

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



ANALISIS QUIMICO FORENSE POR CROMATOGRAFIA DE GASES
ACOPLADA A ESPECTROMETRIA DE MASAS DE RESTOS DE GASOLINA
EN MUESTRAS RECOLECTADAS EN INCENDIOS

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD
CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR:
KAREN ELISA PERDOMO ARAGÓN
EDUARDO LUIS RAMOS CUBAS

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO(A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

DICIEMBRE DE 2022

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

LICDA. REINA MARIBEL GALDAMEZ

SECRETARIO INTERINO

MAESTRO ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

DIRECCION DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL

M.Sc. Ena Edith Herrera Salazar

TRIBUNAL EVALUADOR:

Licda. Lorena Margarita Ramírez Mercado

Licda. Ana Luisa Cruz de Alegría

TUTORA

M.Sc. Nancy Zuleyma González Sosa

AGRADECIMIENTOS

Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas.

Josué 1:9

Primeramente, agradezco a Dios por haberme permitido culminar mi carrera universitaria, por su protección, amor, misericordia, sabiduría e inteligencia en el trayecto de mi vida, sin su ayuda no hubiera llegado hasta aquí.

A mis padres, Roberto Perdomo y María Aragón, por su apoyo incondicional, económico, amor que me han brindado siempre, a pesar de que en algún momento quise rendirme, estuvieron ahí dándome ánimos, fuerza para seguir luchando, son el motor de mi vida y agradezco a Dios por la bendición de tenerlos, son la razón por la cual sigo luchando en la vida.

A mi familia que siempre estuvieron pendientes de mí, dándome ánimos cuando sentía que no podía y por sus oraciones que nunca faltaron, son de mucha bendición a mi vida, que Dios los bendiga siempre.

A mis amigos, que conocí desde primer año y en el trayecto de la carrera, aprendí de cada uno de ellos, gracias por su ayuda, paciencia, explicación en algún proceso académico, estoy feliz y bendecida de haberlos conocido.

A mis mentores académicos que dejaron huella en mi vida, por su paciencia al momento de explicarme algún tema, por su interés, motivación en cada una de sus clases, Dios los bendiga y puedan continuar con su labor.

A mis compañeros de trabajo de investigación porque fueron de mucha ayuda y ánimo para terminar este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este logro:

A Dios por sus bendiciones, bondades en mi vida, porque a pesar de las situaciones difíciles que he atravesado en la vida, nunca me has abandonado y siempre has estado conmigo.

A mis padres, por su ayuda económica, amor, esfuerzo y apoyo incondicional, ya que han sido mis guías en el trayecto de la carrera, este título va dedicado especialmente para ellos, los amo.

A mi familia, por sus oraciones, ayuda y amor para conmigo, son muy especiales en mi vida, estaré agradecida por ellos, este título va dedicado también a ellos.

A Maestra Nancy y Lic. Lorena, por su tiempo, esfuerzo para realizar este trabajo de investigación, Dios bendiga sus vidas y pueda multiplicar todo lo que han hecho.

A mis amigos, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por esas risas, ánimos, ayuda en todo el trayecto de la carrera, Dios multiplique todo lo que han hecho conmigo.

Karen Elisa Perdomo Aragón

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a Dios por acompañarme hasta el final de este camino, proporcionarme la sabiduría y la fortaleza para lograr culminar mis estudios universitarios y a nuestra madre santísima la virgen María por su protección e intercesión.

A mis padres; Carlos Ramos y Dinora Cubas por ser los pilares fundamentales en mi vida y que me brindaron su apoyo y confianza incondicional a lo largo de este camino.

A cada una de las personas que conocí a lo largo de esta trayectoria lo cual fueron importante en el aprendizaje no solamente académico, sino que también para la vida, por aquellos que se quedaron en mi vida formando una amistad ofreciéndome su apoyo y su caridad en los momentos necesario.

A cada uno de los maestros, por su dedicación, esfuerzo, paciencia y palabras de aliento que me ayudaron a mi formación académica.

A mi compañera de trabajo de investigación, por su esfuerzo y dedicación a lo largo del curso de especialización, como también de su fortaleza mostrada ante los momentos adversos de esta trayectoria.

Todo lo puedo en aquel que me fortalece. **Filipenses 4:13**

DEDICATORIA

Dedico este logro:

Primeramente, a Dios por la gracia y bendiciones recibidas a lo largo de la carrera, otorgándome la fortaleza necesaria en los momentos difíciles y de igual forma a nuestra madre santísima por su constante intercesión.

A mis padres por el amor, paciencia y perseverancia, como también el esfuerzo incasable a lo largo de este extenso caminar siendo una victoria y logro de ellos también.

A mis hermanos por el apoyo y por estar siempre pendiente de mí, ofreciéndome de su ayuda en cualquier momento.

A Maestra Nancy y Licda. Lorena, que volcaron sus esfuerzos, tiempo, guía, conocimientos y empeño, que desinteresadamente nos brindaron para realizar este trabajo de investigación

Eduardo Luis Ramos Cubas

Índice General

	Pág. N°
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xv
Capítulo II	
2.0 Objetivos	
2.1 Objetivo general	
2.2 Objetivos específicos	
Capítulo III	
3.0 Marco teórico	19
3.1 Generalidades del Fuego	19
3.1.1 Química del fuego	19
3.1.2 Reacción de combustión	20
3.1.2.1 Reacción de combustión de Hidrocarburos	20
3.1.3 Clasificación del fuego	21
3.1.4 Productos derivados de la combustión	22
3.2 Análisis químico de un incendio	23
3.2.1 Definición	23
3.2.2 Tipos de incendio según su origen	23
3.2.3 Causas y consecuencias de un incendio de tipo delictivo	24
3.3 Acelerantes de incendios	25
3.3.1 Definición	25
3.3.2 Tipos de Acelerantes	26
3.3.3 Características físicas y químicas de los acelerantes	26
3.4 Investigación forense en la escena de un siniestro	28
3.4.1 Equipo de protección personal en un incendio	29
3.4.2 Técnicas empleadas en la recolección de datos	29
3.4.2.1 Entrevistas	30

3.4.3 Técnicas empleadas en la inspección de campo	31
3.4.3.1 Fijación fotográfica	31
3.4.3.2 Planimetría	32
3.4.3.3 Toma y preservación de indicios en un incendio	33
3.4.4 Cadena de custodia	35
3.5 Análisis químico forense de restos de acelerantes	35
3.5.1 Técnicas rápidas de identificación de acelerantes en la escena de un incendio	36
3.5.2 Métodos analíticos de identificación de restos de acelerantes	37
3.5.2.1 Espectrometría de ultravioleta de segunda derivada	37
3.5.2.2 Espectroscopia infrarroja	38
3.5.2.3 Cromatografía de Gases-Masas GC/MS	40
3.5.3 Factores que intervienen en el proceso de identificación de restos de acelerantes	41
Capítulo IV	
4.0 Diseño metodológico	44
4.1 Tipo de Estudio	44
4.2 Investigación bibliográfica	44
4.3 Desarrollo de la investigación	45
4.3.1 Búsqueda y selección de información bibliográfica	45
4.3.2 Selección y depuración del material consultado	45
4.3.3 Diseño de práctica de laboratorio	45
Capítulo V	
5.0 Propuesta de práctica de laboratorio	47
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	62

Capítulo VII

7.0 Recomendaciones

64

Bibliografía

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1	Triángulo del fuego	19
2	Espectroscopia Infrarroja	39

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

- 1 Color del humo provocado por la combustión de hidrocarburos
- 2 Método de búsqueda en una escena del crimen
- 3 Equipo de protección personal en un incendio
- 4 Representación de un equipo cromatógrafo de gases acoplado a masas
- 5 Representación esquemática de un cromatógrafo de gases
- 6 Lineamientos para la estructura de la propuesta de la práctica de laboratorio

RESUMEN

El presente trabajo abordó el análisis químico forense de incendios provocados por la gasolina como acelerante, con el objetivo de conocer el origen y causas que desencadenaron los hechos; además, la interpretación química es de ayuda junto con otras pruebas adicionales para llegar a la resolución del caso.

Con respecto a la identificación de gasolina utilizando el método por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, aporta la referencia científica necesaria para dictaminar si el evento sucedió de manera accidental o fue provocado.

Para llevar a cabo el trabajo, se realizó una revisión bibliográfica sobre la investigación de un incendio planteándolo desde la química y clases del fuego, tipos de acelerantes existentes, enfocándose en el análisis químico forense de la gasolina desde la identificación, recolección hasta su recepción al laboratorio.

Por otra parte, el resultado del presente trabajo se refleja en el diseño de una práctica de laboratorio sobre el análisis químico forense de la gasolina, por lo que se sugiere que sea de utilidad para los estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia que cursen la asignatura de Química Forense y Toxicología, y que esta investigación incentive la creación de nuevos diseños de cursos de especialización que fomenten el análisis químico forense.

En conclusión, el método por cromatografía de gases acoplado a masas es idóneo para el análisis químico forense de restos de acelerantes.

Este proyecto se desarrolló como producto final del Curso de Especialización de Análisis Químico Aplicado a la Investigación Criminal de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, ejecutándose en un periodo de seis meses bajo la modalidad a distancia.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

La investigación forense tiene un papel importante en el análisis de incendios, debido a las consecuencias y daños que conllevan este tipo de hechos; perjudicando no solo a la sociedad sino también a la economía y al medio ambiente; de modo que, la identificación de gasolina en una escena de incendios puede contribuir a establecer el lugar de origen, reconstrucción de los hechos y finalmente si el incendio fue de manera accidental o no.

Con respecto a la recolección del indicio en la escena de un incendio, se debe garantizar la integridad de la cadena de custodia, para que al momento que sea trasladado al laboratorio forense, se evite cualquier interferencia por contaminación, deterioro o destrucción y que este no interfiera en el análisis para detectar el tipo de acelerante utilizado o descartar su uso.

Por consiguiente, a través de la investigación se abordó información teórica acerca de las generalidades del fuego, características de un incendio, métodos analíticos para la identificación de acelerantes enfocándose en la Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS), siendo un método que requiere de conocimiento del manejo del equipo, por lo que el químico forense debe estar capacitado para la adecuada ejecución del método analítico.

Finalmente, se elaboró una propuesta de práctica de laboratorio como producto final del curso de especialización que tuvo lugar en la Facultad de Química y Farmacia, con una duración de seis meses.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Proponer el análisis químico forense por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas de restos de gasolina en muestras recolectadas en incendios.

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Realizar una investigación bibliográfica que permita la recopilación de información acerca del análisis químico forense de restos de gasolina.
- 2.2.2 Investigar teóricamente el Método de Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas para la identificación de muestras de gasolina en un incendio.
- 2.2.3 Diseñar una propuesta de práctica de laboratorio para la identificación de restos de gasolina en muestras recolectadas de un incendio utilizando el Método de Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Generalidades del Fuego

3.1.1 Química del fuego

El fuego es una reacción química de oxido-reducción de carácter exotérmico; para la producción del fuego es necesario la presencia simultánea de tres factores que se representan mediante lo que se denomina “Triángulo del fuego”, los cuales son: combustible (cuerpo que arde), comburente (agente oxidante) y fuente de calor,¹ (Ver Figura N°1). Para que el fuego se mantenga es necesaria la presencia de un cuarto elemento llamado la reacción en cadena, es decir la transmisión de calor que autoalimente el fuego.

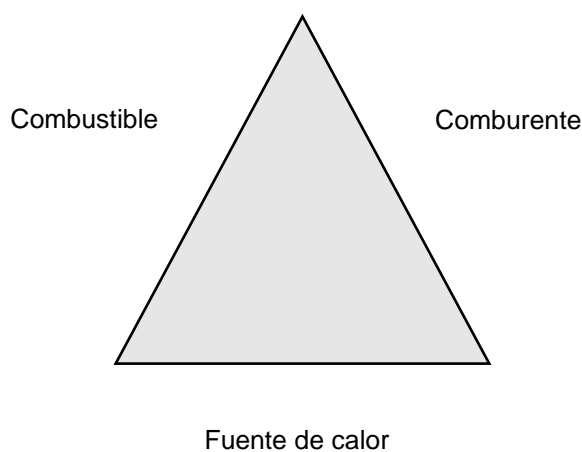


Figura N°1. Triángulo del fuego.¹

Para extinguir el fuego de los incendios es necesaria la eliminación de mínimo un elemento anteriormente mencionado.¹ Siendo éste el principio en el que basan los materiales resistentes a las llamas, así como los métodos empleados en su extinción.

3.1.2 Reacción de combustión

Históricamente la reacción de combustión es la más utilizada debido a que ha servido como fuente de energía y para la combustión de material orgánico; además genera reacciones exotérmicas al oxidar cualquier tipo de combustible que produce la presencia de calor; los productos habituales de esta reacción pueden ser gases, vapor de agua, hollín o cenizas. Se produce una incandescencia en forma de llama, su intensidad o color dependerá del entorno o de las características del combustible.

Las reacciones de combustión, donde una sustancia (combustible) reacciona con oxígeno (oxidante), siendo estas reacciones de óxido- reducción. Según la presencia de oxígeno puede llegar a ser una reacción de combustión completa (oxidación de todo el combustible) o incompleta (no se oxida todo el combustible) y aparecen hollín en los gases de combustión.¹

Fases de la reacción de combustión:

- Fase de pre-reacción: El combustible se descompone dando lugar a la formación de radicales inestables muy activos.
- Fase de oxidación: Se combinan los radicales con el oxígeno de modo exotérmico y se genera la llama.
- Fase de terminación: Formación de compuestos estables finales o gases de combustión.

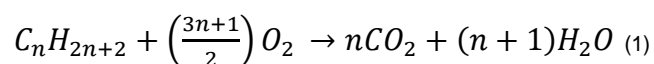
3.1.2.1 Reacción de combustión de Hidrocarburos

La combustión de hidrocarburos es un proceso complejo que no corresponde a una única reacción, por el contrario, se producen reacciones elementales que dan lugar a la creación y descomposición de especies químicas.

La composición principal dentro de su estructura molecular es de hidrógeno y carbono. Al oxidarse genera productos como: Dióxido de Carbono (CO₂), Agua (H₂O) más Calor, (Ver Reacción N°1).

La combustión de estos compuestos produce energía, lo que es la principal característica de estos.

Reacción general de combustión²:



Siendo:

n: El número de átomos de Carbono en el Hidrocarburo.

2n+2: Se refiere al número de átomos de Hidrógeno en el Hidrocarburo.

$\left(\frac{3n+1}{2}\right)$: Se refiere al número de átomos de Oxígeno necesarios en la reacción de combustión.

nCO₂: Número de átomos de dióxido de carbono producidos.

(n+1): Número de átomos de agua producidos en la reacción de combustión.

3.1.3 Clasificación del fuego

De acuerdo con la Norma oficial mexicana NOM-002-STPS-2010, el fuego se clasifica de la siguiente forma:

- Fuego clase A: Se presenta en material combustible sólido, generalmente de naturaleza orgánica, su combustión se realiza normalmente con formación de brasas. Ejemplo: madera, carbón, paja y tejidos.³
- Fuego clase B: aquel que se presenta en líquidos combustibles e inflamables y gases inflamables. Ejemplo: gasolina, petróleo, gasóleo, aceites, asfaltos y parafinas. Solamente arde la superficie que está en contacto con el oxígeno del aire.³

- Fuego clase C: Involucra aparatos, equipos e instalaciones eléctricas energizadas.³
- Fuego clase D: Intervienen metales combustibles, tales como: magnesio, titanio, circonio, sodio, litio, potasio, uranio y aluminio en polvo.³
- Fuego clase K: Básicamente se presentan en instalaciones de cocina, que involucra sustancias combustibles, cómo: aceites y grasas vegetales o animal.³

3.1.4 Productos derivados de la combustión

Cuando se produce el fuego, se pueden observar los productos de una combustión, estos pueden presentarse aislados o en conjunto los cuales son:

- El calor: Es una forma de energía, producto de la combustión. Como consecuencia de una transformación molecular, deonde los átomos se excitan y desprenden energía en forma de calor, de ahí radica su característica exotérmica.⁴ La elevación de la temperatura puede provocar daños a las personas y disminuye la resistencia de infraestructura de los edificios que posterior pueden derrumbarse.
- Llamas: Es la manifestación del conjunto de gases en combustión, de forma incandescente, que se eleva de los cuerpos que arden. La temperatura de la llama es superior a la del ambiente debido al calor liberado en la combustión, que a su vez sirve para aumentar la temperatura de los productos de combustión. La llama se denomina de difusión, es de forma parecida a un cono, es una combustión de las sustancias volátiles del combustible al mezclarse con el oxígeno del aire.⁴
- Gases: Los gases derivados de un incendio de mayor importancia por su peligrosidad o por su frecuencia son: Nitrógeno molecular (N_2), Dióxido de Carbono (CO_2), Agua (H_2O), Dióxido de Azufre (SO_2), Monóxido de Carbono (CO), Hidrogeno molecular (H_2), Carbono (C), Sulfuro de Hidrógeno (H_2S).⁴

- Humo: Formado por partículas sólidas y líquidas en suspensión de combustible sin quemar, que se expanden de forma visible.⁵ El humo equivale a la huella producida por un incendio, indica: el lugar de la ubicación del incendio o los materiales combustibles que se queman mediante la observación de su color (Ver Anexo N°1).

3.2 Análisis químico de un incendio

3.2.1 Definición

Un incendio es la propagación de fuego a gran magnitud de forma descontrolada, que puede presentarse de manera gradual o instantánea. Involucrándose elementos como: combustible, oxígeno y altas temperaturas; el combustible puede ser gasolina, alcohol, metano, papel, tela, entre otros, por lo que el oxígeno que es un componente del aire actúa de forma rápida creando así una propagación del fuego sobre el área.

La existencia del oxígeno, acelerantes y sumando la reacción de los gases que emanan de una combustión crean la denominada reacción en cadena.

Un incendio se puede denominar accidental u ocasional dependerá del origen de este. Al no tener control del fuego este produce daños materiales e incluso puede llegar a ocasionar pérdidas de vidas humanas y en el contexto criminalístico, la pérdida de información importante para la investigación forense.⁶

3.2.2 Tipos de incendio según su origen

En el sentido de la investigación forense de un incendio, este se puede dividir por:

Incendio intencional: Acción provocada de manera intencional o maliciosa mediante actos delictivos causando la quema de una propiedad por intereses variados de tipo: económico, laboral, social o intento de fraude de cualquier tipo.⁶

Este tipo de incendio considera, que una persona tenga la intención, plena para provocar un incendio, en ocasiones con la finalidad de cobrar un seguro de casa, automóvil, entre otras.

Incendio accidental: Se refiere a negligencia o descuido del ser humano⁶, dando como consecuencia un incendio, desarrollándose sin control en tiempo y espacio, alcanzando algo que no está destinado a quemarse. Un incendio de este tipo surge por la acción de dejar objetos cerca del fuego, malas conexiones eléctricas o por fugas de algún gas.

3.2.3 Causas y consecuencias de un incendio de tipo delictivo

Son varias las causas que pueden estar implícitas con respecto a un incendio del tipo delictivo, todo dependerá del caso que se trate. A continuación, se presentan las más comunes.

Causas:

- Que la persona sufra de una patología con tendencia a provocar un incendio, a este tipo de personas se les conoce como “Pirómano”.
- Beneficio económico de todo tipo, en ciertos casos los siniestros intencionales están relacionados con la búsqueda de un beneficio económico, principalmente por fraude de seguro de vida.
- Por venganza o por conflictos personales, laborales o comerciales.
- Ilusión de heroísmo, al causar incendios con el objetivo de luego salvar a los ocupantes o extinguirlos.
- Sin motivos aparentes.

Según las investigaciones pertinentes de las autoridades encargadas del análisis del caso se determinará las causas reales del siniestro.

Consecuencias:

De manera general las consecuencias que genera un incendio de tipo delictivo son:

- Detrimento tangible, evaluable u objetivo, (cuantificable en el deterioro).
- Detrimento difícilmente evaluable o relativo, (cuando la sociedad queda afectada por algún accidente).
- Detrimento intangible o subjetivo, (penalidades que sufre una población a causa de una catástrofe).⁷

3.3 Acelerantes de incendios

3.3.1 Definición

Es cualquier sustancia que cuando se inflama facilita la ignición y propagación del fuego. Entre ellos encontramos los combustibles de locomoción (gasolina, gasoil, queroseno, nafta,) y los disolventes (acetona, disolvente de pintura, trementina, etanol, metanol, White-spirit).⁸

Este término, suele emplearse en función al uso que se le da, generalmente es un líquido inflamable que suele ser utilizado para iniciar o aumentar la velocidad de la propagación del fuego, se debe tomar en cuenta que no todos los líquidos inflamables encontrados en una escena de incendios son acelerantes o corresponden a líquidos inflamables, por ejemplo, si se utiliza alcohol para provocar un incendio este, se clasificará como acelerante.

Sin embargo, si en la escena se encuentra un rastro de gasolina en un trozo de tela, debajo de un automóvil para recolectar residuos de aceite, no corresponderá a un acelerante, todo esto va acompañado con las investigaciones pertinentes para poder clasificarlo como acelerante.

Cuando se realiza la investigación forense de incendios y se encuentra este tipo de sustancias sin ninguna explicación lógica, puede ser un buen indicio que ha sido de manera intencional.

3.3.2 Tipos de Acelerantes

Líquidos: Los derivados del petróleo (gasolina, gasoil, queroseno, nafta, entre otros) y los disolventes (acetona, trementina, alcohol, entre otros),⁸ la característica de cada uno de ellos es que son volátiles, siendo los más utilizados para provocar lo que es un incendio, debido a la eficiencia y facilidad de conseguirlo, ya que, si una persona va a comprarlo a cualquier establecimiento, el vendedor no le preguntará para qué lo usará, por lo tanto, no suelen levantar sospecha al momento de adquirirlo.

Sólidos: Bengalas, pastillas de barbacoa, pastillas de cloro y reactivos químicos que producen reacciones exotérmicas, estos son poco usados para provocar un incendio, por su difícil adquisición.

Gaseosos: Metano, propano, butano, acetileno, gas natural, amoníaco anhidro. No se suelen usar para provocar incendios.

3.3.3 Características físicas y químicas de los acelerantes

A continuación, se presentan algunas de las propiedades físicas y químicas de los acelerantes más comunes utilizados en incendios intencionales:

Gasolina: Es un líquido altamente inflamable, que se obtiene de la destilación del petróleo y es una mezcla de hidrocarburos. El vapor se mezcla bien con el aire formando fácilmente mezclas explosivas, siendo alta la probabilidad de deflagración en el momento en que se produce la ignición.⁴

Esencia de trementina: Es un líquido incoloro, con olor característico, se obtiene por la destilación de la resina de varias especies de pino. Es una mezcla de isómeros de hidrocarburos de terpeno, la composición varía con los métodos de refinado, la edad, localización y fuente de madera de las distintas especies.

Alcohol: Es un líquido incoloro, de olor característico, altamente inflamable. Reacciona lentamente con hipoclorito cálcico, óxido de plata y amoníaco originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como ácido nítrico, nitrato de plata, nitrato de mercurio o perclorato magnésico, originando peligro de incendio y explosión.

Adelgazador de pintura (Thinner): Es una mezcla de disolventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver, diluir o adelgazar sustancias insolubles en agua, como la pintura, los aceites y las grasas. Dentro de su composición se puede encontrar tolueno, alcohol metílico, cetonas, hexano, alcoholes, xileno y ésteres, además es un líquido combustible y puede acumular cargas estáticas.⁴

Petróleo Combustible: También llamado Aceite Mineral Blanco o Aceite de Parafina, aceite altamente refinado, viscoso, incoloro y combustible, con número de átomos de carbono entre C_{14} - C_{20} . Es un compuesto que se obtiene de la destilación del petróleo y es una mezcla de hidrocarburos. Por combustión puede formar gases tóxicos, incluyendo monóxido de carbono y reacciona con oxidantes fuertes.⁴

Queroseno: Es un compuesto que se obtiene de la destilación del petróleo y es una mezcla de hidrocarburos, con un punto de ebullición de 175°C a 300°C y lo componen cadenas de hidrocarburos de C_{11} a C_{14} .

3.4 Investigación forense en la escena de un siniestro

Una inspección del exterior de la escena abarca el análisis del inmueble afectado, como también de los terrenos aledaños. La identificación de daños en el perímetro exterior del escenario se analizará para determinar si el incendio lo alcanzó o se originó como un fuego separado. Se debe impedir el acceso a la infraestructura y zonas circundantes a personas no autorizadas, desde el momento en que llegan los bomberos hasta que termine la investigación.⁴

Se tendrá en cuenta el reconocimiento del escenario, es decir, una impresión global del ambiente del incendio, los terrenos afectados y no afectados. Cada pared del exterior del hogar debe examinarse en busca de indicios de la quema y signos provocados por la acción de los bomberos.

El objetivo de la investigación es identificar evidencias del origen y trayectoria del fuego. Los rastros de la actividad del cuerpo de bomberos resultan tan importantes para la identificación del origen y fuente de la ignición.

En determinadas ocasiones, las manchas interiores no poseen ningún sentido, hasta que se combinan, para su interpretación, con las exteriores. Para un mejor análisis es recomendable realizar un croquis del inmueble mostrando la ubicación de puertas y ventanas de cada pared para hacer referencia.⁹

Si el inmueble ha sido completamente destruido, la búsqueda entre los escombros es muy delicada y a menudo, sólo pueden encontrarse los residuos metálicos del dispositivo incendiario (si existiese), tales como los recipientes que han contenido el líquido inflamable. Si la destrucción no es completa, se pueden eliminar sucesivamente las distintas hipótesis sobre el origen accidental del fuego e incluso encontrar pruebas irrefutables del origen criminal del incendio. Si el fuego no se ha propagado y se ha extinguido muy pronto el dispositivo incendiario

se encontrará más o menos intacto y proporcionará una prueba evidente de intervención criminal.

La investigación del escenario de un incendio es principalmente una búsqueda de señales acerca de la quema. Con los datos logrados se deduce cuándo y dónde se originó el fuego. Una búsqueda adecuada consiste en una exploración sistemática del escenario del incendio para recabar información, dicha exploración puede hacerse con cualquiera de los métodos como lo son: método de franjas, punto a punto, espiral, sector y cuadrante (Ver Anexo N°2). El objetivo se centra en reconstruir los hechos que condujeron al siniestro para describir el origen de este.⁴

3.4.1 Equipo de protección personal en un incendio

Es de importancia utilizar adecuadamente el equipo de protección personal, con el objetivo de lograr una adecuada recolección de indicios y cuidado del investigador; según la gravedad del siniestro, así será el tipo de elementos de protección que utilizará el forense.⁷ (Ver Anexo N°3).

3.4.2 Técnicas empleadas en la recolección de datos

La recolección de las evidencias se procede atendiendo el criterio evidencial para la consideración de indicio, por lo que todo objeto, instrumento, resto, huella o rasgo se recolectarán, con la finalidad de que cuyo análisis se obtengan datos sobre la posible existencia de un hecho delictivo.⁴ El técnico encargado debe de llegar con la brevedad posible ya que con el transcurrir del tiempo los indicios pueden ser alterados, destruidos o desaparecer.⁴

La recopilación de indicios debe desarrollarse siguiendo una metodología secuencial y lógica, garantizando la debida Cadena de Custodia. Es importante destacar un adecuado procedimiento y técnica a utilizar para la recolección, tomando en cuenta que se debe de discriminar e intentar seleccionar solo lo

significativo con respecto a los indicios o posibles indicios; también se debe de tener en cuenta la inspección de la parte inferior del suelo en busca de señales de fuego ya que pudo haberse filtrado líquido del acelerante utilizado.

Al finalizar la búsqueda, localización, identificación y fijación de las evidencias, el perito continuará con el proceso de recolección de los indicios, de acuerdo con el orden lógico en que fueron identificadas, garantizando que no sean alteradas, contaminadas o destruidas.⁶

Las consideraciones que se deben de tomar para la adecuada selección de indicios son:

- Muestras obtenidas del lugar identificado como el foco del incendio, ya sean cenizas, piezas metálicas, entre otras.
 - Material afectado en el incendio.
 - Material no afectado en el incendio.
 - Muestra de material no afectado y que se sospecha tenga restos de la posible sustancia acelerante utilizada en el incendio.
 - Muestras de líquidos o botellas encontradas en el lugar del siniestro.
 - Materiales absorbentes: Tejidos, papeles, maderas, entre otras.
- Por las ventajas en la conservación de líquidos entre sus estructuras.⁴

3.4.2.1 Entrevistas

Para reconstruir lo sucedido es imprescindible estudiar el lugar del hecho, así como la recolección de todos los indicios, pero de igual forma es importante prestar atención a los personajes cercanos al hecho, estos pueden ser: la persona que escuchó, observó, presencié el hecho, o el que aviso a las autoridades, sean estos amigos, familiares o vecinos. Es por eso, la importancia de la recopilación de testimonios (entrevista), pues su declaración permitirá una

mejor visualización de lo sucedido, la hora, personas extrañas, o cualquier otra actividad maliciosa detectada.

Con la finalidad de la recopilación de variables para el planteamiento de hipótesis que puedan dar una posible explicación sobre lo sucedido en la escena del siniestro.

Al entrevistar a un testigo, el entrevistador primeramente deberá determinar lo siguiente:

- El testigo estaba atento a lo que estaba ocurriendo o escuchando en ese momento.
- Si estaba consciente durante el hecho o cuando vio lo sucedido.
- Si estuvo presente durante el acontecimiento o formó parte indirectamente.¹⁰

Una vez se han recopilado los testimonios necesarios de los principales testigos y se han reconstruido los hechos ocurridos, se procede entonces a la investigación de campo.

3.4.3 Técnicas empleadas en la inspección de campo

3.4.3.1 Fijación fotográfica

La fotografía es una herramienta útil para que el investigador documente observaciones visuales, enfatizando las características del desarrollo del fuego y autentifique la evidencia física encontrada en la escena del incendio. El objetivo es producir información útil y legalmente aceptable para informes de investigación de incendios y presentación en la sala de audiencias, en caso de necesidad, como una representación justa y precisa de lo que el investigador vio en la escena.⁹

Usando un trípode, se captura una serie de fotografías superpuestas para luego reconstruir con impresiones para formar una vista de mosaico (panorámica) de la escena del incendio. La aplicación de esta técnica incluye la visualización de suelos de grandes fábricas, almacenes o viviendas.⁹

Procedimiento fotográfico recomendado para investigación de incendios:

- Serie de captura perimetral del exterior del inmueble.
- Registro fotográfico de los daños causados por el fuego al interior de la infraestructura.
- Fotografía del origen del fuego.
- Fotografía después de limpiar, escombros de incendio.
- Evidencia fotográfica antes de la eliminación de escena.
- Patrones de quemadura y carbonización.
- Empaquetado de evidencia enviada al laboratorio.
- Toma de fotografía de vista panorámica.

3.4.3.2 Planimetría

El propósito es establecer mediante dibujo, mapa, croquis o diagrama, plasmar a detalle las proporciones, alturas, anchuras, largos y distancias de cada elemento que conforman la escena del incendio y si este fuera provocado por un incendio deben de seguirse las siguientes indicaciones:

- Croquis: Dibujo elaborado a mano del lugar de los hechos, orientado y esquematizado, con medidas reales. Debe de reflejar; objetos y rasgos del incendio, ubicación de los indicios, y una leyenda explicativa.¹¹
- Plano forense: Es el plano con medidas a escala que realiza un técnico forense con la finalidad de presentarlo un proceso judicial. La fijación de la escena del crimen a causa de un incendio debe realizarse con la técnica adecuada, para no modificar, alterar o contaminar.

Es obligatorio utilizar los métodos para la fijación con exactitud, el estado de la escena del crimen, las posibles causas que provocaron el incendio; con la utilización de fotografía y video se pueden analizar detalladamente el área en donde ocurrió el hecho.¹¹

3.4.3.3 Toma y preservación de indicios en un incendio

- Recolección y embalaje de indicios

Para la perfecta conservación de los indicios seleccionados por el profesional forense, se tendrá que evaluar basado en las características y/o naturaleza del indicio para determinar la recolección idónea, garantizando que las mismas no sean adulteradas.

Dependiendo del tipo de escena, condición sociocultural, o situación climática, se establece prioridad en cuanto a la recolección con el fin de evitar pérdida o degradación.

Según el tipo de delito investigado, el material de cada indicio será de distinta índole, pero todas pueden llegar a ser circunstanciales. En el caso de una investigación de un siniestro, los indicios pueden llegar a ser la tierra, aserrín, material metálico o de lata; el levantamiento de este tipo de indicios se hará con pequeñas cucharas o pinzas de metal, su embalaje; en tubos de ensayo, frascos de cristal y adjuntando su etiqueta.¹²

Con respecto al levantamiento de materiales como fibra de algodón, lana, nylon, o seda se procede con el uso de piezas pequeñas de metal, depositándolos en tubos de ensayo o en pequeños frascos de cristal, con su respectiva etiqueta.¹² En el caso que un indicio sea un recipiente de galón el embalaje será un contenedor de metal o de vidrio, bolsa plástica, más no en bolsa de papel, añadiendo su respectiva etiqueta.

- Transporte y almacenamiento de indicios

El manejo inadecuado produce contaminación, deterioro o destrucción del indicio; siendo estos factores las causas más frecuentes que impiden su posterior análisis en el laboratorio. Se debe tener presente que en el laboratorio sólo se estudia lo que se envía y que el análisis se inicia sobre el indicio que se recibe, no sobre el que se manda. Si durante el trayecto o el tiempo transcurrido éste sufre algún tipo de adulteración, será sobre esa evidencia adulterada sobre la que se iniciarán los análisis pertinentes, aportando de esta manera resultados erróneos.⁴

Para el transporte y almacenamiento de las muestras es de suma importancia el etiquetado, porque van anotada las referencias.

El etiquetado consiste en anotar las referencias del indicio probatorio, debe de estar estructura de la siguiente forma:

- Día y hora que fue tomado el indicio.
- El número de acta.
- Clase de indicio.
- Características que presenta el indicio.
- Lugar donde fue hallado.
- Técnica a la que debe someterse.
- Fecha, nombre y firma del investigador que lo identificó.¹¹

En el caso del almacenamiento, los frascos se deberán guardar en un lugar fresco y seguro hasta su traslado a un refrigerador, si es necesario. El almacenamiento y traslado se deberá hacer con las debidas garantías para que las muestras no se deterioren.⁴

3.4.4 Cadena de custodia

En cuanto a la cadena de custodia, esta supone la intervención de una o varias personas en el cuidado y traslado de elementos de prueba, por lo que debe seguirse una serie de procedimientos que garanticen el resultado efectivo del análisis de estos y de la investigación en general de un hecho punible. Es de considerar que para que la prueba de análisis que se realiza en el laboratorio forense sea efectiva en el proceso penal, debe de presentarse en condiciones similares a las que se tenía en el momento de su recolección, por esta razón la autoridad correspondiente debe contar con los medios adecuados y la capacitación respectiva para que cuando se recopile la evidencia no se altere.¹³

Es fundamental garantizar la absoluta integridad de la cadena de custodia de los diferentes indicios recolectados en la escena del incendio, esto se realiza con el propósito de asegurar que el material recogido no sufra ningún tipo de alteraciones o manipulaciones (inapropiadas o intencionadas), en el momento de su recolección y durante su transporte para el laboratorio forense.

3.5 Análisis químico forense de restos de acelerantes

El análisis de los acelerantes de incendios en algunos casos se vuelve complicado, esto debido a la volatilidad que presentan los activadores de incendios, la baja concentración en que pueden encontrarse, la interferencia de la matriz y la dificultad de la interpretación en sus análisis.

Dependiendo del nivel en que se propagó el siniestro, algunos de los indicios se encontrarán parcialmente quemados con algún tipo de material o también a niveles de trazas; posterior a su embalaje ya sea en recipientes herméticos de aluminio o vidrio esto con el fin de que garanticen la conservación de sus propiedades fisicoquímicas originales, se procede a llevar la muestra al

laboratorio forense, donde se realizará una serie de procedimientos con el fin de identificar que acelerante fue el que se utilizó para originar el incendio.

3.5.1 Técnicas rápidas de identificación de acelerantes en la escena de un incendio

La experiencia del investigador es crucial para el muestreo en la escena del incendio, ya que de éste dependerá el resto de la investigación, esto hace que siempre exista un grado de subjetividad. Por esta razón, se han desarrollado técnicas adicionales que permiten identificar la presencia o ausencia de acelerante con el fin de ayudar al investigador.

Entre estas técnicas rápidas para la identificación de acelerantes en la escena del incendio se encuentran:

- Utilización del olfato del investigador: Procedimiento sencillo y económico, aunque tiene sus desventajas, debido a ciertos factores como el clima o si la persona ha sufrido alguna enfermedad que ha dificultado su capacidad de identificar o diferenciar algunos olores, por ejemplo, el Covid-19; por lo que esta prueba se vuelve poco confiable en ocasiones para la identificación de algún resto de acelerante en alguna escena.
- Nariz electrónica: Actualmente se cuenta con un dispositivo que permite conocer de manera inmediata si un fuego ha sido provocado con ayuda de algún tipo de combustible,¹⁴ una de sus desventajas es que es incapaz de distinguir trazas de acelerantes de productos de pirolisis.
- Perros entrenados: Están preparados en la localización y detección de aceleradores del fuego estos sean: gasolina, alcohol, gasoil, queroseno, disolventes de pintura, alcohol. Con los perros entrenados, se ayuda a los investigadores para encontrar las evidencias de la iniciación del incendio, este tiene sus ventajas como rapidez en localizar los focos, punto exacto donde

recoger el indicio, trabajar en cualquier situación atmosférica, entre otras, una desventaja que se puede mencionar es por causas de enfermedad.⁸

- Cromatógrafos de gases portátiles con ionización de llama: Tienen mayor capacidad de discriminación que los anteriores, pero de baja sensibilidad y alto coste.²
- Detectores de fluorescencia: Algunos compuestos aromáticos reaccionan cuando les incide una luz ultravioleta.¹⁵
- Hapsite Field Portable Gas Chromatograph-Mass Spectrometer: La principal ventaja que tiene este sistema es que llevan el laboratorio a la escena del incendio. Esto supone un ahorro de tiempo ya que son capaces de proporcionar un resultado en 30 segundos y disminuyen, además, posibles errores al reducir la cadena de pasos. Sin embargo, requiere de un usuario con alto conocimiento en técnicas cromatográficas y en química para poder usarlos de forma óptima.¹⁵

3.5.2 Métodos analíticos de identificación de restos de acelerantes

Los indicios son los que dan a conocer lo ocurrido en una escena del crimen y en incendios la identificación es compleja ya que en algunos casos las evidencias pueden ser destruidas o calcinadas por el propio fuego, sin embargo, con el método adecuado de identificación se logra determinar la causa que inició el fuego.

A continuación, se detalla de manera resumida los métodos de identificación para los acelerantes en el laboratorio forense:

3.5.2.1 Espectrometría de ultravioleta de segunda derivada

Es un excelente método para el análisis de incendios provocados. Los espectros de la segunda derivada de acelerantes son relativamente sencillos incluso en el caso de mezclas de muchos componentes como la gasolina. Esta

simpleza permite buenas comparaciones visuales de estándares con muestras y generalmente facilita la identificación del acelerador. Además, el espectro de acelerantes meteorizados y no meteorizados no difiere mucho. Los restos de fuego (materiales de la matriz) se extraen con ciclohexano. Pocos materiales de matriz dan espectros de segundo derivado cuando se tratan de esta manera. Lo que hacen es dar espectros que no compliquen la interpretación ni conduzcan a resultados falsos positivos. El método es sensible y rápido.¹⁶

3.5.2.2 Espectroscopia infrarroja

Se encarga del estudio de la interacción de la radiación del espectro electromagnético con la materia. Este tipo de interacciones dan lugar a diversas técnicas analíticas, una de ellas es la espectroscopia Infrarroja (IR). La zona de radiación infrarroja del espectro electromagnético está limitada por las regiones del espectro visible.

La Espectroscopia Infrarroja se ocupa de la porción infrarroja que a su vez se divide en tres regiones (Ver Figura N°2):

- Infrarrojo lejano.
- Infrarrojo medio.
- Infrarrojo cercano.

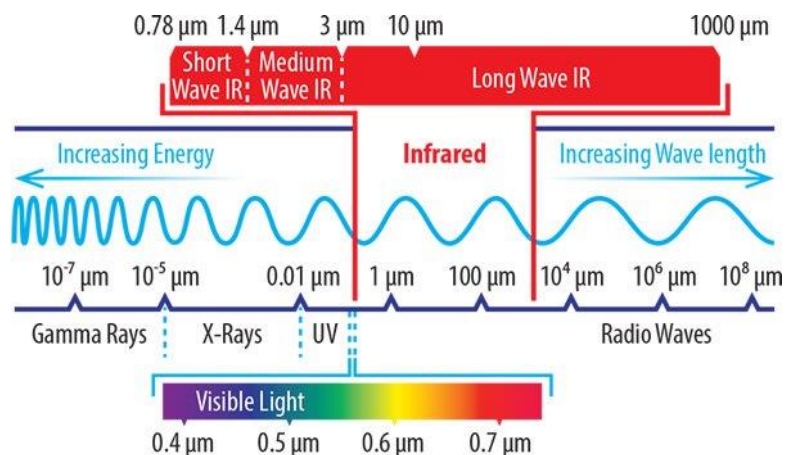


Figura N°2. Espectroscopia Infrarroja.¹⁷

Su fundamento se basa en que las moléculas no son asociaciones rígidas de átomos, sino que éstos se encuentran en continuo movimiento vibratorio sobre sus posiciones de equilibrio.

Cuando se realiza el análisis de una muestra, lo que ocurre es que estamos atravesando las moléculas con radiación electromagnética infrarroja, no tiene la energía suficiente para producir transiciones electrónicas, pero si va a ser capaz de modificar los estados de vibración y rotación. El resultado obtenido en el análisis no es más que la representación del resultado de estas vibraciones y rotaciones de los átomos contenidos en el analito formando bandas que dan lugar al espectro de infrarrojo.

Cada compuesto tiene bandas únicas que lo diferencian de otras moléculas, esto proporciona al estudio la facilidad de identificar compuestos ya que ningún compuesto tiene bandas de frecuencia similares. El espectro IR de un compuesto puro va a ser característico de este y puede ser utilizado como huella molecular para su rápida determinación.¹⁸

3.5.2.3 Cromatografía de Gases-Masas GC/MS

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas es una técnica analítica que permite lo que es la separación y cuantificación de sustancias volátiles y semivolátiles, que realiza dos funciones principalmente:

- La cromatografía de gases: Que separa las sustancias.
- La espectrometría de masas: Que identifica las sustancias.

Este método es el más utilizado en la mayoría de los laboratorios forenses y policiales, debido a la volatilidad del extracto y la información que se obtiene a partir de los espectros de masas sobre la naturaleza de los compuestos¹⁹ (Ver Anexo N°4).

La técnica GC-MS presenta varias ventajas que la hacen muy útil en la investigación de restos de incendios. En primer lugar, es muy sensible, imprescindible teniendo en cuenta que la cantidad de líquidos inflamables residuales (ILRs) en los restos suele ser mínima. En segundo lugar, es muy selectiva, permitiendo identificar un compuesto o familia de compuestos que es de interés quitando el resto de la matriz, algo muy crítico en la investigación de ILRs, dado que los restos de incendios contienen una gran cantidad de interferencias.

Hay un método estándar, el ASTM E1618-14 (Standard Test Method for Ignitable Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography-Mass), para el análisis de los líquidos inflamables residuales, donde se recogen una serie de criterios sobre la configuración del GC-MS, identificación e interpretación de los líquidos inflamables en restos de incendios (Ver Anexo N°5), que luego cada laboratorio debe ajustar a su equipo.¹⁵

3.5.3 Factores que intervienen en el proceso de identificación de restos de acelerantes

Antes de llevar los indicios al laboratorio, hay factores que pueden interferir para la detección del acelerante, entre los cuales están:

- Naturaleza destructiva del fuego: Dependiendo del carácter destructivo del incendio, puede destruir o provocar la evaporación del acelerante esto afectará lo que es el muestreo para realizar la identificación del acelerante.
- Medidas de extinción: Algunos agentes de extinción de incendios, pueden contribuir a la modificación de los productos que se encuentran en los escombros del incendio, ya sea disminuyendo la cantidad de los residuos líquidos inflamables o contribuir a la presencia de productos que interfieren.
- Biodegradación.
- Evaporación: El grado de evaporación del analito que conforman el acelerador, se ve afectado por las temperaturas logradas en cada incendio, provocando la pérdida de los compuestos más volátiles y con menores puntos de ebullición, en función de las condiciones propias de cada incineración. Esta situación se traduce en cronogramas que difieren de los estándares conocidos debido a que puede observarse en mucha menor proporción la cantidad de sustancias menos volátiles dentro del perfil cromatográfico.¹⁹
- Materiales interferentes: Estos pueden enmascarar la presencia de un acelerante, dando falsos positivos o falsos negativos al momento de su análisis.¹⁹
- Tiempo de muestreo: En algunas ocasiones las muestras se toman horas después de que el fuego se ha extinguido y estos pueden estar sujetos a modificaciones en la composición química del acelerante.²²
- Degradación microbiana: Se ha descrito que ciertos géneros de microorganismos tienen la capacidad de degradar hidrocarburos presentes en los aceleradores de incendios, lo cual disminuye las cantidades de algunos

compuestos e incrementa las cantidades de otros, esto conlleva a posterior modificación del perfil cromatográfico y dificulta la visualización de patrones para ser comparados con los estándares.²³

Todos estos fenómenos pueden intervenir en la composición química de los residuos de acelerante y darse modificación en las señales analíticas. Además, un mal muestreo en la escena del incendio también puede influir en los resultados. Para realizar el análisis químico es de tener en cuenta estos factores, o saber diferenciar algunos patrones de sustratos que pueden interferir y así evitar falsos positivos, o falsos negativos en los resultados.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de Estudio

La investigación se realizó mediante la aplicación de un estudio de tipo bibliográfico y documental.

- Bibliográfico:

Se hizo uso de fuentes bibliográficas, que proporcionaron información sobre el análisis químico forense para la identificación de restos de gasolina en incendios, de tal manera que la investigación pueda ser utilizada como bibliografía de consulta por los estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

- Documental:

Se obtuvo información de documentos digitales para la estructuración de la investigación, la cual a su vez se convierte en antecedente para futuras investigaciones.

4.2 Investigación bibliográfica

La investigación se llevó a cabo utilizando material bibliográfico obtenido de:

- Biblioteca digital de la Universidad de El Salvador y bases de datos perteneciente al sistema bibliotecario universitario.
- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Bases de datos encontradas en internet. (EBSCO, Sci hub, Google académico, Pubmed).
- Página web de Ministerio de Gobernación.
- Instituto de Acceso a la Información Pública.

4.3 Desarrollo de la investigación

Debido a que la investigación desarrollada fue de carácter bibliográfico, se ejecutó en tres etapas, con la finalidad de poder seleccionar el material bibliográfico de mayor utilidad para los fines de esta investigación.

- 4.3.1 Búsqueda y selección de información bibliográfica: Búsqueda de información, para comprender el tema de restos de acelerantes en incendios, específicamente gasolina.
- 4.3.2 Selección y depuración del material consultado: Seleccionar y depurar la información del material consultado para la estructuración del informe final.
- 4.3.3 Diseño de práctica de laboratorio: Incluyó el diseño de una práctica de laboratorio sobre la identificación de restos de gasolina, utilizando el método de cromatografía de gases acoplado a masas, la practica fue estructurada con base a los lineamientos establecidos (Ver Anexo N°6), dicha propuesta se presenta a continuación en el capítulo V.

CAPITULO V
PROPUESTA DE PRACTICA DE LABORATORIO

5.0 PROPUESTA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
DEPARTAMENTO DE ANALISIS QUIMICO E INSTRUMENTAL



ANÁLISIS QUÍMICO FORENSE DE INCENDIOS PROVOCADOS UTILIZANDO GASOLINA COMO ACELERANTE



Análisis químico forense de incendios provocados utilizando gasolina como acelerante

Objetivos:

- Aplicar los conocimientos y principios básicos para la identificación química forense de restos de acelerantes de un incendio.
- Realizar correctamente la extracción de gasolina a partir de la matriz por medio de la técnica de microextracción en fase sólida (SPME).
- Identificar restos de gasolina en muestras recolectadas de un incendio, aplicando el método de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS).

Fundamento teórico:

Los incendios provocados son un delito que amenaza la vida de las personas y sus propiedades materiales, por esta razón la investigación forense cobra importancia, para determinar el origen y la causa de dichos incendios, esclareciendo de esta manera, si se ha cometido un delito o no, e identificar al sospechoso.¹

De ser un incendio premeditado; el mecanismo común del malhechor es el uso de sustancias combustible como lo son los acelerantes, es decir, sustancias como lo es gasolina, queroseno, gas natural, propano, entre otros,¹ este tipo de sustancias contribuyen a propagar y aumentar la intensidad del fuego, evitando que se apague fácilmente.

Investigación forense de un incendio

En incendios criminales las entradas o salidas están cerradas u obstruidas con objetos pesados, esas son las pautas principales que se analizan para deducir la utilización de los métodos de búsqueda en una escena criminal con incendios,² por tal motivo en la investigación de incendios primero se realiza el

trabajo de campo que incluye inspección, recolección de información, identificación, levantamiento de incendios y postulación de las primeras hipótesis, ya sea por testimonios o según lo visto en la escena del incendio.

En la fase de inspección es muy importante la observación de las marcas de fuego (Ver Figura N°1), indicadores de la evolución que ha recorrido el fuego y por consiguiente del origen de este. Una vez identificado el foco primario del fuego, se lleva a cabo el estudio de todas las fuentes de ignición.¹



Figura N°1. Marcas de fuego en la pared y de restos de acelerante en el suelo (izquierda), patrón típico de gasolina (derecha).¹

Al recolectar los indicios es de suma importancia la búsqueda de restos de incendios, ya que pueden contener acelerantes en caso de que se haya utilizado para propagar el fuego, como también, su adecuado levantamiento, correcto embalado y transporte hacia el laboratorio forense, para realizar el análisis químico, con el fin de proporcionar un resultado específico para comprobar qué hipótesis son verdaderas, descartar las que no y brindar un informe con validación científica ante los tribunales en caso de ser necesario.

Análisis químico forense de restos de gasolina en la escena de un incendio

Conocer acerca de los acelerantes en una investigación forense de un incendio es de interés, ya que en muchas ocasiones se encuentran trazas de acelerantes sin quemar o sin degradar a estos se les conoce como líquidos inflamables (ILs), estos son más fáciles de identificar y analizar en comparación con los líquidos inflamables residuales (ILRs) ya que generalmente son de naturaleza más compleja.¹

Los acelerantes a base de petróleo más utilizados son la gasolina, el queroseno, la trementina y el diésel, generalmente son mezclas complejas de moléculas de hidrocarburos que tienen propiedades químicas similares, por lo que el químico forense debe tener conocimiento sobre sus características químicas para su adecuado análisis respectivo.

Los hidrocarburos más volátiles se evaporan a un ritmo más rápido dejando los hidrocarburos más pesados en los desechos y después de un período de tiempo, el acelerante se vuelve menos volátil y abundante. La cantidad de acelerante que queda después de un incendio dependerá de factores como la cantidad y el tipo de acelerante utilizado, la naturaleza del material sobre el que se vierte, el tiempo transcurrido desde el incendio y la gravedad de este.³

Acelerante de incendio: Gasolina

La gasolina es uno de los acelerantes más comunes utilizados para provocar un incendio, debido a su eficacia, fácil adquisición y transporte sin levantar sospechas, (Ver Anexo N°1), muestra lo que es un cromatograma de una alfombra quemada utilizando gasolina y sin gasolina, para hacer la comparación de ellos e identificar algunos de los compuestos presentes en ellos.

Se detallan los principales componentes que se pueden encontrar en la gasolina y sus tiempos de retención (Ver Anexo N°2).

Identificación de gasolina utilizando el método de cromatografía de gases acoplado a masas (CG-MS).

El indicio es analizado utilizando la técnica de microextracción en fase sólida para absorber el analito, esta técnica se fundamenta sobre el principio de adsorción/absorción y desorción, se utiliza una fibra que dependiendo de la naturaleza del analito será su recubierta, concentrándose en él los compuestos volátiles y semivolátiles de una muestra.

El procedimiento de la microextracción se divide en 2 etapas; la primera es la extracción, la recubierta de polidimetilsiloxano se pone en contacto con la muestra con tiempo y temperatura controlada, produciéndose la migración de los compuestos de los analitos hacia la fibra. En segundo lugar, se da la etapa de la desorción térmica; es la fase donde se retira los compuestos del analito de la fibra.⁴

Cuando se hace pasar la muestra a través de la fase sólida, algunos compuestos quedarán retenidos en ella, mientras que otros pasan inalterados lo que lo hacen muy adecuado para la eliminación de interferencias. La naturaleza de los analitos de interés y la complejidad de la matriz de la muestra, determinan el nivel de dificultad para poder llegar a una extracción de calidad.

Al estar en la escena del incendio, la evidencia testimonial de los testigos y los indicios observados inicialmente por el personal ya sea bomberos, policía, pueden dar pistas acerca de cuál fue la situación en los primeros momentos del incendio.

Para esta práctica se realizará sobre el análisis químico forense de un acelerante siendo este la gasolina, ya que de todos los acelerantes es el más activador, fácil acceso, no levanta sospecha al momento de adquirirlo y también por su combustión, en este caso es rápida y en condiciones puede poner en peligro al propio pirómano o incendiario. Si hablamos de su composición la gasolina consiste en una mezcla de hidrocarburos volátiles en el rango C₄-C₁₂ y en menor grado contiene compuestos aromáticos.

Parte experimental

Equipo

- Cromatógrafo de gases acoplado a masas Hewlett-Packard 6890/5973.
- Columna capilar polar Supelcowax-10 de 30 m de largo x 0,25 µm de diámetro interno.
- Fase estacionaria de polietilenglicol.
- Soporte de microextracción.
- Baño maría
- Contenedores con válvula tipo septum.

Materiales

- Jeringa de microextracción de polidimetilsiloxano.
- Matriz utilizar (Trozo de alfombra).
- Reactivos
- Helio grado cromatográfico.
- Estándar (Gasolina).
- Conocimientos previos

El estudiante previamente debe tener conocimiento general sobre:

- Reacciones de combustión.
- Manejo del cromatógrafo de gases acoplado a masas.

- Lectura sobre cromatograma, saber identificar los tiempos de retención del analito esperado.

Condiciones empleadas en el análisis utilizando Cromatografía de Gases-Acoplado a Espectrometría de masas (GC-MS)

Condiciones empleadas en el análisis:

- Temperatura de inyección: 190°C.
- Temperatura del inyector: 240°C.
- Temperatura de horno: 40°C hasta 250°C aumentando 5°C por minuto, con gas acarreador Helio grado cromatográfico.
- El tiempo total de corrida será de 40 minutos.

Blanco y estándares

- Se requiere del análisis de un blanco previo de cada extracción de muestra.
- Se expondrá a análisis una fibra en el Cromatógrafo de gases acoplado a masas.
- Verificar periódicamente la eficiencia de adsorción de la fibra ejecutando este procedimiento en una muestra que contenga un volumen conocido de un estándar líquido.

Procedimiento:

- Examinar la muestra obtenida del escombro de un incendio, para determinar si es consistente con su descripción proporcionada previamente por el perito.
- Verificar que la fibra esté libre de otros contaminantes que puedan interferir en el análisis. (No tener otros compuestos volátiles cerca de las jeringas).

Microextracción en fase sólida:

Absorción

- En el contenedor de metal que contiene la matriz de la muestra, se perforará la tapa dejando un orificio y se instalará un tabique de goma en la apertura.
- Se expondrá la matriz junto al contenedor de metal en calor para que las trazas del acelerante se conviertan en gas.
- Retirar el recipiente del aparato de calentamiento.
- Con la aguja de la jeringa de microextracción se perforará el tabique de goma.
- Se expondrá la fibra SPME (jeringa de microextracción), al espacio superior del contenedor metálico.
- Se calentará por 30 minutos el recipiente hasta que la muestra alcance una temperatura de 60°C.
- El tiempo de exposición será de 5 a 15 minutos para alcanzar la sensibilidad máxima de la captación de los compuestos volátiles presente en el espacio libre.
- Retraer la fibra en la aguja y retirar del recipiente.

Desabsorción

- Primero, colocar la jeringa en el cromatógrafo de gases, según los parámetros ya establecidos.
- Colocar la jeringa en el inyector del cromatógrafo de gases acoplado a masas.
- Se procederá a analizar el adsorbato exponiendo la fibra en el cuerpo de inyección del Cromatógrafo de gases acoplado a masas.
- Se realizará la desabsorción exponiendo la fibra a una temperatura de 200°C y 260°C por 2 a 4 minutos (tiempo de exposición de la fibra).
- Luego de exponer la fibra de 2 a 4 minutos, retirar la fibra del inyector y dejar que termine la corrida el equipo.
- El proceof dimiento se realizará por triplicado.

Resultados del análisis químico forense de la gasolina

Luego de haber transcurrido el tiempo de análisis, se procesan e interpretan los resultados en el software incorporado en el ordenador. Se interpretan los resultados haciendo una comparación del cromatograma obtenido versus el de una estándar en este caso el cromatograma del estándar de gasolina, de ser afirmativa el resultado del análisis; se procederá a realizar un análisis por extracción de iones, que se realizará según la función del software del cromatógrafo con el fin de encontrar compuestos de referencia que distingan al acelerante esperado (gasolina), (Ver Figura N°2).

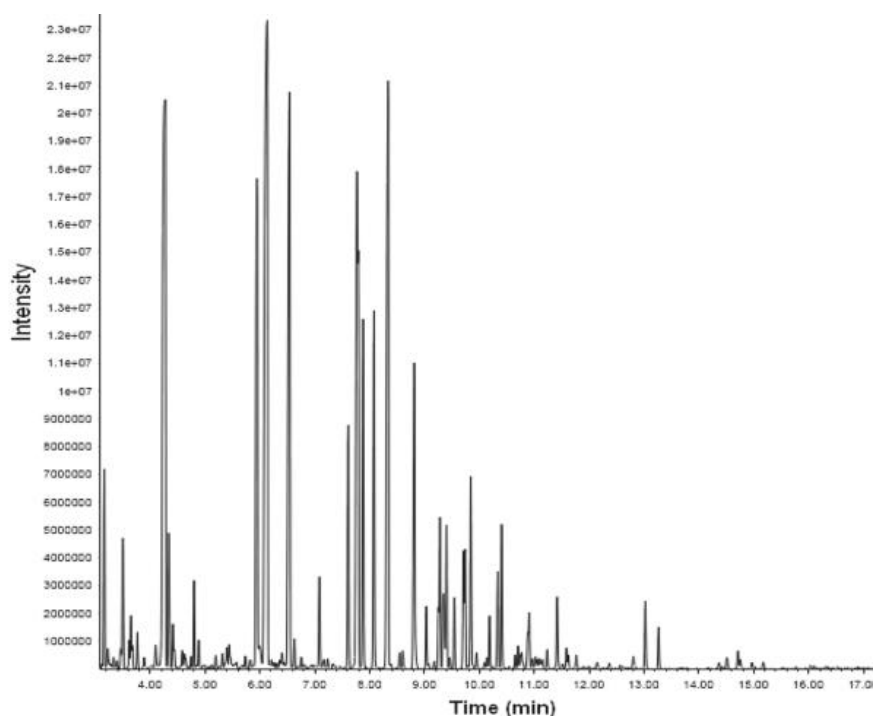


Figura N°2. Cromatograma de iones totales del acelerante de gasolina por GC-MS.⁷

El estudiante anotará en la siguiente tabla los tiempos de retención de los principales componentes presentes en la gasolina.

Tabla N°1. Recolección de resultados, sobre los principales componentes objetivos de la gasolina.

Compuesto	Fórmula química	Peso molecular	Tiempo de retención/min
n-heptano	C_7H_{16}	100	
Tolueno	C_7H_8	92	
3-metilheptano	C_8H_{10}	114	
Octano	$C_{12}H_{10}$	154	
Benceno de etilo	C_8H_{10}	106	
p-xileno	C_8H_{10}	106	
1,2,4-trimetilbenceno	C_9H_{12}	120	
1,2,5-trimetilbenceno	C_9H_{12}	120	
1,3-dietilbenceno	$C_{10}H_{14}$	134	
1-metilnaftaleno	$C_{11}H_{10}$	142	

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el investigador y que supone un trabajo con dificultad en la interpretación de los resultados, es diferenciar las señales provenientes de acelerantes que hayan sido añadidos de forma criminal o intencionado, de otras señales que se produzcan a partir de materiales que se encuentren igualmente implicados en el incendio.

BIBLIOGRAFIA

1. Ferreiro González M. Desarrollo de métodos de caracterización de activadores en incendios [Internet]; 2015.Universidad de Cádiz.
2. Monjarás A. Manual de procedimientos de escena del crimen en explosivos, gases e incendios. [Tesis de grado]. Universidad Rafael Landívar. 2017. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2017/07/03/Monjaras-Astrid.pdf>
3. T.C. forensic: Article 4 - AIDS USED FOR DETECTING ACCELERANTS AT FIRE SCENES [Internet]. Com.au. [Citado el 09 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.tforensic.com.au/docs/article4.html>
4. Salamero Gil M. Microextracción en fase sólida: aplicaciones de interés farmacéutico. [Consultado el 19 de julio de 2022]; Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/64943>
5. Microextracción en fase sólida (SPME) [Internet]. [Consultado el 19 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.sigmaaldrich.com/SV/es/applications/analytical-chemistry/sample-preparation/solid-phase-microextraction>
6. ASTM. Standard Practice for Separation and Concentration of Ignitable Liquid Residues from Fire Debris Samples by Passive Headspace Concentration with Solid Phase Microextraction (SPME) (E2154.23140-1). 2008. [Consultado el 08 de septiembre de 2021].
7. Dhabbah AM, Al-Jaber SS, Al-Ghamdi AH, Aqel A. Determination of Gasoline Residues on Carpets by SPME–GC-MS Technique. Arab J Sci Eng. 1 de septiembre de 2014;39(9):6749-56. [Consultado el 08 de setiembre de 2021]. Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-014-1233-1>

ANEXOS

Anexo N°1

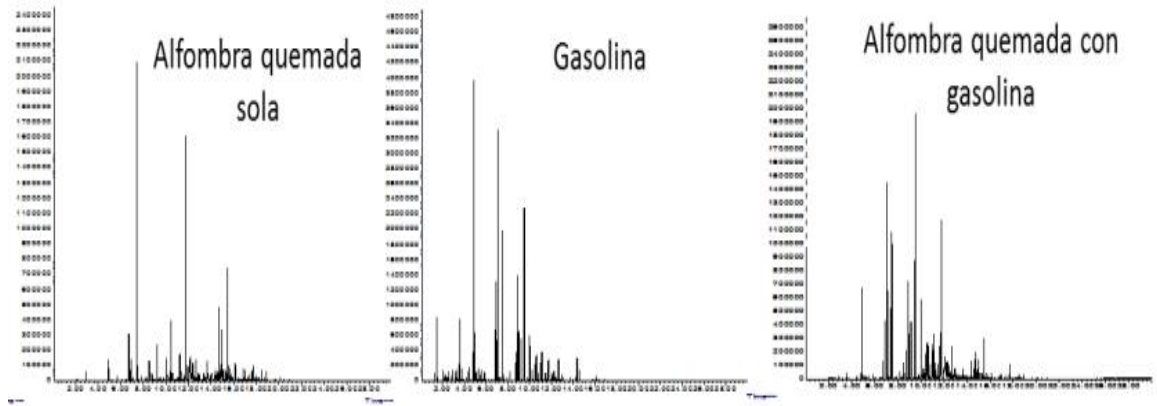


Figura N°3. Cromatograma de una alfombra quemada sin líquido inflamable, una gasolina y la misma alfombra quemada con la gasolina.¹

Anexo N°2

Tabla N°2. Algunos de los componentes que se encuentran en la gasolina y su tiempo de retención.

Compuesto	Fórmula química	Peso molecular	Tiempo de retención/min
n-heptano	C ₇ H ₁₆	100	3.171
tolueno	C ₇ H ₈	92	4.263
3-metilheptano	C ₈ H ₁₀	114	4.349
Octano	C ₁₂ H ₁₀	154	4.784
benceno de etilo	C ₈ H ₁₀	106	5.964
p-xileno	C ₈ H ₁₀	106	6.123
1,2,4-trimetilbenceno	C ₉ H ₁₂	120	7.851
1,2,5-trimetilbenceno	C ₉ H ₁₂	120	8.292
1,3-dietilbenceno	C ₁₀ H ₁₄	134	9.247
1-metilnaftaleno	C ₁₁ H ₁₀	142	13.276

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

- 1- De acuerdo con los objetivos planteados, la investigación realizada es de tipo bibliográfica y documental, sobre el análisis químico forense de restos de gasolinas en muestras recolectadas en incendios, obteniendo finalmente una propuesta de práctica de laboratorio, para que se lleve a cabo en la facultad de Química y Farmacia por los estudiantes que cursen la asignatura de Química Forense y Toxicología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- 2- La identificación de gasolina utilizando el método de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, aporta información importante para el dictamen final, clasificando si el incendio fue de manera accidental o provocado.
- 3- El químico forense debe estar capacitado con respecto a la composición química y el correcto manejo del método; para extraer el analito de interés correctamente para su análisis.
- 4- El embalaje de indicios es fundamental para el proceso de investigación y análisis ya que éste debe de garantizar que el indicio recolectado conserve sus propiedades fisicoquímicas originales.
- 5- Los indicios juegan un papel importante en la investigación forense, por lo que es fundamental su integridad química, guardando la cadena de custodia que permita garantizar la validez de sus resultados.
- 6- La utilización del método de análisis por cromatografía de gases acoplado a masas contribuye a dilucidar los hechos, debido a que aporta información fundamental, por su alta sensibilidad con la identificación de sustancias en un matriz con bajas concentraciones.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. A los estudiantes de la Licenciatura en Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, realizar futuras investigaciones orientadas a la identificación de diferentes tipos de acelerante tomando en cuenta sus características químicas.
2. A la coordinación de la asignatura de Química Forense y Toxicología, realizar la gestión necesaria para la adquisición de equipamiento para el desarrollo de la práctica de laboratorio.
3. A la coordinación de la asignatura de Química Forense y Toxicología, evaluar la viabilidad del método propuesto basado a las ventajas y desventajas del método para adecuarla como práctica de laboratorio.
4. Al analista forense, valorar la técnica de extracción más adecuada según el tipo de matriz y las características químicas del analito.
5. Al analista forense, con respecto a la recepción de muestras en el laboratorio, debe revisar detalladamente si el contenedor donde se encuentra embalada la muestra coincide con la descripción plasmada por el perito, con el fin de identificar y evitar adulteración del indicio.
6. Al analista forense, seleccionar el tipo de fibra de microextracción que se utilizará, tomando en cuenta la polaridad del analito a analizar; esto para tener un mejor rendimiento al momento de la extracción del compuesto.
7. Al analista forense, utilizar el equipo de protección personal adecuado como gabacha, guantes, mascarilla de gases, gafas protectoras, gorro desechable al momento de realizar el análisis correspondiente.

BIBLIOGRAFIA

1. Esteban S, Cornago M. Química forense [Internet]. Madrid: UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2016. [Citado el 22 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/biblioues/titulos/48853>
2. Química, Química Inorgánica: Reacciones principales de los alcanos [Internet]. [Citado 11 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.fullquimica.com/2012/09/reacciones-principales-de-los-alcanos.html>
3. Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo [Internet]. 2010 [Citado 22 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/normasOficiales/4228/stps/stps.htm>.
4. Quiroz J. Análisis Químico Forense de Sustancias Inflamables.pdf [Internet]. C.D. México 2014. [Citado 22 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2014/mayo/0712801/0712801.pdf>
5. Gallés X. Palacio A. Simulación computacional de la propagación de incendios en fachadas ventiladas comparación con pruebas experimentales a gran escala. Julio 2015.
6. Monjarás A. Manual de procedimientos de escena del crimen en explosivos, gases e incendios. [Tesis de grado]. Universidad Rafael Landívar. 2017. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2017/07/03/Monjaras-Astrid.pdf>
7. Sánchez L. Investigación de siniestros mediante métodos de Ingeniería Forense. [Trabajo final de maestría]. España. Universitat Politècnica de Valencia 2012.
8. Serrano A. Investigación de incendios con perros detectores de acelerantes del fuego (D.A.F.) (2a. ed.) [Internet]. Madrid: Dykinson, 2014.

[Consultado 22 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://elibro.net.minerva.remotexs.co/es/lc/biblioues/titulos/58095>

9. Brannigan F. Fire investigation handbook. 1980.
10. Psicología jurídica [Internet]. Argentina. [Citado 22 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://psicologiajuridica.org/archives/178>
11. Ministerio de Justicia y Derechos humanos de Argentina. Manual de procedimientos para la preservación del lugar de los hechos y escena del crimen. [Internet]. Argentina. Disponible en: <https://www.mpf.gob.ar/capacitacion/files/2015/07/Manual-Criminalistica.pdf>
12. Montiel J. Manual de Criminalística. México, Tomo 1. Editorial Limusa S.A. 2003.
13. Boletín informativo, Instituto Salvadoreño de Medicina Legal “Dr. Roberto Masferrer”. [Internet]. San Salvador, 2021 [Citado 15 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.csj.gob.sv/como-preservar-la-cadena-de-custodia/>
14. DiCYT. [Internet]. Cadiz; 2019 [Citado el 16 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.dicyt.com/noticias/una-nariz-electronica-identifica-restos-de-liquidos-inflamables-en-un-incendio>
15. Ferreiro F. Desarrollo de métodos de caracterización de activadores en incendios. [Tesis de grado] Universidad de Caliz; 2015.
16. Larie M. Arson analysis by second derivative ultraviolet spectrometry. *AnalChem.* 1 de abril de 1986;58(4):834-6.
17. Por qué infrarrojos | Procesos industriales Aplicación de calor infrarrojo [Internet]. Ceramicx. [Consultado 24 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.ceramicx.com/es/information/support/why-infrared/>
18. Ibáñez J. Técnicas de investigación criminal (2a. ed.) [En Línea]. Madrid: Dykinson, 2015 [Consultado el 20 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/biblioues/96849?page=625>

19. Ocampo, A. V., Méndez, W. G., & Ocampo, G. T. Evolución del análisis químico de aceleradores de incendios con fines forenses. Colombia Forense. 2019.
20. Universidad Veracruzana. Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas (GC/MS). Instituto de Química Aplicada [Internet]. [Citado 24 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.uv.mx/sara/equipamiento/gcms/>
21. Acevedo M. Estandarización y validación del método por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa (GC- MS), para el análisis de tres benzodiazepinas y sus metabolitos en Muestras biológicas de interés forense en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. [Tesis de grado]. Universidad Tecnológica de Pereira facultad de tecnologías escuela de química industrial Pereira. 2014 [Citado 24 de septiembre de 2022]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/11059/4081>
22. Falatová B, Ferreiro-González M, Martín-Alberca C, Kačíková D, Galla Š, Palma M, et al. Effects of Fire Suppression Agents and Weathering in the Analysis of Fire Debris by HS-MS eNose. Sensors. 14 de junio de 2018; 18(6):1933.
23. Turner DA, Williams M, Sigman MA, Goodpaster JV. A Comprehensive Study of the Alteration of Ignitable Liquids by Weathering and Microbial Degradation, J Forensic Sci. enero de 2018; 63(1):58-65.

ANEXOS

Anexo N°1

Tabla N°1. Color del humo provocado por la combustión de hidrocarburos.⁴

Combustible	Color del humo
Heno, Compuestos Vegetales	Blanco
Fósforo	Blanco
Benzina	Blanco A Gris
Nitrocelulosa	Amarillo A Amarillo Trigueño
Azufre	Amarillo A Amarillo Trigueño
Ácidos Sulfúrico, Nítrico y Clorhídrico	Amarillo A Amarillo Trigueño
Pólvora	Amarillo A Amarillo Trigueño
Cloro	Amarillo Verdoso
Madera	Gris A Pardo
Papel	Gris A Pardo
Tela	Gris A Pardo
Lodo	Violeta
Aceite De Cocina	Pardo A Negro
Nafta	Pardo A Negro
Diluyente De Laca	Negro Parduzco
Aguarrás	Negro A Pardo
Acetona	Negro
Queroseno	Negro
Gasolina	Negro
Aceites Lubricantes	Negro
Goma	Negro
Alquitrán	Negro
Carbón	Negro
Plásticos Espumados	Negro

ANEXO N°2

MÉTODOS DE BÚSQUEDA EN LA ESCENA DEL CRIMEN

Tabla N°2. Método de búsqueda en una escena del crimen.⁹


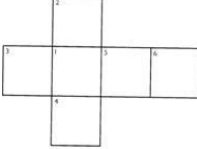
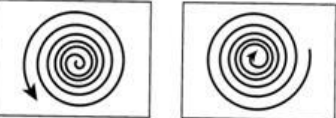

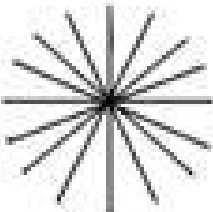
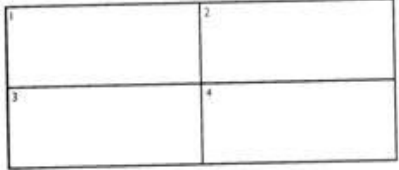
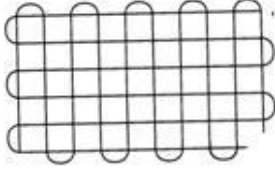
<p>Método de franjas: Consiste en realizar un rastrillaje sobre el área, requiere de varias personas dispuestas en línea y que avanzan hacia delante en una misma dirección. De haberse encontrado algún elemento se da inmediato aviso al responsable del equipo sin tocarlo.</p>	
<p>Método punto a punto: Se ubica una evidencia y a partir de ésta, se demarcan los demás elementos que se encuentren en el lugar.</p>	
<p>Método Espiral: Se realiza la búsqueda de izquierda a derecha o viceversa en el espacio que se va a buscar; bien sea de adentro hacia fuera o de afuera hacia adentro.</p>	
<p>Técnica libre: Consiste en que el investigador interactúa en el lugar del hecho de forma libre, en función de su experiencia y las características del lugar.</p>	
<p>Método Radial: La zona a tratar es circular o tiene forma de rueda, con un punto central, el desplazamiento se hace a lo largo de los radios de la circunferencia; la zona investigada desde el punto central al exterior se vuelve más grande a medida que avanza la búsqueda.</p>	

Tabla N°2. Continuación.

<p>Método de zonas, sector o cuadrante: Este método consiste en dividir el terreno a zonas y en asignarle una codificación o numeración a cada cuadro o zona.</p> <p>Una vez que se haya dividido en zonas se procederá a la inspección de cada una de ellas y en el caso que se encuentre alguna evidencia se hará mención del cuadro o zona que se ubicó.</p>	 <p>Diagrama que muestra un rectángulo dividido en cuatro cuadrantes por una línea horizontal y una línea vertical. Los cuadrantes están numerados: 1 (arriba a la izquierda), 2 (arriba a la derecha), 3 (abajo a la izquierda) y 4 (abajo a la derecha).</p>
<p>Método de la cuadrícula o rejilla: Similar al de franjas, con la diferencia que este método brinda una doble cobertura, de este a oeste y de sur a norte. Formando un cuadrículado en el terreno.</p>	 <p>Diagrama que muestra un rectángulo dividido en una cuadrícula de franjas. Las franjas se extienden horizontalmente y verticalmente, formando un patrón de rejilla. Las franjas horizontales tienen un extremo redondeado a la izquierda y un extremo redondeado a la derecha. Las franjas verticales tienen un extremo redondeado arriba y un extremo redondeado abajo.</p>

Anexo N°3

Tabla N°3. Equipo de protección personal en un incendio.⁷

<p>Casco de seguridad: Protege la cabeza de golpes mecánicos, térmico o eléctrica.</p>	
<p>Gafas de seguridad: Protección ocular frente a impacto de partículas, salpicaduras de cualquier tipo de líquido.</p>	
<p>Tapones auditivos: Resguardo ante material particulado, vapores irritantes y contaminación auditiva.</p>	
<p>Mascarilla: Elemento filtrante de partículas contaminante dispersas en el ambiente.</p>	
<p>Guantes (nitrilo): Resguardo del contacto directo de manos al momento de la manipulación de material.</p>	
<p>Traje especial contra incendios, protección química y radiación: Permite la protección del investigador para realizar el operativo pertinente en la escena del incendio.</p>	
<p>Botas contra incendios: Importante elemento de protección ante los diversos peligros en el lugar del incendio.</p>	

Anexo N°4



Figura N°3. Representación de un equipo cromatógrafo de gases acoplado a masas.²⁰

Anexo N°5

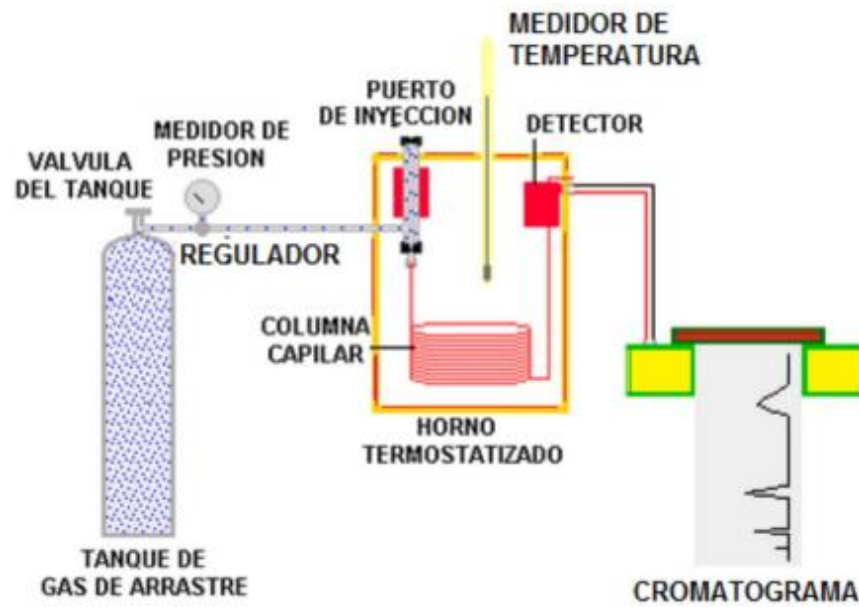


Figura N°4. Representación esquemática de un cromatógrafo de gases acoplado a masa.²¹

ANEXO N°6

**LINEAMIENTOS PARA LA ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DE
PRÁCTICA DE LABORATORIO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
CURSO DE ESPECIALIZACIÓN
“ANÁLISIS QUÍMICO APLICADO A LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL”
ESTRUCTURA DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

El presente documento establece el contenido a ser considerado para la estructuración de la propuesta de práctica de laboratorio, que presentarán los egresados al concluir el Curso de Especialización y contendrá los siguientes apartados:

Portada:

Nombre de la Facultad (Centrado) Nombre de la Práctica (Centrado)
Imagen alusiva a la temática (Centrado)

Objetivos:

Establecer un mínimo de tres Objetivos, no es necesario diferenciar entre objetivo general y específicos.

Fundamento Teórico:

Deberá incluirse el fundamento químico, puede incluirse reacciones químicas que ayuden a la comprensión del tema.

Equipo, Materiales y Reactivos:

Debe desglosarse cada uno de estos requerimientos para el desarrollo de la práctica.

En cuanto del equipo deben ser incluidas las especificaciones.

Los materiales deben ser detallados, de igual manera se deberán incluir las especificaciones.

Los reactivos, deben detallarse los que se utilizarán en estado puro y los preparados, incluyendo información como concentraciones, en caso de ser necesario.

Conocimientos Previos:

Plasmar cualquier conocimiento previo que sea necesario para que el estudiante comprenda de manera íntegra la práctica que va a desarrollar y que no se contempla en el fundamento teórico.

Procedimiento:

Deberá ser presentado paso a paso de manera secuencial, podrá incluir un esquema que permita visualizar mejor el proceso.

Referencias Bibliográficas:

De acuerdo con Normas VANCOUVER.