

# 2.1



Manual del BOMBERO  
Control y Extinción de Incendios

## 2.1 Principios de lucha contra incendios

# 2.1

Manual del BOMBERO  
Control y Extinción de Incendios

## 2.1 Principios de lucha contra incendios

## TÍTULOS DE LA COLECCIÓN MANUAL DEL BOMBERO

### **Volumen 1 Operaciones de salvamento**

- 1.1 Rescate en accidentes de tráfico
- 1.2 Trabajos y rescates en altura
- 1.3 Rescate acuático en superficie
- 1.4 Urgencias sanitarias para bomberos

### **Volumen 2 Control y extinción de incendios**

- 2.1 Principios de lucha contra incendios
- 2.2 Incendios en interiores
- 2.3 Incendios forestales
- 2.4 Prevención de incendios

### **Volumen 3 Fenómenos naturales y antrópicos. Operaciones de ayudas técnicas**

- 3.1 Riesgos naturales
- 3.2 Riesgo en accidentes con materias peligrosas
- 3.3 Redes de distribución e instalaciones
- 3.4 Principios de construcción y estabilización de estructuras

### **Volumen 4 Uso de recursos operativos**

- 4.1 Equipos de protección respiratoria
- 4.2 Medios de extinción. Operaciones e instalaciones con mangueras
- 4.3 Bombas. Hidráulica básica para bomberos
- 4.4 Vehículos de los S.P.E.I.S
- 4.5 Manejo de herramientas y equipos

### **Volumen 5 Organización y desarrollo profesional**

- 5.1 El Sistema Vasco de Atención de Emergencias
- 5.2 Seguridad y salud laboral
- 5.3 Aspectos legales de la intervención. Responsabilidades, deberes y derechos
- 5.4 Psicología de emergencias

Edición:	Junio 2011.
Tirada:	1.800 ejemplares.
©	Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Departamento de Interior.
Internet:	<a href="http://www.arkauteakademia.euskadi.net">www.arkauteakademia.euskadi.net</a>
Edita:	Academia de Policía del País Vasco. Carretera Gasteiz-Irún Km. 5. 01192 Arkaute - Álava.
Dirección proyecto:	Hilario Sein Narvarte. <i>Asesor de la Academia de Policía del País Vasco.</i>
Autores:	Eusebio Cabo Goikouria. <i>Sargento. Excmo. Ayto. de Bilbao. Área de Protección Civil y Bomberos.</i> Jesús García Larragán. <i>Oficial. Excmo. Ayto. de Bilbao. Área de Protección Civil y Bomberos.</i> Koldo Barrenechea Azpiroz. <i>Oficial. Excmo. Ayto. de Bilbao. Área de Protección Civil y Bomberos.</i>
Coordinación Editorial:	Javier Elorza Gómez. <i>Subinspector del Servicio de Extinción de Incendios y Salvamento de la Diputación Foral de Bizkaia.</i>
Diseño:	Bell Comunicación, S. Coop.
Impresión:	
ISBN de la Obra Completa:	978-84-615-1638-4 / ISBN del Volumen 2: 978-84-615-1634-6 / ISBN de este libro: 978-84-615-1721-3
D.L.:	

## Aurkezpena

**N**iretzat aparteko ohorea da Suhiltzaileen eskuliburu bezalako argitalpen liburu bat aurkeztea. Aspalditik, larrialdiekin zerikusia duten profesionalek asko hitz egin dute "euskarazko eskuliburu" baten inguruan. Izan ere, etorkizuneko suhiltzaileentzat eta elkargo osoarentzat liburu hori zen erreferentzia liburu.

"Hasierako edo lehen liburu hori" Eusko Jaurlaritzako Larrialdien Zuzendaritzan argitaratu zen; hain zuzen ere, niretzat urte askotan lanean harrotasunez ibilitako tokia. Nire ibilaldi profesional luze honetan ziurtatu ahal izan dut "euskarazko eskuliburu" guztiek errespetatu duten tresna bat izan dela.

Eskuliburu berri honetan aurrekoaren mamia agertzen bada ere, hau askoz gehiago da. XXI. mendearen beharrazanei erantzuten die. Eta, Arkauteko Ikastegiko zuzendaria naizen aldetik, nire gogobetea adierazten dut guztiek egindako lanagatik.

Ertzaintzaren sorreran ospe handia gordetzen duen Ikastegia da gurea eta, segurtasunean eta larrialdietan prestakuntza osoa ematera bideratutako Ikastegia dugu.

Eta azken esparru honetan, denbora marka baten barruan, luzaroan etsi-etsian oroitutako egitasmo bat bete ahal izan dugu: eguneratutako eta maila tekniko altuko Suhiltzaileen eskuliburu bat izatea, gizarteak arriskuaren aurrean dituen beharrazanak eta betekizunak erantzun behar izateko, gero eta konplexuago eta teknifikatuago dagoen lanbide baterako.

Ikastegiaren bateratzeko zeregina ere nabarmendu behar dugu. Udaletakoak, Aldundietakoak eta Partzuergoetakoak diren Suhiltzaileen Zerbitzuen egituratzeak berak ezinbestekoa egiten du guztien erantzukizunak eta ahaleginak biltzean etengabeko ahalegina eta ahalegin tinkoa izatea.

Eskuliburu hau talde-lanaren emaitza da, Euskadiko Suhiltzaileen Zerbitzu guztien lankidetzat izan dugun lanaren emaitza. Lan horretan izan dira ondorengoak: Bilboko suhiltzaileak, Vitoria-Gasteizkoak, Donostia-San Sebastiánkoak, Bizkaikoak, Gipuzkoakoak eta Arabakoak; baita ere, Eusko Jaurlaritzako Larrialdi Zerbitzuetako kideak eta egiaztatutako adituak.

Eta garrantzitsuagoa duguna, egileen konpromisoa nabarmendu nahi dut, inolako interesik gabe euren onena, jakinduria eta eskarmentua eman baitizkiote elkargo osoari.

Kalitate handiko lana eskaintzen dizuegula uste dugu. Lan honekin gozatzea espero dugu.

## Presentación

**P**resentar un libro como esta edición del Manual de Bomberos es para mí un honor especial. Desde hace muchos años, todos los profesionales relacionados con las emergencias han hablado del "manual vasco". Era el libro de referencia para los futuros bomberos y también de ayuda para todo el colectivo profesional.

Este "libro de cabecera" se editaba en la Dirección de Emergencias del Gobierno Vasco, en la que he tenido el orgullo de trabajar durante muchos años. En mi amplia trayectoria profesional he podido comprobar cómo el "manual vasco" era respetado por todos.

Este nuevo manual lleva la esencia del anterior, pero va mucho más allá. Responde a las necesidades del siglo XXI. Y como Directora de la Academia de Arkaute me siento satisfecha del trabajo que entre todos hemos llevado a cabo.

Una Academia que atesora un reconocido prestigio en la creación de la Ertzaintza, camina hacia la formación integral en seguridad y emergencias.

Y es en este último campo donde, en un tiempo récord, hemos podido concretar un proyecto largamente añorado: disponer de un Manual de Bomberos actualizado y de alto nivel técnico, para una profesión cada vez más compleja y tecnificada, que debe responder a las exigencias y requerimientos de una sociedad frente al riesgo.

Hay que destacar el papel aglutinador de la Academia. La propia vertebración de los Servicios de Bomberos dependientes de Ayuntamientos, Diputaciones y Consorcios hace imprescindible un esfuerzo constante e intenso en la articulación de responsabilidades y esfuerzos comunes.

Este manual es el fruto de un trabajo coral, en el que hemos contado con la colaboración y la cooperación de todos los Servicios de Bomberos de Euskadi: Bomberos de Bilbao, de Vitoria-Gasteiz, de Donostia-San Sebastián, de Bizkaia, de Gipuzkoa y de Araba, así como de miembros de los Servicios de Emergencia del Gobierno Vasco y contrastados expertos.

Y lo que es más importante, quiero destacar el compromiso de los autores que han participado desinteresadamente para dar lo mejor de sí mismos, su conocimiento y experiencia a todo el colectivo.

Confiamos en ofrecerles un trabajo de gran calidad. Esperamos que disfrutéis con él.



**Elena Moreno Zaldibar**

Euskal Herriko Polizia Ikastegiaren Zuzendaria  
Directora de la Academia de Policía del País Vasco

# ÍNDICE

<b>1. CONCEPTOS BÁSICOS DEL FUEGO</b>	<b>8</b>
1.1 INTRODUCCIÓN	8
1.2 CONCEPTOS QUÍMICOS BÁSICOS	9
1.2.1 Reacciones químicas de oxidación-reducción	9
1.2.2 Comburente y combustible	9
1.2.3 Energías de reacción	9
1.2.4 Tetraedro del fuego	10
1.3 ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE LA COMBUSTIÓN	11
1.3.1 Combustible	11
1.3.2 Comburente	17
1.3.3 Energía de activación	17
1.3.4 Reacción en cadena	18
1.4 COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES FRENTE AL CALOR Y AL FUEGO	19
1.5 TIPOS DE FUEGOS:	22
1.5.1 Según el tipo de combustible	22
1.5.2 Según el tipo de radiación luminosa	23
1.6 TRANSMISIÓN DE CALOR	24
1.6.1 Conducción	24
1.6.2 Convección	25
1.6.3 Radiación	26
1.7 PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN	27
1.7.1 Gases de combustión	27
1.7.2 Llamas	27
1.7.3 Calor	28
1.7.4 Humo	28

<b>2. TEORÍA DEL FUEGO</b>	<b>30</b>
2.1 CONCEPTOS PREVIOS	30
2.2 COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA SEGÚN SU ESTADO FÍSICO	32
2.2.1 Estado gaseoso	32
2.2.2 Estado líquido	32
2.2.3 Estado sólido	33
2.3 PIRÓLISIS	33
2.4 INFLAMABILIDAD DE LOS GASES DE INCENDIO	34
2.4.1 Límites de inflamabilidad	34
2.4.2 Factores que influyen en el rango de inflamabilidad	35
2.5 FUENTES DE IGNICIÓN	36
2.6 TIPOS DE LLAMA	37
2.6.1 Llamas de difusión	37
2.6.2 Llamas de pre-mezcla	37
<b>3. PROCESOS DE COMBUSTIÓN EN UN INCENDIO</b>	<b>39</b>
3.1 FORMACIÓN DE LOS GASES DEL INCENDIO	39
3.2 PRODUCTOS DE LA PIRÓLISIS	40
3.3 GASES Y OTROS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN	40
3.3.1 Gases inflamables del incendio	40
3.3.2 El color de los gases de incendio	41



<b>4. PRINCIPIOS DE LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS</b>	<b>44</b>
4.1 ELIMINACIÓN DEL COMBUSTIBLE	44
4.2 SOFOCACIÓN O INERTIZACIÓN	45
4.3 ENFRIAMIENTO	45
4.4 INHIBICIÓN O ACCIÓN CATALÍTICA NEGATIVA	46
<b>5. AGENTES DE EXTINCIÓN</b>	<b>48</b>
5.1 INTRODUCCIÓN	48
5.2 AGUA	48
5.3 ESPUMAS	50
5.4 POLVO EXTINTOR	52
5.5 DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> )	53
5.6 HIDROCARBUROS HALOGENADOS (HALONES)	54
5.7 AGENTES LIMPIOS	54
5.8 AGENTES EXTINTORES PARA FUEGOS DE METALES (CLASE D)	55

# 1

## *CONCEPTOS BÁSICOS DEL FUEGO*

- 1.1. INTRODUCCIÓN
- 1.2. CONCEPTOS QUÍMICOS BÁSICOS
- 1.3. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE LA COMBUSTIÓN
- 1.4. COMPORTAMIENTO FRENTE AL CALOR Y AL FUEGO DE LOS MATERIALES
- 1.5. TIPOS DE FUEGOS
- 1.6. TRANSMISIÓN DE CALOR
- 1.7. PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN

# 1. CONCEPTOS BÁSICOS DEL FUEGO

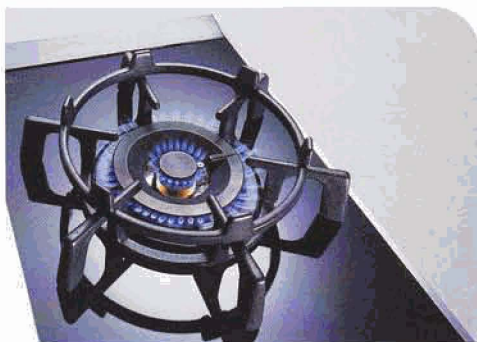


8

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El fuego ha jugado un papel fundamental en la evolución de la humanidad. Su utilización ha sido clave para el desarrollo tecnológico y ha contribuido al avance de la sociedad.

Sin embargo cuando se pierde el control del fuego se produce el incendio, con todas las pérdidas y daños que de ello se deriva. Un incendio, por tanto, es un fuego incontrolado.



Fuego

Para dominar y controlar el fuego, para evitar que el incendio se produzca y para extinguirlo en el caso de que llegue a suceder, es necesario conocer la esencia del fuego.



Incendio

La norma UNE-EN ISO 13943 define **fuego** como: *combustión autosoportada que ha sido deliberadamente puesta en marcha para beneficiarse de sus efectos y que está controlada en su duración y extensión espacial*. La definición de **incendio** en la misma norma es: *combustión autosoportada que se propaga incontrolada en el tiempo y en el espacio*.

En castellano, coloquialmente no se hace esta diferenciación precisa entre fuego e incendio, y en muchos casos denominamos fuego a lo que siendo estrictos deberíamos llamar incendio.





En una reacción endotérmica, los productos que se forman contienen más energía que los reaccionantes. Para que la reacción continúe, es necesario un aporte constante de energía.

En una reacción exotérmica, los productos que se forman contienen menos energía que los reaccionantes. El diferencial de energía se puede desprender de varias formas, pero por lo general lo hacen en forma de calor. Cuando la cantidad de energía que se desprende en una reacción es muy elevada, se emite radiación luminosa o llamas.

En un fuego se producen reacciones de ambos tipos, siendo más importantes las exotérmicas.

En una reacción exotérmica, parte de la energía se disipa al ambiente, provocando los efectos térmicos derivados del incendio, y el resto revierte en forma de calor sobre los reactivos, aportando la energía de activación necesaria para que el proceso continúe.

10

#### 1.2.4 TETRAEDRO DEL FUEGO

Aunque los procesos de combustión son muy complejos, se pueden representar mediante un triángulo en el que cada uno de sus lados representa a uno de los tres factores esenciales para producir un fuego: combustible, oxidante y energía, tal como se representa en la figura 1.

Esta representación se aceptó durante mucho tiempo. Sin embargo muchos fenómenos anómalos no podían explicarse completamente mediante este triángulo. Para poder explicar tales fenómenos, es necesario incluir un cuarto factor: la existencia de reacciones en cadena.

Para ello se ha propuesto una nueva representación de las condiciones necesarias para que se produzca un fuego, en forma de tetraedro, reproducido en la figura 2.

La razón para emplear un tetraedro y no un cuadrado es que cada uno de los cuatro elementos está directamente en conexión con los otros tres. El retirar uno o más de los cuatro elementos del tetraedro hará que éste esté incompleto y, por consiguiente, el resultado será la extinción de la reacción.

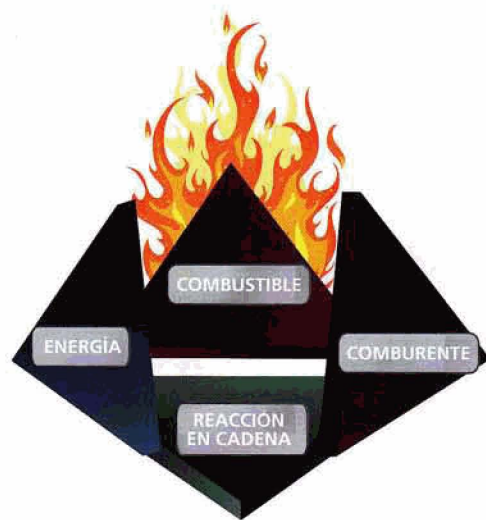


Figura 2. Tetraedro del fuego.



Figura 1. Triángulo del fuego

























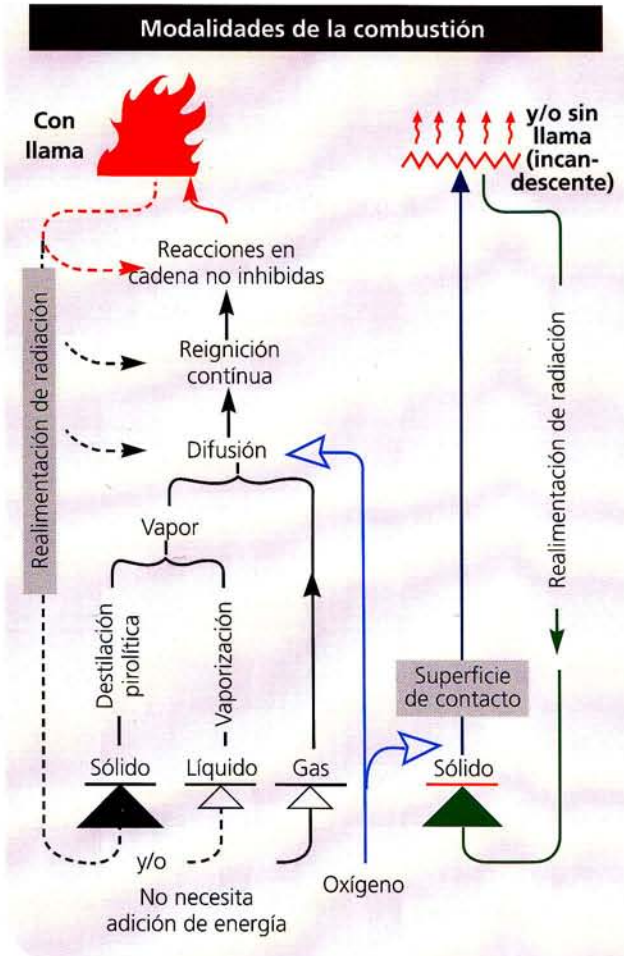


## 1.5.2 SEGÚN EL TIPO DE RADIACIÓN LUMINOSA

El proceso de combustión puede tener lugar de dos formas diferentes: con llama (en el que se incluyen las explosiones) y superficial sin llama (en el que se incluyen las incandescencias y las ascuas de incandescencia profunda).

Los requisitos para la existencia de una combustión continua se representa en la figura. Tal como se ve en esta figura la combustión con llama se asocia con velocidades de combustión relativamente altas, expresadas en términos de liberación de energía térmica, a partir de la energía química existente en los enlaces entre átomos, que, en unión a la relación peso-tiempo y del calor específico de los productos gaseosos de la combustión del cuerpo emisor, determinan la temperatura de la llama.

Aproximadamente, las dos terceras partes del calor liberado pasan al ambiente circundante por convección, y una tercera parte en forma de flujo calorífico de radiación.



En condiciones de equilibrio, la energía térmica generada y la pérdida en el ambiente, ambas medidas en función del tiempo, deben igualarse. Si la primera supera la segunda, el fuego aumenta; inversamente, si la segunda supera a la primera, el fuego disminuye. Este proceso depende en gran medida de la temperatura.

Los líquidos y los gases inflamables arden siempre con llama. La velocidad de combustión de los gases es muy rápida, por lo que en muchos casos puede producirse la explosión.

La mayor parte de los plásticos sólidos pueden considerarse como líquidos inflamables solidificados y, como tales, funden antes de su combustión, cuando hay una realimentación térmica suficiente.

La característica común a estos combustibles es que se vaporizan y mezclan con el oxígeno antes de la combustión.

Algunos de los casos en que coexisten ambos tipos de combustión son: combustibles carbonosos sólidos, tales como el carbón, carbohidratos sólidos, como los azúcares; las linginas y celulosas sólidas, como la madera, la paja, el esparto y otras materias vegetales similares, y los plásticos termoendurecibles, que no funden. En estas últimas materias, la combustión empieza con llama y pasa de forma gradual hacia una fase sin llama, durante la cual ambos modos actúan simultáneamente. Al final cesa la llama y prosigue la combustión residual sin llama.



Algunos ejemplos de combustión sin llamas son la del carbono puro y la de algunos metales fácilmente oxidables, como el magnesio, aluminio, circonio, uranio, sodio, potasio, etc.

Estos últimos arden con temperaturas característicamente altas, que oscilan entre 1500°C y 2000°C.

En la combustión incandescente o sin llama no se producen reacciones en cadena, por lo que estas combustiones pueden representarse por medio del clásico triángulo del fuego.





















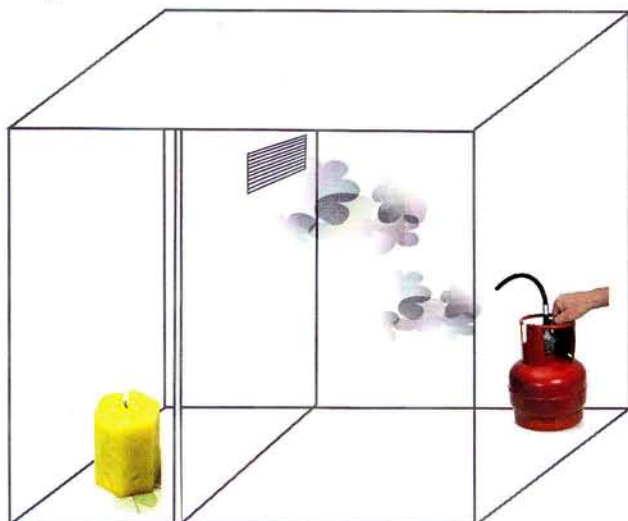




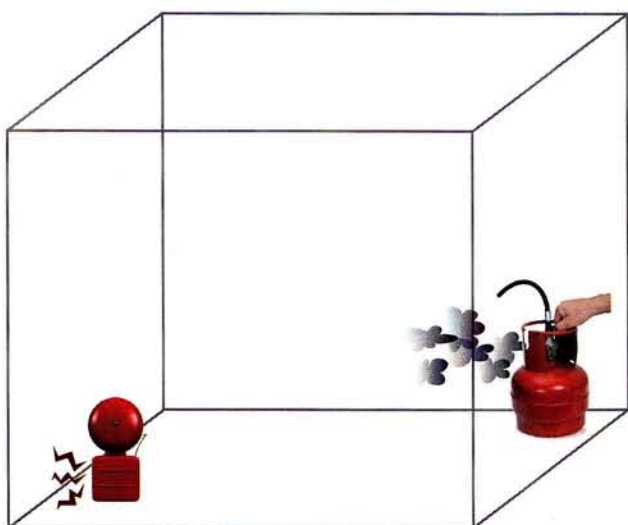




donde se encuentre en ese momento la concentración de gases.



**Las fuentes de ignición intermitentes** son aquellas que se activan de forma esporádica como, por ejemplo, la puesta en marcha de una nevera o el zumbador de un timbre. Al igual que en el caso anterior el tipo de efecto a que dan lugar será en función de la concentración de gases en el momento en que ésta se active.



## 2.6 TIPOS DE LLAMA

### 2.6.1 LLAMAS DE DIFUSIÓN

Son las llamas que de forma natural se generan en un incendio y con las que se encuentran los bomberos en sus intervenciones. Este tipo de llama se forma en el lugar donde el combustible y el aire se encuentran, sin mezcla previa.

La difusión simplemente supone una mezcla por contacto superficial entre dos volúmenes, y en el contexto de las llamas, es donde el gas inflamable (o vapor) se encuentra de forma natural con el oxígeno que hay en el aire y donde tiene lugar la combustión. La zona donde se produce este fenómeno es poco extensa y se llama la zona de reacción.



Llama difusión

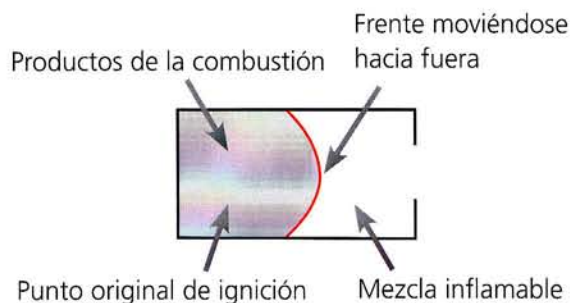


Llama de premezcla

### 2.6.2 LLAMAS DE PRE-MEZCLA

Este tipo de llama aparece cuando el gas inflamable y el aire se mezclan antes de la ignición. Solo se pueden dar en combustibles gaseosos. La mezcla solamente arderá si la concentración de combustible y aire está dentro de su rango de inflamabilidad. Son las llamas que se generan en un mechero bunsen, en un soplete de oxicorte o las que vemos salir cuando se produce un Backdraught, según se explica más adelante.

Si se aplica una fuente de ignición (chispa o llama) a una mezcla que está dentro de su rango de inflamabilidad, la mezcla que rodea la fuente de ignición arderá en forma de llama. Esta llama se moverá (propagará) rápidamente inflamando más volumen de mezcla. Este proceso de expansión rápida continuará hasta que toda la mezcla que está dentro de su rango de inflamabilidad se haya inflamado. Según la mezcla arde, se expandirá, aumentando su volumen y empujando el frente de la llama hacia fuera desde el punto de ignición, como la superficie de un globo que se hincha con rapidez.



*Dibujo que muestra el frente de llama moviéndose en un recinto que contiene una pre-mezcla inflamable.*







































