticos pueden arder con una cantidad de calor similar a los combustibles líquidos; además los plásticos pueden producir gotas ardientes. También metales como, el aluminio, magnesio y sus aleaciones pueden arder como un combustible más.

Tabla III. **Propiedades de los sólidos en vehículos a motor**

Material	Temperatura de ignición		Punto de fusión		Comentarios
	°F	°C	°F	°C	
Fibras acrílicas	1040	466	122	50	
Aluminio puro	1832	1000	1220	660	
ABS	871	466	230-257	110-125	Paneles de carrocería (pueden consumirse)
Fibra de vidrio (resina de poliéster)	1040	560	802-932	428-500	La resina se quema, pero no los paneles de fibra
Magnesio (puro)	1153	623	1202	650	
Nylona	790	421	349-509	176-265	Guarnecidos, piñones de la cremallera
Polietileno	910	488	251-275	122-135	Forros de los cables
Poliestireno	1063	573	248-320	120-60	Aislamiento, guarnecido, acabados
Espuma de poliuretano	852-1074	456-579			Asientos, reposabrazos, almohadillas
Poliuretano rígido	590	310	248-320	120-160	Guarnecidos
Vinilo (PVC)	945	507	167-221	75-105	Forros de los cables, tapicería

Fuente: NFPA 921. 2001. p 183.

En el proceso de la investigación no se debe tomar la presencia de metales fundidos como una señal de que se han usado combustibles líquidos como acelerantes.

3.2.3. Principales sistemas del vehículo

Antes de hablar sobre la identificación del estado de los componentes, se hablará de los sistemas y algunos de los elementos que los conforman para

saber dónde buscar o saber qué se está viendo a la hora de realizar una investigación. No todos los vehículos tienen los mismos sistemas para funcionar, sin embargo, en conjunto, los sistemas funcionan de forma similar. Cada uno de los sistemas tiene una función específica.

Es muy importante para el investigador estar familiarizado con los sistemas de los vehículos, ya que sin el conocimiento sobre el funcionamiento de cada sistema, no sabrá si el sistema se averió o fue alterado.

3.2.3.1. Sistema de combustión

En los vehículos de motor a gasolina hay dos tipos de sistema de combustión: el que utiliza carburador (baja presión) y el sistema de alta presión por inyección de combustible. Ambos utilizan una bomba de gasolina que bombea la gasolina desde un tanque a través de conductos especializados hacia el motor a través del sistema que atomiza la gasolina.

- **Sistemas carburados:** en los sistemas carburados, el combustible llega al motor por medio de una bomba mecánica adosada al motor, es decir, si el motor no se mueve, la bomba tampoco. El combustible fluye al tubo de Venturi, donde se mezcla con aire; de ahí la mezcla se conduce a la cámara de combustión a través de una válvula de admisión. Los problemas de este sistema suelen darse por la presión. Se pueden producir fugas en una línea de combustible o en el carburador, y generalmente se producen en los límites del compartimiento del motor. Si en el lugar de la fuga hay una fuente de ignición se puede iniciar un incendio. Si una línea de combustible se ve afectada por un incendio de otra fuente, el sistema de combustible puede parecer la causa del incendio.

- **Sistemas de inyección:** en los sistemas de inyección de combustible se bombea gasolina desde el tanque por medio de una bomba eléctrica generalmente dentro del tanque. La presión que alcanza el combustible en este sistema va desde los 35 a 70 psi; una gran diferencia con el otro sistema que solo llega a los 3 o 5 psi. Esta bomba eléctrica estará energizada siempre que la llave esté en posición de arranque. En los vehículos actuales esta bomba está controlada por la computadora y la apagará cuando el vehículo no esté en marcha; algunas cuentan con un interruptor inercial que apagará la bomba en caso de choque.

La bomba lleva el combustible a los inyectores a través de un tubo de Venturi; cualquier fuga en esta línea será detectada por el conductor por un bajo rendimiento del vehículo; en cambio, una fuga en la línea de retorno no será detectada por el conductor, por lo tanto es una fuga potencialmente más peligrosa.

- **Sistema diésel:** estos sistemas usan una combinación de bombas, las cuales suelen ser de alto volumen y no de presión. Las fugas suelen aparecer en las juntas perdidas por la vibración del motor. El combustible diésel, a diferencia de la gasolina, se prenderá fácilmente en contacto con una superficie caliente. No suele darse la “pérdida de control” en los motores diésel, aunque puede ocurrir ocasionalmente.

3.2.3.2. Turbocompresor

Es una turbina que aumenta la potencia del motor incrementando la cantidad de aire que entra en los cilindros. La turbina utilizada para accionar el compresor gira a unas 100, 000 rpm y el calor generado puede incendiar los combustibles u otros materiales susceptibles a arder si entran en contacto con

este. Una fuga de aceite en el turbocompresor puede incrementar su temperatura de operación y convertirlo en el primer elemento combustible prendido en un incendio.

3.2.3.3. Sistema de control de emisiones

Los componentes de este sistema están en el compartimiento del motor y son: una válvula RGE, una caja de carbón activo, unos manguitos de goma especial de vacío, y sensores que se comunican con la computadora.

La válvula RGE recoge una parte de los gases de escape y los regresa al motor para que este se caliente más rápidamente y así evitar lanzar a la atmósfera gases con alto contenido de combustible. La caja de carbón activo recoge el exceso de vapores con alto contenido de combustible y los quema en el motor.

Un problema posible es la fuga de vapor de esta caja; estos vapores pueden moverse a lo largo del compartimiento del motor y si se presenta una fuente de ignición este arderá. Sobrellenar el tanque de combustible puede forzar la entrada de líquido en la caja de carbón, causando desbordamiento.

3.2.3.4. Sistema de escape

El sistema de escape expulsa los gases producto de combustión, también es parte del sistema de control de emisiones, el cual va atornillado directamente al motor; en esta va un sensor de oxígeno y el convertidor catalítico; luego, en esta parte el tubo de escape suele ser más caliente, hasta 343 °C en funcionamiento normal. Un derrame de aceite o combustible con el tubo de

escape puede resultar en un incendio, también con el contacto con el césped o basura.

3.2.3.5. Sistema eléctrico

Este sistema consta de una batería o acumulador que distribuye la energía a todos los sistemas que lo requieran. Los vehículos actuales funcionan con 12 voltios; algunos vehículos antiguos funcionan con 6 voltios (será muy difícil entregar este tipo de vehículos), los vehículos grandes trabajan con 24 voltios.

Cuando el vehículo está apagado solo le llegará corriente a unos sistemas, como, el alternador, motor de arranque, interruptor de ignición, reloj, encendedor, entre otros. El negativo de la batería va atornillado directamente al chasis del vehículo. Cuando el vehículo está arrancado, el alternador es el que toma el control y distribuye la energía a todos los sistemas del vehículo.

Cuando al vehículo se le agregan otros dispositivos o equipos adicionales, como equipos de sonido o equipos de vídeos, o se le cambia el sistema de luces, es muy común que a estos no se les instalen dispositivos de protección, por lo tanto los cables están susceptibles a sobrecargas.

3.2.4. Identificación del estado de los componentes

Para lograr una correcta identificación de los componentes del vehículo se debe seguir una serie de pasos, desde la identificación del vehículo (año, marca, entre otros.) hasta el estudio en el lugar de los hechos.

3.2.4.1. Identificación del vehículo

Lo primero que se debe hacer al inspeccionar un vehículo es anotar la información que lo identifica.

- Marca
- Modelo
- Año de lanzamiento
- Número de chasis

Este último ofrece información de datos como el fabricante, país de origen, planta de montaje y número de serie. Toda esta información es muy importante para la investigación, ya que da a conocer el tipo de vehículo y el funcionamiento de los sistemas que lo componen.

3.2.4.2. Historial del vehículo

Para que el proceso de investigación se haga más fácil, es recomendable dividir el examen por zonas. También se debe entrevistar a las personas que presenciaron el fuego, como, el conductor, pasajeros, espectadores, bomberos, etc. Debe conseguirse información del vehículo antes del incendio; para esto se le puede preguntar al conductor lo siguiente:

- Cuándo se condujo el auto por última vez y qué distancia recorrió
- Su kilometraje total
- El vehículo funcionaba bien o le fallaba algo
- Fecha del último mantenimiento
- Cuándo se abasteció por última vez y qué cantidad
- Cuándo y dónde estuvo estacionado el vehículo

- Qué equipos llevaba el vehículo: radio, CD, teléfono, vidrios eléctricos, entre otros.
- Efectos personales dentro del vehículo

Si el vehículo circulaba cuando se produjo el incendio, habrá que obtener también la siguiente información:

- Cuánto tiempo había circulado el vehículo
- Qué ruta se utilizó
- Llevaba carga o circulaba a gran velocidad
- El vehículo estaba funcionando correctamente
- En qué momento se observó el primer olor anormal, humo
- Cuándo se visualizó la primera llama
- Cómo fue el funcionamiento después del inicio del fuego
- Se intentó apagar el fuego y cómo
- Cuánto tiempo ardió el vehículo antes de que llegaran las asistencias
- Cuánto tiempo duró el incendio antes de que se extinguiera

Cuando ya se ha identificado el vehículo como objeto de la investigación, se deben revisar sus funciones mecánicas, composición y susceptibilidad al fuego. En ocasiones y si es accesible y se tienen los medios, será conveniente que se examine un vehículo con características similares. También será conveniente llenar un formulario adecuado.

3.2.4.3. Informe del lugar de los hechos y del vehículo una vez retirado

Al igual que en una investigación de incendio en una vivienda, se debe documentar el lugar de los hechos en un incendio de un vehículo. El

investigador se debe apoyar con la elaboración de un plano y tomar medidas para tener la ubicación exacta del vehículo; también tomar todas las fotografías necesarias para no perder ningún detalle antes de retirar el vehículo. El investigador deberá fotografiar también los alrededores del vehículo, marcas que este pudo dejar y componentes que se pudieron desprender del mismo. Incluso será necesario fotografiar al vehículo al momento de ser subido a la grúa y en su transporte, esto para documentar algún daño que se le pudiera ocasionar en su traslado al almacén o taller.

No se debe fotografiar solo los daños, también es muy importante fotografiar la carga que llevaba y si remolcaba algo; esto para saber si el vehículo iba sobrecargado.

Como se mencionó anteriormente documentar el estado del vehículo tomando fotografías y notas. Una vez el vehículo sea retirado del lugar de los hechos se espera que ya se hayan tomado las fotografías suficientes. También hay que tomar en cuenta que los elementos pueden dañar las evidencias o marcas de fuego; si el vehículo va a ser trasladado a un depósito sin techo, este se debe proteger con una lona u otro implemento. En el transporte se pudieron dañar algunas piezas o incluso perdido; en cualquiera de estos casos las fotografías tomadas en el lugar de los hechos serán de suma importancia.

3.2.4.4. Primer examen del vehículo incendiado

Al igual que una investigación en un edificio, lo primero que se debe hacer es identificar la zona origen; para esto, al investigar en un vehículo se debe identificar el compartimiento de origen. En un vehículo se identifican tres compartimientos: el del motor, el de pasajeros y el de carga.

El examen del exterior también puede revelar mucha información acerca del comportamiento del incendio y la forma de reaccionar el parabrisas ante él; puede facilitar la determinación del compartimiento origen, por ejemplo, un incendio en el compartimiento de pasajeros normalmente causará un fallo en la parte superior del parabrisas, y dejará marcas radiales. Los incendios en el compartimiento del motor, normalmente invaden el compartimiento de pasajeros, y causará un fallo en la parte inferior del parabrisas.

Cuando se ha identificado en qué compartimiento se ha iniciado el fuego, se debe investigar la zona de origen; se va siempre desde la zona menos dañada a la de mayor daño.

3.2.4.5. Examen de los sistemas del vehículo

Una vez identificado el compartimiento origen, el investigador deberá examinar los sistemas que se encuentren en este; quien además debería inspeccionar cada sistema y verificar su estado y si este se vio involucrado en el fuego, como autor o víctima.

Cuando el investigador esté inspeccionando el sistema de combustible, deberá revisar el tanque del mismo por posibles fugas o perforaciones, en qué estado se encuentra el conducto de llenado y el de retorno, ya que estos se pueden desprender de su conexión por un golpe o choque; será muy fácil que estos conductos prendan fuego al liberar combustible o se vean envueltos en fuego. Cuando se revisen estas líneas se debe empezar por los lugares en los que pasa cerca de fuentes de calor, como el convertidor catalítico o cerca del escape.

Revisar el tanque en su totalidad significa que se anotará la presencia o ausencia del tapón del tanque de combustible; algunos tapones son de plástico que se funde fácilmente; si esto ha sucedido se deben buscar los restos del tapón que pueden ser de metal. Los tanques de combustible expuestos al calor o a las llamas generalmente muestran una línea de demarcación que representa el nivel de combustible en el momento en que se extinguió el incendio.

3.2.4.6. Interruptores, bombillas y palancas

En el transcurso de la inspección del vehículo también se debe anotar la posición de los interruptores, si estaban encendidos o apagados. Observar el estado de la ventanas, si estaban abiertas o cerradas, la posición de la palanca de cambios y el interruptor de la llave de encendido; además, revisar si esta fue forzada. También observar la palanca que lleva el interruptor del limpiabrisas y el de encendido de las luces del vehículo; como se mencionó con anterioridad, una bombilla que se rompe estando encendida, es una posible fuente de ignición.

3.2.4.6.1. Análisis de bombillas

Lo que el investigador debe buscar al analizar las bombillas es saber si estas estaban encendidas o apagadas cuando se inició el fuego; particularmente si este se inició por causa de un choque nocturno. Incluso esto puede servir para determinar la responsabilidad del conductor, si este no llevaba las luces o no encendió su direccional en un cruce. Este análisis será posible siempre y cuando las bombillas se vieron afectadas en el choque, pero aún se conservan restos de las mismas y no se destruyeron totalmente.

Como se mencionó arriba, si el incendio es producto de choque, es muy probable que se tengan que analizar las bombillas rotas. Si el vidrio de la bombilla se quiebra, el aire rodeará instantáneamente al filamento de la misma; si la bombilla está encendida, el filamento empezará a oxidarse; la oxidación no será uniforme y habrá un lugar que se oxidará antes; es en este espacio donde la temperatura se elevará más y se romperá; esto sucederá en pocos segundos, los restos del filamento quedarán ennegrecidos.

También cuando un trozo de vidrio que se quiebra cae sobre el filamento que está incandescente, será un indicativo de que la bombilla estaba encendida, ya que el vidrio se fundirá firmando pequeñas bolitas sobre el filamento.

Si no se encuentran restos de óxido, ni sobre el filamento ni en la base de este, la bombilla se encontraba apagada. Si se encuentra un filamento roto y deformado, la bombilla estaba encendida, pero si presenta un corte limpio y no está deformado, la bombilla estaba apagada.

3.3. La mano criminal en sistemas eléctricos y su identificación

Es posible que un incendio se haya producido por un acto criminal. Hay que tener mucho cuidado cuando se investiga el fuego, ya que el elemento que causó el fuego inicial puede que no sea el único en el lugar, debido a que la intención del criminal puede que sea herir a los bomberos, policía e investigadores. También se debe tener en cuenta la presencia de agentes químicos en el dispositivo, que pueden dejar un residuo, creando una exposición adicional.

3.3.1. Incendios provocados

Un incendio provocado es aquel que ha sido iniciado deliberadamente, por alguna persona que sabía lo que hacía, y colocó por lo menos dos de los tres elementos necesarios para iniciar el fuego que son: el material combustible y el fuego; el oxígeno necesario para iniciar la combustión se encuentra en el aire.

Si se llegara a la conclusión de que el incendio ha sido provocado, el investigador deberá prestar atención a otros factores de las muestras recogidas para la identificación de la persona que inició el fuego.

3.3.2. Daños provocados a los sistemas eléctricos

Para dañar un sistema eléctrico hacen falta muy pocas cosas; la principal tal vez sería tener acceso a las instalaciones eléctricas y la segunda, tener un poco de conocimiento en electricidad; se tenga o no conocimiento se logrará dañar la instalación, pero si se tiene conocimiento básico se sabrá dónde causar más daño.

Una forma fácil es provocar un cortocircuito en algún punto de la instalación, pero sería más efectivo en la acometida eléctrica o en tablero eléctrico; para lograr que un cortocircuito haga bastante daño, el criminal tuvo que bloquear o eliminar la protección para que esta no desconecte el ramal y así el daño sea mayor.

Al provocar un cortocircuito en un transformador y lograr que este no dispare la protección, se causará un grave daño a los devanados de transformador. En un transformador sumergido en aceite se puede realizar daño si el criminal llena de agua el tanque del mismo; esto provocaría un cortocircuito

en el sistema de refrigeración, responsable de evitar que los devanados de cobre se sobrecalienten. En el peor de los casos un transformador puede explotar.

Las irregularidades en el funcionamiento de los transformadores da origen a calentamientos. Si dichos calentamientos son del orden de 150 °C o mayores, se producirán gases, cuya cantidad y rapidez de su desarrollo dependen de la magnitud de la falla.

Las fallas que se producen en el interior de los transformadores siempre dan origen a la producción de gases.

En el caso de ruptura de una conexión, se producirá un arco que se alarga a medida que los conductores se funden. Aun cuando la conexión fallada no produzca un cortocircuito adicional, se producirán gases en gran cantidad, al producirse el arco eléctrico en presencia de aceite aislante.

Otro equipo eléctrico que podría ser dañado es una bomba de agua con motor eléctrico, por ejemplo, conforme se abre poco a poco la llave de la compuerta, el agua empieza a circular aumentando el caudal, realiza trabajo y se consume mayor corriente. Si se abre la compuerta totalmente, la corriente eléctrica se puede elevar a tal grado que el motor se calienta y se quema. A mayor caudal de agua mayor corriente y menor presión; a mayor presión, menor corriente.

Los tableros de distribución de circuitos también son susceptibles a la mano criminal; si se quiere hacer daño a un sistema eléctrico este sería el lugar que un criminal visitaría primero. El daño que se puede provocar en este punto sería un cortocircuito directo a las barras del tablero eléctrico, ya que si se

quiere bloquear la palanca de un *breaker* esto no servirá de mucho, pues un disyuntor es un interruptor que se abre automáticamente en cada sobretensión, o manualmente con un tirador. Los disyuntores están proyectados para que su mecanismo interno se dispare si sube la corriente, incluso aunque el mecanismo de rearme se mantenga sujeto.

Un cortocircuito o un recalentamiento de conexiones, o la generación de arcos eléctricos provocados o fortuitos no serían la causa del inicio de un incendio, a menos que muy cercano a estos eventos exista un material altamente combustible; por eso, si la intención de un criminal fue iniciar un incendio al crear un cortocircuito, es casi seguro que en la zona de inicio del fuego se encuentren restos de un acelerante o combustible (más comúnmente será líquido).

3.4. Presentación de resultados en un entorno jurídico

La presentación de los resultados de la investigación a un juez o un entorno jurídico, para que determine si el incendio fue un evento fortuito o un acto premeditado, y estos sean aceptados, debe seguir un serie de procedimientos para que no se considere que las pruebas o muestras fueron contaminadas o alteradas si se cree que el investigador no actuó correctamente.

Para que la investigación sea aceptada, deben seguirse los procedimientos indicados anteriormente.

Además de estos procedimientos existen otros temas que se deben considerar, como las consideraciones legales que tienen que ver con cada fase de la investigación de un incendio; es importante que el investigador se informe

bien de todas las limitaciones legales, requisitos, obligaciones, normas y deberes. Si no lo hace así, puede verse comprometida la credibilidad de la información y verse sometido él mismo a responsabilidad civil o a un proceso penal.

El investigador debe identificar quién es la autoridad que dirige la investigación, normalmente, policía, bomberos, oficina del fiscal o compañía de seguros.

3.4.1. Derecho y método de entrada

Se debe conseguir una autorización para entrar al lugar de los hechos y avisar a alguna autoridad cuando se vaya a realizar la investigación; todo esto para no incurrir en faltas. Se podrían considerar varias formas de obtener la autorización de la entrada al lugar de los hechos:

- Por consentimiento
- Porque lo elijan las circunstancias
- Por autorización administrativa
- Por autorización judicial

El propietario o la persona encargada del lugar (autorizada legalmente) puede consentir el ingreso de investigadores. Este es un acto voluntario de esta persona, se debe procurar que sea por escrito y que dicha persona firme la autorización.

Se reconoce que el cuerpo de bomberos que asiste a extinguir un fuego tiene autoridad legal para entrar al lugar, también son los que deberían determinar la zona origen y causa del incendio. Se podría considerar que

tienen un tiempo prudencial para seguir con la investigación una vez extinguido el fuego.

El artículo 190 (Allanamiento de morada) del Código Procesal Penal de Guatemala dice: “Cuando el registro se deba practicar en las dependencias cerradas de una morada o de una casa o negocio, o en recinto habitado, se requerirá la orden escrita del juez ante quien penda el procedimiento o del presidente si se tratare de un tribunal colegiado”.¹¹

Se exceptúan de lo dispuesto en el párrafo anterior el caso siguiente:

“Si, por incendio, terremoto u otro estrago semejante, se hallare amenazada la vida o la integridad física de quienes habiten el lugar.”¹²

3.4.2. Pruebas

Para que una prueba sea admitida en un juicio o entorno jurídico, el proceso en el que se obtuvo dicha prueba debió seguir ciertas normas, como las descritas con anterioridad, ya que el objetivo de toda investigación de un incendio es producir documentos, pruebas, declaraciones, informaciones y datos y conclusiones fiables.

3.4.2.1. Pruebas demostrativas

Estas pruebas son las que el testigo identifica estando en un juicio mediante un testimonio de reconocimiento, o estableciendo una cadena de

¹¹ GUATEMALA. Congreso de la República. *Código procesal penal*. Decreto 51-92. p. 43.

¹² *Ibíd.*

custodia ininterrumpida de posesión, desde que se tomó la prueba en el lugar de los hechos hasta que fue presentada en un entorno jurídico.

Las fotografías también son pruebas demostrativas, son la forma gráfica del testimonio oral. Estas son admisibles basándose en el testimonio de que son representaciones bastante exactas de lo que el testigo trata de describir. Estas pruebas solo se admiten cuando el testigo ha declarado que son representaciones correctas y exactas de hechos importantes observados personalmente por el testigo.

3.4.2.2. Pruebas documentales

Son todas las pruebas de forma escrita. Pueden ser registros de empresa, como recibos, inventarios, facturas, pólizas de seguro, cheques, agendas telefónicas, registros de los bomberos, el informe de investigador, notas, informes policiales, transcripción escrita de registros sonoros o en vídeo, y cualquier información de forma escrita relacionada con el fuego. Las declaraciones de los testigos deben estar debidamente firmadas por ellos; de ser posible, la declaraciones deben ser escritas por puño y letra del testigo.

3.4.2.3. Prueba de cargo

Hay diferencia de pruebas de cargo para casos civiles y criminales; estas son diferentes, por ejemplo, en un caso criminal, la libertad civil del defendido es comprometida; la parte acusadora debe probar fehacientemente la culpabilidad del defendido más allá de toda duda razonable.

En los casos civiles, generalmente lo que se pelea es dinero y definirá si una empresa aseguradora indemnizará al afectado; en estos casos el

demandante debe probar su reclamación con la preponderancia de la prueba, que significa “es lo más probable”.

3.4.2.4. Expoliación de la prueba

Se le llama expoliación de pruebas a la pérdida, daño, destrucción o alteración de cualquier objeto, documento o material que puede servir como prueba en un proceso legal; no se le puede llamar expoliación cuando la prueba se daña en el proceso de recogida (puede que la pieza esté severamente dañada); además, por el tipo de evento en el que se convierte un incendio, en donde la estructura puede haber quedado debilitada y quizás se tenga que demoler, es necesario trasladar las pruebas a un almacén o laboratorio para su preservación; a este levantamiento o movimiento y traslado no se le puede llamar expoliación; esto se trata más que todo de negligencia en el manejo de las pruebas, sea en el traslado o en el almacén.

3.4.3. Presentación de pruebas ante un juez

Cuando se ha concluido una investigación y se sabe que el incendio puede haber sido resultado de un acto criminal, se comunica a las entidades correspondientes, (Ministerio Público), y le compete al investigador presentar los medios de prueba con que cada una de las partes pretende acreditar la veracidad de sus afirmaciones.

El artículo 347. (Ofrecimiento de prueba) del Código Procesal Penal de Guatemala señala que: “las partes ofrecerán en un plazo de ocho días la lista de testigos, peritos e intérpretes, con indicación del nombre, profesión, lugar para recibir citaciones y notificaciones, y señalan los hechos que serán examinados durante el debate. Quien ofrezca la prueba podrá manifestar su

conformidad para que se lea en el debate la declaración o dictamen presentado durante el procedimiento preparatorio.”¹³

Se deberán presentar también los documentos que no fueron ingresados antes o señalar el lugar en donde se hallen, para que el tribunal los requiera. Los demás medios de prueba serán ofrecidos con indicación del hecho o circunstancia que se pretende probar.”¹⁴

Los medios de prueba son ofrecidos de forma oral, indicando con claridad y precisión:

- El medio de prueba de que se trata: testigo, perito, reconocimiento judicial, reconstrucción de hechos, careo, entre otros.
- Indicar el nombre completo, nombres y apellidos de los testigos y peritos, así como el documento de identidad de los mismos. Se debe ser cuidadoso en que coincida el nombre señalado con el que aparece en el documento relacionado.
- Se debe indicar la forma de diligenciamiento y el hecho o circunstancia que se pretende probar con cada uno de ellos.
- Es conveniente llevar consigo un listado de las pruebas a ofrecer y una copia para entregársela al juez.

¹³ GUATEMALA. Congreso de la República. *Código procesal penal*. Decreto 51-92. p. 83.

¹⁴ *Ibíd.*

El tribunal admitirá la prueba ofrecida o la rechazará cuando fuere ilegítima, manifiestamente impertinente, inútil o abundante, disponiendo las medidas necesarias para su recepción en el debate; en su caso, señalará los medios de prueba que se incorporarán al debate para su lectura.¹⁵

El presidente hará leer las conclusiones de los dictámenes presentados por los peritos. Si estos hubieran sido citados, responderán directamente a las preguntas que les formulen las partes, sus abogados o consultores técnicos y los miembros del tribunal, en ese orden y comenzando por quienes ofrecieron el medio de prueba. Si resultare conveniente, el tribunal podrá disponer que los peritos presencien los actos del debate.

3.4.3.1. Prueba pertinente

Los medios de prueba que se concretan a ese fin, son considerados pertinentes y por el contrario los que no versan sobre esa materia serán impertinentes. Si los medios de prueba versan sobre un hecho controvertido y como consecuencia cuando un mismo hecho es aceptado por las partes, los medios de prueba que se refieren al mismo serán impertinentes.

3.4.3.2. Prueba útil

Se considera una prueba inútil la que se refiere a hechos procesales que no han sido controvertidos, es decir, que habiéndose señalado en el proceso, estos no fueron redargüidos por otra de las partes; lo que conlleva a su aceptación.

¹⁵ GUATEMALA. Congreso de la República. *Código procesal penal*. Decreto 51-92. p. 84.

3.4.3.3. Prueba abundante

Si uno de los extremos fácticos es acreditado con un determinado medio de prueba, no deben aceptarse otros sobre el mismo tema. Por ejemplo, en la prueba testimonial no tiene razón ofrecer diez personas para decir lo mismo, por ello se sugiere limitar su número a tres personas.

4. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS ELÉCTRICO FORENSE

4.1. Identificación de estructuras deficientes en el sistema eléctrico

Cuando se realice una investigación, por ejemplo de un incendio, y se sospeche que la causa fue de origen eléctrico, ya sea arco eléctrico, sobrecarga o los tipos de falla explicados con anterioridad, el investigador debe determinar si el sistema eléctrico instalado en el lugar es el conveniente, si las protecciones son las adecuadas, o incluso si el cable cuenta con la sección necesaria para la carga que alimenta, si el tipo de instalación es el adecuado y si se basa en las normas establecidas para el país.

Las normas para realizar una instalación eléctrica se pueden encontrar en el manual de la EEGSA; este no da normas principalmente de las acometidas de las edificaciones; dentro de este mismo manual se encuentra una sugerencia sobre qué normas utilizar para las instalaciones eléctricas internas; estas se obtienen del NEC (*National Electrical Code*) de Estados Unidos de América. Este documento se basará en la norma internacional NFPA 70™, *National Electrical Code*®. 2008 edition, a la cual solo se le llamará “NEC” en este documento.

Los principales detalles que deberá revisar el investigador en una instalación serán:

- Protección de la instalación: ya sea el *breaker* principal o los *breakers* de los ramales.

- Sección de los cables: principalmente los cables de la acometida y de las cargas de mayor dimensión.
- Distancia de la fuente a las cargas: acometida y cargas más grandes
- Diámetro de la tubería y ductos eléctricos. Verificar la cantidad de cables que pasan por un tubo.
- Voltaje de la fuente vs voltaje de los equipos o cargas
- Tierra física
- Conexión correcta de tablero según NEC

4.1.1. Protección de la instalación

Toda instalación eléctrica debe estar protegida por un dispositivo; por lo general esto se hace con un *circuit breaker*; en algunos casos se utilizan los fusibles.

En el NEC, artículo 240, se traduce del inglés lo siguiente: “Un dispositivo protector de sobrecorriente por limitación de corriente es un dispositivo que, cuando interrumpe corrientes dentro de su gama de funcionamiento, reduce la corriente que pasa por el circuito en falla hasta una cantidad sustancialmente inferior a la que se conseguiría en el mismo circuito, si el limitador fuese sustituido por un conductor sólido de impedancia comparable”.¹⁶

¹⁶ National Electrical Code. (2008). Artículo 240, inciso 240.2. p. 83.

En el mismo artículo también se traduce lo siguiente sobre la protección de los conductores: 240.4. “Los conductores que no sean cordones flexibles y cables de artefactos eléctricos, tendrán protección de sobrecorriente según su ampacidad”, la ampacidad de cada conductor se puede tomar de la tabla 310.16. En la tabla IV se muestran las ampacidades de cada conductor.

En los incisos 240.8 a 240.10 se traduce del inglés lo siguiente: 240.8 “Fusibles o interruptores automáticos en paralelo. Se permitirá el uso de fusibles e interruptores automáticos montados en paralelo, cuando ellos son ensamblados en fábrica y listados como una sola unidad. No se permitirá el uso individual de fusibles, interruptores o una combinación de ellos para conexión en paralelo”.

Inciso 240.9 del NEC “Dispositivos térmicos: los relés térmicos y otros dispositivos no diseñados para abrir cortocircuitos o fallas a tierra no se usarán; pero su uso se acepta para proteger los conductores de los circuitos de motores de sobrecargas”.

Inciso 240.10 del NEC respecto de la protección suplementaria de sobrecorriente, indica que: “Cuando se utilice protección suplementaria de sobrecorriente en luminarias, artefactos y otros equipos o para los circuitos y componentes internos de los equipos, esta no se usará como reemplazo de los dispositivos de protección de sobrecorriente de los circuitos ramales, tal como requerido en la sección 210. Los dispositivos suplementarios de protección de sobrecorriente no tienen que ser fácilmente accesibles”.

Para saber qué protección (o de cuántos amperios debe ser el *breaker* principal o los ramales) se debe calcular la carga total instalada; esta depende de cuántos tomacorrientes hay instalados en la vivienda, cuántas luminarias,

qué tipos de aparatos se tienen, etc. Hacer este cálculo requiere cierto tipo de conocimiento y utilizar una serie de herramientas, que se pueden hacer un poco extensas, por lo cual si es necesario hacer este cálculo, se debe consultar con un experto en instalaciones eléctricas para dicha labor.

Tabla IV. Ampacidades admisibles de los conductores

Table 310.16 Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0 Through 2000 volts, 60°C Through 90°C (140°F Through 194°F). Not More Than Three Current-Carrying Conductors in Raceway, Cable, or Earth (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)						
Size AWG or kcmil	Temperature Rating of Conductor [See Table 310.13(A).]					
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM			
18	-----	-----	14	-----	-----	-----
16	-----	-----	18	-----	-----	-----
14	20	20	25	-----	-----	-----
12	25	25	30	20	20	25
10	30	35	40	25	30	35
8	40	50	55	30	40	45
6	55	65	75	40	50	60
4	70	85	95	55	65	75
3	85	100	110	65	75	85
2	95	115	130	75	90	100
1	110	130	150	85	100	115
1/0	125	150	170	100	120	135
2/0	145	175	195	115	135	150
3/0	165	200	225	130	155	175
4/0	195	230	260	150	180	205
250	215	255	290	170	205	230
300	240	285	320	190	230	255
350	260	310	350	210	250	280
400	280	335	380	225	270	305
500	320	380	430	260	310	350
600	355	420	475	285	340	385
700	385	460	520	310	375	420
750	400	475	535	320	385	435
800	410	490	555	330	395	450
900	435	520	585	355	425	480
1000	455	545	615	375	445	500
1250	495	590	665	405	485	545
1500	520	625	705	425	520	585
1750	545	650	735	455	545	615
2000	560	665	750	470	560	630

Fuente: NEC 2008 Edition. p 148.

4.1.1.1. Cálculo de la carga

Lo primero que se debe hacer es identificar qué voltaje hay en la instalación: 120 V, 120/240 V, 120/208 V, entre otros.

4.1.1.1.1. Iluminación

El cálculo de las cargas de alumbrado se puede hacer mediante una tabla; esta dependerá del tipo de inmueble que se esté investigando; dicha tabla dará la carga por metro cuadrado.

En el NEC se hace referencia a las cargas por iluminación por usos específicos como se extrae a continuación, por su traducción del inglés: inciso 220.12 “Cargas de iluminación para usos especificados. La unidad de carga no será menor a lo indicado en la tabla. 220.12, para usos especificados allí, y constituirá la carga mínima de iluminación. La superficie del piso de cada planta se calculará a partir de las dimensiones exteriores de la edificación, unidad de vivienda u otras áreas involucradas. Para las unidades de vivienda, la superficie calculada del piso no incluirá los porches abiertos, los garajes, ni los espacios inutilizados o sin terminar, que no sean adaptables para su uso futuro”.

4.1.1.1.2. Tomacorrientes

Acerca de los tomacorrientes el NEC señala, en el inciso 220.14 (I) Salida para tomacorrientes: “Con excepción a lo expresado en 220.14 (J) y (K), el cálculo para tomacorrientes se hará considerando no menos de 180 VA por cada tomacorriente simple o múltiple sobre un yugo. Una pieza única que consiste en un tomacorriente múltiple con cuatro o más tomacorrientes, se considerará como mínimo en 90 VA por tomacorriente”.

Tabla V. **Cargas de alumbrado general por tipo de inmueble**

Table 220.12 General Lighting Loads by Occupancy

Type of Occupancy	Unit Load	
	Volt-Amperes per Square Meter	Volt-Amperes per Square Foot
Armories and auditoriums	11	1
Banks	39 ^b	3½ ^b
Barber shops and beauty parlors	33	3
Churches	11	1
Clubs	22	2
Court rooms	22	2
Dwelling units ^a	33	3
Garages — commercial (storage)	6	½
Hospitals	22	2
Hotels and motels, including apartment houses without provision for cooking by tenants ^a	22	2
Industrial commercial (loft) buildings	22	2
Lodge rooms	17	1½
Office buildings	39 ^b	3½ ^b
Restaurants	22	2
Schools	33	3
Stores	33	3
Warehouses (storage)	3	¼
In any of the preceding occupancies except one-family dwellings and individual dwelling units of two-family and multifamily dwellings:		
Assembly halls and auditoriums	11	1
Halls, corridors, closets, stairways	6	½
Storage spaces	3	¼

^aSee 220.14(J).

^bSee 220.14(K).

Fuente: NEC 2008 Edition. p 59.

4.1.1.2. Cálculo de la carga para una vivienda existente

Para calcular la carga de una vivienda, para cuestiones de diseño, se utilizará la sección III del artículo 220 del NEC. “*Feeder and service load calculations*” que en español significa: cálculos de carga de alimentadores y acometidas. En lo referente a este documento, que no se desea establecer un procedimiento de diseño de instalaciones eléctricas, será útil obtener una carga solo para ser comparada con la protección que se encontrará en el lugar de la escena que se esté investigando. Por lo tanto, para calcular la carga y protección de la instalación, esta se hará con base en la sección IV, del artículo 220 del NEC.

4.1.1.2.1. Carga general

La sección IV del NEC, “*Optional feeder and service load calculations*” en su traducción al español: Cálculos opcionales para la determinación de alimentadores y cargas de acometida, en el inciso 220.82, unidad de vivienda (A), carga de la acometida y del alimentador, señala que: para las unidades de vivienda que tengan la totalidad de la carga conectada servida por una sola acometida o alimentador de tres hilos 120/240 V o 208Y/120 V con conductores cuya ampacidad sea 100 A o más, se podrá calcular la carga de la acometida o alimentador. De acuerdo con este artículo, en lugar del método especificado en la parte III, la carga calculada será el resultado de sumar las cargas desde 220.82(B) a 220.82(C).

Para los conductores del alimentador y acometida cuya demanda ha sido determinada por este cálculo opcional, se permitirá determinar la carga del neutro de acuerdo con 220.61”.

Inciso 220.82(B) cargas generales: “la carga general calculada no debe ser inferior al 100 % de los primeros 10 kVA más el 40 % de la carga restante de acuerdo con:

- 33 volt-amperio/m² para iluminación general y tomacorrientes de uso general. La superficie del suelo de cada planta se calculará a partir de las dimensiones exteriores de la unidad de vivienda.
- 1500 VA por cada circuito ramal de dos hilos, de 20 A para pequeños artefactos y cada circuito ramal para lavandería.
- La placa de características de lo siguiente:
 - Todos los aparatos que están sujetos en su lugar, conectados de forma permanente, o situados en un circuito específico.
 - Cocinas, hornos montados en la pared, o contra unidades de cocina.
 - Las secadoras de ropa que estén conectadas al circuito de la lavandería
 - Calentadores de agua.
- Los amperios o kilovoltio amperios que aparezcan en la placa de características de todos los motores conectados permanentemente no incluidos en el punto (3).¹⁷

¹⁷ National Electrical Code. (2008). Artículo 220, inciso 220.82. p. 64.

4.1.1.2.2. Carga de calefacción y A/A

El inciso 220.82 (C), "Cargas de aire acondicionado y calefacción, incluye la mayor de las seis posibilidades siguientes (carga en kVA):

- 100 % de la capacidad nominal de la placa de características del aire acondicionado y la refrigeración.
- 100 % de la capacidad nominal de la placa característica de la bomba de calor, cuando esta se utiliza sin ningún suplementario de calefacción eléctrica.
- 100 % de valor de la placa de características del compresor de la bomba de calor y 65 % del calentador eléctrico suplementario, para sistemas del calefactor eléctrico central. Si se evita que el compresor de la bomba de calor opere al mismo tiempo que el calentador suplementario, no será necesario añadir la carga de este calentador para el total de la carga central de calefacción.
- El 65 % del valor de la placa de características del calefactor eléctrico, si menos de cuatro unidades son controladas por separado.
- 40 % del valor de la placa de características del calefactor eléctrico, si cuatro o más unidades son controladas por separado.
- 100 % del rango del valor obtenido de la placa de características de otros sistemas de calefacción, donde se espera que la carga habitual sea continua en la placa de características al valor completo".

Para obtener la carga total se deben sumar las cargas parciales dadas en párrafos anteriores. La protección debe cubrir el total de esta carga calculada.

A continuación se presenta un ejemplo para calcular la carga total de una vivienda; en dicho ejemplo se seguirán los pasos mencionados anteriormente. El siguiente ejemplo se tomó del National Electrical Code® Handbook. Twelfth Edition (2011):

“La vivienda tiene una superficie de 1500 ft², con exclusión de un sótano sin terminar no adaptable para uso futuro, ático sin terminar y porches abiertos. Tiene un alcance de 12 kW, un calentador de agua de 2.5 kW, un lavavajillas de 1.2 kW, calefacción eléctrica de 9 kW instalada en cinco habitaciones, una secadora de ropa de 5 kW y una unidad de aire acondicionado de 6 A y 230 V, suponiendo que los kW del calentador de agua, lavavajillas, calefacción y secador de ropa son equivalentes a kVA.

Cálculo de kVA del aire acondicionado:

$$6 \text{ A} \times 230 \text{ V} \div 1000 = 1.38 \text{ kVA}$$

Este 1.38 kVA es menos de 40 % de 9 kVA del calefactor eléctrico controlado por separado, por lo que los 1.38 kVA no tienen que ser incluidos en el cálculo del servicio.

Carga general:

1500 ft ² a 3 VA	4,500 VA
Dos circuitos de 20 A a 1500 VA c/u	3,000 VA
Circuito de lavandería	1,500 VA

Rango	12,000 VA
Calentador de agua	2,500 VA
Lavavajillas	1,200 VA
Secadora	<u>5,000 VA</u>
Total	29,700 VA

Aplicación del factor de demanda:

Los primeros 10 kVA de la carga general al 100 %:	10,000 VA
El resto de la carga general al 40 % (19.7 kVA X 0.4)	<u>7,880 VA</u>
Total	17,880 VA
9 kVA of heat at 40 % (9000 VA X 0.4)	<u>3,600 VA</u>
Total	21,480 VA

Carga calculada para el tamaño del servicio:

$$21.48 \text{ kVA} = 21,480 \text{ VA}$$

$$21,480 \text{ VA} \div 240 \text{ V} = 90 \text{ A}$$

Por lo tanto, la protección de servicio será de 100 A.”¹⁸

4.1.2. Sección de los conductores

Para calcular la sección o calibre de los cables que deberían estar instalados se debe obtener de cuánto es la carga que alimentan; si son los cables de la acometida, primero se verifica la carga instalada; con esto puede verificarse la protección que está instalada; el objetivo de la protección es como

¹⁸ National Electrical Code. Handbook 2011. Twelfth Edition. Ejemplo D2(a). p. 1414.

su nombre lo dice, proteger el cable de una sobrecarga; por lo tanto, si el *breaker* es de 100 A, el cable deberá ser para 100 A o más. Para saber cuántos amperios resiste un cable, puede consultarse la tabla IV.

4.1.3. Distancia de la fuente a la carga

En el inciso 215.2 (3) del NEC se hace mención de la caída de voltaje que hay en una acometida cuando esta es muy larga. “Unidades de vivienda individuales: los conductores de alimentadores para viviendas individuales o para casas móviles no necesitan ser mayores que aquellos de la acometida. Los conductores de circuitos alimentadores tal como están definidos en la sección 100 (del NEC), tendrán un calibre que evite una caída de tensión superior al 3 % en la salida más lejana de potencia, calefacción, iluminación o cualquier combinación de estas cargas y donde la caída máxima de tensión en ambos circuitos alimentadores y ramales hasta la salida más lejana no supere el 5 %, proveerán una eficiencia de funcionamiento razonable.”¹⁹

Adicionalmente, en la misma sección pero en el Handbook (2011), se extrae lo siguiente: “La siguiente fórmula básica se puede utilizar para determinar la caída de voltaje en un circuito de DC de 2 hilos, un circuito AC de 2 hilos, o un circuito AC monofásico de 3 hilos, todo con carga balanceada con factor de potencia de 100 % y donde la reactancia puede ser despreciada”:

$$VD = \frac{2 \times L \times R \times I}{1000}$$

Donde:

VD = caída de voltaje (basado en la temperatura del conductor de 75° C)

¹⁹ National Electrical Code. 2008. Artículo 215, inciso 215.2. p. 113.

L = distancia al circuito en una vía (pies)

R = resistencia del conductor en ohmios (Ω) por 1000 pies (capítulo 9, tabla 8)

I = carga de corriente en amperios

Para un circuito trifásico (a un factor de potencia del 100 %), la caída de voltaje entre cualquier conductor de fase es 0.866 veces la caída de voltaje calculada por la fórmula anterior.

A continuación se presenta un ejemplo tomado del manual Handbook Twelfth Edition (2011), artículo 215:

“Determinar la caída de voltaje en un circuito 240 V, 2 hilos con una carga de 50 A. El calibre del conductor es de 6 AWG, tipo THHN de cobre, y la longitud del circuito es de 100 pies.

Solución:

- Paso 1: encontrar la resistencia de conductor.
- Paso 2: substituir los valores en la fórmula de caída de voltaje:

$$VD = \frac{2 \times L \times R \times I}{1000}$$

$$VD = \frac{2 \times 100 \times 0.491 \times 50}{1000} = 4.91 \text{ V}$$

- Paso 3: determinar el porcentaje de la caída de voltaje:

$$\%VD = \frac{4.91 \text{ V}}{240 \text{ V}} = 0.02 \text{ o } 2\%$$

Una caída de voltaje de 12 voltios en un circuito de 240 V es una caída de 5 %.

Esta caída de voltaje de 4.91 V está dentro de este porcentaje. Si la caída de voltaje total excede al 5 %, o 12 V, un conductor de mayor sección (mayor tamaño) deberá ser usado; la longitud del circuito deberá acortarse o la carga del circuito deberá ser reducida.”

Cuando una carga que está muy lejana a la fuente es alimentada por un cable, ya no se podrá utilizar la tabla IV, ya que cuando hay una gran distancia entre la carga y la fuente, también hay una caída de voltaje; esta caída de voltaje no debe ser mayor al 3 % o la carga más lejana al 5 %; es decir, para una fuente de 208 V, por lo menos debe llegar un voltaje de 201.76 o sea que se perdió un voltaje de 6.24 V, debido a la distancia.

Es muy común que los electricistas cometan este error, ya que desconocen este tema de la caída de voltaje; por eso el investigador debe cerciorarse de que el cable es el adecuado cuando una carga está muy lejos.

Para calcular el calibre de cable que debería tener la instalación se utiliza una fórmula muy simple, que es:

$$S = \frac{I * k * L}{e * n}$$

El resultado de esta fórmula da los mm² que necesita el cable.

Para saber de qué calibre es el cable que se necesita, se utilizará la tabla VI.

Tabla VI. Propiedades de los conductores

Table 8 Conductor Properties

Size (AWG or kcmil)	Conductors									Direct-Current Resistance at 75°C (167°F)					
	Area			Stranding		Overall				Copper				Aluminum	
	Circular		Quantity	Diameter		Diameter		Area		Uncoated		Coated		ohm/ km	ohm/ kFT
	mm ²	mils		mm	in.	mm	in.	mm ²	in. ²	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT		
18	0.823	1620	1	—	—	1.02	0.040	0.823	0.001	25.5	7.77	26.5	8.08	42.0	12.8
18	0.823	1620	7	0.39	0.015	1.16	0.046	1.06	0.002	26.1	7.95	27.7	8.45	42.8	13.1
16	1.31	2580	1	—	—	1.29	0.051	1.31	0.002	16.0	4.89	16.7	5.08	26.4	8.05
16	1.31	2580	7	0.49	0.019	1.46	0.058	1.68	0.003	16.4	4.99	17.3	5.29	26.9	8.21
14	2.08	4110	1	—	—	1.63	0.064	2.08	0.003	10.1	3.07	10.4	3.19	16.6	5.06
14	2.08	4110	7	0.62	0.024	1.85	0.073	2.68	0.004	10.3	3.14	10.7	3.26	16.9	5.17
12	3.31	6530	1	—	—	2.05	0.081	3.31	0.005	6.34	1.93	6.57	2.01	10.45	3.18
12	3.31	6530	7	0.78	0.030	2.32	0.092	4.25	0.006	6.50	1.98	6.73	2.05	10.69	3.25
10	5.261	10380	1	—	—	2.588	0.102	5.26	0.008	3.984	1.21	4.148	1.26	6.561	2.00
10	5.261	10380	7	0.98	0.038	2.95	0.116	6.76	0.011	4.070	1.24	4.226	1.29	6.679	2.04
8	8.367	16510	1	—	—	3.264	0.128	8.37	0.013	2.506	0.764	2.579	0.786	4.125	1.26
8	8.367	16510	7	1.23	0.049	3.71	0.146	10.76	0.017	2.551	0.778	2.653	0.809	4.204	1.28
6	13.30	26240	7	1.56	0.061	4.67	0.184	17.09	0.027	1.608	0.491	1.671	0.510	2.652	0.808
4	21.15	41740	7	1.96	0.077	5.89	0.232	27.19	0.042	1.010	0.308	1.053	0.321	1.666	0.508
3	26.67	52620	7	2.20	0.087	6.60	0.260	34.28	0.053	0.802	0.245	0.833	0.254	1.320	0.403
2	33.62	66360	7	2.47	0.097	7.42	0.292	43.23	0.067	0.634	0.194	0.661	0.201	1.045	0.319
1	42.41	83690	19	1.69	0.066	8.43	0.332	55.80	0.087	0.505	0.154	0.524	0.160	0.829	0.253
1/0	53.49	105600	19	1.89	0.074	9.45	0.372	70.41	0.109	0.399	0.122	0.415	0.127	0.660	0.201
2/0	67.43	133100	19	2.13	0.084	10.62	0.418	88.74	0.137	0.3170	0.0967	0.329	0.101	0.523	0.159
3/0	85.01	167800	19	2.39	0.094	11.94	0.470	111.9	0.173	0.2512	0.0766	0.2610	0.0797	0.413	0.126
4/0	107.2	211600	19	2.68	0.106	13.41	0.528	141.1	0.219	0.1996	0.0608	0.2050	0.0626	0.328	0.100
250	127	—	37	2.09	0.082	14.61	0.575	168	0.260	0.1687	0.0515	0.1753	0.0535	0.2778	0.0847
300	152	—	37	2.29	0.090	16.00	0.630	201	0.312	0.1409	0.0429	0.1463	0.0446	0.2318	0.0707
350	177	—	37	2.47	0.097	17.30	0.681	235	0.364	0.1205	0.0367	0.1252	0.0382	0.1984	0.0605
400	203	—	37	2.64	0.104	18.49	0.728	268	0.416	0.1053	0.0321	0.1084	0.0331	0.1737	0.0529
500	253	—	37	2.95	0.116	20.65	0.813	336	0.519	0.0845	0.0258	0.0869	0.0265	0.1391	0.0424
600	304	—	61	2.52	0.099	22.68	0.893	404	0.626	0.0704	0.0214	0.0732	0.0223	0.1159	0.0353
700	355	—	61	2.72	0.107	24.49	0.964	471	0.730	0.0603	0.0184	0.0622	0.0189	0.0994	0.0303
750	380	—	61	2.82	0.111	25.35	0.998	505	0.782	0.0563	0.0171	0.0579	0.0176	0.0927	0.0282
800	405	—	61	2.91	0.114	26.16	1.030	538	0.834	0.0528	0.0161	0.0544	0.0166	0.0868	0.0265
900	456	—	61	3.09	0.122	27.79	1.094	606	0.940	0.0470	0.0143	0.0481	0.0147	0.0770	0.0235
1000	507	—	61	3.25	0.128	29.26	1.152	673	1.042	0.0423	0.0129	0.0434	0.0132	0.0695	0.0212
1250	633	—	91	2.98	0.117	32.74	1.289	842	1.305	0.0338	0.0103	0.0347	0.0106	0.0554	0.0169
1500	760	—	91	3.28	0.128	35.86	1.412	1011	1.566	0.02814	0.00858	0.02814	0.00883	0.0464	0.0141
1750	887	—	127	2.98	0.117	38.76	1.526	1180	1.829	0.02410	0.00735	0.02410	0.00756	0.0397	0.0121
2000	1013	—	127	3.19	0.126	41.45	1.632	1349	2.092	0.02109	0.00643	0.02109	0.00662	0.0348	0.0106

Notes:

1. These resistance values are valid only for the parameters as given. Using conductors having coated strands, different stranding type, and, especially, other temperatures changes the resistance.
2. Formula for temperature change: $R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - 75)]$ where $\alpha_{cu} = 0.00323$, $\alpha_{AL} = 0.00330$ at 75°C.
3. Conductors with compact and compressed stranding have about 9 percent and 3 percent, respectively, smaller bare conductor diameters than those shown. See Table 5A for actual compact cable dimensions.
4. The IACS conductivities used: bare copper = 100%, aluminum = 61%.
5. Class B stranding is listed as well as solid for some sizes. Its overall diameter and area is that of its circumscribing

Fuente: NEC, 2008 Edition. p. 681.

Donde:

S = sección de conductor en milímetros cuadrados

I = corriente en amperios

K = 2 para sistemas monofásicos; 1.732 para sistemas trifásicos

L = distancia entre fuente y carga (metros)

e = caída de voltaje (3 % de la fuente)

n = 57 para el cobre; 34.6 para el aluminio.

Si el resultado que da después de ingresar los valores a la fórmula está entre dos de los datos del área (milímetros cuadrados); se toma el inmediato superior y así se obtiene el calibre de cable que debería tener la instalación para la distancia y carga medidas.

A continuación se presenta un breve ejemplo:

En una instalación se desea alimentar una carga monofásica de 100 A; la fuente es de 208 V y se encuentra a una distancia de 150 metros de la carga; el material del conductor que se utilizará será cobre.

Solución:

Si se aplican los datos de la tabla IV para calcular el cable de esta instalación, se utilizaría un cable de cobre 75° C del tipo THHN # 2; este da una ampacidad de 115 A.

Se ingresan los datos en la fórmula anterior y se admitirá una caída de voltaje máxima del 3 %.

$$S = \frac{I * k * L}{e * n}$$

La caída de voltaje permitida será del 3 %; por lo tanto $e = 0.03 \times 208V$, entonces $e = 6.24$ voltios. La constante n que se utilizó para el cobre es de 57.

$$S = \frac{100A \times 2 \times 150m}{6.24 \times 57} = 84.35 \text{ mm}^2$$

Como se puede observar en la tabla VI, este valor no está contenido en ella, solo se encuentran 67.43 mm^2 y 85.01 mm^2 ; para este caso se toma el superior, que es de 85.01, que corresponde a un calibre de 3/0.

4.1.4. Diámetro de la tubería y ductos eléctricos

Los cables de una instalación siempre deben ir dentro de un ducto eléctrico, ya sea tubo de "PVC e" o metálico, o canaleta plástica o metálica. La cantidad de cables que deberían ir, una en cada una de estas canalizaciones, también es regulada por normas, ya que si se satura un ducto con cables eléctricos más allá de su capacidad, se generará más calor de lo normal, y se debe tomar en cuenta que cuando se excede de la temperatura a la que están diseñados los cables que se van a instalar, estos disminuyen su capacidad. En la tabla IV se muestran las capacidades de conductores para un aislante a diferentes temperaturas.

Además también hay un factor que se debe aplicar si la temperatura ambiente donde se encuentra el conductor varía del rango de los 26 a 30 °C; este se encuentra también en la tabla IV. La siguiente tabla es un extracto de la

tabla IV para los factores de corrección por la temperatura ambiente; este se extrae de la tabla 310.16 del NEC.

Tabla VII. Factores de corrección del cable debido a la temperatura

Ambient. Temp. °C	For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacities shown above by the appropriate factor shown below.					
	COPPER			ALUMINUM		
21 - 25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04
26 - 30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96
36 - 40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76
56 - 60		0.58	0.71		0.58	0.71
61 - 70		0.33	0.58		0.33	0.58
71 - 80			0.41			0.41

Fuente: NEC, 2008 Edition. p. 148.

El NEC también indica cómo se debe calcular el diámetro de una tubería para un número determinado de conductores. El NEC se basa en la siguiente tabla:

Tabla VIII. Porcentaje de la sección transversal de conductos y tubería para conductores

Number of Conductors	All Conductor Types
1	53
2	31
Over 2	40

Fuente: NEC, 2008 Edition. p. 671

La tabla anterior señala el porcentaje del área que deben ocupar los conductores respecto del área total del tubo o conducto. Para calcular el número de conductores en un ducto se usa esta tabla en conjunto con la tabla 4, capítulo 9, del NEC.

En este trabajo de graduación se utilizará la tabla 4 del capítulo 9 del NEC, pero solo para el EMT o tubo metálico; si el investigador desea calcular la cantidad de conductores en un tubo PVC o de otro tipo, deberá consultar el NEC.

Tabla IX. **Áreas de ductos para las combinaciones de cables permitidos**

Table 4 Dimensions and Percent Area of Conduit and Tubing
(Areas of Conduit or Tubing for the Combinations of Wires Permitted in Table 1, Chapter 9)

Article 358 — Electrical Metallic Tubing (EMT)													
Metric Designator	Trade Size	Nominal Internal Diameter		Total Area 100%		60%		1 Wire 53%		2 Wires 31%		Over 2 Wires 40%	
		mm	in.	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
16	½	15.8	0.622	196	0.304	118	0.182	104	0.161	61	0.094	78	0.122
21	¾	20.9	0.824	343	0.533	206	0.320	182	0.283	106	0.165	137	0.213
27	1	26.6	1.049	556	0.864	333	0.519	295	0.458	172	0.268	222	0.346
35	1¼	35.1	1.380	968	1.496	581	0.897	513	0.793	300	0.464	387	0.598
41	1½	40.9	1.610	1314	2.036	788	1.221	696	1.079	407	0.631	526	0.814
53	2	52.5	2.067	2165	3.356	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	866	1.342
63	2½	69.4	2.731	3783	5.858	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	1513	2.343
78	3	85.2	3.356	5701	8.846	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	2280	3.538
91	3½	97.4	3.834	7451	11.545	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	2980	4.618
103	4	110.1	4.334	9521	14.753	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	3808	5.901

Fuente: NEC 2008 Edition. p. 672

A continuación se presenta un ejemplo:

Se van a alimentar varios circuitos de fuerza por una sola tubería EMT; en total son 4 circuitos con 2 cables THHN #8 por circuito y un cable THHN # 10.

Solución: se calcula el área total ocupada por los conductores, usando las áreas aproximadas listadas en la tabla X:

Tabla X. **Áreas aproximadas para el cable THHN**

Type	Size (AWG or kcmil)	Approximate Diameter		Approximate Area	
		mm	in.	mm ²	in. ²
THHN, THWN, THWN-2	14	2.819	0.111	6.258	0.0097
	12	3.302	0.130	8.581	0.0133
	10	4.166	0.164	13.61	0.0211
	8	5.486	0.216	23.61	0.0366
	6	6.452	0.254	32.71	0.0507
	4	8.230	0.324	53.16	0.0824
	3	8.941	0.352	62.77	0.0973
	2	9.754	0.384	74.71	0.1158
	1	11.33	0.446	100.8	0.1562
	1/0	12.34	0.486	119.7	0.1855
	2/0	13.51	0.532	143.4	0.2223
	3/0	14.83	0.584	172.8	0.2679
	4/0	16.31	0.642	208.8	0.3237
	250	18.06	0.711	256.1	0.3970
	300	19.46	0.766	297.3	0.4608

Fuente: NEC, 2008 edition. p. 678.

Ocho cables THHN # 8: $8 \times 23.61 \text{ mm}^2 = 188.88 \text{ mm}^2$

Un cable THHN # 10: $1 \times 13.61 \text{ mm}^2 = 13.61 \text{ mm}^2$

Área total: 202.49 mm^2

Luego se determina el ducto PVC adecuado para esta área; como son más de dos cables en un tubo, según la tabla VIII, se tiene que ocupar el 40 % del total de área del tubo; entonces, según la tabla IX, el tubo que se debería usar es el de 1" de diámetro, pero por cuestiones de cableado distancias y vueltas en la instalación de la tubería, se recomienda utilizar el tubo EMT de 1 ¼".

En relación con la canaleta metálica, de esta solo puede ocuparse un 20 % de su capacidad, por ejemplo, una canaleta de 4"x4", su área en pulgadas sería 16 plg²; por lo tanto, solo podrán ocuparse 3.2 plg² con cables.

Según el NEC en su artículo 376 *Metal wireways* (ductos metálicos) describe lo siguiente en el inciso 376.10 "Usos permitidos. Se permitirá usar los ductos metálicos, en las aplicaciones siguientes:

- En instalaciones expuestas
- En espacios ocultos
- En lugares peligrosos (según clasificaciones en 504.4(B)). Cuando estén instalados en lugares húmedos, los canales serán listados para este propósito.
- Como extensiones para pasar transversalmente en paredes; si el tramo de canal pasante es una pieza continua, el acceso a los conductores será mantenido en ambos lados de la pared.

Como se establece en la sección 376.12, "Usos no permitidos", no se utilizarán ductos metálicos en:

- Cuando estén expuestos a daños físicos severos.
- Donde estén expuestos a ambientes severamente corrosivos.

El otro inciso que comprueba la afirmación con la que se inició la sección "Canaleta metálica" es el 376.22, "Número de conductores. La suma de las

secciones transversales de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del canal no superará el 20 % de la sección transversal interior del mismo.”²⁰

Tabla XI. **Área de canaleta (ocupar 20 %)**

CANALETA	ÁREA TOTAL(in ²)	ÁREA TOTAL(mm ²)	20 % DEL ÁREA(in ²)	20 % DEL ÁREA(mm ²)
4"X4"	16	10323	3,2	2064
4"X6"	24	15484	4,8	3097
6"X6"	36	23226	7,2	4645
6"X8"	48	30968	9,6	6193
8"X8"	64	41290	12,8	8258
6"X12"	72	46452	14,4	9290
8"X12"	96	61935	19,2	12387
12"X12"	144	92903	28,8	18580

Fuente: elaboración propia.

La suma de las áreas de los cables dentro de la canaleta que se investigue, debería ser menor o igual al 20 % del área de la canaleta.

4.1.5. Voltaje de fuente *versus* voltaje de los equipos o cargas

El investigador debe verificar por medición el voltaje de la fuente y por inspección visual de la placa de características de los equipos, el voltaje al que trabajan; si el voltaje que le llega a los equipos no es el adecuado, esto llevará a un mal funcionamiento de los mismos y podría incurrirse en daños.

²⁰ National Electrical Code. 2008 Edition, Artículo 376, inciso 376.10, 376.12 y 376.22. p. 219.

4.1.6. Tierra física

La EEGSA solo exige una varilla de puesta a tierra (en una vivienda) en la base del poste de la acometida; esto para poder aterrizar el neutro que entregan a la vivienda. A partir de allí junto con la acometida, debe viajar un cable más que será el de tierra (en esencia más delgado). La tierra le brinda estabilidad al sistema eléctrico, manteniendo una referencia de 0 voltios al neutro, y también para descargar la corriente de cortocircuito que pudiera darse en la instalación.

El NEC describe este tema en su artículo 250; en el inciso 250.4, específicamente en el numeral (A)(1) se traduce: Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Los sistemas eléctricos estarán puestos a tierra de modo tal, que limiten las tensiones causadas por rayo, sobretensiones de línea, o el contacto accidental con líneas de tensiones mayores; además, que se mantenga en uso la tensión respecto de la tierra, durante la operación normal.

En relación con la puesta a tierra de equipos eléctricos, las partes envolventes de equipos o de conductores eléctricos, que normalmente no conducen corriente, o que forman parte de los equipos, serán conectadas a tierra de forma tal que limite la tensión de estos materiales.

Conexión equipotencial de materiales conductivos de electricidad y otros equipos: los materiales eléctricamente conductivos que pudieran accidentalmente energizarse serán conectados unos con otros y hacia la fuente de suministro eléctrico, de forma tal que se establezca un camino efectivo de corriente de falla a tierra.

“En el camino efectivo de corriente de falla a tierra, el equipo eléctrico, el cableado, y otro material eléctricamente conductivo que pudiera energizarse, se instalarán de modo tal que se origine un circuito permanente de baja impedancia, capaz de conducir en forma segura la máxima corriente de falla a tierra impuesta en cualquier parte del sistema de cableado hasta la fuente de suministro cuando ocurra una falla a tierra. La tierra no se utilizará como el único conductor de puesta a tierra de equipos o como el camino efectivo de corriente de falla a tierra”.²¹

En el inciso 250.6 (B) se indica de qué forma puede eliminarse la corriente indeseable en el sistema de tierras. Cambios para evitar la corriente indeseable. Si el uso de múltiples conexiones a tierra crea corrientes indeseables, se permitirá realizar uno o más de los siguientes cambios:

- Descontinuar una o más, pero no todas las conexiones de puesta tierra.
- Cambiar la ubicación de las conexiones de puesta a tierra.
- Interrumpir la continuidad del conductor o del camino conductivo que interconecta las conexiones de puesta a tierra.
- Otra acción correctiva adecuada y aprobada.²²

El NEC también indica en el inciso 250.22 sobre algunos circuitos que no deben conectarse a tierra. Los siguientes circuitos no serán conectados a tierra:

²¹ National Electrical Code. 2008 Edition, Artículo 250, inciso 250.4. p. 95.

²² National Electrical Code. 2008 Edition. Artículo 250, inciso 250.6. p. 97.

- Circuitos que alimentan grúas eléctricas que funcionen por encima de lugares donde se manipulen fibras combustibles en lugares clase III, como está indicado en 503.155.
- Instalaciones de centros médicos: los circuitos que se establecen en 517.61 y 517.160.
- Circuitos para equipos dentro de la zona de trabajo de celdas electrolíticas, como se establece en el artículo 668.
- Circuitos secundarios de sistemas de iluminación, como se establece en 411.5(A) y 680.23(A)(2).

4.1.6.1. Puesta a tierra de los sistemas de corriente alterna alimentados por una acometida

Una instalación eléctrica, alimentada por una acometida en corriente alterna con puesta a tierra, tendrá en cada acometida un conductor de puesta a tierra conectado a un electrodo siempre de tierra. Esta información puede encontrarse también en el NEC, en el inciso 250.24.

Además la conexión se realizará en cualquier punto accesible ubicado en el extremo de la carga del conductor de la acometida aérea o subterránea, incluyendo el terminal o barra a la cual el conductor de puesta a tierra de la acometida está conectado al medio de desconexión de la misma.

Cuando el transformador que alimenta la acometida se encuentra fuera de la propiedad, se hará al menos una conexión de tierra adicional, desde el

conductor de tierra de la acometida a un electrodo, ya sea en el transformador o en cualquier otro sitio fuera de la edificación.

El conductor de tierra de la acometida será tendido junto con los conductores de fase y su calibre no será menor que el calibre del conductor del electrodo de tierra, pero no requiere ser mayor que el mayor conductor activo de la acometida. Además, en el caso en que los conductores de fase de la acometida sean de calibre mayor a 1100 kcmil de cobre o 1750 kcmil de aluminio, el conductor de tierra tendrá un calibre con una sección no menor de 12,5 % del mayor conductor de fase de la acometida. El conductor de tierra de la acometida trifásica, tres fases en delta tendrán una ampacidad no menor a la correspondiente del conductor activo de la acometida. Esto se puede revisar en el NEC en la sección 250.24(C)(1).

Cuando se usen varios conductores por fase en paralelo, el calibre del conductor de tierra se basará en el área equivalente de los conductores en paralelo. Cuando se instale en dos o más canalizaciones, el conductor de tierra en cada canalización se basará en el calibre del conductor activo de la acometida en la canalización, pero nunca menor que 1/0 AWG. Sección 250.24(C)(2).

4.1.6.2. Instalación de los sistemas de electrodos de puesta a tierra

Los electrodos se instalarán, de ser posible, por debajo de una capa con un nivel de humedad permanente; además, estos estarán libres de recubrimientos aislantes tales como pintura o barniz. NEC 250.53(A).

Cuando se utilice más de un electrodo de tierra, cada electrodo de este sistema no se ubicará a menos de 1.83 m (6 pies) de cualquier otro electrodo o de otro sistema de tierra. Dos o más electrodos conectados equipotencialmente entre sí se considerarán un solo sistema de tierras. 250.53(B)

El electrodo se instalará de modo tal que se tengan como mínimo 2,44 m (8 pies) de su longitud en contacto con el terreno. Estarán enterrados a una profundidad no menor de 2,44 m (8 pies); se exceptúa esta medida si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo será enterrado en forma oblicua, no excediendo los 45 grados; se permitirá instalar el electrodo en una zanja a una profundidad mínima de 750 mm (30 pulg.). La parte superior del electrodo estará enterrada al ras y los accesorios del conductor del electrodo estarán protegidos contra daños físicos. 250.53 (G).

El calibre del conductor del electrodo de tierra para corriente alterna no será menor a las siguientes disposiciones: cuando los conductores del electrodo se conectan a un anillo de tierra, la porción del conductor que está en contacto solo con el electrodo, no requiere ser mayor que el electrodo usado para el anillo. Sección 250.66(C).

Se pueden hacer diferentes distribuciones para un sistema de puesta a tierra. Un sistema de puesta a tierra puede ser un triángulo formado por tres varillas, una malla o rectángulo formado por cuatro varillas o más. Además, se puede hacer un sistema en anillo.

A continuación se presenta una tabla para poder determinar el calibre que será el conductor de tierra:

Tabla XII. **Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna**

Table 250.66 Grounding Electrode Conductor for Alternating-Current Systems

Size of Largest Ungrounded Service-Entrance Conductor or Equivalent Area for Parallel Conductors ^a (AWG/kcmil)		Size of Grounding Electrode Conductor (AWG/kcmil)	
Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum ^b
2 or smaller	1/0 or smaller	8	6
1 or 1/0	2/0 or 3/0	6	4
2/0 or 3/0	4/0 or 250	4	2
Over 3/0 through 350	Over 250 through 500	2	1/0
Over 350 through 600	Over 500 through 900	1/0	3/0
Over 600 through 1100	Over 900 through 1750	2/0	4/0
Over 1100	Over 1750	3/0	250

Fuente: NEC, 2008 Edition. p. 108.

4.1.6.3. Calibre del conductor de tierra de equipos

El calibre de los conductores de cobre, aluminio, aluminio con recubrimiento de cobre, para la tierra de los equipos, no debe ser menor que lo indicado en la tabla XII, pero no será necesario que sea mayor que el calibre del conductor que alimente el equipo. NEC 250.122(A).

Tabla XIII. **Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos y canalizaciones**

Table 250.122 Minimum Size Equipment Grounding Conductors for Grounding Raceway and Equipment

Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit Ahead of Equipment, Conduit, etc., Not Exceeding (Amperes)	Size (AWG or kcmil)	
	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum*
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Note: Where necessary to comply with 250.4(A)(5) or (B)(4), the equipment grounding conductor shall be sized larger than given in this table.

*See installation restrictions in 250.120.

Fuente: NEC, 2008 Edition. p. 117.

4.1.6.4. Carcasas de cocinas y secadoras de ropa

Las carcasas de cocinas eléctricas, hornos de montaje en pared, las unidades de cocina montadas en mostradores, secadoras de ropa y las cajas de paso y salidas que forman parte del circuito para esos equipos, serán puestos a tierra por el conductor del circuito, si se cumple con las siguientes condiciones:

- El circuito de alimentación es de 120/240 V, monofásico, 3 hilos; o es de 208/120 V derivado de un sistema trifásico, 4 hilos, conectado en estrella.
- El calibre del conductor puesto a tierra no es inferior al 10 AWG cobre o a 8 AWG aluminio.
- El conductor puesto a tierra es aislado o desnudo, y forma parte de un cable de acometida tipo SE y el circuito ramal empieza en el equipo de la acometida.
- Los contactos de puesta a tierra de los tomacorrientes que son suministrados como parte de los equipos, están conectados equipotencialmente a los equipos. 250.140

El cable de tierra debe unirse con el cable neutral; pero esto debe ocurrir en un solo punto, que podría ser en la caja RH instalada abajo del contador.

Además, todos los medios de comunicación a tierra en y sobre una estructura deberán estar conectados al sistema de protección contra rayos dentro de 3.6 m de la base de la estructura. Para estructuras de más de 18 m de altura, la interconexión de las terminales de tierra del sistema de protección contra rayos y otros medios de comunicación a tierra, deberá ser en forma de un conductor de circuito a tierra o bucle. 3.20.1 NFPA780.

Lo anterior descrito en NFPA 780, *Standard for the installation of lightning protection systems*, sirve para evitar que en una instalación donde existan otros sistemas de tierra que no sean para pararrayos, aparezcan diferencias de potencial entre estos; al unir los sistemas de tierra se igualan los potenciales, idealmente a cero.

4.1.7. Conexión e instalación correcta de tableros

Cada tablero o panel de distribución eléctrico utilizado como equipo de servicio, estará provisto de un puente de conexión equipotencial situado dentro del panel o en una de las secciones del tablero para conectar el conductor puesto a tierra de la acometida en su lado de entrada a la estructura del tablero o panel. Lo anterior está de acuerdo con el NEC, sección 408.3 (C).

La disposición de las fases en las barras trifásicas será A, B y C, de adelante hacia atrás, de arriba abajo o de izquierda a derecha, vistas desde la parte frontal del tablero eléctrico. En los sistemas trifásicos de cuatro hilos conectados en delta, la fase B será la tenga mayor tensión respecto de la tierra. Se permiten otras disposiciones de barras para ampliar las instalaciones existentes, siempre que sean marcadas adecuadamente. De acuerdo con el NEC 408.3 (E).

Los tableros de distribución serán instalados de modo tal que se reduzca la probabilidad de propagar fuego a materiales combustibles adyacentes al tablero. Cuando se instalen sobre superficies combustibles, se les colocará una protección adecuada. NEC 408.17.

Cuando se instale un tablero de distribución eléctrica que no sea totalmente cerrado, se dejará un espacio de 90 cm desde la parte superior del gabinete hasta cualquier techo combustible.

Cuando entren tubos, cables o canalizaciones desde el fondo de un tablero de distribución, en un panel de distribución autosostenido o en cualquier envolvente similar, se dejará espacio suficiente para permitir la instalación de los conductores de la envolvente. Cuando los tubos, cables o canalizaciones

entren o salgan de la envolvente por debajo de las barras colectoras, sus apoyos u otros obstáculos, el espacio de trabajo requerido no será inferior al de la tabla XIII. Los tubos o canalizaciones, incluidos sus accesorios de terminación, no deben sobresalir más de 7,5 cm (3") del fondo o piso del gabinete. Según NEC 408.18 (A) y 408.5.

Tabla XIV. **Distancias de seguridad de los conductores que entran en envolventes con barras**

Table 408.5 Clearance for Conductors Entering Bus Enclosures

Conductor	Minimum Spacing Between Bottom of Enclosure and Busbars, Their Supports, or Other Obstructions	
	mm	in.
Insulated busbars, their supports, or other obstructions	200	8
Noninsulated busbars	250	10

Fuente: NEC, 2008 Edition. p. 263.

Cada panel de distribución eléctrico para circuitos ramales de alumbrado y de artefactos será protegido individualmente con un dispositivo de protección de sobrecorriente, cuya capacidad no sea mayor a la del panel. Este dispositivo de protección será colocado en cualquier punto entre la fuente y el panel eléctrico. NEC 408.36.

Los gabinetes o cajas y los bastidores de los paneles de distribución, si son de metal, estarán en contacto físico entre sí y conectados a tierra. Si se utiliza el panel con canalizaciones no metálicas o cables, o si existen

conductores de puesta a tierra independientes, se instalará dentro de la caja una regleta terminal para esos conductores. La regleta se conectará equipotencialmente con el bastidor del gabinete o de la caja del panel, si son de metal; en caso contrario, se conectará al conductor de puesta a tierra que viene junto con los conductores de alimentación del panel de distribución.

Los conductores de puesta a tierra no serán conectados a la regleta terminal o barra para conductores puestos a tierra (puede ser un neutro), excepto si la regleta o barra está identificada para ese uso e instalada en un lugar donde la interconexión entre los conductores de puesta a tierra de equipos y los conductores puestos a tierra del circuito esté permitida o exigida por el artículo 250. NEC 408.40.

4.2. Uso de herramientas y disolventes para la muestra de material eléctrico

Cuando no haya seguridad de qué fue lo que inició el fuego, pero se sospeche de una falla eléctrica, pero aún así se crea que la “falla” eléctrica fue provocada, será necesario analizar las muestras de material eléctrico que se tomaron en la escena del siniestro de incendio. Esta muestra se analizará para conocer la composición de esta, pero se debe tomar en cuenta esto desde la toma de la muestra, ya que esta se realiza de formas distintas y específicas, según el tipo de muestra que se quiera analizar, aunque existen unas normas generales:

- Para sustancias líquidas y sólidas en pequeñas cantidades, hay que homogeneizar, agitar y separar una muestra.

- Para las aleaciones se sacan virutas en diversos puntos; esto para determinar si la aleación es uniforme o si ocurrió en el lugar de la toma.

Siempre es recomendable tomar las suficientes muestras para guardar un poco, por si es requerido un análisis de confirmación o un contraanálisis.

Los tipos de análisis que se le realizarán a la muestra son cualitativos y cuantitativos; el primero da como resultado la composición de la muestra y el segundo, la cantidad en que se encuentran los componentes.

Si se desconoce qué tipo de material conforma la muestra, entonces se debe iniciar con un análisis cualitativo y luego el cuantitativo. El análisis cualitativo aprovecha las propiedades específicas de las especies químicas en determinadas condiciones, para poder identificarlas.

4.2.1. Metales o aleaciones

Las muestras de material eléctrico que se podrán analizar químicamente serán en mayor medida las muestras de cable fundido; para determinar el tipo de aleación que hubo, si es que existió. El tipo de aleación dirá cómo fue el calor que la provocó.

Puede ser que la distribución de los componentes de la muestra no sea uniforme debido a que al solidificarse los metales se depositan según sus puntos de fusión, hallándose en el centro los de menor punto de fusión. Para analizar este tipo de muestra se deben sacar virutas de diferentes puntos del pedazo de cable.

4.2.1.1. División de la muestra

Para analizar este tipo de muestra, la misma debe ser triturada y tamizada, por medio de martillos o bolas; después se tamiza para recoger solo el material que pase por un tamiz de 25 mallas/cm².

Cuando la muestra ya esté tamizada y si no va a ser analizada inmediatamente, se debe almacenar en frascos bien etiquetados, que indique la procedencia y fecha de toma para ayudar a identificar sus componentes.

Cuando se va a realizar el análisis, dependiendo qué tipo sea, microanálisis o macroanálisis, esta se pulverizará para obtener aproximadamente 2 gramos en un mortero de porcelana y posteriormente se repite la operación en un mortero de ágata, para obtener partículas más pequeñas.

4.2.1.2. Disolución de muestras para un análisis

Para la disolución de las muestras se utilizan los siguientes disolventes:

- Agua
- Ácido clorhídrico, diluido o concentrado
- Ácido nítrico, diluido o concentrado
- Agua regia
- Disolventes orgánicos

Primero se prueba la solubilidad en frío y después en caliente, con disolvente diluido y concentrado.

Si la sustancia se ha disuelto en agua, puede empezarse el análisis.

Cuando se han utilizado ácidos concentrados, antes de continuar se debe eliminar el exceso de ácido; esto se logrará por medio de evaporación lenta (baño de María) y posteriormente redisolución en agua o ácido diluido. Si La sustancia solo es soluble en disolventes orgánicos, lo más probable es que sea un producto orgánico, y recibirá un tratamiento especial.

Tabla XV. Solubilidad en agua

	Acetatos	Bromuro	Carbonato	Cloruro	Cromado	Hidróxido	Yoduro	Nitrato	Fosfato	Sulfato	Sulfuro
Aluminio	s	aq	n	s	n	s	aq	aq	s	aq	d
Amonio	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq
Bario	aq	aq	s	aq	s	aq	aq	q	s	s	d
Calcio	aq	aq	s	aq	aq	s	aq	aq	s	s	d
Cobre	aq	aq	s	aq	s	s	n	aq	s	aq	s
Hierro	aq	aq	s	aq	n	s	n	aq	s	aq	s
Plomo	aq	s	s	s	s	s	s	aq	s	s	s
Magnesio	aq	aq	s	aq	aq	s	aq	aq	s	aq	d
Mercurio	s	s	s	s	s	n	s	aq	s	s	s
Potasio	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq
Plata	s	s	s	s	s	n	s	s	s	s	s
Sodio	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq	aq
Cinc	aq	aq	s	aq	aq	s	aq	aq	s	aq	s

s = sólido
 aq = acuoso
 d = se descompone
 n = no aislado

Fuente: http://images.slideplayer.es/1/24315/slides/slide_10.jpg. [Consulta: 28 de julio de 2014].

Para disolver un compuesto sólido primero se prueba con agua (fría o caliente), luego con ácido clorhídrico (diluido o concentrado) y por último con ácido nítrico (diluido o concentrado). En caso de que no se disuelva con ninguno de estos compuestos, se prueba con disolventes orgánicos (alcohol, éter, benzeno, etc.) o se pasa a la disgregación. Hay que tener en cuenta que:

- El HCl es adecuado para disolver óxidos, pero hace precipitar los cloruros de plata, plomo y mercurio.
- El HNO₃ se usa para metales y aleaciones, pero oxida los sulfuros a sulfato y azufre.
- El agua regia (3 partes de HCl y una de HCO₃) debe emplearse siempre que haya metales nobles (oro y platino).
- Si las precipitaciones para análisis se realizan en el laboratorio, es mejor tomar sales en forma de nitratos u otros productos que sean solubles.

4.2.1.3. Disgregación de muestras

La disgregación se realiza cuando no se ha podido disolver totalmente la muestra y quedan residuos. Las sustancias insolubles en agua regia más corrientes son:

- La mayoría de silicatos
- Sales de plata y cianuros
- Sulfatos
- Óxidos
- Carbono y carburos

La disgregación se efectúa a temperaturas elevadas (aproximadamente 900 °C) y la sustancia se trata en un crisol de platino con sólidos fundentes.

Entre los disgregantes está el carbono sódico; este es el más usado, porque puede utilizarse, incluso en muestras desconocidas.

El producto disgregado se trata con agua caliente o HCl diluido y se lleva a un volumen de unos 25 cc.

4.3. La lógica criminal en sistemas eléctricos

Un criminal que daña o perjudica sistemas eléctricos, tiene los mismos impulsos que un pirómano, incluso puede ser que su motivación principal es querer incendiar algún recinto.

Un pirómano ve en causar un incendio una necesidad que debe saciar, y en algunos casos lo quiere hacer de una forma diferente, usando como “detonadores” los sistemas eléctricos.

4.3.1. Motivación criminal en la piromanía

Los daños a sistemas eléctricos y en consecuencia, la piromanía como falta de control de impulsos, tiene que cumplir con los siguientes criterios:

- Provocación deliberada e intencionada de un incendio en más de una ocasión.
- Tensión o activación emocional antes del acto.
- Fascinación, interés, curiosidad, o atracción por el fuego y su contexto situacional.
- Bienestar, gratificación o liberación cuando se inicia el fuego, o cuando se observa o se participa en sus consecuencias.

- El incendio no se provoca por:
 - Móviles económicos
 - Como expresión de una ideología sociopolítica
 - Para ocultar una actividad criminal
 - Para expresar cólera o venganza
 - Para mejorar las propias circunstancias de la vida
 - En respuesta a una idea delirante o alucinación
 - Como resultado de una alteración de juicio

4.3.2. Motivación criminal de incendiarios

Un incendiario es una persona que provoca un incendio con premeditación y planificación, por afán de lucro o simplemente por maldad. El incendiario no es un pirómano, este también experimenta cierto placer al ver lo que provocó al iniciar un incendio, aunque ciertamente no tiene relación alguna con algún trastorno o enfermedad psicológica. El incendiario está consciente de su actuar.

4.3.2.1. Herramientas utilizadas por los incendiarios

Los incendiarios emplean diversas herramientas para iniciar un incendio. Suelen ser muy creativos, utilizan y preparan desde diferentes bombas caseras o preparaciones, hasta armas un poco más complejas como lanzallamas, granadas, cohetes, minas, entre otros.

Son los incendiarios quienes posiblemente afectarán un sistema eléctrico para iniciar un incendio, lo harán como una trampa creativa, que sea el mismo ocupante del lugar que desea iniciar el que inicie el fuego al activar un interruptor.

4.4. Procedimiento de análisis eléctrico forense

A continuación se presenta una propuesta de procedimiento para realizar el análisis eléctrico forense de un siniestro de incendio. Este procedimiento consistirá en una serie de pasos, los cuales están detallados con anterioridad en este trabajo de graduación, y solo se mencionarán sus títulos, mas no su explicación.

Antes de iniciar una investigación de un siniestro de incendio se deben seguir algunas reglas o pasos importantes como:

- Paso 1. Derecho de entrada: se debe conseguir una autorización para entrar al lugar de los hechos y avisar a alguna autoridad cuando se vaya a realizar la investigación; todo esto para no incurrir en faltas. Se podrían considerar varias formas de obtener la autorización para la entrada al lugar de los hechos:
 - Por consentimiento
 - Porque lo elijan las circunstancias
 - Por autorización administrativa
 - Por autorización judicial

- Paso 2. Protección personal: para ingresar al lugar de los hechos el investigador deberá contar por lo menos con el siguiente equipo de protección personal:
 - Botas o zapatos de seguridad
 - Casco
 - Equipo de respiración

- Gafas o anteojos protectores
 - Guantes
 - Linterna
- Paso 3. Seguridad: el investigador deberá asegurarse que su integridad física no está comprometida por las instalaciones dañadas; a continuación se presentan medidas de seguridad resumidas, tales como:
 - Considerar todos los cables como si llevaran corriente.
 - Tener cuidado de los posibles cables que puedan haber caído al suelo.
 - Mirar si han caído antenas sobre cables eléctricos.
 - Tener el máximo cuidado cuando se utilicen escaleras o equipos de elevación cerca de cables eléctricos al aire.
 - Tener en cuenta que la instalación del edificio puede producir corrientes de alta intensidad.
 - No fiarse de los zapatos normales con suela de goma como aislantes.
 - No entrar en sótanos inundados sin comprobar si está cortada la corriente.
 - Evitar tocar cualquier interruptor eléctrico en zonas donde se sospeche de fugas de gas.

- Establecer líneas de comunicación y una estrecha colaboración con la empresa que suministra la electricidad.
 - Localizar y evitar los cables subterráneos antes de hacer cualquier agujero o excavación en el lugar del incendio.
 - Reconocer todas las instalaciones eléctricas que pudieran no estar desconectadas.
 - Utilizar siempre un voltímetro, para saber si un cable tiene voltaje o no.
- Paso 4. Recolección, documentación y almacenaje de pruebas: primero se debe identificar el lugar donde se inició el fuego o sea “el origen” o “la zona origen”; puede ser un área amplia, como una habitación en una residencia. El “punto origen” es un área más pequeña que se puede identificar; puede ser tan pequeño como un botón o tan grande como una habitación.

Pueden tomarse muestras de cable que se observe quemado; para esto se cortan varios tramos de cable quemado; de preferencia se revisa si el cable está quemado en toda su longitud; dependiendo del tipo de incendio es probable que no todo en la habitación esté quemado y por lo tanto tampoco las instalaciones eléctricas; si este fuera el caso y el cable se encuentra quemado en toda su longitud, se puede realizar una hipótesis y esta sería que existió un cortocircuito.

- Documentación: el siguiente paso en el proceso de manejo de muestras es documentar la adquisición y el tipo de muestra que se

obtuvo; para esto es muy importante tomar fotografías de la escena y de todas las muestras. Al revisar el lugar donde ha ocurrido el evento o siniestro, el investigador debe reflejar los hechos, de manera que le permitan recordar sus observaciones posteriormente e informar el estado del lugar.

- Almacenaje de muestras y transporte: una vez se ha descubierto un artefacto u otras pruebas; se deben tomar acciones previas para conservar y proteger el elemento contra la pérdida, destrucción o desplazamiento. La persona que lo ha descubierto debería notificarlo al jefe de incidencias, tan pronto como sea posible. El jefe de incidencias deberá notificarlo al investigador del siniestro u otras personas apropiadas o agencias con autoridad.
- Paso 5. Procesamiento de pruebas eléctricas forenses: en la recogida de la información debe tenerse en cuenta que el material o pieza fallada fue concebida, diseñada, fabricada e instalada. Es conveniente y a veces necesario conseguir un plano u hoja de especificaciones del fabricante, si es posible, que incluya las especificaciones de los materiales utilizados en su ensamble, procedimiento de ensamble y acabado. Si es posible, a toda esta documentación deben añadirse los certificados de control de calidad en proceso de fabricación y evaluación final del producto; estos documentos son muy importantes, pudiendo en el caso de demandas judiciales, ser determinantes, cuando se detecta falla de conformidad con las especificaciones. Existen dos formas de examinar una pieza de evidencia, el examen visual y el ensayo. Los diferentes métodos de ensayo son:
 - Análisis químico

- Análisis metalúrgico
- Cromatografía de gases
- Espectrometría de masas, entre otros.

Todos estos y otros ensayos se pueden practicar en las muestras recogidas en la escena. Además, esto le compete al laboratorio y no al investigador. Pero es importante señalarlo, ya que si la recogida, almacenaje y transporte no se hace de forma correcta, podría afectar al resultado de la investigación.

- Paso 6. Identificación de anomalías eléctricas: cuando ya se han enviado las muestras al laboratorio: también queda trabajo que realizar para el investigador, ya que solo se pueden enviar al laboratorio los componentes pequeños o aparatos eléctricos, pero en el lugar del siniestro queda todo el sistema eléctrico; en este también es posible identificar qué tipo de anomalía eléctrica ocurrió. Los diferentes tipos de anomalías eléctricas a identificar son:
 - Subidas de intensidad y tensión
 - Arcos eléctricos
 - Arcos de cierre
 - Chispas
 - Fallos de alta resistencia: los cuales pueden ser causados por:
 - Dispositivos productores de calor
 - Conexiones defectuosas
 - Electricidad estática, entre otros.

- Paso 7. Identificar si la instalación eléctrica era deficiente: para identificar si la instalación eléctrica era deficiente, el investigador eléctrico forense se puede valer de varias herramientas tales como cálculos matemáticos establecidos para el diseño de una instalación eléctrica, tablas en las que aparecen los calibres de conductores según su capacidad en amperios, tablas de las protecciones necesarias para cierto tipo de carga, entre otros.

CONCLUSIONES

1. Se realizó una propuesta de procedimiento para el análisis eléctrico forense para aplicación en eventos fortuitos o premeditados en inmuebles, automóviles y equipos, para apoyo en investigaciones de entidades públicas y privadas.
2. Se logró presentar los fundamentos en que se basa la estructura básica de la ingeniería forense.
3. Se presentaron los principios de la ingeniería eléctrica forense a través de los procedimientos de la adquisición de muestras, su procesamiento y los conceptos fundamentales de derecho.
4. En este trabajo de graduación se presentó un análisis forense de sistemas eléctricos; se identificaron los tipos de anomalías y los tipos de siniestros de incendio.
5. Se estableció una propuesta de procedimiento para el análisis eléctrico forense, en la cual se enumeran las diferentes herramientas matemáticas que se pueden utilizar, así como los pasos a seguir para desarrollar la investigación.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que el investigador eléctrico forense amplíe sus conocimientos sobre los fundamentos de la ingeniería forense.
2. Tomar en cuenta que tanto los principios de la ingeniería eléctrica forense, como la adquisición de muestras en la escena del siniestro, pueden variar de acuerdo con el tipo de siniestro o incluso de edificación.
3. Es importante que al realizar un análisis eléctrico forense se estudie sobre el funcionamiento correcto de los sistemas eléctricos, para reconocer una falla por desperfecto o por mal diseño.
4. Tomar en cuenta que se mostró una propuesta de procedimiento de análisis eléctrico forense para la investigación de un siniestro de incendio; este puede ser modificado o adecuado, según la situación o la experiencia del investigador.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ LEDESMA, Mario. Introducción al derecho. México: 1995. 428 p.
2. ARANA, José Ramón. “La lógica del crimen”. *Revista Interdisciplinar de Filosofía*. [en línea]. vol. VI. Universidad de Málaga España: 2001. 18 p. <<http://www.uma.es/contrastes/>>. [Consulta: 08 de agosto de 2014].
3. CABRERA RUEDA, Carlos; RODRÍGUEZ, Genaro Luis. *Diagnóstico e investigación de fallas en interruptores de potencia*. México: Comité Mexicano, CFE-LAPEM. BIENAL, 2001. 14 p.
4. CESVIMAP. *Investigación de incendios en vehículos*. No. 74. 2010. 68 p.
5. EL SALVADOR. Fiscalía General de la República de El Salvador. *Manual de procesamiento de la escena del delito*. El Salvador: Talleres Gráficos UCA, 2010. 98 p.
6. GUATEMALA. Congreso de la República de Guatemala. *Código Procesal Penal*. Decreto número 51-92. 139 p.
7. HERRERA, E.J; SORIA, L y GALLARDO, J.M. *Ingeniería forense. Diagnóstico de fallos*. España: Universidad de Sevilla. 7 p.

8. INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS FORENSES. *Guía para la recolección y manejo de ADN*. Guatemala: Inacif. 2010. 27 p.
9. MARIACA, Margot. *Introducción al derecho penal*. Bolivia, 2010.
10. MONTES REYES, Amalia. *Conceptos básicos de derecho procesal civil*. 4a ed. España: Tecnos. 2013. 736 p.
11. MONZÓN SOTO, Blanca Aracely. *La cadena de custodia de las evidencias en el proceso penal guatemalteco*. Trabajo de graduación de Abogada y Notaria, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 2012. 92 p.
12. NFPA 70. *National electrical code*. USA: NFPA 70, 2008. 840 p.
13. NFPA 780. *Standard for the installation of lightning protection systems*. 47 p.
14. Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito. *La escena del delito y las pruebas materiales*. [en línea]. <<http://www.unodc.org>>. [Consulta: 03 de abril de 2014].
15. PÉREZ FORMIGÓ, Marcos. *Arco eléctrico: estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador*. [en línea]. <http://www.mapfre.com/documentacion/.../i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1068978>. [Consulta: 12 de febrero de 2014].
16. PRIE. *Plataforma para la revisión de las instalaciones eléctricas*. España: PRIE, 2006. 32 p.

17. RAMOS REGALADO, Miguel Ángel. *Manejo de la evidencia dentro de la escena del crimen y la cadena de custodia en el proceso penal guatemalteco*. Trabajo de graduación de Licenciatura de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 2009. 179 p.
18. ROSSEL, Ángel. *Análisis de la escena del crimen y sus repercusiones en el proceso penal guatemalteco*. Trabajo de graduación de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 2012. 108 p.
19. SANZ FEITO, Javier. *Máquinas eléctricas*. España: Prentice Hall, 2002. 491 p.
20. SERWAY, Raymond. *Física, tomo II*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1977. 802 p.
21. VÁZQUEZ MARTÍNEZ, Ernesto. *Diagnóstico de ubicación de fallas en sistemas eléctricos de potencia*. México: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 2010. 38 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Notas de campo de inspección de vehículos

NOTAS DE CAMPO DE INSPECCIÓN DE VEHICULOS					
Dirección _____					
Fecha _____		Hora _____			
Nombre del propietario _____					
Nombre de ocupantes _____					
Placas _____					
VEHICULO					
Fabricación _____		Modelo _____		Año _____	
VIN _____					
EXTERIOR					
Ruedas	Tipo de llanta	Tipo de rueda	Profundidad caucho	Anclajes	Desaparecida
Izquierda delantera	_____	_____	_____	_____	_____
Izquierda trasera	_____	_____	_____	_____	_____
Derecha delantera	_____	_____	_____	_____	_____
Derecha trasera	_____	_____	_____	_____	_____
Repuesto	_____	_____	_____	_____	_____
Puertas	Cristal S/N	Ventanilla arriba/abajo	Desbloqueada	Abierta-cerrada	Daños previos
Izquierda delantera	_____	_____	_____	_____	_____
Izquierda trasera	_____	_____	_____	_____	_____
Derecha delantera	_____	_____	_____	_____	_____
Derecha trasera	_____	_____	_____	_____	_____
Paneles de carrocería	Construcción		Condición		Daños previos
Parachoque delantero	_____		_____		_____
Enrejillado	_____		_____		_____
Guardafango izq del	_____		_____		_____
Defensa izquierda tras	_____		_____		_____
Pachocho trasero	_____		_____		_____
Defensa derecha tras	_____		_____		_____
Guardafango drch del	_____		_____		_____
Capo	_____		_____		_____
Techo	_____		_____		_____
Maletero	_____		_____		_____
Debajo del capó	Intacto	Desaparecido	Partes desaparecidas		Estado
Motor	_____	_____	_____		_____
Batería	_____	_____	_____		_____
Correas y manguitos	_____	_____	_____		_____
Cableados	_____	_____	_____		_____
Accesorios	_____	_____	_____		_____
Líquidos	Nivel		Estado		Muestra Tomada
Aceite	_____		_____		_____
Transmisión	_____		_____		_____
Radiador	_____		_____		_____
Servodirección	_____		_____		_____
Frenos	_____		_____		_____
Embrague	_____		_____		_____

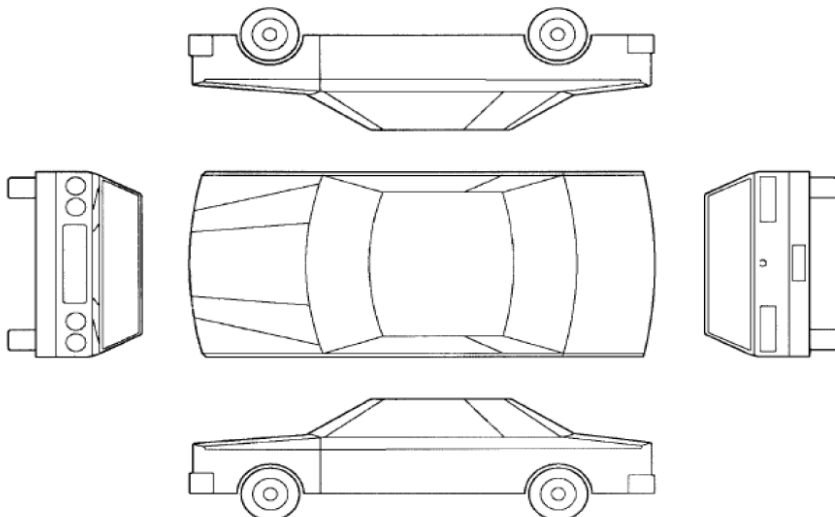
Continuación del apéndice 1.

INTERIOR	Intacto	Perdido	Partes perdidas	Estado
Luces Instrumentos	_____	_____	_____	_____
Guantera	_____	_____	_____	_____
Columna dirección	_____	_____	_____	_____
Arranque	_____	_____	_____	_____
Asiento delantero	_____	_____	_____	_____
Asiento trasero	_____	_____	_____	_____
Bandeja trasera	_____	_____	_____	_____
			Fabricante/modelo	_____
Sistema música	_____	_____	_____	_____
Altavoces	_____	_____	_____	_____
Accesorios	_____	_____	_____	_____
			Muestra tomada	_____
SUELO				
Izquierdo delantero	_____	_____	_____	_____
Izquierdo trasero	_____	_____	_____	_____
Derecho delantero	_____	_____	_____	_____
Derecho trasero	_____	_____	_____	_____

EFFECTOS PERSONALES EN EL INTERIOR

PORTAEQUIPAJE O MALETERO

Marque los daños que tenga el vehículo en su exterior en las siguientes figuras:



Fuente: NFPA 921. 2001. p. 191.

ANEXOS

Anexo 1. Total de servicios de incendios del año 2008 al 2014

Incendios

Causa	Año 2,008	Año 2,009	Año 2,010	Año 2,011	Año 2,012	Año 2,013	Año 2,014	Total
Estructurales	319	298	363	380	519	417	270	2566
Vehiculares	134	131	154	219	241	193	100	1172
Forestales	256	273	401	286	466	445	301	2428
Servicios no efectivos	544	536	386	405	539	460	262	3132
<i>Total de Incendios por Año</i>	1253	1238	1304	1290	1765	1515	933	9298

Nota: los Servicios de Incendios del Año 2,014 comprenden de enero a julio.

Nota: en todas las pestañas estan identificados por año, cada año tiene sus totales por mes.

Fuente: Secretaría del Benemérito Cuerpo de Bomberos Municipales de Guatemala.

Anexo 2. Total de incendios año 2,010

Incendios 2,010

Causa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Estructurales	46	26	38	31	19	31	17	25	16	26	34	54	363
Vehiculares	14	13	10	12	8	15	14	11	16	15	13	13	154
Forestales	48	67	169	46	16	0	0	0	1	6	9	39	401
Servicios no efectivos	38	49	48	25	33	33	31	17	11	16	30	55	386
Total	146	155	265	114	76	79	62	53	44	63	86	161	1304

Fuente: Secretaría del Benemérito Cuerpo de Bomberos Municipales de Guatemala.

Anexo 3. Total de servicios de incendios año 2,011

Incendios 2,011

Causa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Estructurales	53	20	21	37	27	23	23	19	28	29	28	72	380
Vehiculares	21	19	14	22	14	24	12	18	16	22	13	24	219
Forestales	51	48	49	71	20	3	3	0	1	0	4	36	286
Servicios no efectivos	56	35	19	36	33	30	28	27	24	37	25	55	405
Total	181	122	103	166	94	80	66	64	69	88	70	187	1290

Fuente: Secretaría del Benemérito Cuerpo de Bomberos Municipales de Guatemala.

Anexo 4. Total de servicios de incendios año 2,012

Incendios 2,012

Causa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Estructurales	36	45	45	36	43	43	19	29	40	53	50	80	519
Vehiculares	19	12	12	14	16	16	18	22	25	30	25	32	241
Forestales	41	42	93	45	12	12	0	0	71	30	25	95	466
Servicios no efectivos	54	33	52	44	33	33	27	37	36	56	60	74	539
Total	150	132	202	139	104	104	64	88	172	169	160	281	1765

Fuente: Secretaría del Benemérito Cuerpo de Bomberos Municipales de Guatemala.

Anexo 5. Total de servicios de incendios año 2,013

Incendios 2,013

Causa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Estructurales	90	58	19	53	26	18	34	19	28	19	18	35	417
Vehiculares	35	25	16	18	9	18	11	12	8	9	16	16	193
Forestales	97	68	103	93	34	2	3	3	1	2	2	37	445
Servicios no efectivos	80	64	39	48	31	32	31	28	26	21	22	38	460
Total	302	215	177	212	100	70	79	62	63	51	58	126	1515

Fuente: Secretaría del Benemérito Cuerpo de Bomberos Municipales de Guatemala.

Anexo 6. **Total de servicios de incendios año 2,014**

Incendios 2,014

Causa	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total
Estructurales	54	45	34	59	19	33	26	270
Vehiculares	13	12	14	12	14	14	21	100
Forestales	43	62	34	107	46	0	9	301
Servicios no efectivos	31	43	26	48	34	35	45	262
Total	141	162	108	226	113	82	101	933

Fuente: Secretaría del Benemérito Cuerpo de Bomberos Municipales de Guatemala.

