de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado; de protección contra incendios, la cocina y otros aparatos eléctricos, los sistemas de distribución eléctrica, de agua y de gas. Las zonas examinadas no se deben limitar a las afectadas por el fuego. El análisis de los sistemas que tengan poca o ninguna relación con los daños producidos por el fuego, puede ayudar después a identificar su causa.

15.5 Examen detallado de las superficies externas. Cuando haya terminado la evaluación preliminar del lugar, deberá analizar el edificio con más detalle. El objetivo de este análisis es identificar dónde comenzó el fuego, y empieza por un examen de las superficies externas.

Aunque esté claro que el fuego se ha originado en el interior del edificio, no hay que dejar de hacer este análisis externo. Las observaciones, planos y fotografías pueden aclarar al investigador aspectos del edificio, ayudarle a establecer cómo ha ardido y a documentar detalles que pueden resolver temas todavía no planteados.

15.5.1 Estado previo al incendio. Hay que determinar el estado del edificio antes del incendio. Detalles como su estado de conservación, estado de los cimientos y chimeneas, daños por carcoma, estado de mantenimiento de los sistemas de supresión de incendios, etc., pueden aportar datos significativos. La documentación de estos datos en este momento puede ser la única oportunidad de hacerlo.

15.5.2 Servicios públicos. El investigador debe localizar y documentar los servicios del edificio, como el tipo y capacidad nominal de la instalación eléctrica y el tipo de gas utilizado. Debe anotar las lecturas de todos los contadores. También debe anotar la posición de los depósitos de combustible y su modo de conexión al edificio.

15.5.3 Puertas y ventanas. El investigador debe documentar el estado de todas las puertas y ventanas, sobre todo las que dan acceso al edificio. Debe anotar si la puerta está rota o intacta y si ha sido forzada. Debe anotar los medios de cierre de la puerta, como cerrojo, candado, etc. Si la puerta está rota, el investigador deberá establecer si lo ha sido antes o después de que se declarara el incendio. En algunos casos esto lo podrá hacer inspeccionando la madera astillada y anotando si está quemada o sin quemar, limpia o manchada de humo. A veces es posible hacer nuevas observaciones para saber si la puerta estaba abierta o cerrada durante el incendio, fijándose en si las superficies ocultas de las jambas o bisagras están sucias de humo o no.

Las superficies limpias indican que la puerta estaba cerrada cuando se produjo el humo. Sin embargo, las superficies sucias de humo no siempre indican que la puerta estaba abierta. Si se acumula el humo en gran cantidad y crea una diferencia de presión entre una parte y otra de la puerta, el humo puede pasar por las rendijas que queden alrededor de la puerta y manchar esas superficies. Esas diferencias de presión se pueden deber al aumento de temperatura producido por el humo, al movimiento del aire producido por los ventiladores del aire acondicionado o de renovación del aire, a los efectos del viento o al efecto de flotabilidad (chimenea) causado por la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del edificio.

Hay que anotar el estado de las ventanas y los cristales. Respecto a la posición de las ventanas durante el incendio, se puede decir lo mismo que con las puertas. Con los cristales rotos, la situación de los trozos puede indicar cuál ha sido la causa de la rotura. Si el fuego rompe las puertas o ventanas, la mayor ventilación afecta a la velocidad de combustión y a la propagación del fuego dentro del edificio. El investigador debe tratar de saber si la apertura de una puerta o ventana se ha producido antes, durante o después de la extinción del fuego.

15.5.4 Pruebas de explosiones. Se debe anotar cualquier desplazamiento de las superficies externas, la distancia de los trozos desplazados y la magnitud del movimiento de las paredes y tejados. Si es posible, esto se debe anotar en un plano del edificio. En el mismo plano se anotarán también las superficies carbonizadas y las marcas de humo en las superficies ocultas que hayan quedado expuestas por el desplazamiento de algún componente estructural. En el capítulo 18 hablaremos con más detalle de las explosiones.

15.5.5 Daños producidos por el fuego. Se deben anotar los daños producidos por el fuego en las superficies externas, el investigador debe poner la máxima atención a los daños producidos en relación con las aberturas naturales y provocadas. Las puertas, ventanas y aberturas de ventilación son el paso natural del humo y el calor y pueden indicar la dirección del fuego y de los productos de la combustión. Las aberturas provocadas son las producidas por el fuego o durante las tareas de extinción. Las producidas por el fuego indican una zona donde se ha producido una combustión intensa en el interior del edificio. Los agujeros distantes creados por el fuego pueden indicar que ha habido varios orígenes, que hay una mayor carga de fuego concentrada o simplemente que el fuego se ha propagado hasta esas zonas, provocando un mayor impacto en una zona más vulnerable de la superficie extema del edificio.

Los agujeros originados por las actividades de extinción suelen ser generalmente entradas forzadas, agujeros para dar salida a los gases de la combustión o para luchar contra el fuego. Las aberturas de ventilación pueden afectar enormemente al movimiento del fuego dentro del edificio, dando lugar a marcas que parecen anormales El investigador debe investigar estos daños con gran cuidado, contrastándolos con el personal de protección contra incendios para saber lo que ha sucedido en el interior del edificio al aumentar la ventilación. Tales pruebas pueden ser útiles para evaluar la propagación y los efectos del luego, con métodos como el diagrama de vectores.

15.6 Examen detallado de las superficies interiores. Antes de dar ninguna opinión sobre el origen de un incendio, generalmente se hace un examen detallado de las superficies interiores del edificio. En la mayoría de los incendios en edificios, su origen se halla en el interior de los mismos y no es posible determinarlo exactamente examinando sólo las superficies externas. Aunque esté claro que el fuego no ha comenzado en el interior del edificio, se debe hacer un análisis documentado del mismo. Además de establecer su origen, en la investigación de un incendio hay que fijarse en muchas otras cosas. Las lotografias y planos del interior pueden ofrecer respuesta a preguntas que surjan de esas cuestiones.

Para el examen de las superficies interiores del edificio se seguirá un procedimiento similar al de las exteriores. Para el análisis de los daños del fuego, se aplicarán las mismas técnicas descritas en la sección 15.5.

15.6.1 Estado anterior al incendio. Hay que anotar el estado del interior del edificio antes del incendio sobre todo en las zonas donde el fuego se declaró y se propagó. Hay que anotar el estado de mantenimiento o la falta de él. También la presencia de cualquier prueba de concentración de materiales fácilmente combustibles, como basura. El investigador debe anotar si los aparatos eléctricos eran utilizados debidamente. Por tanto, también anotará cualquier indicación de que pueda haber habido sobre cargas eléctricas, desgastes de los cables, mal uso de los aparatos eléctricos, etc. Estos

indicadores no sólo ayudan a determinar la causa del incendio, sino que pueden apoyar o descartar hipótesis sobre su origen.

Hay que localizar todos los dispositivos internos de protección o extinción del fuego, como alarmas de humo extintores, puertas cortafuegos, etc. El investigador debe anotar si están en perfecto estado y si funcionaron bien durante el incendio. También debe anotar si fueron desactivados o si su mantenimiento era insuficiente.

El investigador debe anotar la carga de fuego que haya en el interior del edificio, si es coherente con lo que sería de esperar y si puede haber contribuido a.la propagación del fuego. Los datos sobre carga de fuego deben incluir todos los revestimientos y guarnecidos de las superficies interiores del edificio.

El objetivo último de esta inspección es si el estado del edificio anterior al incendio pudo haber contribuido o no, y en qué medida, al origen, causa o propasación del mismo.

15.6.2 Instalaciones. El investigador debe localizar y anotar el estado de las instalaciones de los servicios del edificio. En una casa, puede limitarse a fotografiar el cuadro de distribución, pero si se trata de un gran edificio industrial, quizá tendrá que estudiar toda la instalación eléctrica. En cualquier caso debe establecer el tipo y método de distribución de la electricidad y los daños producidos en la instalación.

También debe localizar y describir la instalación de gas. El objeto de este examen es determinar si el gas puede haber contribuido a la propagación del fuego. Si el examen revela que el gas combustible puede haber desempeñado un papel en la propagación del fuego, el investigador deberá examinar la instalación en detalle y hacer pruebas de presión por si hubiera fugas. Recuerden que los incendios pueden hacer, y de hecho hacen, que un sistema de gas en perfecto estado tenga fugas.

15.6.3 Explosiones. Para el examen del interior del edificio se debe seguir el mismo procedimiento que para el examen de sus superficies externas. Hay que anotar cualquier desplazamiento de las estructuras interiores, incluidas las distancias y direcciones. Si es posible, se debe localizar el centro de los daños producidos por la explosión.

Si la investigación establece que se ha producido una explosión, el investigador debe tratar de establecer si la explosión fue anterior al incendio o posterior a que éste se declarara. Esto se puede determinar a veces anotando el estado de las superficies normalmente ocultas o protegidas, como el interior de las paredes. Los componentes sin quemar del edificio que se encuentren fuera del perímetro del mismo, pueden ser también indicativos de que ha habido una explosión anterior al incendio. Las explosiones postenores al incendio pueden producir llamaradas que se proyecten fuera del edificio. Para una explicación más detallada de las explosiones, véase el capítulo 18.

15.7 Reconstrucción del lugar de un incendio. El objetivo de esta reconstrucción es recrear lo más exactamente posible el estado en que se encontraba el lugar antes del incendio. Tal reconstrucción permite al investigador ver las marcas que ha dejado el fuego en las superficies expuestas y le debería permitir hacer una hipótesis más exacta de su origen. Otra ventaja es la probabilidad de que una inspección completa del lugar del incendio permita a otras personas observar mejor las marcas producidas. Para establecer el estado del lugar antes del incendio pueden resultar útiles las entrevistas, diagramas, fotografías y otros medios.

Puesto que de la evaluación preliminar del lugar ya se habían establecido las áreas que requerían un mayor estudio la tarea de reconstrucción del lugar del incendio puede que no requiera la retirada de los escombros y la colocación del contenido en todo el interior del edificio Como ya hemos dicho anteriormente, la evaluación preliminar del lugar de los hechos no se debe hacer a la ligera. Un análisis cuidadoso del lugar del incendio puede ayudar a reducir a un nivel normal la dura tarea de quitar los escombros. Si no se puede reducir la zona que se quiera reconstruir, el investigador debe aceptar que es necesario quitar los escombros de toda la zona destruida.

15.7.1 Seguridad física. Otra consideración importante durante los trabajos de examen del lugar de los hechos es la seguridad física. La retirada de escombros puede hacer que el edificio se debilite y se derrumbe. También puede descubrir agujeros en el suelo y dejar al descubierto cables eléctricos con corriente. Una novedad reciente es la detección por el investigador del riesgo de que haya sustancias peligrosas. Los riesgos que se encuentren durante la investigación se deben eliminar antes de continuar. Para una explicación más detallada de los aspectos de seguridad, véase el capítulo 10.

15.7.2 Retirada de escombros. Es esencial retirar adecuadamente los escombros. Si esta tarea se hace mal, pueden quedar visibles sólo parte de las marcas que haya dejado el fuego, lo que puede llevar a una mala interpretación de las mismas. La investigación del lugar de un incendio es un trabajo duro y sucio. El primer paso para una buena investigación es aceptar estos hechos.

La retirada de escombros durante las tareas de reconstrucción es algo que afecta al investigador. Los bomberos que retiran los escombros y restos del lugar del incendio, pueden retirar también pruebas y hacer más difícil la determinación del origen del siniestro. Durante la fase de extinción del fuego hay que procurar no alterar el lugar más de lo necesario para conseguir la extinción. Si las circunstancias exigieran una alteración importante del lugar, hay que hacer todo lo posible por documentar el estado del mismo antes de cambiarlo.

El investigador debe pensar dónde se deben depositar los escombros durante la reconstrucción. Mover los escombros dos veces es contraproducente. Esta actividad se debe realizar de manera racional y sistemática, es decir, los escombros se deben ir retirando en capas e ir documentando el proceso a medida que avanza. Si la retirada la hace más de un investigador, deben discutir la finalidad de la misma y lo que esperan encontrar. Esta discusión previa puede evitar que un investigador tire algo que en opinión de otro es importante.

15.7.3 Contenidos. El contenido y sus restos descubiertos durante la retirada de escombros se debe anotar, así como su posición, estado y orientación. Eso es importante para volver a poner esos elementos en la posición en que estaban antes del incendio. Una vez retirados los escombros, todo el contenido se debe situar en la posición en que estaba al declararse el incendio para analizar las marcas de fuego que hayan quedado sobre el mismo.

Si el contenido se ha desplazado durante las actividades de extinción, volverlo a colocar donde estaba puede resultar mucho más difícil. Normalmente, en el sitio donde haya estado un objeto debe quedar alguna señal, como las pequeñas señales que dejan sobre el suelo las patas de una mesa. El problema es saber qué pata va en cada señal. Si no es posible establecerlo perfectamente, ese objeto no se debe incluir en la reconstrucción del lugar de los hechos. Cualquier hipótesis sobre la orientación que tenía el objeto puede ser errónea, dando lugar a datos falsos en el proceso de análisis. Otra alternativa es documentar el contenido en todas sus posiciones probables, con la esperanza de que los datos posteriores puedan determinar su orientación exacta.

15.7.4 Modelos de reconstrucción. En los últimos años, el desarrollo de la ciencia y tecnología del fuego ha dado lugar a diversas herramientas analíticas derivadas de la física y química del fuego y de las medidas de las propiedades de los materiales. Muchos de estos datos se presentan en forma de cálculos interrelacionados, que se llaman modelos de incendios. Las técnicas de reconstrucción analítica constituyen una herramienta adicional para el análisis del fuego y la determinación de su origen. Hasta hace muy poco, estos modelos exigían grandes ordenadores y un alto nivel de experiencia científica para poder aplicar y entender el significado y validez de los resultados.

Actualmente ya contamos con una serie de herramientas analíticas más fáciles y sencillas de interpretar. Algunas incluso se pueden utilizar con pequeñas calculadoras de mano, aunque la mayoría requieren el uso, como mínimo, de los modernos ordenadores personales. Como nuevas herramientas, estos modelos de incendios requieren distintos grados de experiencia por parte del usuario. En general, el usuario de estos modelos debe asegurarse de si el método utilizado es adecuado, de si los datos están bien introducidos y si los resultados están bien interpretados. Los que no estén suficientemente informados como para utilizar estos modelos con confianza, no deben utilizar unilateralmente tales métodos.

Los usuarios incompetentes no deben usar estas herramientas analíticas sin la orientación y ayuda de una persona responsable. Pero dado el valor de estas herramientas, sería interesante que todos los que participan en la investigación del fuego las conozcan y las estudien, para poder utilizar las más adecuadas a sus posibilidades y necesidades

15.8 Hipótesis sobre la propagación del fuego. Cuando, a partir del examen de las superficies externas e interiores del edificio, haya recopilado todos los datos posibles, el investigador debe hacer una hipótesis sobre cómo se ha propagado el fuego en el edificio. El objeto de esta hipótesis es llegar a establecer la zona de origen del incendio. Si la hipótesis entrara en contradicción con otras, se debe reconocer así y tratar de resolverla. Si no es posible una solución, hay que volver a evaluar la hipótesis hasta que las contradicciones sean mínimas. Para resolver las contradicciones hay que volver a examinar los datos por si se encuentra otra razón de por qué se han producido así los daños. Se puede pedir ayuda a otros investigadores para evaluar los daños producidos por el fuego y buscar una explicación. En último término se deben sopesar las distintas contradicciones y decidir si la hipótesis sobre la zona de origen del incendio es válida.

Una vez determinada la zona de origen, hay que situar e identificar todas las posibles fuentes de ignición para encontrar un punto de origen dentro de esa zona.

Si no se puede hallar el punto de origen, la determinación de la causa del fuego es muy difícil. En algunos casos, si no es posible determinar el origen, se puede buscar un testigo que haya visto el incendio en su etapa inicial y pueda ofrecer al investigador una idea sobre la zona de origen. Todas estas circunstancias exigen al investigador del incendio un gran esfuerzo para encontrar los posibles hechos que puedan apoyar o desmentir las declaraciones de los testigos.

15.9 Combustión total. Un incendio que arde sin dificultad hasta autoextinguirse debido a la falta de combustible, puede presentar grandes problemas al investigador. Sin embargo, esto no quiere decir que no haya que investigar el lugar de los hechos. Aunque tales circunstancias producen en general situaciones en las que es imposible determinar el origen y la causa, se pueden obtener datos valiosos si se someten a un análisis minucioso y sistemático.

La información que debe conseguir el investigador es una descripción física del edificio y del tipo de construcción. Esta información se puede obtener de un agente de seguros, de las autoridades inmobiliarias locales y de los funcionarios del ayuntamiento. También hay que consultar a las compañías suministradoras de agua, gas y electricidad sobre la utilización pasada y presente de sus servicios por el edificio.

En cuanto al tipo de ocupación, se puede consultar a un agente de seguros, los funcionarios del ayuntamiento y a los vecinos. Aunque en la visita inicial al lugar de los hechos no se vea más que un agujero en el suelo lleno de escombros, el lugar se debe investigar sistemáticamente. Se debe hacer una inspección metódica y lenta a partir del perímetro, recorriéndolo todo y anotando e inspeccionando todas las cosas reconocibles. Se debe levantar un plano de planta con la situación de todas esas cosas.

La inspección hacia dentro del perímetro permitirá comprobar el plano de planta del edificio. Los materiales no combustibles del edificio se encontrarán generalmente casi directamente debajo del sitio en que estaban antes del incendio. Esto permitirá por lo general al investigador identificar los cuartos de baño, cocinas, cuartos de calderas, etc.

A veces, la posición vertical de contenido ayudará al investigador qué planta ocupaba dentro del edificio. Por ejemplo, los cabeceros de las camas de los dormitorios del segundo piso generalmente estarán encima del contenido de las habitaciones del primer piso que hubiera debajo. Entre ambos elementos se encontrarán los escombros.

Una vez terminada la evaluación inicial del lugar, se deberán quitar con cuidado los escombros y localizar, identificar y estudiar el contenido del edificio. Una de las ventajas de este tipo de destrucción completa es que el lugar se ve apenas alterado por otros investigadores anteriores o por las operaciones de desescombro.

El objeto de examinar el contenido es determinar si los elementos no combustibles hallados corresponden al tipo y cantidad de dichos elementos que serían de esperar en un edificio dedicado a ese uso. Los edificios residenciales contendrán sobre todo elementos como neveras y sistemas de calefacción y la mayoría otros elementos como aparatos de televisión y cocinas. Todas estas cosas sobreviven en cierta medida, incluso a los incendios más violentos.

Otra finalidad de estudiar el contenido es anotar los distintos efectos del calor sobre cada elemento. Si el contenido de una zona del edificio presenta restos de metal fundido mientras que en otra zona no, el investigador puede suponer que la temperatura en la primera zona ha sido superior a la de la segunda. Si los restos metálicos estaban muy oxidados, este examen puede ser imposible.

Los lugares que han sufrido una combustión total presentan problemas particulares, pero eso mismo sucede en otros casos. Aunque el principal objetivo del investigador del incendio es determinar su origen y causa, también puede haber otras cosas que resulten de interés para terceros. Un examen cuidadoso del lugar donde se haya producido una combustión total puede responder a preguntas planteadas por esas terceras partes, incluso mucho después de que se haya limpiado la zona siniestrada.

Capítulo 16 Determinación de las causas

16.1 General. Aunque el objetivo de este capítulo es la determinación de la causa del fuego o la explosión, se asume que el propósito de las investigaciones de incendios es a menudo mucho más amplio. La meta ideal de cualquier investigación de incendios es llegar a una conclusión correcta sobre las características significativas de un incendio o un fuego específico. Las características significativas se pueden agrupar en los siguientes cuatro grupos:

(a) Causa del fuego o la explosión. Característica que incluye consideraciones sobre las circunstancias, condiciones, o agentes que juntaron un combustible, una fuente de ignición y un oxidante (como el aire o el oxígeno), que llevan a una fuego o una explosión.

(b) Causa del daño a la propiedad como consecuencia de un incidente. Característica que incluye consideración de aquellos factores responsables de la propagación del incendio y dimensión de la pérdida, incluyendo la adecuación de la protección contra incendios, la suficiencia de la construcción del edificio, y la contribución de cualquier producto para propagar el humo y las llamas.

(c) Causa de las muertes o lesiones de las personas. Característica que trata sobre los elementos de seguridad personal, como la adecuación de los sistemas de alarma, suficiencia de las vías de evacuación o refugios de protección, papel que juegan los productos que emiten elementos tóxicos peligrosos para las personas, y la razón de las muertes o lesiones de los bomberos.

(d) Grado en que el error humano contribuyó a uno o varios de las elementos descritos anteriormente en (a), (b) y (c). Esta característica trata del factor humano en la causa o propagación del incendio, o en las muertes o lesiones personales. Se centra en actos y omisiones que contribuyeron a las pérdidas, como el incendio provocado y las negligencias. La causa de un incendio o las causas de lesiones y muertes se pueden agrupar en muchas categorías para su discusión, para determinación de la responsabilidad o culpabilidad legal, o información. Los sistemas de información local, estatal o federal, o los sistemas legales pueden tener definiciones alternativas que se deberían aplicar según sea necesario.

La determinación de la causa de un incendio requiere la identificación de las circunstancias y factores necesarios para que se produjera el fuego. Por ejemplo, entre otros, el aparato o equipo que se ha visto implicado en la ignición, la presencia de otra fuente de ignición compatible, el tipo y forma del material que ardió primero y las circunstancias o hechos humanos que concurrieron para juntar todos esos factores, de modo que se produjera el incendio. El investigador puede que no tenga o no se le haya dado la responsabilidad para analizar todos los elementos descritos en esta sección, según lo exija la investigación.

La causa de un incendio concreto puede implicar varias circunstancias y factores. Por ejemplo, pensemos en un fuego que empieza porque se quema una manta debido a una bombilla incandescente en un armario. Esos factores serían una bombilla colgando muy cerca de un estante, un combustible puesto muy cerca de la bombilla y la bombilla que ha quedado encendida mientras no se usaba el armario. La ausencia de cualquiera de estos factores podría haber evitado el incendio. La función del investigador es identificar esos factores y circunstancias que han contribuido a la causa.

16.2 Clasificación de las causas. La causa de un incendio se puede clasificar como accidental, natural, provocada o indeterminada. El término sospechoso no es una descripción exacta de la causa de un incendio. La mera sospecha no es un nivel aceptable de prueba para establecer la causa de acuerdo con lo propugnado en esta guía, por lo que se debería evitar; estos incendios se deberían clasificar como no determinados.

16.2.1 Causa accidental de un incendio. Se incluyen en las causas accidentales de un incendio todos los casos en que la causa probada no supone un acto humano deliberado para iniciar o propagar el fuego a una zona donde no se debería haber propagado. En la mayoría de los casos esta clasificación es clara, pero algunos incendios deliberadamente provocados podrían también ser accidentales. Por ejemplo, un fuego de basuras en un vertedero legal puede haberse propagado por una ráfaga repentina de viento. La propagación del fuego es accidental, aunque la causa inicial pudiera haber sido deliberada.

16.2.2 Causa natural de un incendio. Las causas naturales de un incendio son aquellas en las que no hay intervención humana directa, como los rayos, terremotos, viento y similares.

16.2.3 Causa provocada de un incendio. El incendio provocado es aquel que se ha iniciado en circunstancia en que una persona sabe que no debería haber encendido fuego.

16.2.4 Causa indeterminada de un incendio. Si no se puede probar cuál ha sido la causa de un incendio, se debe clasificar como indeterminada. Eso permite seguir investigando la causa y quizá determinarla posteriormente. Si el investigador no puede identificar todos los componentes de la causa de un incendio, no siempre tiene que clasificarla como indeterminada. Si las pruebas físicas apuntan a un factor, como la presencia de un acelerante, eso puede ser suficiente para establecer la causa aunque no se puedan determinar otros factores, como la fuente de ignición.

Estas situaciones se dan también en menor grado en los incendios accidentales. La determinación de la causa en tales situaciones es más subjetiva. Por tanto, el investigador debe tratar de ser lo más objetivo y abierto posible durante la investigación.

16.2.5 Proceso de eliminación. Cualquier determinación de la causa del fuego se debería basar en la presencia de pruebas más que en su ausencia; sin embargo, cuando está claramente definido el origen del incendio, a veces es posible hacer una determinación creíble sobre la causa del incendio, incluso cuando no hay pruebas de tal causa. Este descubrimiento se puede lograr con la eliminación lógica del resto de causas potenciales, siempre que la causa que permanezca sea consistente con los hechos conocidos.

Por ejemplo, un investigador adecuadamente puede concluir que la fuente de ignición fue una llama abierta, incluso si no se encuentra el aparato que la produce en el lugar de los hechos. Se puede llegar a esta conclusión de modo correcto si para ello, el análisis ha seguido el método científico descrito en el capítulo 2.

La eliminación, que involucra la prueba y rechazo de hipótesis alternativas, se vuelve muy complicada a medida que aumenta el grado de destrucción en la sala de origen, o no es posible en muchos casos. Siempre que el investigador proponga la eliminación de un sistema o equipo específico como fuente de ignición, deberá ser capaz de explicar cómo se diferenciaría el aspecto o estado actual del sistema o equipo si hubiera sido la causa del incendio. A veces no hay tales diferencias; por ejemplo, cuando un dispositivo calentador prende combustibles colocados demasiado cerca a él, el dispositivo puede que no tenga un aspecto diferente al caso en que cualquier otra cosa fuera la fuente de ignición.

La "eliminación de todas las causas accidentales" que lleva a la conclusión de que el fuego fue provocado, rara vez puede justificarse científicamente, utilizando sólo datos físicos; sin embargo, la "eliminación de todas las causas aparte de la aplicación de llama abierta" es un hallazgo demostrable en circunstancias concretas, donde el área de origen está claramente definido y el resto de fuentes potenciales de calor en el origen se pueden examinar y eliminar razonablemente. Se acepta que en los casos en los que se inicia un fuego por aplicación de llama abierta, puede que no queden pruebas de la fuente de ignición. Otras pruebas, como las que se listan en la sección 19.3., no necesariamente relacionadas con la combustión, pueden permitir la determinación de que el fuego fue provocado.

En una determinación de una causa accidental, se deben tomar en cuenta con cuidado las mismas precauciones que se toman en la eliminación de otras causas.

16.3 Fuente y forma del calor de ignición. La fuente de energía que ha causado la ignición estará en el punto de origen o cerca de él, aunque en algunas circunstancias parezcan no coincidir. Algunas fuentes de ignición permanecen en el punto de origen del incendio en forma reconocible, mientras que otras pueden quedar muy alteradas o completamente destruidas. No obstante, para que la causa se pueda demostrar hay que identificar la fuente. A veces, esa fuente sólo se puede suponer y la causa hallada será sólo la más probable.

Una fuente de ignición, para serlo, debe alcanzar la temperatura y energía suficiente y estar en contacto con el combustible el tiempo necesario para elevar su temperatura de ignición.
El proceso de ignición consta de generación, transmisión y calentamiento.

(a) La fuente de ignición debe generar un nivel de energía suficiente para elevar la temperatura del combustible hasta su punto de ignición y debe ser capaz de transmitir esa energía al combustible.

(b) La transmisión de la energía suficiente eleva la temperatura de combustible hasta su punto de ignición. Cuando la fuente de energía está en contacto directo con el combustible, como sucede en el caso de un cable recalentado con su aislante, la transmisión se hace por conducción directa desde la fuente hasta el combustible. Pero si hay una separación, debe haber un medio de transporte de la energía, que puede ser por contacto con los gases de la combustión de un objeto en llamas, por radiación de la llama o las superficies o gases calentados por ella o por una combinación de calentamiento por la corriente de gases calientes y por radiación.

(c) El calentamiento del posible combustible se debe producir por la energía que le llega. Cada combustible reacciona de modo distinto ante la energía que le afecta. Algunos la reflejan y otros la transmiten a través de todo su material. Parte de la energía se dispersa a través del material y otra parte lo calienta, haciendo que se eleve su temperatura. Para describir la respuesta de un material a la energía que le llega, utilizamos el término inercia térmica. La inercia térmica se define como el producto de la conductividad térmica, densidad y calor específico. Estas tres propiedades determinan de qué manera un material transmite calor desde su superficie expuesta hasta su centro o superficies no expuestas y se distribuye y absorbe el calor dentro de ese elemento. La temperatura superficial de un material con una baja inercia térmica (por ejemplo, la espuma de plástico) se eleva mucho más rápidamente cuando se expone a la energía de una fuente de alta temperatura, que la de un material con mayor inercia térmica (como un panel de madera). Los materiales delgados se calientan también mucho más rápidamente a partir de una fuente de energía dada.

Cuando haya identificado la zona y el posible punto de origen, el investigador debe identificar el aparato calorífico, sustancia y circunstancia que puede haber causado la ignición. Por aparato calorífico entendemos los calentadores fijos y portátiles, las cocinas o calderas de gas o eléctricas, los hornos, calentadores de agua, estufas de leña, bombillas, motores de combustión interna, secadoras de ropa y dispositivos incendiarios.

El investigador debe además buscar los aparatos que hayan funcionado mal. Por ejemplo, muchos de los anteriores, equipos de acometida eléctrica, cajetines, aparatos de cocina y lavandería, motores, transformadores y maquinaria pesada.

Las fuentes de ignición de los gases o vapores pueden ser los arcos de los motores con escobillas, los arcos de interruptores o conmutadores no protegidos contra explosiones, las luces piloto de gas o eléctricas o las llamas en los aparatos de gas.

Los gases o vapores inflamables, como los de la gasolina, pueden recorrer una gran distancia antes de llegar a una fuente de ignición. La ignición sólo se producirá en determinadas condiciones específicas, siendo la más importante la concentración dentro de los límites de inflamabilidad y una fuente de ignición de energía suficiente situada dentro de la mezcla inflamable. Esta separación de la fuente de combustible y el origen del incendio, puede dar lugar a confusiones.

Siempre que sea posible, hay que preguntar a los propietarios u ocupantes qué fuentes de ignición había en la zona de origen, cómo y cuándo se utilizaban y las recientes actividades en la zona. Esa recogida de información es especialmente importante cuando la fuente de ignición se ha destruido durante el incendio. Esa información también puede ayudar a alertar al investigador sobre objetos pequeños o que haya podido pasar por alto al examinar la zona de origen. Cuando piense en fuentes de energía eléctrica como posibles productoras del calor de ignición, el investigador deberá consultar el capítulo 6 de esta guía.

16.4 Primer material que ardió. El primer material que ardió (combustible inicial) es el primero que mantiene la combustión, fuera de la fuente de ignición. Por ejemplo, la madera de una cerilla no es el combustible inicial pero el papel, líquido inflamable o tapicería sí lo son si la cerilla se utilizó para quemarlos.

La forma física del combustible desempeña un papel importante en su capacidad para arder. Un combustible no gaseoso con una gran relación superficie-peso, arde mucho más fácilmente que otro con una baja relación superficie-peso. Ejemplos de combustibles con alta relación superficie-peso son los polvos, fibras y papel. Si el combustible inicial tenía una alta relación superficie-peso, la intensidad y duración de la fuente de calor resultan menos determinantes. Cuanto mayor sea la relación superficie-peso del combustible, menos energía debe producir la fuente de calor para quemarlo, aunque su temperatura de ignición sea la misma. Los gases y vapores se dispersan totalmente (es decir, alcanzan una relación máxima superficie-peso), por lo que pueden arder al instante incluso con una fuente de baja energía.

El combustible inicial puede formar parte de un aparato que funciona mal. Por ejemplo, el aislante de un cable que se pone al rojo por un exceso de corriente o la carcasa de plástico de una cafetera que se recalienta.

El combustible inicial puede ser algo que está muy cerca de un aparato que produce calor. Por ejemplo, la ropa cerca de una bombilla o de un radiador de calefacción, una viga de madera demasiado cerca de una estufa o chimenea de leña o combustibles demasiado cerca del tubo de escape o del catalizador de un motor.

El combustible inicial es importante para entender los acontecimientos que han dado lugar al fuego. Por ejemplo, si se encuentran restos de una cerilla sobre la superficie quemada del extremo de una mesa de madera en la zona de origen, no hay que sacar la conclusión de que la cerilla ha prendido la mesa de madera. Es casi seguro que la cerilla se apagó antes de que empezara a arder la madera. Puede ser incluso que la dejara allí un ocupante después de haberla apagado. ¿Fue un papel u otro combustible ligero el que pudo haber hecho llegar la llama a un sillón u otros combustibles? Hay que tener en cuenta que el combustible inicial debe ser capaz de arder dentro de los límites de la fuente de ignición.

En la mayoría de los edificios los componentes no son susceptibles de prender fácilmente. Por ejemplo, el entarimado, los muros de piedra, los maderos estructurales, los armarios de madera, y el enmoquetado, no prenden a no ser que estén expuestos a una importante fuente de calor. El investigador necesita identificar elementos quemados fácilmente que, una vez prendidos, podrían proporcionar la fuente de calor para dañar o afectar a esos elementos más difíciles de quemar.

Del combustible inicial pueden quedar residuos anormales,

producidos por la termita, el magnesio u otros materiales pirotécnicos.

Los gases y vapores pueden ser también el combustible inicial e inducir a confusión, porque el punto de ignición puede estar alejado del lugar donde empezó el fuego en el edificio o los muebles. Si la ignición da lugar a una explosión de baja potencia, es evidente que había gas, vapores o polvo. Los vapores que se desprenden de la gasolina pueden no arder violentamente de modo que, si no hay pruebas de que se haya utilizado un acelerante, una fuente de ignición alejada de donde se ha producido la llama puede resultar difícil de asociar con el fuego.

16.5 Factor (causa) de la ignición. El combustible solo o una fuente de ignición sola no producen un fuego. El fuego es el resultado de la combinación de la fuente y el combustible. Por tanto, el investigador debe tener mucho cuidado al establecer la causa de un incendio sólo porque pudiera haber un combustible y una posible fuente de ignición. La causa la determina el orden de los acontecimientos que ha permitido que la fuente de ignición y el combustible se junten.

Definir el orden de la ignición requiere establecer los hechos y condiciones que pudieran haberse producido o haber sido generados en el pasado. Además, habrá que determinar el orden en que se han producido. Tomemos por ejemplo un fuego en la cocina de un restaurante, que empezó al arder una freidora con aceite y se propagó por toda la cocina. La causa es más compleja que decir sencillamente «la freidora con aceite estaba muy caliente». ¿Estaba el mando en una posición muy alta? ¿Se pegaron los contactos? ¿Por qué el dispositivo de seguridad no evitó el recalentamiento? Esos son los factores que pueden establecer la diferencia entre un pequeño incidente y un grave siniestro. En todas las investigaciones se deben determinar todos los factores que han contribuido a la declaración y propagación del fuego e incluirlos en la explicación definitiva de la secuencia de ignición.

Se advierte al investigador que no debe desechar una causa sólo porque no tenga pruebas fehacientes de ella. Que no deseche el calentador eléctrico porque sus cables estén en buen estado y los contactos perfectamente separados. Evidentemente, tampoco se debe desechar la posibilidad de un incendio provocado porque el laboratorio no haya encontrado pruebas de acelerantes. La misma norma se aplica a las causas accidentales del incendio. Cualquier causa sólo se debe desechar si existen prueba definitivas de que no ha sido el origen del fuego. Se desechará el calentador eléctrico si no estaba enchufado. Se desechará que la causa ha sido una colilla si el fueeo se declaró en la habitación transcurridos más de 10 minutos después de que pasara un testigo fiable que no vio humo.

16.6 Determinación de la responsabilidad. Después de determinar el origen, la causa y el desarrollo del fuego o la explosión, puede que se pida al investigador hacer un análisis de fallo y determinar las responsabilidades. Sólo a través de la determinación de tal responsabilidad del incendio se pueden realizar códigos y estándares de prevención, seguridad personal contra incendios, o acciones legales civiles o criminales.

16.6.1 Definición de responsabilidades. Aquí se define la responsabilidad de un incendio o una explosión como la autoría de una persona u otra entidad de un suceso o secuencia de sucesos que causaron el fuego o la explosión, propagación del incendio, heridas personales, muertes, o daños a la propiedad.

16.6.2 Papel del investigador de incendios en la definición de responsabilidades. Aunque frecuentemente es papel del juzgado la definición de la responsabilidad última y asignar la responsabilidad civil, las medidas correctoras, la compensación o el castigo, el analista del incen dio debe identificar la responsabilidad de modo que se pueden tomar medidas sobre seguridad personal contra incendios, cumplimiento de la ley, o procesos legales.

16.6.3 Naturaleza de la responsabilidad. La naturaleza de la responsabilidad en un fuego o explosión puede ser una acción o una omisión. Puede ser algo que se hizo, accidental o intencionalmente, que finalmente llevó al fuego o a la explosión, o puede ser algún fallo en el intento de corregir o prevenir una situación que provocó el incidente, la propagación, las lesiones o los daños. Se puede atribuir la responsabilidad de un fuego o una explosión sin importar la clasificación o naturaleza de la causa: natural, accidental, incendiaria, o incluso no determinada.

Se puede atribuir la responsabilidad a una persona determinada u otra entidad por negligencia, conducta imprudente, responsabilidad de producto, incendio provocado, violaciones de códigos o estándares, u otras razones.

16.6.4 Grados de responsabilidad. La responsabilidad puede recaer en más de una persona. A menudo una serie o secuencia de sucesos o condiciones causan el incendio o la explosión y la propagación, lesiones y daños resultantes. Un análisis de fallos suele mostrar que un cambio en una o más de estas condiciones, actos u omisiones, podrían haber prevenido o mitigado el suceso. En este sentido, la responsabilidad puede recaera en más de una persona o entidad. En tal caso, se pueden establecer múltiples o varios grados de responsabilidad.

16.7 Opiniones. Para formarse una opinión a partir de las hipótesis sobre incendios o explosiones, el investigador debe establecer normas sobre el grado de confianza de esa opinión. La aplicación del método científico indica que cualquier hipótesis basada en un análisis de los datos recogidos en una investigación, debe soportar la prueba de un contraste razonable *(véase capítulo 2). [Véase Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc., 509 U.S. 579, 113 S.Ct. 2786 (1993).]*

En último término, la decisión sobre el nivel de confianza de los datos recogidos en la investigación o de las hipótesis extraídas de un análisis de esos datos corresponde al investigador. La opinión final será buena si lo son los datos en los que se basa esa opinión. Si el nivel de confianza de la opinión es sólo «posible» o «sospechoso», se debe decir que la causa del incendio es desconocida, indeterminada o que está siendo investigada.

Capítulo 17 Análisis de fallos y herramientas analíticas

17.1 Introducción. Este capítulo trata sobre los métodos disponibles de ayuda al investigador para el análisis de fuegos o explosiones, así como herramientas adicionales que necesitan una práctica especial. Estos métodos se pueden utilizar para analizar incendios de cualquier tamaño o complejidad. En muchos casos se utilizan para organizar de una forma lógica y racional la información recogida durante la toma de datos del suceso. También se pueden utilizar para identificar aspectos de la investigación que necesiten información adicional, o en los que se trabajará en el futuro.

17.2 Líneas de tiempo. Una línea de tiempo es una representación gráfica o narrativa de los sucesos relacionados con el incendio, ordenados cronológicamente. Los sucesos que refleja pueden haber ocurrido antes, durante o después del incendio. Esta herramienta de investigación puede mostrar las relaciones entre sucesos,

descubrir lagunas o inconsistencias en la información y las fuentes, ayudar en las entrevistas a los testigos y por otra parte ayudar en el análisis e investigación del suceso. También es útil como documento demostrativo. La valía de una línea de tiempo depende de la exactitud de la información utilizada.

Para construir la línea de tiempo, es necesario narrar los sucesos o actividades según han ido ocurriendo. Es importante determinar la confianza que tiene el investigador en el tiempo que va asignando a cada suceso o actividad. Un medio de hacerlo es identificar la calidad de los datos como tiempo preciso (real) o supuesto (estimado o relativo).

17.2.1 El tiempo preciso identifica un momento específico en el tiempo conectado directa o indirectamente a un reloj fiable o cronómetro de exactitud conocida. Es posible tener una línea de tiempo sin tiempos precisos; los tiempos precisos se pueden conseguir de algunas de las siguientes maneras:

(1) Llamadas de aviso o registro de comunicaciones vía radio con el cuerpo de bomberos.
(2) Avisos o registro de comunicaciones vía radio con la policía.
(3) Informes de servicio médicos de emergencia.
(4) Registro de sistemas de alarma (in situ, estación receptora, cuartel de bomberos, etc.).
(5) Informes de inspección de servicios.
(6) Informes de inspección sanitarios.
(7) Informes de inspección de incendios.
(8) Registros de las compañías de servicios públicos (de mantenimiento, de emergencias, de reparaciones).
(9) Fotos / vídeos privados (verificar con los fabricantes locales de las películas).
(10) Medios de comunicación (fotógrafos de periódicos, radio, televisión, revistas).
(11) Cronómetros (relojes, relojes de control, cronómetros de seguridad, reguladores de pH, sistemas de aspersores).
(12) Informes climáticos (NOAA, aeropuertos, servicios de seguimiento de rayos).
(13) Registros de propietarios / arrendatarios actuales o anteriores (mantenimiento).
(14) Entrevistas.
(15) Alarmas de bomberos por ordenador, cintas sonoras de comunicaciones, y transcripciones.
(16) Autorización de instalación de edificios o sistemas.

Véase también el capítulo 11 de este documento.

Normalmente los relojes y cronómetros no estarán sincronizados. Se deben registrar las discrepancias entre los diferentes relojes, y realizar los ajustes necesarios.

El tiempo supuesto puede ser tanto estimado como relativo. El tiempo relativo es el orden cronológico de sucesos o actividades que se pueden identificar en relación con el resto de sucesos o actividades. El tiempo estimado es una aproximación basada en la información o los cálculos que pueden o no ser relativos a otros sucesos o actividades. A menudo, los tiempos estimados o relativos se pueden determinar dentro de un rango conocido de exactitud, por ejemplo, circunscrito por dos sucesos conocidos o dentro de un rango de tiempo. Puede ser preferible informar de ellos como un rango de tiempo más que como un tiempo discontinuo.

El tiempo relativo puede ser muy subjetivo por naturaleza. El concepto de tiempo transcurrido varía según las personas y la tensión creada por el suceso. Es importante que los testimonios disponibles sean tan específicos como sea posible, relacionando sus acciones y observaciones con los otros testigos y el resto de sucesos. Todo tiempo relativo se basa en otro estimado. Es posible tener sucesos en los que el tiempo estimado no se puede relacionar con un tiempo preciso, pero son útiles para el análisis, y se denominan tiempos estimados. Los testimonios generalmente proporcionan los tiempos estimados o relativos.

17.2.2 Las fuentes de tiempos precisos listados en 17.2.1. son también fuentes potenciales de tiempos supuestos, junto con la estimación de tiempos para una actividad que se debe desarrollar, o un suceso que debe ocurrir.

Algunos sucesos son especialmente valiosos como arranque de una línea de tiempo, o pueden tener una relación significativa con la causa, propagación, detección o extinción de un incendio, y se denominan hitos; por ejemplo, los momentos de salida y llegada de los bomberos al lugar de los hechos en el informe del cuerpo de bomberos. Otros ejemplos pueden ser el colapso de la cubierta, la rotura de una ventana, o una explosión.

17.2.3 Es bastante probable que se necesiten dos o más líneas de tiempo para evaluar y documentar eficazmente las secuencias de hechos que condujeron al incendio, el incendio en sí, y la actividad tras el incendio. Estas líneas de tiempo se pueden denominar macro y micro.

Una evaluación macro de sucesos puede incorporar actividades que sucedieron meses antes del incendio y que condujeron a la demolición del edificio. Como ejemplo, las renovaciones que alteraron el sistema eléctrico del edificio, que pueden ser imputables como fuente de ignición.

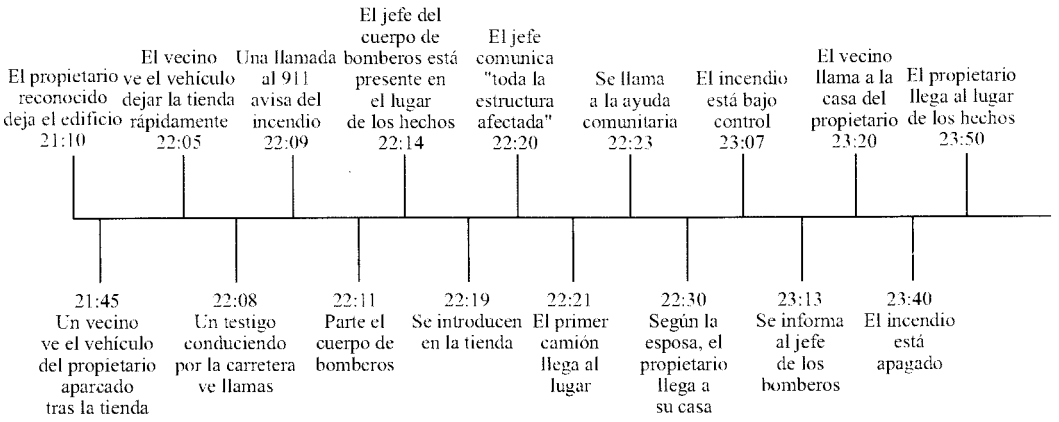
Una evaluación micro de sucesos se centra en algunos segmentos discontinuos de la línea total de tiempo por los que el investigador tiene especial interés. Por ejemplo, la evaluación de sucesos durante el período de tiempo inmediatamente anterior a la ignición, durante las primeras fases de extinción, durante el crecimiento del incendio, o desde la ignición hasta la extinción. Se pueden plantear líneas de tiempo paralelas para probar dos o más series de sucesos. Podría utilizarse esta presentación para mostrar si están o no relacionadas de alguna manera.

Hay disponibles varias herramientas para ayudar en el desarrollo de las líneas de tiempo. Aunque una línea simple de tiempo se puede crear con lápiz y papel, hay disponibles paquetes informáticos, desde simples procesadores de textos o bases de datos, a sofisticados programas de esquematización. Véase un ejemplo de línea simple de tiempo en la figura 17.2.

17.3 Análisis de sistemas. Las técnicas de análisis de sistemas son importantes herramientas para identificar cómo y cuándo es útil un modelado y análisis de ingeniería. Estas técnicas, desarrolladas para utilizarse en análisis de seguridad de sistemas, incluyen análisis de fallos y de efectos, árbol de fallos, HAZOP, y qué-sucede-si. Estas herramientas proporcionan un método sistemático para determinar peligros o fallos en el análisis de sistemas. Pueden tener forma cualitativa o cuantitativa. Las probabilidades de peligro o los ratios de fallo se pueden medir al utilizar formatos cuantitativos. Más adelante se describen algunas de las técnicas más comunes, análisis por árbol de fallo, y análisis de efectos y de fallos. Hay disponibles otros análisis de sistemas, cada uno con sus ventajas y limitaciones propias. Véanse las referencias para ejemplos de métodos.

17.3.1* Árboles de Fallo. Un árbol de fallo es un diagrama lógico que puede utilizarse para analizar un incendio o una explosión, y se desarrolla utilizando el razonamiento deductivo. El diagrama coloca, en posición y secuencia lógica, las condiciones y cadenas de sucesos necesarias para que se produzca un fuego o una explosión determinada.

FIGURA 17.2 Ilustración de una línea de tiempo



Los árboles de fallo se pueden utilizar para comprobar la probabilidad de una causa de incendio o un escenario de propagación propuesto. Los árboles de fallo se desarrollan por la separación de un suceso no deseable en sus elementos de causa o partes componentes. Entonces los componentes se ubican en secuencias lógicas de sucesos o condiciones necesarias para producir el fuego o la explosión, o un aspecto específico de un daño asociado, una muerte o lesiones. Si no se presentan las condiciones, o los sucesos no se dieron en el orden necesario, el escenario propuesto no es posible. Por ejemplo, si el escenario propuesto necesitaba un circuito eléctrico activo y no había suministro eléctrico, el escenario será incorrecto a no ser que se pueda mostrar una fuente alternativa de electricidad. La lógica para la evaluación de sucesos y condiciones que controlan los sucesos no deseados se representa por decisiones "y" u "o". En la representación gráfica de un árbol de fallos, estos puntos de decisión se denominan puertas. En muchos casos los árboles de fallo contienen combinaciones de puertas "y", y puertas "o". *[Ver figura 17.3.1(a)].*

Para que se produzca un suceso "y" controlado, deben estar presentes todos los elementos y condiciones. Un ejemplo de la utilización de la puerta "y" es el juego de condiciones que deben estar presentes para que una linterna funcione y produzca luz: debe haber buenas baterías; la bombilla en buen estado; y el interruptor debe funcionar. En la figura 17.3.1 (b) se muestra el árbol de fallo de este proceso.

Para un suceso "o" controlado, cualquiera de alguna de las series de elementos y condiciones pueden llevar al suceso en cuestión. Un ejemplo de la utilización de la puerta "o" sería una linterna que no funciona cuando se acciona el interruptor. El fallo puede deberse a avería del interruptor, bombilla agotada, o problemas de batería. En la figura 17.3.1 (c) se muestra el árbol de fallo de este proceso.

El análisis de árbol de fallo puede utilizarse para valorar la probabilidad de que ocurra un suceso no deseado, asignando probabilidades a condiciones y sucesos. A menudo es difícil (o imposible) asignar probabilidades fiables a sucesos o condiciones.

Es necesario identificar todos los componentes del sistema, sus relaciones, y la validez de los datos utilizados. Para construir adecuadamente un árbol de fallo, puede ser necesario consultar a personas especialistas en el equipamiento, materiales, o procesos involucrados.

El método de análisis por árbol de fallo puede dar varios escenarios factibles para un suceso dado no deseable. Puede no ser posible establecer qué escenario es el más probable si no hay suficientes datos.

Entre otras, se pueden utilizar las siguientes fuentes de datos para el análisis en árbol de fallos:

(1) Manuales de operaciones y mantenimiento.
(2) Registros de mantenimiento.
(3) Registros de reparación y sustitución de partes.
(4) Documentos de diseño.
(5) Colaboraciones de expertos con conocimientos del sistema.
(6) Examen y pruebas de ejemplos de materiales y equipos.
(7) Bases de datos de fiabilidad de componentes.
(8) Planos y especificaciones del edificio.
(9) Informe de los bomberos.
(10) Documentación del lugar de los hechos.
(11) Declaraciones de testigos.
(12) Registros médicos de las víctimas.
(13) Información del comportamiento humano.

Véase el Capítulo 11 para guía adicional.

Los árboles de fallo se construyen utilizando un formato estándar familiar para la comunidad técnica. Hay programas informáticos disponibles para ayudar al usuario en el desarrollo y análisis de árboles de fallo.

17.3.2 Análisis de modos de fallos y efectos (FMEA). FMEA es una técnica utilizada para identificar de las fuentes básicas de fallo en un sistema, y averiguar las consecuencias de estos fallos de un modo sistemático. En las investigaciones de incendio o explosión, es una evaluación sistemática de todos los equipos y/o de las acciones que han podido contribuir en la causa del suceso. Se prepara completando una tabla con encabezados (ver figura 17.3.2); es un formato flexible pero tiene en común, al menos, los tres elementos siguientes:

(1) Componente o acción que se está analizando.
(2) Fallo (avería) básico o error que creó el peligro.
(3) Consecuencia del fallo.

Este método puede ayudar en la identificación de las causas potenciales de un fuego o una explosión, e indicar si es beneficioso realizar posteriores análisis. Es especialmente útil en un incidente grande o complicado. Puede ser efectivo en la identificación de factores (tanto humanos como físicos) que podrían haber contribuido a la causa del incendio o la explosión, así como en la eliminación de las causas potenciales de los mismos.

Las columnas adicionales las añade el investigador según sea necesario para reflejar las necesidades de una investigación concreta.

FIGURA 17.3.1.(a) Árbol de fallo con combinación de puertas "y", y puertas "o"

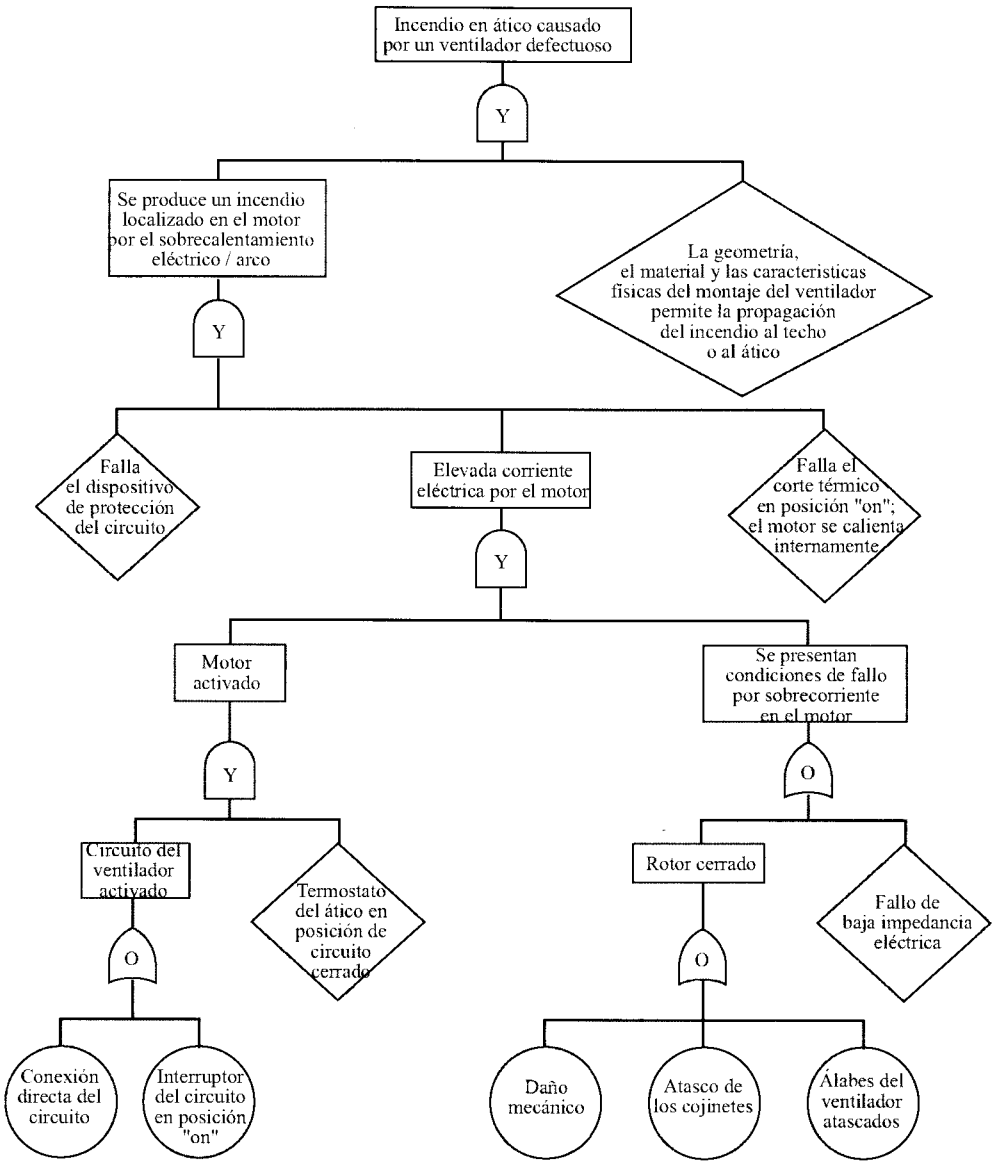


FIGURA 17.3.1(b) Ejemplo de un árbol de fallo con la puerta "y".

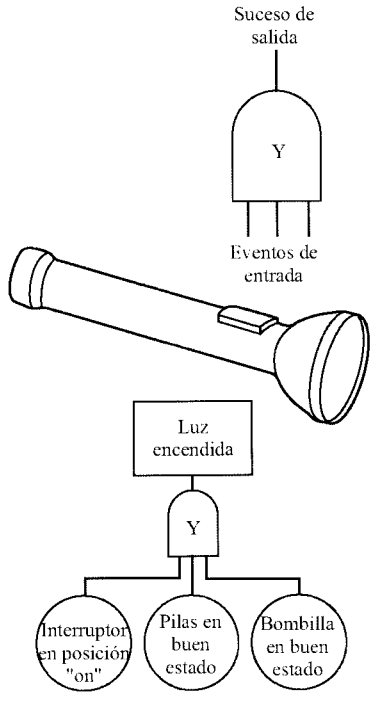
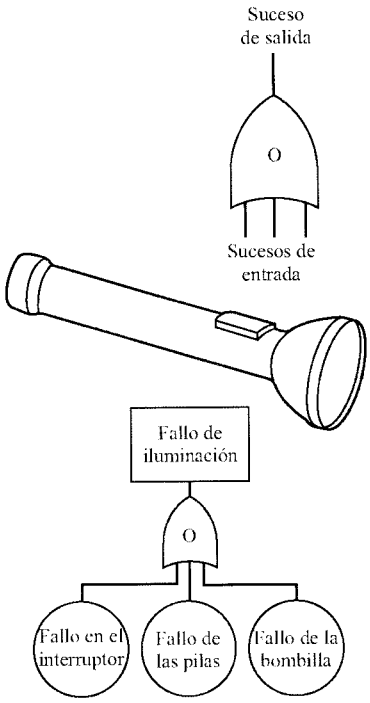


FIGURA 17.3.1(c) Ejemplo de un árbol de fallo con la puerta "o".



Frecuentemente se incluye una valoración de la probabilidad individual de cada modo de fallo. Las tablas FMEA se catalogan por elementos, y servir como material de referencia para investigaciones posteriores. Se pueden desarrollar con hojas de cálculo informáticas o programas especializados.

Al ir rellenando la tabla, el investigador debería considerar la amplitud de las condiciones ambientales y estado del proceso (en operación, parada y arranque) en cada elemento o acción. Se puede asignar probabilidades o grados de probabilidad a cada acontecimiento. Si se necesita una secuencia de fallos para que se produzca el incidente, se pueden combinar las probabilidades o grados de probabilidad para valorar la probabilidad de que una secuencia de sucesos dados lleve al incidente.

Se necesita identificar todos los componentes del sistema y acciones humanas conocidas que pueden haber contribuido al incidente. La exactitud de la determinación de la secuencia de sucesos depende de la exactitud asignada a cada modo de fallo individual.

Los datos necesarios dependen de la extensión del análisis deseado. La información mínima suele incluir una lista de todos los componentes del sistema y acciones humanas que han podido conducir al incidente, posibles modos de fallo para componente y acción, y las consecuencias inmediatas de cada fallo. Es importante reconocer que muchos componentes del sistema tendrán más de un método de fallo, así que debería listarse cada modo de fallo posible y sus consecuencias particulares para componente o acción.

Los datos de sistemas y componentes se pueden obtener de muchas fuentes, entre los cuales están los siguientes:

(1) Manuales de operaciones y mantenimiento.
(2) Registros de mantenimiento.
(3) Registros de reparación y sustitución de partes.
(4) Documentos de diseño.
(5) Colaboraciones de expertos con conocimientos del sistema.
(6) Examen y pruebas de ejemplos de materiales y equipos.
(7) Bases de datos de fiabilidad de componentes.
(8) Planos y especificaciones del edificio.
(9) Informe de los bomberos.
(10) Documentación del lugar de los hechos.
(11) Declaraciones de testigos.
(12) Registros médicos de las víctimas.
(13) Información del comportamiento humano.

La tabla 17.3.2 muestra un ejemplo hipotético de un FMEA aplicado a un escenario específico de incendio, en la determinación de la causa de ese incendio.

17.4 Modelado matemático. Las técnicas de modelado matemático proporcionan herramientas al investigador para probar las hipótesis relacionadas con el origen y causa del fuego/explosión, y la causa del daño resultante a la propiedad o heridas a personas. Incluso cuando no se está trabajando en el origen y la causa, a menudo es posible e importante el establecer la causa de esos daños.

El ámbito de este tratado enfatiza los modelos y análisis que se pueden desarrollar utilizando cálculos por ordenador o a mano. El uso de estas herramientas analíticas depende del alcance que tiene el encargo hecho al investigador, el suceso particular, y el objetivo concreto de la investigación. Puede necesitarse la ayuda de un experto para completar el análisis.

Los modelos matemáticos se han diseñado para intentar simular o predecir los fenómenos del mundo real con la utilización de principios científicos y datos empíricos. Hay muchos campos y disciplinas específicas que utilizan modelos, muchos de los cuales han

FIGURA 17.3.2 Ejemplos de formatos simplificados de análisis de modos de fallos y efectos.

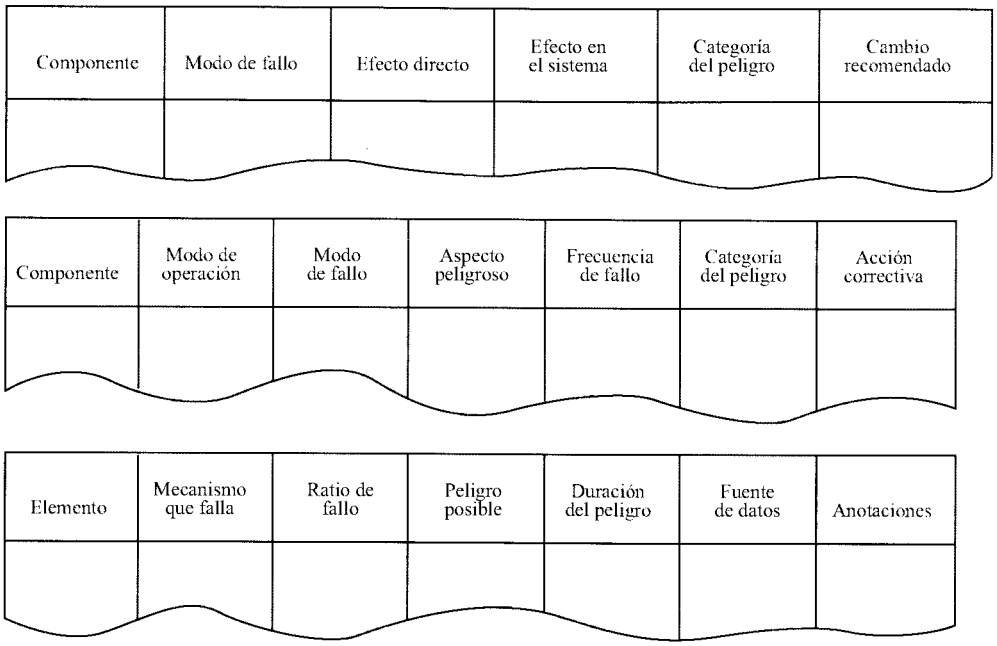


Tabla 17.3.2 Ejemplo de tabulación de modo de fallo y efectos de un incendio en un restaurante pequeño

Elemento	Modo de fallo	Causa de fallo	Efectos del fallo	Peligro creado	Condiciones de fallo	Indicación de fallo
Cafetera	La corriente del calentador fluye sin parar	El interruptor ha quedado abierto y fallan los controles	"Hierve" el agua en el depósito Fuga térmica de elementos calentadores La temperatura local sube por encima de los 600°C	Ignición de la carcasa plástica	Elemento encendido Interruptor activado o falla el cierre El termostato falla en posición "on" Ambos fusibles térmicos no abren	Fusión de la carcasa de aluminio alrededor del elemento calentador Aluminio condensado en la base de la máquina El termostato cerró el circuito Ambos fusibles cerraron el circuito.
Hornillo (eléctrico)	Autoignición de aceite de cocina	Cocina desantendida Avería en el control	La temperatura del aceite se elevó por encima de la temperatura de autoignición	Incendio del aceite candente y gran cantidad de humo	Equipo encendido Interruptor abierto o fallo en posición cerrada Sin regulación de temperatura	Control de quemador en posición "on" Lámina de aluminio fundida Aceite consumido o derramado en la unidad Contactos fundidos o derretidos

Nota: Los datos y conclusiones mostrados en esta tabla son hipotéticos, sólo se utilizan como ejemplos.

demostrado ser útiles en investigaciones de fuego y explosión. Se analizarán desde 17.4.1 a 17.4.8.

17.4.1 Análisis de transferencia de calor. Estos modelos permiten el análisis cuantitativo de la conducción, convección y radiación en los lugares del incendio. Por ello se utilizan para probar las hipótesis relacionadas con la causa y propagación del incendio, daños a la propiedad y lesiones a las personas. Los modelos de transferencia de calor suelen venir incorporados en otros modelos, incluyendo análisis de dinámicas de fuego y estructural. Hay varios textos generales sobre análisis de transferencia de calor.

Los modelos y análisis se pueden utilizar para evaluar varias hipótesis incluidas, entre otras:

(1) Competencia de la fuente de ignición *(Ver sección 16.3)*
(2) Daño o ignición a edificios colindantes
(3) Ignición de elementos combustibles secundarios
(4) Transmisión térmica a través de los elementos del edificio

17.4.2 Concentración de gases inflamables. Se pueden utilizar modelos para calcular las concentraciones de gases como función del tiempo y elevación en el espacio, lo que puede ayudar en la identificación de las fuentes de ignición. Estos modelos, en combinación con una evaluación del daños de explosión o fuego, y la localización de posibles fuentes de ignición, se pueden utilizar (a) para estableder si una fuga (supuesta o testimoniada) pudo haber sido la causa del fuego o la explosión, y (b) determinar qué fuentes de gas o vapor combustible son consistentes con el lugar del fuego o la explosión, los daños, y las posibles fuentes de ignición.

17.4.3 Análisis hidráulicos. Los sistemas de suministro de agua y rociadores automáticos suelen exigirse en la evaluación de la causa de la pérdida. Los mismos modelos matemáticos y lenguajes informáticos utilizados para diseñar estos sistemas, se pueden utilizar en el análisis de pérdidas. Sin embargo, los métodos de aplicación son diferentes entre el diseño y los análisis forenses.

Una aplicación corriente de los análisis hidráulicos es la determinación de porqué un sistema de rociadores no controló el incendio. Los modelados también se pueden utilizar para investigar las pérdidas relacionadas con la apertura de un solo cabezal de rociadores, el efecto de un atasco en las conducciones, y determinar el efecto de la posición de la válvula en el funcionamiento del sistema en el momento de la pérdida. Hay disponibles otros modelos y métodos disponibles para analizar el caudal a través de los sistemas, sin la utilización de agua, como con dióxido de carbono, agentes extintores gaseosos, productos químicos secos, y combustibles.

17.4.4 Análisis del equilibrio químico termodinámico. Los fuegos y explosiones que se sospecha causados por reacciones de mezclas químicas sospechosas o conocidas, se pueden investigar con un análisis termodinámico de las posibles mezclas químicas y contaminantes potenciales. El análisis del equilibrio químico termodinámico se pueden utilizar para evaluar diversas hipótesis, incluyendo las relacionadas con las siguientes:

(1) Reacciones que pudieran haber causado el fuego o la explosión
(2) Mezcla inadecuada de productos químicos
(3) Papel de la comunicación
(4) Papel de las condiciones ambientales
(5) Potencial de un producto o mezcla química para sobrecalentarse
(6) Potencial de un producto o mezcla química para producir vapores o gases inflamables
(7) Papel de las acciones humanas en los fallos de proceso

Este análisis solía exigir la realización de cálculos manuales tediosos. Actualmente los programas informáticos existentes hacen que sea mucho más fácil de realizar. Los programas informáticos suelen exigir la introducción de datos sobre varias propiedades de materiales, incluyendo la fórmula química, la masa, la densidad, la entropía, y el calor de formación.

Las reacciones químicas que parecen no verse favorecidas por la termodinámica, se pueden eliminar en la búsqueda de la causa del incendio. Las reacciones termodinámicamente favorecidas se deben analizar en mayor detalle para determinar si la velocidad cinética de las reacciones consideradas es suficientemente rápida para haber causado la ignición, dando las circunstancias particulares del incendio.

17.4.5 Análisis estructural. Las técnicas de análisis estructural se pueden utilizar para detgerminar las razones del fallo estructural o cambios durante un incendio o explosión. Se pueden encontrar numerosas referencias en las librerías de ingeniería, analizando temas tales como la resistencia de materiales, fórmulas de elementos estructurales individuales y de ensamblajes.

17.4.6* Análisis de las vías de evacuación. La incapacidad de los ocupantes para salir de la instalación puede ser uno de los aspectos críticos que debe analizar el investigador. Los modelos de vías de evacuación se pueden utilizar para analizar el movimiento de los ocupantes en caso de incendio. Los modelos de evacuación integrados con un modelo de dinámica del fuego suelen ser necesarios para evaluar el efecto del incendio en los ocupantes. Véase el capítulo 8 sobre factores humanos.

17.4.7* Análisis de dinámica del fuego. Los análisis de dinámica del fuego son ecuaciones matemáticas derivadas de principios científicos fundamentales o de datos empíricos. Abarcan desde ecuaciones algebraicas simples a modelos por ordenador que incoporan muchas ecuaciones individuales de la dinámica del fuego. Los análisis de dinámica del fuego se pueden utilizar para predecir el incendio y las características del ambiente, como las siguientes:

(1) Tiempo hasta la combustión súbita generalizada (flashover).
(2) Temperaturas del gas.
(3) Concentraciones del gas (oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, y otros).
(4) Concentraciones de humo.
(5) Velocidades de flujo del humo, gases y combustible no consumido.
(6) Temperaturas de las paredes, el techo y el suelo.
(7) Tiempo de activación de los detectores de humo, de calor, y de los rociadores automáticos.
(8) Efectos de la apertura o cierre de las puertas, rotura de las ventanas, u otros sucesos físicos.

Estos análisis se pueden utilizar para evaluar hipótesis sobre el origen y desarrollo del incendio. Utilizan información del edificio y principios de dinámica del fuego, y datos para predecir el ambiente creado por el fuego en una hipótesis dada. Se pueden comparar los resultados con las pruebas físicas y testimonios, para corroborar o refutar la hipótesis. Los edificios, los contenidos, y los datos de dinámica del incendio están expuestos a la incertidumbre, cuyos efectos se deberían valorar por medio de un análisis de sensibilidad e incorporarse en la prueba de la hipótesis. Estas incertidumbres pueden incluir la situación de las aperturas (abiertas o cerradas),

las características de la carga de fuego, las velocidades de flujo de la calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), y la velocidad de liberación de calor de los grupos combustibles. Véase la sección

17.6. sobre procedimientos recomendados para recogida de datos. Los análisis de dinámica del fuego generalmente se clasifican en tres categorías: análisis especializados, modelos zonales, y modelos de campo. Se listan en orden de complejidad creciente y necesidad de potencia calculadora.

(a) *Rutinas especializadas de dinámica de fuego.* Son procedimientos simplificados diseñados para resolver un solo problema muy concreto. En muchos casos, estas rutinas pueden resolver cuestiones relacionadas con la reconstrucción del incendio sin la utilización de un modelo de incendio. Se suelen necesitar muchos menos datos para estas rutinas que las necesarias para poner en funcionamiento un modelo de incendio. En la sección FIREFORM de FPETOOL hay ejemplos de rutinas disponibles.

(b) *Modelos zonales.* Muchos de los modelos de crecimiento del incendio que se pueden ejecutar en ordenadores personales son modelos zonales. Normalmente dividen cada habitación en dos espacios o zonas, una zona superior que contiene los gases calientes producidos por el incendio, y una zona inferior que es la fuente de aire para combustión. Los tamaños de zona cambian durante el transcurso del incendio. La zona superior se puede expandir hasta ocupar casi la totalidad del espacio en la habitación.

(c) *Modelos computerizados y de campo de dinámica de fluidos (CFD).* Estos modelos suelen necesitar ordenadores de gran capacidad de cálculo. Estos modelos dividen el espacio en muchas pequeñas celdas (frecuentemente decenas o cientos), con lo que pueden examinar el movimiento de los gases con mayor detalle que los modelos zonales. A menudo es necesario utilizar la sofisticación del modelo de campo, si se necesita tal detalle. Sin embargo, en general los modelos de campo son más caros de utilizar, necesitan más tiempo de configuración y ejecución, y a menudo exigen un alto nivel de conocimientos para tomar las deciciones requeridas en la resolución del problema e interpretación de los datos ofrecidos por el modelo. No obstante, se está incrementado el uso de estos modelos en la investigación de incendios y procedimientos legales relacionados. Suelen adecuarse bastante bien a las situaciones en las que la configuración del combustible o del espacio es irregular, donde la turbulencia es un elemento crítico, o donde se busca un elevado nivel de detalle.

17.4.8 El modelado matemático, tanto cálculos manuales simplificados como computerizados, tienen limitaciones inherentes y suposiciones que se deben tener en cuenta. Estos modelos suelen basarse en los datos empíricos y se validan por la comparación con otros datos empíricos. Se debe tener cuidado para asegurarse de que los modelos se están utilizando con precaución por estas limitaciones, suposiciones y validaciones.

17.5 Prueba de incendio

17.5.1 Papel de la prueba de incendio

Esta prueba es una herramienta que puede proporcionar datos que complementen los datos recogidos en el lugar del incendio *(ver 2.3.3.)*, o utilizarse para probar las hipótesis *(ver 2.3.6.)*. Estas pruebas varían en su ámbito, desde pruebas en mesas de trabajo a recreación a escala real del suceso completo. Tales pruebas pueden relacionarse con el origen y la causa del incendio, o su propagación y desarrollo. Los componentes y subsistemas a probar pueden incluir los contenidos y sistemas del edificio, y los mismos elementos arquitectónicos y estructurales del edificio.

Si se utilizan como parte de la recogida de datos, estas pruebas proporcionan detalles sobre las características de los combustibles o elementos consumidos en el incendio, y de los materiales afectados, o sobre los procesos con fuego que hayan jugado un papel en el incendio. Esta información es valiosa para el análisis de datos y la formación de hipótesis *(véase también la sección 14.10)*.

Si se utilizan como parte de la comprobación de hipótesis, pueden ayudar en la evaluación de la consistencia de una hipótesis con los hechos dados y con las leyes de la ciencia del fuego. De este modo, la prueba de incendio se utiliza del mismo modo que el modelado de incendio. Además, la prueba de incendio puede apoyar al modelado, proporcionando datos de entrada para modelos o proporcionando datos de referencia que se pueden utilizar para valorar la exactitud y aplicabilidad de un modelo.

17.5.2* Métodos de prueba de incendio. En la medida de lo posible, la instrumentación, los procedimientos y los métodos de prueba de incendio se deberían utilizar o preparar después de los métodos de prueba o pruebas estándares, de los que se ha informado en la literatura científica sobre el fuego. Las pruebas consistentes con los métodos de prueba estándar o con la literatura científica del fuego, contribuirán a la credibilidad científica de los resultados. Las pruebas que no se realizan según un estándar conocido serán consistentes con los hechos relevantes del caso. Una prueba verosímil incluye la utilización de materiales y componentes ejemplo que se ajustan a los materiales y conjuntos reales, así como la realización de experimentos que reflejan las condiciones relevantes del lugar en el momento del incendio. Se pueden obtener datos valiosos de pruebas que se centran en aspectos concretos de un incendio.

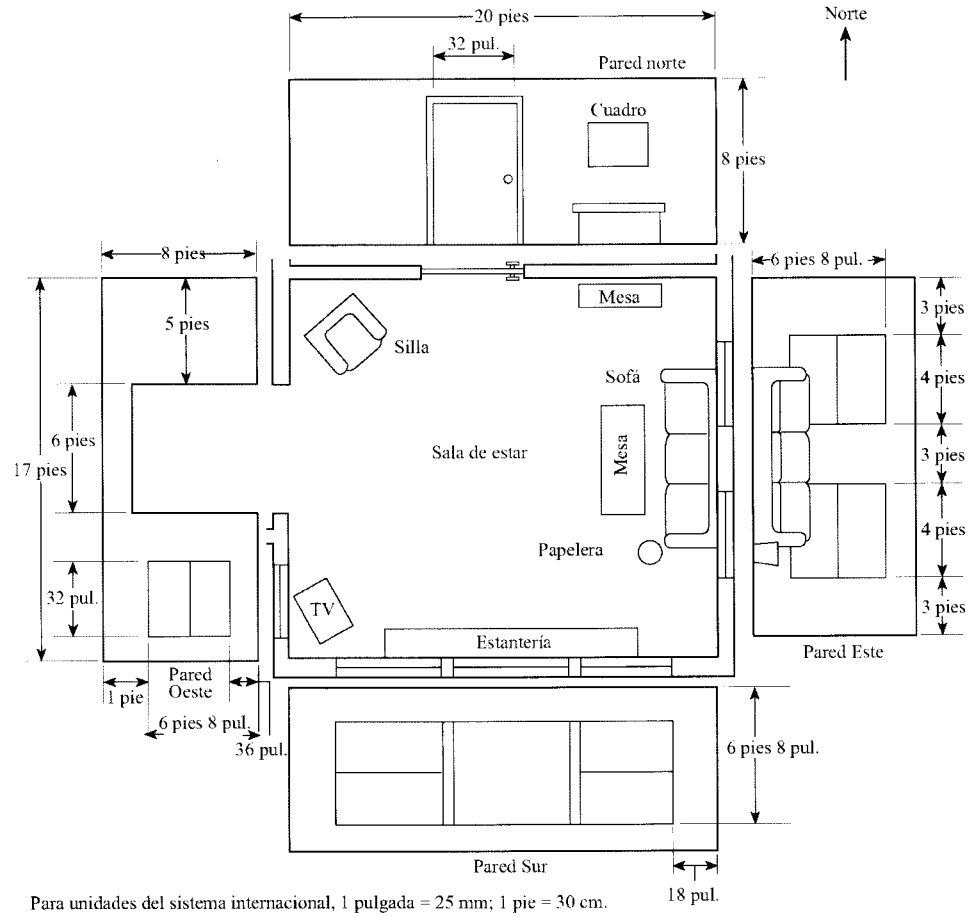
17.5.3 Limitaciones de la prueba de incendio. Aunque estas pruebas pueden suministrar información útil, no es posible recrear perfectamente todas las condiciones de un incendio específico, lo que puede afectar a los resultados de una prueba a escala real. Las condiciones meteorológicas son un ejemplo de un parámetro que no se pueden reproducir fácilmente y que pueden afectar a los resultados de la prueba; se deben tener en cuenta a la hora de sacar conclusiones basadas en los resultados de las pruebas.

17.6 Datos necesarios para la realización de pruebas y modelos. Los datos que se necesitan del lugar del incendio para la realización de pruebas y modelos (normalmente los consigue el investigador del incendio), se utilizan para cuantificar o describir el lugar de los hechos e incluir dimensiones del edificio, materiales, contenidos, y tamaño, localización y tipo de aperturas de ventilación.

17.6.1 Dimensiones del edificio. Las dimensiones de las habitaciones y tamaños de los componentes estructurales, ya que afectan al fuego en cuestión, son necesarias para representar de modo preciso la geometría de las salas afectadas. Se puede encontrar esta información en los planos de los edificios, distribuciones en planta, o esquemas de construcción. Además de longitudes y anchos de habitaciones o edificios, el investigador debe recoger otras dimensiones como la altura de los techos, dimensiones interiores de las habitaciones, espesor de las paredes, y pendientes de techos y suelos, como se muestra en la figura 17.6.1.

17.6.2 Materiales y Contenidos. Un análisis significativo de un incendio necesita la comprensión de la velocidad de liberación de calor, de crecimiento, y calor total liberado. La determinación de estos parámetros exige la identificación de los tipos, cantidades,

FIGURA 17.6.1 Diagrama de una habitación y sus contenidos mostrando las dimensiones.



Para unidades del sistema internacional, 1 pulgada = 25 mm; 1 pie = 30 cm.

localización y configuración de la cantidad real de combustible involucrada en el incendio. Por ejemplo, una configuración vertical quemará más rápidamente que una configuración horizontal con el mismo combustible.

Se debe documentar la composición, espesor, estado y capas de materiales que componen las paredes, los suelos, los techos, las ventanas y las puertas; también los acabados decorativos, de techos, y de paredes, así como el tipo, configuración, y estado de los contenidos.

17.6.3 Ventilación. Es importante comprender el estado de la ventilación para la validación del modelo o prueba de incendio. Se debería determinar la posición y estado de puertas, ventanas y tragaluces, y otras fuentes de aireación, como los ventiladores de extracción controlados termostáticamente. Es importante determinar si las aberturas de ventilación estaban abiertas o cerrados. Los efectos de la ventilación incluyen el viento, la ventilación de los bomberos, y funcionamiento de los sistemas de calefacción, aire acondicionado, por lo que deben tenerse en cuenta.

Capítulo 18 Explosiones

18.1* Introducción. Históricamente el término explosión ha sido difícil de definir con exactitud.

La manifestación de que ha ocurrido una explosión son los daños o cambios producidos por los obstáculos a la onda expansiva de la explosión como elemento integrante, que ha producido efectos físicos en el continente o en las superficies cercanas.

Estos efectos pueden ser resultado del obstáculo encontrado por la onda expansiva o del impacto de una onda expansiva libre o su choque contra un objeto, persona o edificio.

Para las investigaciones de los incendios y explosiones una explosión es la conversión repentina de energía potencial (química o mecánica) en energía cinética con la producción y liberación de gases a presión o la liberación de un gas que estaba a presión. Estos gases a alta presión realizan un trabajo mecánico como desplazar, cambiar o dispersar los materiales cercanos.

Aunque una explosión viene casi siempre acompañada de la producción de un fuerte ruido, el ruido en sí mismo no es un elemento esencial de la explosión. Los criterios fundamentales para determinar la explosión son la generación y/o la salida violenta de gases.

Aunque la ignición de una mezcla de vapores inflamables / aire en un recipiente, que lo hace estallar o solamente saltar la tapa, se considera una explosión, la ignición de esa misma mezcla al aire libre, aunque produzca una deflagración, puede no ser una explosión tal como se define en este documento, incluso aunque se produzca una liberación de gases a alta presión, un aumento localizado de la presión del aire y un ruido claro. El fallo y la explosión de un depósito o recipiente por la presión hidrostática de un fluido no comprensible, como el agua, no es una explosión porque esa presión no ha sido creada por el gas. Las explosiones son un fenómeno de la dinámica de gases.

Al estudiar este capítulo, el investigador debe tener en cuenta que hay numerosos factores que determinan los efectos de una explosión y la naturaleza de los daños producidos. Esos factores son, entre otros, el tipo, cantidad y forma del combustible; el tamaño y forma del recipiente o edificio que lo contiene; el tipo y resistencia de los materiales de que está hecho el recipiente o edificio y del tipo y cantidad de ventilación existente *(véase sección 18.5)*.

En las secciones de este capítulo se explican las técnicas y términos del análisis de explosiones que se han desarrollado fundamentalmente a partir de los análisis de explosiones con fuentes de combustible difusas, como los combustibles industriales y gases combustibles, polvos y vapores de líquidos inflamables en edificios de construcción corriente. Se avisa al lector de que la aplicación de estos principios a edificios de otro tipo de construcción, requiere investigar más otras referencias a las explosiones. El análisis de explosiones de explosivos en fase condensada (sólidos o líquidos), sobre todo los detonantes (de alta potencia), puede requerir también conocimientos especiales que van más allá del alcance de este texto.

18.2* Tipos de explosiones. Hay dos tipos principales de explosiones a las que se aplica la investigación corriente: mecánicas y químicas. Dentro de éstas hay varios subtipos. Las explosiones se distinguen por la fuente o el mecanismo mediante el que se producen las presiones explosivas.

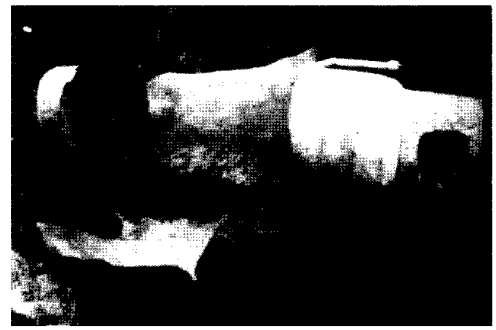
18.2.1* Explosiones mecánicas. Las explosiones mecanicas son aquellas en las que un gas a alta presión produce una reacción exclusivamente física. Esa reacción no supone cambios en la naturaleza química básica de la sustancia que hay en el recipiente. Una explosión puramente mecánica es la rotura de una bombona de gas o de un depósito a alta presión, que produce la liberación del gas almacenado, que puede ser aire comprimido, dióxido de carbono u oxígeno.

18.2.2 BLEVEs. La explosión de vapores en expansión de un líquido en ebullición (BLEVE) es la explosión mecánica con la que se encontrará más a menudo el investigador. Son explosiones mecánicas, que afectan a recipientes que contienen líquidos a presión a una temperatura superior a su punto de ebullición a la presión atmosférica. El líquido no tiene por qué ser inflamable. Este es un subtipo de explosión mecánica, tan corriente, que la vamos a tratar aquí en una sección aparte. Se puede producir el BLEVE en recipientes tan pequeños como los mecheros desechables o los aerosoles, o tan grandes como camiones cisterna o depósitos industriales.

El BLEVE se produce cuando la temperatura del líquido y el vapor que hay en un depósito o recipiente cerrado, se eleva hasta un punto en que el recipiente ya no soporta el aumento de presión interna y explota *[Ver Figura 18.2.2(a).]*. La rotura del recipiente hace que salga el líquido a presión, que se evapora casi inmediatamente. Si el contenido del recipiente es combustible, casi siempre se produce un incendio. Si no es combustible, existirá BLEVE pero no se quemarán los vapores. La ignición se produce normalmente a causa del calor externo originado por el BLEVE o por alguna fuente eléctrica o de rozamiento creado por la explosión o la metralla.

También se puede producir por la pérdida de resistencia del contenedor como resultado de daños mecánicos o calentamiento localizado sobre el nivel del líquido. La ruptura del continente libera el líquido presurizado, que se vaporiza casi instantáneamente. Un ejemplo corriente de BLEVE en la que no participan líquidos inflamables, es la explosión de una caldera de vapor. El aumento de presión se debe al vapor creado por el agua que se calienta y evapora. Cuando la presión del vapor no puede ser contenida por la caldera, el recipiente se rompe y se produce la explosión.

FIGURA 18.2.2(a) Una bombona de gas que ha sufrido un BLEVE por estar expuesta a un fuego externo.



No hay combustión química ni reacción nuclear. El vapor a presión es la fuente de energía. La naturaleza química del agua (H_2O) no cambia.

El BLEVE se puede producir también por fallos mecánicos, exceso de llenado, reacción a la salida del líquido, recalentamiento de la zona donde está el vapor, y averías mecánicas. Veáse la figura 18.2.2.(b) que muestra la dimensión del daño posible por un BLEVE.

FIGURA 18.2.2(b) Un vagón cisterna con butadieno que ha sufrido un BLEVE por el calor creado por una reacción química interna.

18.2.3* Explosiones químicas. En las explosiones químicas, la generación de gases a alta presión es el resultado de las reacciones exotérmicas que hacen cambiar la naturaleza química del combustible. Las reacciones químicas que se producen como resultado de explosiones se suelen propagar en un frente de reacción que se desplaza a partir del punto de la explosión.

Las explosiones químicas pueden ser de combustibles sólidos o de mezclas explosivas de combustibles y oxidantes, pero las más corrientes con las que se encontrará el investigador son reacciones de propagación en las que han intervenido gases, vapores o polvos mezclados con el aire. Estas combustiones se llaman reacciones de propagación porque se producen progresivamente a través del reactivo (combustible), con un frente de llamas bien definido que separa la parte del combustible que ha reaccionado de la que no lo ha hecho.

18.2.4 Explosiones por combustión. Las explosiones químicas mas corrientes son las causadas por la ignición de hidrocarburos combustibles. Estas explosiones por combustión se caracterizan por la presencia del combustible y el aire como oxidante o comburente. También pueden ser de polvos. En las explosiones por combustión se generan elevadas presiones por la combustión rápida del combustible y la consiguiente producción de subproductos de la combustión y gases calientes en gran volumen. Como es probable que el investigador se encuentre con hechos de este tipo, también consideramos aqui las explosiones por combustión como un tipo independiente

Las reacciones de combustión se clasifican como deflagraciones o detonaciones, según la velocidad de propagación del frente de llamas a través del combustible. Las deflagraciones son reacciones por combustión en las que la velocidad de reacción es menor que la del sonido en el medio combustible sin reaccionar. Las detonaciones son reacciones por combustión en las que la velocidad de reacción es mayor que la del sonido en el medio combustible sin reaccionar.

Se pueden distinguir varios subtipos de explosiones por combustión, según el combustible afectado. Las más corrientes son:

(a) De gases inflamables.
(b) De vapores de líquidos inflamables y combustibles.
(c) De polvos.
(d) De humo y productos inflamables de la combustión incompleta (explosiones de backdraft).

18.2.5 Explosiones eléctricas. Los arcos eléctricos de alta energía pueden generar calor suficiente para causar una explosión. El rápido calentamiento de los gases circundantes puede causar una explosión mecánica que, a su vez, puede producir o no un incendio. Un efecto de una explosión eléctrica es una especie de estallido que acompaña a una fuerte descarga visible. Las explosiones eléctricas requieren conocimientos especiales para su investigación, por lo que no se tratan en este documento.

18.2.6 Explosiones nucleares. En las explosiones nucleares, las altas presiones se producen por la enorme cantidad de calor liberado por la fusión o fisión de los núcleos atómicos. Tampoco se trata en este documento de las explosiones nucleares.

18.3 Caracterización de los daños producidos por explosiones. A efectos de descripción e investigación, puede resultar útil caracterizar los siniestros de explosión, sobre todo en los edificios, por el tipo de daños producidos. Para caracterizar esos daños se emplean los términos daños graves producidos por explosiones y daños leves producidos por explosiones. También se han utilizado los términos explosión de alto rendimiento y bajo rendimiento. Se recomienda usar estos términos para evitar confusiones cuando se habla de la energía liberada por los explosivos *(véase sección 18.12)*. La diferencia en los daños producidos es más bien función de la velocidad de aumento de presión y de la resistencia del recipiente o edificio en el que se produce la explosión, que de la presión máxima alcanzada.

Es cierto que los términos daños graves producidos por explosiones y daños leves producidos por explosiones pueden no ser siempre adecuados, pues una explosión puede producir daños de ambas categorías.

18.3.1 Danos leves producidos por explosiones. Este tipo de daños se caracteriza porque las paredes se abomban o se caen, prácticamente intactas, al lado del edificio. Los tejados se pueden elevar ligeramente y volver casi a su posición original. Las ventanas saltan de sus marcos, a menudo sin que se rompan los cristales. Se producen escombros generalmente grandes y a poca distancia. Los daños leves producidos por explosiones se deben a un aumento lento de la presión *(véase figura 18-3.1)*.

FIGURA 18.3.1 Daños leves en una residencia

18.3.2* Daños graves producidos por explosiones. Este tipo de daños se caracteriza porque los muros se desprenden del edificio produciendo escombros pequeños y pulverizados. Dentro del edificio, las paredes, techos y otros elementos estructurales se agrietan o desprenden y el edificio puede hundirse totalmente. Se encuentran restos a gran distancia, hasta varios centenares de metros. Los daños graves producidos por explosiones se deben a un aumento rápido de la presión *(véase figura 18.3.2)*.

FIGURA 18.3.2 Daños graves producidos por una explosión, reflejados en los restos rotos y hechos pedazos de una casa de cuatro dormitorios.

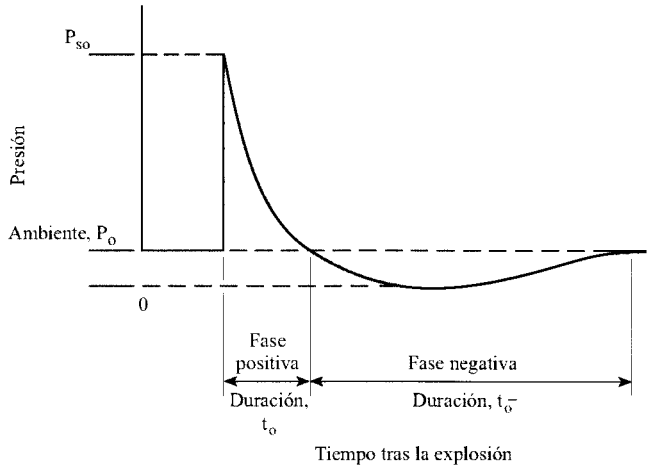
18.4 Efectos de las explosiones. Una explosión es un fenómeno de dinámica de gases que, en condiciones teóricas ideales, se manifiesta como un frente esférico en expansión de ondas de calor y presión. Esas ondas producen los daños característicos de las explosiones. Los efectos de las explosiones se producen en cuatro formas principales: efecto de la onda expansiva de la explosión, efecto metralla, efecto del calor y efecto sísmico.

18.4.1 Efecto de la onda expansiva de la explosión. La explosión de un material produce una gran cantidad de gases que se expanden a gran velocidad, alejándose del punto de origen. Los gases y el aire que desplazan producen una onda expansiva que es la principal responsable de los daños materiales y personales causados por las explosiones.

La onda expansiva de la explosión se produce en dos fases distintas, según la dirección de las fuerzas con respecto al punto de origen de la explosión: la fase de presión positiva y la de presión negativa.

En la figura 18.4.1 se recoge la evolución típica de una detonación ideal, medida en un punto alejado del punto de detonación. Se ve la fase positiva y la negativa. El área de la curva presión-tiempo se llama impulso de la explosión.

FIGURA 18.4.1 Evolución típica de la presión en una detonación ideal, media en un punto alejado del punto de detonación.



18.4.1.1 Fase de presión positiva. La fase de presión positiva es la parte de la onda expansiva de la explosión durante la cual los gases en expansión se alejan del punto de origen. Esta fase es más potente que la negativa y a ella se deben la mayoría de los destrozos causados por la presión. La fase de presión negativa puede pasar desapercibida a los testigos o en el examen posterior en explosiones en fase difusa (gas/vapor).

18.4.1.2 Fase de presión negativa. Como la expansión rapidísima de los gases en la fase de expansión positiva de la explosión los aleja de su punto de origen, el frente desplaza, comprime y calienta el aire que lo rodea. En el epicentro u origen se crea una zona de bajas presiones (con relación a la presión ambiente). Cuando se disipa la presión positiva, el aire vuelve rápidamente a la zona de origen donde había menos presión, creando la fase de presión negativa.

Esta fase puede causar daños secundarios y desplazar pruebas físicas hacia el punto de origen de la explosión. El movimiento de los escombros durante la fase de presión negativa, puede ocultar el punto de origen. Normalmente esta fase produce mucha menor presión que la positiva, pero puede ser suficiente para hacer que se hundan edificios ya debilitados por la fase de presión positiva.

18.4.1.3 Forma de la onda expansiva de la explosión. En condiciones teóricas ideales, la onda expansiva de una explosión sería esférica y se expandiría uniformemente en todas las direcciones a partir del epicentro. Pero en condiciones reales, los obstáculos o límites que encuentra la onda expansiva hacen que cambie y se modifique su dirección, forma y fuerza.

El contacto con la atmósfera de los gases contenidos en el recipiente o edificio puede hacer que se produzcan daños fuera de esas estructuras. Los daños máximos se producen normalmente en el camino que recorre el aire. Por ejemplo, la onda expansiva de una habitación puede salir por la puerta y afectar a elementos o materiales que estén en la habitación contigua, en línea recta con la puerta. El mismo efecto relativo se puede apreciar si se rompe la unión de un depósito o bidón, en línea recta desde la rotura hasta las paredes.

La onda expansiva se puede reflejar en objetos sólidos y cambiar de dirección, produciendo un importante aumento o un posible descenso de la presión, según las características del obstáculo.

Cuando las reacciones de propagación ya no encuentran combustible, la fuerza de la onda expansiva disminuye a medida que aumenta su distancia al epicentro de la explosión.

18.4.1.4 Velocidad de aumento de presión frente a presión máxima. El tipo de destrozos causados por la onda expansiva de una explosión depende no sólo de la cantidad total de energía generada, sino también, y con frecuencia en mayor medida, de la tasa de energía liberada y de la consiguiente velocidad de aumento de la presión.

Una velocidad de aumento de presión relativamente baja, producirá daños de tipo desplazamiento o abombamiento, es decir, los típicos daños leves. Primero se rompen las partes más débiles del edificio donde se ha producido la explosión, como las ventanas o uniones estructurales. Al salir la onda al exterior, se reducen los efectos totales de la explosión.

En explosiones en que la presión aumenta muy rápidamente, se producirán mayores destrozos en el recipiente o edificio y sus restos serán lanzados a mayor distancia, pues no hay tiempo suficiente para que se amortigüen los efectos de la onda expansiva. Estos son los típicos daños graves causados por la explosión.

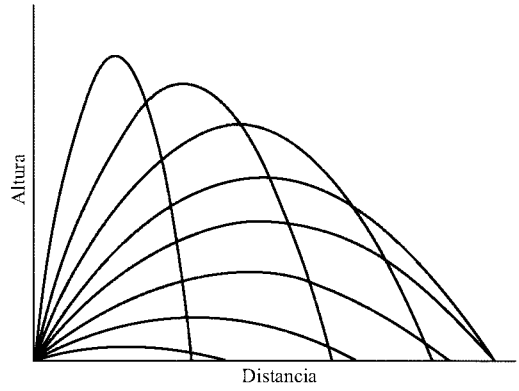
Si el aumento de presión es más lento, el efecto de alivio tendrá una gran influencia sobre la presión máxima alcanzada. En la NFPA 68, *Guide for Venting of Deflagrations* (Guía para el alivio de deflagraciones) se ofrecen ecuaciones, datos y orientaciones para calcular el efecto teórico producido por el alivio de los gases a presión producidos por una deflagración. Tales cálculos suponen un edificio o recipiente que puede soportar esas presiones tan altas. La presión máxima teórica que se puede formar en una deflagración puede llegar, en algunas circunstancias, a las 7-9 atmósferas [del orden de las 120 psi (827 kPa)]. En las situaciones más normales, como las explosiones por fugas de gas en edificios residenciales o comerciales, la presión máxima quedará limitada a un nivel ligeramente superior de la que pueden soportar sin romperse los principales elementos que rodean el edificio (muros, tejados, ventanas grandes, etc.). En un edificio residencial de buena construcción, esta presión raras veces superará los 3 psi (21 kPa).

18.4.2 Efecto metralla. Cuando los contenedores, recipientes o edificios que sujetan o impiden la propagación de la onda expansiva se rompen, a menudo lo hacen en pedazos que pueden salir lanzados a gran distancia. Estos trozos se suelen llamar metralla y pueden causar graves daños materiales y personales, a veces hasta muy lejos del origen de la explosión. Además la metralla puede afectar con frecuencia a los cables eléctricos, tuberías de gas o de otros combustibles inflamables o depósitos, aumentando la magnitud e intensidad de los incendios producidos tras la explosión o causando

otras explosiones.

La distancia a la que se pueden encontrar dichos trozos de metralla del lugar de la explosión, depende en gran medida de su dirección inicial y de otros factores como su peso y características aerodinámicas. En la figura 18.4.2 se recogen las trayectorias ideales de distintos productos de la explosión, según su dirección inicial. La distancia real a la que pueden llegar esos productos dependen mucho de sus características aerodinámicas, de que reboten contra algunas superficies, etc.

FIGURA 18.4.2 Trayectorias ideales de productos de una explosión, según su dirección inicial.



18.4.3 Efecto térmico. Las explosiones por combustión liberan grandes cantidades de energía que elevan la temperatura ambiente y de los gases combustibles. Esta energía puede hacer que ardan los combustibles próximos o causar heridas de quemaduras al personal. Estos incendios secundarios aumentan los daños materiales y personales de la explosión y complican el proceso de investigación. A veces es difícil saber qué ocurrió primero, si el incendio o la explosión.

Todas las explosiones químicas producen gran cantidad de calor. Los daños térmicos *(véase Determinación de la temperatura, 4.8.1)* dependen de la naturaleza del explosivo así como de la duración de la temperatura máxima. Las detonaciones producen temperaturas muy altas de muy poca duración, mientras que las deflagraciones producen temperaturas inferiores pero de mucha mayor duración.

Algunos efectos térmicos de las explosiones son las bolas de fuego y los objetos candentes, sobre todo de las llamadas BLEVEs de vapores inflamables. Las bolas de fuego son unas acumulaciones momentáneas de llamas que se producen durante o después de una explosión, que pueden producir radiaciones térmicas de gran intensidad y corta duración. Los objetos candentes son fragmentos ardiendo o muy calientes lanzados por la explosión. Todos estos elementos pueden dar origen a incendios lejos del origen de la explosión.

18.4.4 Efecto sísmico. A medida que se va expandiendo la onda expansiva y caen al suelo algunos elementos de los edificios, su caída puede producir temblores que se transmiten a través del suelo. Estos efectos sísmicos, generalmente despreciables en las explosiones pequeñas, pueden producir nuevos daños en los edificios, galerías de servicios, tuberías, tanques, depósitos o cables subterráneos.

18.5 Factores determinantes de los efectos de una explosión. Los factores que pueden determinar los efectos de una explosión son el tipo y forma del combustible; la naturaleza, tamaño, forma y volumen del recipiente u objeto afectado; la situación y magnitud de la fuente de ignición; la salida a la atmósfera de la onda expansiva; la presión mínima relativa y la velocidad de aumento de la presión. Todos estos factores y sus distintas combinaciones pueden producir una enorme variedad de efectos físicos de una explosión, que deberá estudiar el investigador.

Varios fenómenos afectan a las características del frente de la onda expansiva en su recorrido de alejamiento de la fuente. Estos fenómenos se describen en 18.5.1. y 18.5.2.

18.5.1 Modificación del frente de onda expansiva por reflejo. Si la onda expansiva encuentra algunos objetos en su camino, se puede ampliar debido a su reflejo. Ese reflejo hace en algunos casos que aumente aún más la presión, incluso hasta ocho veces, según el ángulo de incidencia. Sin embargo, este efecto es mínimo en las deflagraciones, donde la presión dentro del recipiente se va compensando aproximadamente a la velocidad del sonido en el aire (es decir, no se producen fuertes ondas expansivas).

18.5.2 Modificación del frente de la onda por refracción y concentración de la onda expansiva. Las irregularidades atmosféricas pueden alterar a veces el comportamiento de la onda expansiva. Si encuentra una capa de aire de temperatura muy distinta, la onda se curva o refracta, porque la velocidad del sonido es proporcional a la raíz cuadrada de la temperatura del aire. Una inversión térmica de poca intensidad puede hacer que se refracte una onda expansiva inicialmente semiesfénca y que se concentre sobre el suelo alrededor del centro de la explosión. Los cambios repentinos en la dirección del viento pueden hacer que la onda expansiva se concentre en esa dirección. Este efecto es mínimo con las deflagraciones.

18.6 Explosiones con cráter. El cráter de una explosión es el hueco o centro de mayores destrozos, situado en su punto de iniciación (epicentro). Del cráter pueden salir despedidos materiales que van desde grandes piedras hasta polvo fino. La existencia de un cráter indica la explosión de una fuente de combustible concentrado en contacto con él o muy próximo.

Los cráteres pueden ser de distinto tamaño, según la magnitud y fuerza del material que ha explotado. Normalmente pueden ir desde algunos centímetros hasta 7'6 m (25 pies) de diámetro y están formados por un hueco de tierra, suelo o paredes pulverizados situado en el centro de una zona menos afectada. Las explosiones con cráter se caracterizan generalmente porque generan altas presiones a gran velocidad.

Sólo hay determinados tipos o formas de explosivos que producen explosiones con cráter, como los propios materiales explosivos, las calderas de vapor, gases o vapores combustibles a presión, y los BLEVE´s que se producen en recipientes relativamente pequeños, como botes o barriles.

En general se acepta que, para que se produzcan explosiones con cráter, la velocidad de la onda expansiva debe ser superior a la del sonido (detonación), a no ser que el cráter esté producido por metralla procedente de un recipiente roto.

18.6.1 Explosivos. Las explosiones en las que intervienen muchos explosivos se identifican fácilmente por su epicentro o cráter muy centralizado. Sobre todo los explosivos de gran potencia producen aumentos de presión tan rápidos en las detonaciones, que dispersan todo lo que hay a su alrededor produciendo cráteres o zonas muy localizadas de grandes destrozos.

18.6.2 Calderas y recipientes a presión. La explosión de una caldera genera a menudo un cráter debido a la alta energía liberada, el rápido aumento de presión y la zona de origen, muy localizada.

Las explosiones de calderas y depósitos a presión presentan efectos similares a las de los explosivos, aunque la zona cercana a su origen está menos localizada.

Todas estas explosiones producen una rápida liberación de energía desde el recipiente, dando lugar a una onda expansiva que se va amortiguando con la distancia.

18.6.3 Explosiones de gases y vapores de líquidos combustibles. Los gases combustibles o los vapores de líquidos inflamables, cuando están encerrados en recipientes pequeños como depósitos, barriles u otros similares, pueden producir también explosiones con cráter.

18.6.4 BLEVE. El BLEVE (una explosión de vapores en expansión de un líquido en ebullición) produce un cráter si el recipiente que contenía el líquido era pequeño (barril o tanque pequeño) y si la subida de presión al romperse el recipiente es muy rápida.

18.7 Explosiones sin cráter. Las explosiones sin cráter se producen casi siempre que los combustibles están dispersos o extendidos en el momento de la explosión, produciendo un aumento de presión moderado y una onda expansiva a velocidad subsónica (deflagración). Hay que tener en cuenta que, en algunas circunstancias, las detonaciones pueden producir también explosiones sin cráter.

18.7.1 Gases combustibles. Los gases combustibles, como el gas natural, y gases licuados del petróleo, suelen producir explosiones sin cráter, porque generalmente están contenidos en grandes recipientes, dentro de habitaciones o edificios, y su onda expansiva es subsónica (deflagración).

18.7.2 Líquidos combustibles o inflamables derramados. Las explosiones producidas por vapores de líquidos combustibles o inflamables derramados, no producen cráter. Las grandes zonas que cubren y su velocidad de expansión, inferior a la del sonido, hacen que no se produzcan grandes destrozos en zonas muy localizadas.

18.7.3* Polvos. Aunque las explosiones de polvos suelen ser las más violentas y dañinas, generalmente se producen en zonas cerradas o poco dispersas, como elevadores de cereales, plantas de procesos y minas de carbón. Al ser la zona más grande, no se suelen producir cráteres pronunciados.

18.7.4 Explosiones de humo o contratiro. Las explosiones de humo o contratiro casi siempre afectan a un gran volumen de gases combustibles y partículas, muy dispersos. Su velocidad de propagación es subsónica (deflagración), por lo que tampoco producen cráteres.

18.8 Explosiones de gases y vapores. Las explosiones más corrientes son las de gases o vapores, sobre todo los gases combustibles o los vapores de líquidos inflamables. Los gases más ligeros que el aire, como el gas natural, pueden producir explosiones violentas, pero son menos frecuentes que la de los gases más densos que el aire (densidad superior a 1,0). En el Cuadro 18.8 se ofrece una guía útil sobre algunas propiedades de los gases inflamables más corrientes. Si se desea una información más completa sobre todas estas explosiones, se puede consultar la NFPA 68, *Guide for Venting of Deflagrations* (Guía para el alivio de deflagraciones).

18.8.1* Energía mínima de ignición de los gases y vapores. Los combustibles más fácilmente inflamables que pueden producir explosiones, son las mezclas de gases y aire. Su temperatura normal de ignición es del orden de los 370 a los 590°C (700 a 1.100°F). Su energía mínima de ignición comienza en unos 0,25 mJ (milijulios).
18.8.2 Interpretación de los daños causados por explosiones.
Los destrozos de edificios causados por explosiones (de poca o de gran potencia) tienen que ver con diversos factores, como la relación combustible-aire, la densidad de vapor del combustible, el efecto de turbulencia, el volumen del espacio donde se produce la explosión, la situación e importancia de la fuente de ignición, la salida de los gases a la atmósfera y la resistencia característica del edificio.

18.8.2.1* Relación combustible-aire. Con frecuencia, la naturaleza de los daños producidos en un edificio por una explosión puede indicar la relación de la mezcla combustible-aire en el momento de la ignición.

Algunos documentos sobre investigación de incendios indican que, para que haya una explosión, todo el volumen del edificio debe estar ocupado de la mezcla de gas inflamable y aire. Pero eso no es cierto, pues pequeños volúmenes de mezclas explosivas de gases o vapores acumulados en una pequeña zona, pueden producir explosiones que causen destrozos (véase 18.8.2.2).

Las explosiones que se producen por mezclas de gases o vapores en su límite inferior de explosividad (LIE) o próximas al mismo, o en su límite superior de explosividad (LSE), son menos violentas que las que se producen a concentraciones óptimas (es decir, por lo general ligeramente por encima de la mezcla estequiométrica). La razón es que una relación de combustible y aire alejada de la estequiométrica, produce llamas a menor velocidad y presiones máximas inferiores. En general, esas explosiones tienden a empujar y desplazar el recipiente o edificio en el que se producen, dando origen a daños de pequeña cuantía.

La velocidad de la llama es la velocidad de una llama que se propaga libremente desde un punto fijo y se obtiene sumando la velocidad de combustión y de traslación de frente de llamas. La máxima velocidad laminar de la llama del metano y del propano es de 3,5 y 4 m/s (11,5 y 13,1 pies/s), respectivamente.

La velocidad de combustión es la velocidad de propagación de las llamas con relación a la de los gases sin quemar que se mueven por delante de ellas. La velocidad fundamental de combustión es la de la llama laminar en las condiciones nominales de composición, temperatura y presión de los gases sin quemar. La velocidad fundamental de combustión es una característica intrínseca de cada combustible y, por tanto, un valor fijo, mientras que la velocidad de las llamas puede variar mucho según la temperatura, presión, volumen y forma del recipiente o edificio, concentración de combustible y turbulencias.

La velocidad de combustión es la velocidad a la que el frente de llamas se mueve hacia la mezcla sin quemar, transformando químicamente el combustible y el comburente en productos de la combustión. Es inferior a la velocidad de las llamas. La velocidad de transición es la suma de la velocidad del frente de llamas causada por la expansión en volumen de los productos de la combustión debida al aumento de temperatura y al aumento en el número molar, más la velocidad debida al movimiento de la mezcla gases-aire antes de la ignición. La velocidad de combustión del frente de llamas se puede calcular a partir de la velocidad fundamental de combustión en condiciones normales de temperatura, presión y composición de los gases sin quemar (véase NFPA 68, *Guide for Venting of Deflagrations)*.Ya que la presión y la turbulencia se incrementan enormemente durante una explosión, también crecerá la velocidad de combustión fundamental, acelerando el incremento

Tabla 18.8 Propiedades de combustión de los gases inflamables más corrientes.

Gas	Btu / pie³ (brutas)	MJ/m³ (brutos)	Límites de inflamabilidad en % de aire en volumen		Densidad (aire = 1.0)	Aire necesario para quemar 1 pie³ de Gas (pie³)	Aire necesario para quemar 1 m³ de Gas (m³)	Temperatura de ignición °F	°C
			Inferior	Superior					
Gas Natural									
De tipo inerte[a]	958-1051	35.7-39.2	4.5	14.0	0.660-0.708	9.2	9.2	—	—
De tipo metano[b]	1008-1071	37.6-39.9	4.7	15.0	0.590-0.614	10.2	10.2	900-1170	482-632
De muchas Btu[c]	1071-1124	39.9-41.9	4.7	14.5	0.620-0.719	9.4	9.4	—	—
Gas de altos hornos	81-111	3.0-4.1	33.2	71.3	1.04-1.00	0.8	0.8	—	—
Gas de horno de coque	575	21.4	4.4	34.0	0.38	4.7	4.7	—	—
Propano (comercial)	2516	93.7	2.15	9.6	1.52	24.0	24.0	920-1120	493-604
Butano (comercial)	3300	122.9	1.9	8.5	2.0	31.0	31.0	900-1000	482-538
Gas de las alcantarillas	670	24.9	6.0	17.0	0.79	6.5	6.5	—	—
Acetileno	1499	208.1	2.5	81.0	0.91	11.9	11.9	581	305
Hidrógeno	325	12.1	4.0	75.0	0.07	2.4	2.4	932	500
Amoniaco anhidro	386	14.4	16.0	25.0	0.60	8.3	8.3	1204	651
Monóxido de carbono	314	11.7	12.5	74.0	0.97	2.4	2.4	1128	609
Etileno	1600	59.6	2.7	36.0	0.98	14.3	14.3	914	490
Metil – acetileno – propadieno estabilizado[d]	2450	91.3	3.4	10.8	1.48	—	—	850	454

[a] Composición típica CH_4 71.9-83.2%; N_2 6.3-16.20%.
[b] Composición típica CH_4 87.6-95.7%; N_2 0.1-2.39%.
[c] Composición típica CH_4 85.0-90.1%; N_2 1.2-7.5%.
[d] Gas MAPP® Fuente: Manual de protección contra incendios NFPA *(Fire Protection Handbook)*, edición nº17, Tabla 3.7C.

de presión. La NFPA 68 da un listado de datos de varios materiales. Las mezclas explosivas cercanas a su LIE no suelen producir incendios de gran magnitud después de la explosión, pues casi todo el combustible se consume en la propia explosión.

Las mezclas explosivas cercanas a su LSE suelen producir incendios después de la explosión, debido a que la mezcla aire-combustible es más rica. La combustión retardada del combustible restante produce un incendio. A menudo, una parte de la mezcla que está por encima de su LSE contiene combustible que no arde hasta que se mezcla con el aire durante la fase de presión negativa de la explosión, produciendo un fuego característico.

Cuando se producen explosiones óptimas (más violentas), casi siempre es porque la mezcla está casi o justo por encima de su relación estequiométrica (una proporción ligeramente mayor de combustible). Eso es lo que se llama mezcla óptima. Estas mezclas producen la combustión más eficaz y, por tanto, con mayor rapidez de la llama, mayor velocidad de aumento de la presión, mayor presión máxima y, por consiguiente, mayores destrozos. Si además se han producido bolsas de mezclas ricas, originan incendios después de la explosión.

En los gases más ligeros que el aire en edificios residenciales, las explosiones a concentraciones óptimas suelen producir la destrucción de las estructuras de madera.

18.8.2.2* Densidad de vapor. La densidad de vapor del gas o vapor combustibles puede tener un importante efecto sobre la naturaleza de los daños producidos por la explosión en el edificio afectado. Esto es especialmente cierto en viviendas y edificios similares. Debido a que el movimiento del aire tanto por convección forzada como natural es el mecanismo principal para mover gases en una estructura, la densidad de vapor puede afectar al movimiento del gas o vapor mientras escapa de su contenedor o conducción.

Los gases y vapores más pesados que el aire (con densidad de vapor superior a 1,0), como los procedentes de los líquidos combustibles y los LPG, tienden a depositarse en zonas bajas. Los más ligeros que el aire, como el gas natural, tienden a subir y a concentrarse en las zonas altas. Por ejemplo, marcas de quemaduras posteriores a una explosión en zonas donde se hayan creado bolsas de gas entre las vigas del techo, pueden indicar que había gases más ligeros que el aire (véase 4.17.9). Debido a su gran movilidad y tendencia a escapar hacia arriba, es menos probable que los gases más ligeros que el aire creen situaciones peligrosas que los gases más pesados, que pueden acumularse en los sótanos, espacios angostos, pozos y depósitos.

Una fuga de gas natural en la primera planta de un edificio de varias plantas, se puede manifestar como una explosión cuyo epicentro está en una planta más elevada. El gas natural, al ser más ligero que el aire, tiene tendencia a filtrarse hacia arriba por las aberturas naturales e incluso por el interior de las paredes del edificio. Este gas sigue dispersándose por el edificio hasta que encuentra una fuente de ignición.

Una fuga de gas LPG en la primera planta de un edificio, si no explota en ella, puede dispersarse y, debido a su mayor densidad, tiende a desplazarse hacia abajo. El gas puede almacenarse y concentrarse en las zonas más bajas del edificio y se producirá su ignición si se encuentra en una concentración dentro de los límites de inflamabilidad y entra en contacto con una fuente de ignición adecuada (que tenga energía suficiente).

Tanto en los casos de explosiones por gases más ligeros que el aire como por los más pesados, pueden quedar pruebas del paso de las llamas en la capa gas-aire. Los chamuscados, ampollas en la pintura y otras marcas de la capa, son indicativas de este tipo de fenómenos. El funcionamiento de los sistemas de calefacción y aire acondicionado, la subida de temperatura y los efectos del viento en el edificio pueden causar mezclas y movimientos que reduzcan los efectos de la densidad de los gases. Esos efectos son mayores cuando el aire está quieto.

Las pruebas a gran escala de la distribución de los gases inflamables en habitaciones, han demostrado que aparecen concentraciones próximas al valor estequiométrico del gas entre el lugar de la fuga y (1) el techo, si se trata de gases más ligeros que el aire, o (2) el suelo si son más pesados. También se ha visto que una fuga de gas más pesado que el aire a nivel del suelo, crea una mayor concentración a ese nivel y el gas se va difundiendo lentamente hacia arriba. Lo mismo, pero en sentido contrario, sucede con fugas de gas más ligero que el aire producidas a la altura del techo. La ventilación, tanto natural como mecánica, puede cambiar el movimiento y mezcla del gas y hace que se propague a las habitaciones adyacentes.

La densidad de vapor del combustible no aparece necesariamente reflejada en la altura relativa del edificio a la que se producen los daños por la explosión. Anteriormente era una creencia muy extendida que, si las paredes de un edificio en concreto, explotaban a nivel del suelo, la explosión era debida a un gas más pesado que el aire y si explotaban a nivel del techo, se debía a un gas más ligero que el aire. Pero como la presión por una explosión producida dentro de una habitación se equilibra a la velocidad del sonido, una pared presentará los mismos efectos de la explosión en toda su altura. El nivel de los daños producidos por una explosión en una habitación normal es función de la resistencia de la parte superior e inferior de las paredes, siendo la parte menos resistente la que se destruye primero.

18.8.2.3 Turbulencias. Las turbulencias en las mezclas aire-combustible aumentan la velocidad de la llama y, por consiguiente, la velocidad de la combustión y del aumento de presión. Las turbulencias pueden producir, con cantidades relativamente pequeñas de combustible, aumentos de presión capaces de producir grandes destrozos, aunque la mezcla esté cerca de su límite inferior de explosividad (LIE). La forma y tamaño del recipiente o la habitación pueden tener un gran efecto sobre la gravedad de la explosión, pues afectan a la naturaleza de la turbulencia. La presencia de muchos obstáculos en el camino de la onda expansiva aumenta la turbulencia y, en consecuencia, la gravedad de la explosión, sobre todo debido al aumento de la velocidad de la llama producida. Otras fuentes de turbulencias, como los ventiladores y la ventilación artificial, pueden hacer aumentar los efectos de la explosión.

18.8.2.4* Naturaleza del espacio donde se produce la explosión. La naturaleza del espacio donde se produce la explosión, su forma, tamaño, tipo de construcción, volumen, materiales y diseño influyen también en gran medida en los efectos de la explosión. Por ejemplo, una mezcla a un determinado porcentaje de gas natural y aire tendrá efectos totalmente distintos si la explosión se produce en una habitación de 28,3 m^3 (1.000 $pies^3$) que en otra de 283,2 m^3 (10.000 $pies^3$). Esto sucede aunque la velocidad del frente de llamas y la presión máxima producida sean prácticamente las mismas.

Una explosión producida en un extremo de un pasillo largo y estrecho en el que se haya acumulado una mezcla de aire y vapores combustibles, será muy distinta en cuanto a su distribución de presiones, velocidad de aumento de presión y efectos sobre el edificio que si esa misma cantidad de mezcla hubiera explotado en una habitación cúbica.

En general, cuanto menor sea el volumen del continente, mayor será la subida de presión de una mezcla dada combustible-aire y más violenta será la explosión.

Durante la explosión, las turbulencias creadas por los obstáculos que haya en la habitación, pueden aumentar los destrozos. Estas turbulencias pueden estar causadas por obstáculos sólidos como columnas o postes, maquinaria o tabiques, que pueden concentrar o reflejar la onda expansiva.

18.8.2.5* Situación y magnitud de la fuente de ignición. La velocidad de aumento de presión será máxima si la fuente de ignición se encuentra en el centro de la habitación donde se produce la explosión. Cuanto más cerca esté la fuente de ignición de las paredes del continente o habitación, antes llegará el frente de llamas a las paredes y se enfriará, transmitiéndoles su calor. El resultado será una pérdida de energía, con la consiguiente disminución de la velocidad de aumento de la presión y una explosión menos violenta. Generalmente la energía de la fuente de ignición influye mínimamente en el desarrollo de la explosión, pero a veces, las fuentes de ignición grandes (un detonador o un explosivo) pueden hacer que aumente mucho la velocidad de subida de la presión y, en algunos casos, hacer que una deflagración se convierta en detonación.

18.8.2.6 Alivio. En las explosiones de gases, vapores o polvos, el alivio del recipiente o habitación donde se producen influye enormemente en la naturaleza de los daños producidos por la explosión. Por ejemplo, es posible que una tubería de acero larga reviente por el centro, a pesar de que esté abierta por ambos extremos. El número, tamaño y posición de las puertas y ventanas en una habitación pueden ser determinantes de que la habitación quede completamente destruida o que sólo se produzcan ligeros movimientos de las paredes y techo.

El alivio de un recipiente o edificio puede hacer también que se produzcan daños fuera de los mismos. La mayoría de los daños se pueden producir en el recorrido del aire. Por ejemplo, la onda expansiva de una habitación puede salir por una puerta y destrozar los objetos que estén directamente en línea con la puerta en la habitación contigua. Los mismos efectos relativos se pueden producir en línea directa con las soldaduras de un depósito o bidón que estén situadas delante de las paredes.

En las detonaciones, los efectos del alivio son mínimos porque la gran velocidad de la onda expansiva no permite que las aberturas reduzcan las presiones.

18.8.3 Desplazamiento de los gases combustibles por debajo del suelo. Es posible que los gases combustibles procedentes de fugas de tuberías subterráneas, se desplacen por debajo del suelo (a veces a grandes distancias), entren en los edificios e inicien un incendio o exploten. Debido a que el suelo que rodea las con-

ducciones subterráneas y líneas de servicios auxiliares se han removido más que el suelo adyacente, suele ser menos denso y más poroso. Tanto los gases más ligeros como los más pesados que el aire, tenderán a seguir la parte exterior de las tuberías subterráneas, entrando de esta manera en los edificios. Estos gases pueden también disiparse al aire a través del suelo, sin causar daños. Sin embargo, si la superficie del suelo está tapada por la lluvia, la nieve, el hielo, el agua o el pavi-mento, los gases se desplazarán lateralmente y pueden entrar en los edificios.

Se sabe que los gases fugados entran en los edificios a través de las alcantarillas, conductos eléctricos o telefónicos, drenajes o incluso directamente a través de las paredes de los sótanos y de los cimientos, elementos menos herméticos que las tuberías de agua o gas.

Además, los gases se pueden mover a través de conductos subterráneos a lo largo de cientos de pies y luego explotar o prenderse en estructuras lejanas *(ver 7.9.7.)*

Los gases combustibles, como el gas natural y el propano, son inodoros. Para poderlos detectar si se producen fugas, deben odorizarse artificialmente por la adicción de productos químicos aromáticos. La verificación de la presencia de estos odorantes debe ser parte de la investigación de una explosión en la que se sabe o sospecha la presencia de gases combustibles, especialmente si parece que no había indicaciones de fugas de gases detectadas por las personas presentes. Se debe verificar la presencia del odorante en la cantidad adecuada *(Ver 7.2.4.)*.

18.8.4* Explosiones múltiples. El hecho de que el gas se haya desplazado y formado bolsas, se manifiesta a menudo por la producción de explosiones múltiples, llamadas también explosiones secundarias o en cascada. Los gases y vapores que se hayan propagado a habitaciones o pisos adyacentes, pueden ir formando bolsas en cada uno de ellos. Si se produce una ignición y por tanto una explosión en una planta o habitación, se pueden producir otras similares en las adyacentes.

El desplazamiento y embolsamiento de gases produce a menudo zonas o bolsas con distintas mezclas aire-combustible. Puede haber una bolsa dentro del límite de explosividad del combustible y en una habitación o planta contigua puede haber otra que esté por encima del límite superior de explosividad (LSE). Si la primera bolsa explota, afectando al edificio, las fuerzas de la explosión, que crean las fases de presión positiva y negativa, tienden a mezclar el aire con las mezclas más ricas, haciendo descender su límite de explosividad. Esas mezclas explotarán si encuentran una fuente de ignición de energía suficiente. De este modo se puede producir una serie de explosiones.

Las explosiones múltiples se producen con mucha frecuencia. Sin embargo, a veces ocurren tan rápidamente que los testigos dicen que sólo han oído una, aunque las pruebas físicas muestran distintos epicentros, lo que indica que se ha producido más de una explosión.

Una explosión secundaria o en cascada en una sala adyacente puede ser más violenta que la inicial en determinadas situaciones. Esta violencia generalmente se debe a que la primera explosión actúa como una fuente de ignición muy fuerte, creando turbulencia adicional y posible precompresión en la sala.

18.9 Explosiones de polvos. Los materiales sólidos finamente divididos (polvos y finos) y dispersos en el aire, pueden causar explosiones especialmente violentas y destructivas. Incluso materiales que no son normalmente combustibles, como el aluminio, la aspirina o la leche en polvo, pueden producir explosiones cuando están en forma dispersa y se queman.

Las explosiones de polvos se producen con una gran variedad de materias: productos agrícolas como polvos de cereales y serrín; materiales carbonosos como el carbón vegetal y el mineral; productos químicos y farmacéuticos como la aspirina y el ácido ascórbico (vitamina C); los tintes y pigmentos; metales como el aluminio, el magnesio y el titanio; los plásticos y resinas como la goma sintética.

En la NFPA 68, *Guide for Venting of Deflagration* (guía para la ventilación de deflagraciones) ofrece una introducción muy completa a las explosiones de polvos.

18.9.1* Tamaño de las partículas. Como la reacción de combustión se produce en la superficie de la partícula de polvo, el aumento de presión generado por la combustión depende en gran medida del área de esas partículas dispersas. Para una masa dada de polvo, su superficie total, y por consiguiente la violencia de la explosión, aumenta a medida que disminuye el tamaño de las partículas. Cuanto más fino sea el polvo, más violenta es la explosión.

En general, se produce riesgo de explosión por concentración de polvos combustibles cuando están formados por partículas de 420 micras de diámetro o menos.

18.9.2* Concentración. La concentración del polvo en el aire tiene una gran influencia sobre su combustibilidad y sobre la violencia de la onda expansiva. Como sucede con los vapores y gases inflamables, se requiere una concentración mínima de polvo explosivo para que se produzca la reacción de combustión. Esa concentración mínima puede variar desde los 20 g/m3 hasta los 2.000 g/m3 (0,015 a 2,0 onzas/pie^3, respectivamente), aunque lo más corriente es que se produzcan explosiones a concentraciones inferiores a 1.000 g/m^3 (1,0 onzas/pie^3).

A diferencia de la mayoría de los gases y vapores, los polvos no presentan un límite máximo de concentración que se pueda considerar fiable. La velocidad de la reacción depende más de la relación superficie/peso que de su concentración.

Pero igual que los gases y vapores, la velocidad de aumento de la presión y la presión máxima producidas en una explosión de polvos son mayores si la concentración previa estaba en el punto de mezcla óptima o cerca de él. La velocidad de combustión y la presión máxima disminuyen si la mezcla es muy rica o muy pobre. La velocidad de aumento de la presión y la presión total son muy bajas cerca del límite inferior de explosividad (LIE) y muy altas con mezclas ricas.

18.9.3 Las turbulencias en las explosiones de polvos. Las turbulencias en las mezclas de aire y polvos en suspensión aumentan enormemente la velocidad de combustión y, por tanto, la de subida de presión. La forma y tamaño del recipiente o la habitación pueden tener un gran efecto sobre la gravedad de la explosión, pues afectan a la naturaleza de la turbulencia. Un ejemplo es echar cereales desde gran altura sobre un recipiente medio vacío.

18.9.4* Humedad. En general, si aumenta la humedad de las partículas de polvo, también lo hace la energía mínima necesaria para su ignición y la temperatura de ignición. El aumento inicial de la energía y temperatura de ignición suelen ser bajos pero, si la concentración de humedad se acerca a su límite, la velocidad de aumento de la energía y temperatura de ignición es mayor. Por encima del límite de humedad, los polvos en suspensión no arden.

Sin embargo, la humedad relativa del aire no tiene mucha importancia sobre la propagación de la explosión, una vez producida.

18.9.5 Energía mínima de ignición del polvo. Las explosiones de polvo se producen por llamas, colillas o cerillas ardiendo, los

filamentos de las bombillas, operaciones de corte y soldadura, arcos eléctricos, descargas electrostáticas, chispas por rozamiento, superficies calientes y calentamiento espontáneo. La temperatura de ignición de la mayoría de los polvos va desde los 320 a los 590°C (600 a 1.000°F). Los polvos en capas generalmente tienen menor temperatura de ignición que los polvos en suspensión. La energía mínima de ignición es superior para los polvos que para los gases o vapores combustibles y generalmente va de 10 a 40 milijulios (mJ), más que la mayoría de los gases o vapores inflamables.

18.9.6 Explosiones múltiples. En entornos industriales, las explosiones de polvos se suelen producir en serie. La ignición inicial y la explosión suelen ser con frecuencia menos graves que las explosiones secundarias que siguen. Sin embargo, en la primera explosión se pueden producir más polvos en suspensión, lo que da lugar a nuevas explosiones. La razón de este hecho es que las vibraciones estructurales producidas por una explosión se propagan más rápidamente que la onda expansiva, lo que produce más polvo. En edificios como silos de cereales, estas explosiones secundarias se transmiten generalmente de una zona a otra o de un edificio a otro.

18.10 Explosiones de humo o de contratiro. Cuando se produce un incendio en una habitación o edificio relativamente herméticos, es corriente que en un momento dado llegue a faltar oxígeno. En estos casos se pueden crear altas concentraciones de partículas calientes en suspensión en el aire, aerosoles, monóxido de carbono y otros gases inflamables debido a la combustión incompleta. Estos combustibles calientes se acumulan en edificios o habitaciones donde no hay oxígeno bastante para que se produzca su combustión ni ventilación suficiente para permitir que escapen.

Cuando esta acumulación de gases y partículas se mezcla con el aire, por ejemplo al abrir una puerta o ventana, pueden arder y quemarse lo suficientemente rápido como para producir daños de pequeña cuantía, por ejemplo cuando se produce una subida de presión inferior a 2 psi s en un edificio convencional. Ese fenómeno se denomina explosión de humo o de contratiro.

18.11 Explosiones de nubes de vapor al aire libre. Una explosión de nubes de vapor al aire libre es el resultado de la salida de gases, vapores o nieblas a la atmósfera que forman una nube dentro de los límites de inflamabilidad del combustible, y esa nube se quema. La principal característica de este hecho es que dentro y fuera de los límites de la nube se generan presiones potencialmente destructivas, debido a la deflagración o detonación.

Este fenómeno se conoce como explosión de vapor al aire al aire libre o explosión de nubes de vapor al aire libre. Aunque es posible que se produzcan explosiones de nubes de vapor completamente al aire libre, en la mayoría existe por lo menos una limitación parcial de la presión debido a obstáculos naturales o artificiales.

Estas explosiones se producen generalmente en las plantas de procesos, zonas de almacenaje de líquidos o gases inflamables o grandes vehículos (como vagones o camiones cisterna). Afectan por lo general a grandes cantidades de combustible (a veces, miles de toneladas).

18.12* Explosivos. Los explosivos son compuestos químicos, mezclas o aparatos cuyo principal objetivo es que funcionen por explosión. Los explosivos se dividen en dos tipos principales, de baja potencia y de gran potencia (no se deben confundir con daños de alta o baja potencia).

18.12.1 Explosivos de baja potencia. Estos explosivos se caracterizan por la deflagración (onda expansiva sub-sónica) o por una velocidad de reacción relativamente lenta y por la creación de bajas presiones al explotar. Algunos de estos explosivos son la pólvora sin humo, la pólvora rápida, los combustibles sólidos para los cohetes y la pólvora negra. Están diseñados para funcionar mediante los efectos de empuje o desplazamiento producidos por los gases calientes.

Algunos explosivos de baja potencia (como la pólvora doble sin humo) pueden detonar en ciertas circunstancias, por ejemplo si se produce su ignición en un recinto adecuado para que se alcance una velocidad de reacción adecuada, si la fuente de ignición es muy fuerte o si la combustión se produce de manera inestable.

18.12.2 Explosivos de gran potencia. Los explosivos de gran potencia se caracterizan por un mecanismo de propagación por reacción. Algunos de estos explosivos son la dinamita, los geles acuosos, el TNT, el ANFO, el RDX y el PETN. Estos explosivos están diseñados para producir efectos devastadores por naturaleza, debido a su enorme velocidad de aumento de la presión y su altísima presión de detonación [del orden del millón de psi (6,900.000 kPa)]. Estas presiones, muy localizadas, generan cráteres y destrozos cerca del centro de la explosión.

Los efectos producidos por las explosiones en fase difusa (combustible-aire) y los explosivos sólidos, son muy distintos. En una explosión en fase difusa (generalmente una deflagración), los daños estructurales suelen ser uniformes y omnidireccionales y generalmente se encontrarán pruebas muy dispersas del fenómeno, como quemaduras, chamuscado o ampollas. Por el contrario, la velocidad de combustión de un explosivo sólido es mucho mayor que la velocidad del sonido. Por tanto, la presión no se compensa dentro del perímetro de la explosión y cerca del explosivo se generan presiones altísimas. La presión y el nivel de destrozos resultante disminuye rápidamente a medida que la onda expansiva se aleja del centro de la explosión. En el lugar de la explosión habrá escombros, astillas y otros residuos producidos por las altas presiones. Lejos de la fuente de la explosión habrá normalmente muy pocas pruebas de quemado o chamuscado, excepto si ha habido metralla caliente o trozos de material ardiendo.

18.12. Investigación de los siniestros de explosión. La investigación de los siniestros en los que se han visto implicados explosivos, requiere una formación muy especial. Los explosivos están estrictamente regulados por la ley de modo que la mayoría de los incidentes de este tipo serán investigados por la policía gubernativa o la judicial. Se sugiere que sólo realicen estas investigaciones personas con una formación y experiencia adecuadas. Los que no las tengan, deben ponerse en contacto con la policía gubernativa y judicial.

18.13 Investigación del lugar de una explosión. Los objetivos de la investigación de una explosión no son distintos de los de un incendio normal: determinar el origen, el combustible y la fuente de ignición, establecer la causa y la responsabilidad del siniestro. También es muy importante, o incluso más que en un fuego, un enfoque sistemático del examen del lugar de los hechos. Generalmente los lugares donde se han producido explosiones son más grandes y están más alterados que aquéllos en los que se ha producido un incendio. Sin un enfoque sistemático y bien planificado, la investigación de una explosión es más difícil de realizar, o incluso imposible.

Las explosiones típicas pueden ir desde un pequeño reventón de una tubería en una vivienda hasta explosiones en serie que pueden afectar a todo un edificio. Aunque los procesos de investigación que explicaremos a continuación se refieren más a siniestros grandes, se deben aplicar los mismos principios a los pequeños, con la

debidas simplificaciones.

Si los daños son muy extensos y afectan a edificios, al principio de la investigación hay que consultar con expertos en explosiones y en daños en edificios, para que puedan colaborar en los aspectos más complejos.

18.13.1 Seguridad en el lugar de los hechos. El primer deber del investigador es asegurar el lugar de la explosión. Las primeras personas en llegar deben establecer y mantener el control físico del edificio y zonas circundantes. Se debe prohibir que entren en el edificio personas no autorizadas o que toquen los restos de la explosión, por alejados que estén del lugar de los hechos, porque las pruebas de una explosión, sea accidental o provocada, pueden ser muy pequeñas y resultar alteradas o desplazadas por la gente que pasa. Incluso hay pruebas que pueden quedar pegadas a los zapatos. Si se acordona bien el lugar de los hechos, se evitarán posibles daños personales a los espectadores no autorizados o curiosos que intenten entrar en zonas poco seguras.

18.13.1.1 Acordonamiento de la zona. Como norma general, el perímetro exterior de una zona donde se haya producido una explosión se debe establecer a vez y media la distancia del trozo de escombros más alejado que se encuentre. Puede haber trozos importantes de restos de una explosión a gran distancia, en los edificios o vehículos cercanos. Esas zonas se deben incluir en el perímetro a investigar. Si se encuentran otros restos fuera de ese perímetro, se debe ampliar.

18.13.1.2 Información sobre los antecedentes. Antes de comenzar cualquier investigación, se debe recoger toda la información necesaria sobre el siniestro. Por ejemplo, descripción del lugar de los hechos, sistemas o actividades implicadas y condiciones y hechos que pueden haber dado lugar al siniestro. Hay que determinar la posición de todos los combustibles y oxidantes que hubiera y de las condiciones anormales o peligrosas que pudieran haber dado lugar al siniestro. Por supuesto, hay que recoger toda la información posible sobre materiales explosivos y causas sospechosas, para incorporarla a la investigación.

Hay que examinar las declaraciones de los testigos, los registros de mantenimiento y operativos, los manuales, los informes meteorológicos, los informes de anteriores siniestros y cualquier otro informe de importancia en el establecimiento de las pruebas. Pueden resultar especialmente significativos los cambios recientes de los equipos procedimientos y condiciones de funcionamiento.

Los planos del edificio o del proceso mejorarán significativamente la documentación de los hechos, sobre todo si sobre ellos se pueden tomar notas.

18.13.1.3 Establecer un modelo de investigación. El investigador debe establecer un modelo de investigación de los hechos. Con la ayuda de los miembros de su equipos, debe inspeccionar el lugar desde su perímetro exterior hacia dentro, hasta llegar a la zona más afectada. La determinación definitiva del epicentro de la explosión sólo se debe hacer después de haber examinado detenidamente todo el lugar.

El modelo de la investigación puede ser espiral, circular o en cuadrícula. A veces, las circunstancias especiales del lugar determinarán el modelo de investigación. En cualquier caso, las zonas acotadas se pueden solapar, para no perder ninguna prueba que pudiera quedar en el límite de dos zonas. A menudo es útil investigar las zonas más de una vez. Si se hiciera así, se debe procurar que la segunda vez la inspeccione otra persona distinta, para que no pase por alto ningún detalle.

El número de investigadores dependerá del tamaño y complejidad de la zona. Pero el investigador encargado debe tener en cuenta que demasiados investigadores puede ser tan contraproducente como demasiado pocos. Debe informar a los investigadores de los procedimientos adecuados para identificar, registrar, fotografiar, marcar y localizar en un mapa las pruebas. Si participan varios investigadores, es esencial coordinar el procedimiento.
El lugar donde se encuentren las pruebas se puede marcar con tiza, pintura, banderas, estacas o cualquier otro medio. Después de fotografiar las pruebas, se pueden etiquetar, trasladar y guardar *(véase capítulos 13 y 14).*

18.13.1.4 La seguridad en el lugar de la explosión. Todas las recomendaciones de seguridad en la investigación de incendios recogidas en el capítulo 10, se aplican también a la investigación de explosiones. Pero además hay algunas otras para estos casos.

Los edificios que han sufrido explosiones suelen estar estructuralmente más afectados que los que sólo han sufrido un incendio. Por eso es mucho mayor la posibilidad de que derrumbe el suelo, pared, techo, tejado o todo el edificio, lo que debe tenerse en cuenta.

En el caso de explosiones por combustible gaseosos o polvos, las explosiones secundarias son la regla más que la excepción. Las primeras personas que lleguen al lugar de los hechos deben tener muy en cuenta esta posibilidad. Antes de comenzar la investigación, hay que taponar las fugas de gas o acordonar los charcos de líquidos inflamables, hay que neutralizar las materias tóxicas en el aire o sobre las distintas superficies y utilizar, cuando las circunstancias lo requieran, equipo de seguridad personal.

En los lugares donde se hayan producido explosiones de bombas o explosivos, existen otros peligros. El investigador debe buscar otros dispositivos o explosivos que no hayan detonado. El procedimiento en la investigación de explosiones por bombas o provocadas contempla la posibilidad de que existan explosivos secundarios preparados específicamente para que exploten cuando llegue la policía o los bomberos al lugar del siniestro.

Una investigación a fondo del lugar tendrá como finalidad buscar cualquier explosivo secundario antes de iniciar la investigación en sí. Si se encuentran explosivos sin detonar, de ninguna manera se deben tocar ni mover, se debe evacuar y acordonar la zona y avisar a los técnicos en desactivación de explosivos.

18.13.2 Evaluación inicial del lugar. Una vez determinado el lugar de la explosión, el investigador debe hacer luna evaluación inicial del tipo de siniestro al que se enfrenta. Si en algún momento durante la investigación descubre que la explosión se ha visto reforzada por explosivos o que ha explotado un dispositivo improvisado, debe cesar inmediatamente la investigación, acordonar el lugar y avisar a la autoridad competente.

En el Cuadro 18.13.2 se ofrece al investigador una guía básica para que pueda comparar las características de los diversos destrozos y combustibles en las explosiones. Esta lista le puede ayudar a incluir o eliminar distintos tipos de explosiones o explosivos en su evaluación inicial del lugar. Por ejemplo, si las pruebas indican que se han producido daños graves, puede suponer que la explosión no ha sido debida a humo.

18.13.2.1 Identificar si ha habido explosión o incendio. La principal finalidad de la evaluación inicial es determinar si el siniestro ha consistido en un incendio, explosión o ambos y en este caso cuál se ha producido primero. A veces, las pruebas de una explosión no son evidentes. Por ejemplo, si ha sido una explosión débil de gases.

El investigador debe buscar síntomas de que se ha producido una subida de presión en el interior del edificio: desplazamiento o

Tabla 18.13.2 Características de algunas explosiones típicas

Características típicas	Gases más ligeros que el aire	Gases más pesados que el aire	Vapores de líquidos	Polvos	Explosivos	Humos	BLEVEs
Daños leves	3	4	4	2	2	5	2
Daños graves	2	1	1	2	3	0	2
Explosión secundaria	3	3	2	4	0	1	0
Bolsas de gases/vapores/polvos	3	2	2	2	0	0	0
Deflagración[a]	4	4	4	4	1	5	4[b]
Detonación	1	1	1	1	4	0	1[b]
Gases subterráneos	2	2	2	0	0	0	0
BLEVEs	2	3	5	0	0	0	5
Incendios post-explosión	3	3	4	3	1	5	3
Incendios pre-explosión	2	2	2	3	2	5	4
Explosión con cráter	0[c]	0[c]	0[c]	0	4[d]	0	2
Energía mínima de ignición(mJ)[e]	0.17-0.25	0.17-0.25	0.25	10-40	[e]		[f]

Nota: 0 = nunca, 1 = raras veces, 2 = a veces, 3 = con frecuencia, 4 = casi siempre, 5 = siempre.
[a] En determinadas circunstancias, una deflagración puede terminar en detonación.
[b] La resistencia del recipiente puede hacer que la onda expansiva se propague a velocidad menor que el sonido.
[c] Los gases y vapores pueden producir cráteres si están en recipientes pequeños y si los materiales sobre los que explotan estaban muy comprimidos o dispersos.
d Todos los explosivos de gran potencia y algunos de baja potencia producen explosiones con cráter si los materiales sobre los que explotan estaban muy comprimidos o dispersos
[e] La energía de ignición varía mucho. La mayoría de los modernos explosivos de gran potencia están henos de modo que son insensibles a la ignición. La energía de una detonación suele llegar hasta nueve veces la magnitud de la energía mínima de ignición
[f] Los BLEVEs no son explosiones con combustión, por lo que no necesitan ignición.

abombamiento de las paredes, suelos, techos, puertas y ventanas, tejados, otros miembros estructurales, clavos, tornillos, conducciones de servicio, cuadros y regletas. Los fragmentos y daños provocados por la presión se deben atribuir a una reacción de combustibles explosivos en fase condensada.

El investigador debe buscar y evaluar la naturaleza y alcance de los daños producidos por el calor en el edificio y sus componentes y establecer si se pueden atribuir únicamente al fuego.

18.13.2.2 Daños graves o leves. El investigador debe tratar de establecer si la naturaleza de los daños permite considerarlos como graves o leves *(véase sección 18.3)*. Eso le ayudará a clasificar el tipo, cantidad y mezclas de combustibles que han dado lugar al siniestro.

18.13.2.3 Explosiones con cráter y sin cráter. El investigador debe establecer si la explosión ha creado un cráter o no. Eso le ayudará a clasificar el tipo de combustible posible (véase sección 18.6).

18.13.2.4 Identificar el tipo de explosión. El investigador debe identificar el tipo de explosión producido: mecánica, por combustión, por otra reacción química o BLEVE.

18.13.2.5 Identificar el tipo del posible combustible. El investigador debe identificar qué tipo o tipos de combustible podía haber en el lugar de la explosión, determinando el estado y situación de las conducciones de servicio, especialmente los gases combustibles y las fuentes de polvos o líquidos inflamables.

El investigador debe analizar la naturaleza de los daños, comparándolos con las típicas marcas producidas por:

(1) Los gases más ligeros que el aire.
(2) Los gases más pesados que el aire.
(3) Los vapores de líquidos.
(4) Los polvos.
(5) Los explosivos.
(6) Las explosiones de humo.
(7) El BLEVE.

18.13.2.6 Determinar el origen. El investigador debe intentar determinar cuanto antes el origen de la explosión. Generalmente será la zona con más destrozos y a veces habrá un cráter o una zona muy localizada donde se hayan producido los mayores destrozos, en el caso de las explosiones con cráter. Si se ha producido una explosión de mezcla difusa aire-combustible, el origen será la habitación o recipiente donde se haya producido *(Ver 4.19.2)*.

18.13.2.7 Establecer la fuente de combustible y el tipo de explosión. El investigador debe identificar qué tipo de combustibles había en el lugar de la explosión, comprobando el estado y situación de las conducciones de servicio, especialmente los gases combustibles, los polvos que sean subproductos de procesos o los líquidos inflamables.

El investigador debe analizar la naturaleza de los daños, comparándolos con las típicas marcas producidas por:

(1) Los gases más ligeros que el aire.
(2) Los gases más pesados que el aire.
(3) Los vapores de líquidos.
(4) Los polvos.
(5) Los explosivos.
(6) Las explosiones de humo.
(7) El BLEVE.

A partir de ahí, establecerá el tipo de explosión.

18.13.2.8 Establecer la fuente de ignición. El investigador debe tratar de identificar cuanto antes la fuente de ignición. A veces esto puede resultar muy difícil. Debe examinar todas las fuentes posibles, como superficies calientes, arcos eléctricos, electricidad estática, llamas abiertas, chispas, productos químicos, etc. que hayan afectado a las mezclas aire-combustible.

Si ha habido explosivos, la fuente de ignición puede ser un detonador u otro mecanismo pirotécnico. A veces pueden quedar restos de los cables y del propio mecanismo.

18.13.3 Evaluación detallada del lugar. Armado con la información general obtenida con la evaluación inicial del lugar, el investigador puede empezar ya un estudio más detallado de los daños producidos por la explosión y los escombros. Como en muchas investigaciones de incendios, el investigador deberá ir anotando sus pasos y hallazgos tomando notas detalladas, fotografías y haciendo planos y mapas. Es importante que utilice las técnicas adecuadas de recogida y conservación de las pruebas *(véase capítulos 13 y 14).*

18.13.3.1. Identificar los efectos de los daños de la explosión. El investigador debe hacer un examen y análisis detallado de los daños producidos por la explosión o por el aumento de presión.

Debe identificar si los objetos dañados pueden haberse visto afectados por uno o más de estos efectos típicos de una explosión:

(1) Onda expansiva en fase positiva.
(2) Onda expansiva en fase negativa.
(3) Impactos de metralla.
(4) Daños térmicos.
(5) Daños sísmicos.

El investigador debe examinar y clasificar el tipo de daños que observe (si el objeto está destrozado, doblado roto o aplastado) y buscar cambios en las marcas producidas. A cierta distancia del epicentro de una detonación, el aumento de presión será moderado y sus efectos se parecerán a los de una deflagración, mientras que los materiales más cerca del epicentro de la detonación aparecerán hechos pedazos y astillados.

El investigador debe hacer un examen y análisis detallado de los daños específicos producidos por la explosión o el aumento de presión. Debe indicar si los objetos dañados han sido afectados por uno o más de los efectos dañinos de una explosión: onda expansiva, impacto de metralla, efectos térmicos y sísmicos.

También debe examinar y clasificar el tipo de daño a cada elemento significativo presente (si ha sido astillado, doblado, roto, o aplastado) y buscar cambios en las marcas. A cierta distancia del centro de explosión por detonación, el aumento de presión será más moderado y los efectos se parecerán a los de una explosión por deflagración. Los elementos en la cercanía del centro de detonación estarán astillados y fragmentados.

Debe examinar con atención el lugar de los hechos y recoger cualquier fragmento de materiales extraños y escombros del cráter. Esos fragmentos pueden requerir un análisis en el laboratorio forense para su identificación pero, si son fragmentos de un recipiente o contenedor o partes de un dispositivo explosivo improvisado, pueden resultar vitales para la investigación.

Los cuadros 18.13.3.1(a) y (b) se pueden usar como una guía simplificada para estimar la subida máxima de presión a partir de los daños observados en el edificio y de los datos del siniestro. Esos datos proceden de la presión máxima aplicada al exterior del edificio. Los efectos de esa subida de presión en el interior se consideran similares, pero los valores de aumento de presión pueden ser distintos en algunos casos, según el tipo de construcción.

Se observará que la evaluación de los daños estructurales producidos por una explosión es un asunto muy complejo. Un examen a fondo supone calcular la presión e impulso máximos de la explosión, su periodo natural y la resistencia del edificio donde se ha producido. Generalmente sería de esperar que un aumento de presión de 1 a 2 psi (6.9 a 13.8 kPa) produjera la caída de la mayoría de los conjuntos estructurales ligeros, como paneles de madera no reforzados, paneles de acero corrugado o paredes de ladrillo. Sin embargo, un edificio puede soportar presiones mucho mayores si sus elementos están reforzados, sobre todo con materiales dúctiles (p. ej., acero).

18.13.3.2 Identificar los daños por incendios previos y posteriores a la explosión. El investigador debe establecer si los daños producidos por el fuego o el calor han sido causados por un incendio anterior o por los efectos térmicos de la explosión. Debe examinar los escombros que hayan sido arrojados lejos del punto de origen para determinar si están quemados. Si estos escombros estuvieran quemados, puede ser indicativo de que la explosión estuvo precedida por un incendio.

Probablemente, el síntoma más corriente de un aumento de presión son los cristales de las ventanas arrojados a cierta distancia de las ventanas del edificio. Los residuos de humo y hollín en los cristales de las ventanas u otros escombros, revelan que a la explosión le siguió durante algún tiempo un fuego, mientras que si los residuos de cristales o escombros, lanzados a gran distancia del edificio, están perfectamente limpios, indican que la explosión precedió al fuego.

La dirección de desplazamiento de los residuos fundidos y vueltos a solidificar puede indicar al investigador la posición o comportamiento de esos residuos cuando estuvieron expuestos al calor.

18.13.3.3 Localizar e identificar los objetos de prueba. El investigador debe localizar, identificar, anotar, registrar, fotografiar y dibujar los muchos y variados objetos que pueden constituir pruebas físicas. Como las explosiones pueden lanzar los objetos a gran distancia, el investigador debe tener en cuenta que puede encontrar pruebas significativas en una gran variedad de lugares, como fuera del edificio siniestrado, empotrados en las paredes u otros miembros estructurales de dicho edificio o en la vegetación cercana, dentro de los edificios o vehículos contiguos o empotrados en ellos. En el caso de siniestros con bombas o que hayan supuesto la explosión de depósitos, aparatos o equipos, puede haber pruebas importantes como trozos de residuos en los cuerpos de las víctimas o entre su ropa.

Se debe tomar la ropa de todas las personas heridas en una explosión para su examen y posible análisis. El investigador debe procurar tomar fotografías de los heridos, y cualquier material retirado de los cuerpos de las víctimas durante las curas u operaciones, se debe guardar, tanto si la persona sobrevive como si no.

Los investigadores deben anotar el estado y posición de todos los componentes estructurales afectados y desplazados, como paredes, techos, suelos, tejados, cimientos, pilares, puertas, ventanas, pasarelas, escaleras y barandillas. Los investigadores deben anotar el estado y posición de todos los contenidos del edificio afectados y desplazados, como muebles, aparatos, equipos de cocina o calefacción, equipos de fabricación, ropas y efectos personales de las víctimas.

Los investigadores deben anotar el estado y posición de todos los equipos de instalaciones afectados y desplazados como contadores y reguladores de gas, tuberías y depósitos de gas, contadores y cajetines eléctricos, conducciones y cables eléctricos, depósitos de gasóleo de calefacción partes de aparatos explosivos o depósitos de combustible.

Tabla 18.13.3.1(a) Criterios sobre daños personales (Incluso por cristales desprendidos y por los efectos del aumento de presión)

Aumento de presión (psi)	Heridas	Comentarios	Fuente
0.6	Umbral de heridas por cristales desprendidos*	Basado en estudios con ovejas y perros	a
1.0-2.0	Umbral de arañazos en la piel por cristales desprendidos	Basado en datos del ejército	b
1.5	Umbral de múltiples penetraciones en la piel por cristales desprendidos (piel expuesta) *	Basado en estudios con ovejas y perros	a
2.0-3.0	Umbral de heridas graves por cristales desprendidos	Basado en datos del ejército	b
2.4	Umbral de rotura de tímpano	Datos no coincidentes sobre rotura de tímpanos	b
2.8	10% de probabilidad de rotura de tímpano	Datos no coincidentes sobre rotura de tímpanos	b
3.0	El aumento de presión tira una persona al suelo	Una fuente aporta el dato de 1,0 psi para este efecto	c
3.4	1% de rotura de tímpano	No es una lesión grave	d
4.0-5.0	Heridas graves de cristales desprendidos (probabilidad cercana al 50%)	Basado en datos del ejército	b
5.8	Umbral de penetración a través de la piel de cristales desprendidos (piel expuesta) *	Basado en estudios con ovejas y perros	a
6.3	50% de probabilidad de rotura de impacto	Datos no coincidentes sobre rotura de tímpanos	b
7.0-8.0	Heridas graves de cristales desprendidos (probabilidad cercana al 100%)	Basado en datos del ejército	b
10.0	Umbral de hemorragia pulmonar	No es una lesión grave [se aplica a una explosión de larga duración (más de 50 ns)]. Para ondas de 3 m/s, se requerirían 20-30 psi.	d
14.5	Umbral de mortalidad por los efectos directos de la explosión	Mortalidad debida fundamentalmente a hemorragia pulmonar	b
16.0	50% de rotura de impacto	Algunas heridas en los oídos pueden ser graves	d
17.5	10% de probabilidad de morir por los efectos directos de la explosión	Datos que no coinciden sobre mortalidad	b
20.5	50% de probabilidad de morir por los efectos directos de la explosión	Datos que no coinciden sobre mortalidad	b
25.5	90% de probabilidad de morir por los efectos directos de la explosión	Datos que no coinciden sobre mortalidad	b
27.0	1% de mortalidad	Gran incidencia de heridas graves en los pulmones [se aplica a una explosión de larga duración (más de 50 m/s)]; para ondas de 3 m/s se requerirían 60-70 psi]	d
29.0	99% de probabilidad de morir por efectos directos de la explosión	Datos que no coinciden sobre mortalidad	b

Nota: Para unidades SI, 1 psi = 6.9 kPa.
* Interpretación de los cuadros de datos en las referencias.
[a] Fletcher, Richmond, and Yelverton, 1980.
[b] Prevención de Pérdidas en los Procesos Industriales, *Loss Prevention in the Process Industries.*
[c] Brasie and Simpson, 1968.
[d] U.S. Department of Transportation, 1988.

Tabla 18.13.3.1(b) Criterios sobre daños materiales

Aumento de presión (psi)	Daños	Fuente
0.03	Rotura ocasional de ventanas grandes de cristal ya a presión	a
0.04	Fuerte ruido (143 dB). Caída de cristales por el ruido	a
0.10	Rotura de ventanas pequeñas por el esfuerzo	a
0.15	Presión típica de la caída de cristales	a
0.30	"Distancia segura" (probabilidad del 95% de que no se produzcan daños graves por debajo de este valor) Límite de misiles Algunos daños en el techo de la casa 10% de los cristales de las ventan:	a
0.4	Pequeños daños estructurales	a, c
0.5-1.0	Rotura de todos los cristales de las ventanas y en algún caso daños en l- s marcos. Una fuente cita caída de cristales a 0.147 psi (1 kPa)	a, c, d, e
0.7	Pequeños daños en la estructura de la casa	a
1.0	Derrumbe parcial de las casas que las hace inhabitables	a
1.0-2.0	Destrozo de los paneles corrugados de amianto Fallo de los paneles corrugados de aluminio/acero Fallo de los paneles de revestimiento de madera (construcción normal)	a, b, d, e
1.3	La estructura de acero de los edificios ligeramente doblada	a
2.0	Hundimiento parcial de muros y tejados de las viviendas	a
2.0-3.0	Destrozo de los paneles de pared o bloques de hormigón no reforzado [1,5 psi (10.3 kPa), según otra fuente]	a, b, c, d
2.3	Limite inferior de daños estructurales graves	a
2.5	Destrucción del 50% de la mampostería de la casa	a
3.0	Estructura de acero retorcida y arrancada de los cimientos	a
3.0-4.10	Hundimiento de los edificios con estructura de paneles de acero Rotura de los depósitos de gasolina Explosión de depósitos de madera	a, b, c
4.0	Rotura del revestimiento de edificios industriales ligeros	a
4.8	Caída de edificios de hormigón armado	e
5.0	Caída de los postes de madera	a, b
5.0-7.0	Destrucción casi total de las casas	a
7.0	Vuelco de vagones de ferrocarril cargados	a
7.0-8.0	Rotura por efecto tijera o flexión de tabiques de ladrillo [de 20,3 x 30,5 cm de grosor (8 x 12 pulgadas) no reforzados] Estallan los paneles laterales de la estructura de acero de los edificios Vuelco de vagones de ferrocarril cargados	a, b, c, d d b, c
9.0	Vagones de ferrocarril cargados totalmente destruidos	a
10.0	Probable destrucción total de los edificios	a
30.0	Caída de las torres de acero	b, c
88.0	Cráteres	e

[a] Prevención de Pérdidas en los Procesos Industriales, *Loss Prevention in the Process Industries.*
[b] Brasie and Simpson, 1968.
[c] U.S. Department of Transportation, 1988.
[d] U.S. Air Force, 1983.
[e] McRae, 1984.

18.13.3.4 Identificar los vectores de fuerza. Los investigadores deben identificar, dibujar, fotografiar y tomar nota de los restos que indiquen la dirección y fuerza relativa de la explosión, teniendo en cuenta que la fuerza necesaria para romper una pared es mucho mayor que la necesaria para simplemente moverla o levantarla. La fuerza necesaria para hacer saltar una ventana es mucho menor que la necesaria para desplazar la pared, pero mucho mayor que la necesaria para hacer que una ventana salte intacta. Cuanto mayor sea la fuerza, a mayor distancia del epicentro habrán sido desplazadas piezas similares de restos.

El investigador debe anotar, dibujar y fotografiar las distancias y direcciones a las que se encuentren los restos encontrados, tales como cristales de ventanas. Los restos más grandes y macizos se deben medir y pesar para estudiar las fuerzas necesarias para lanzarlos.

La distancia y la dirección de algunas pruebas importantes con relación al epicentro de la explosión, puede ser crítico. En el plano del lugar de la explosión se debe documentar completamente la posición de todos los restos importantes, anotando su distancia y dirección. Esto permitirá al investigador reconstruir la trayectoria de las distintas piezas.

18.14 Análisis del origen (epicentro). Una vez identificados los vectores de fuerza, el investigador debe dirigirse desde la zona más alejada hasta la más afectada, siguiendo el trazado natural de dichos vectores. Esto se conoce como análisis de la dinámica de la explosión y se puede hacer más eficazmente trazando en un diagrama del edificio afectado las direcciones de movimiento de los restos y, si es posible, una estimación de la fuerza relativa necesaria para la destrucción o desplazamiento de dichos restos *(Ver figura 18.14.)*. Es deseable un diagrama dimensional en los casos en que se anticipa un análisis de ingeniería de los efectos de los daños.

El análisis de la dinámica de la explosión se basa en el movimiento de los restos de la misma a partir del epicentro dentro de lo que podríamos considerar una esfera, y en la fuerza decreciente de la explosión a medida que aumenta la distancia al epicentro.

A menudo es necesario hacer más de un diagrama de la dinámica de una explosión. En el primero aparecería una zona relativamente grande que puede representar la zona o habitación concretas que pueden ser el origen, para su posterior estudio. Un segundo diagrama a menor escala permitiría analizar la dinámica de la explosión de la zona de origen. Esto es muy útil sobre todo en explosiones con cráter.

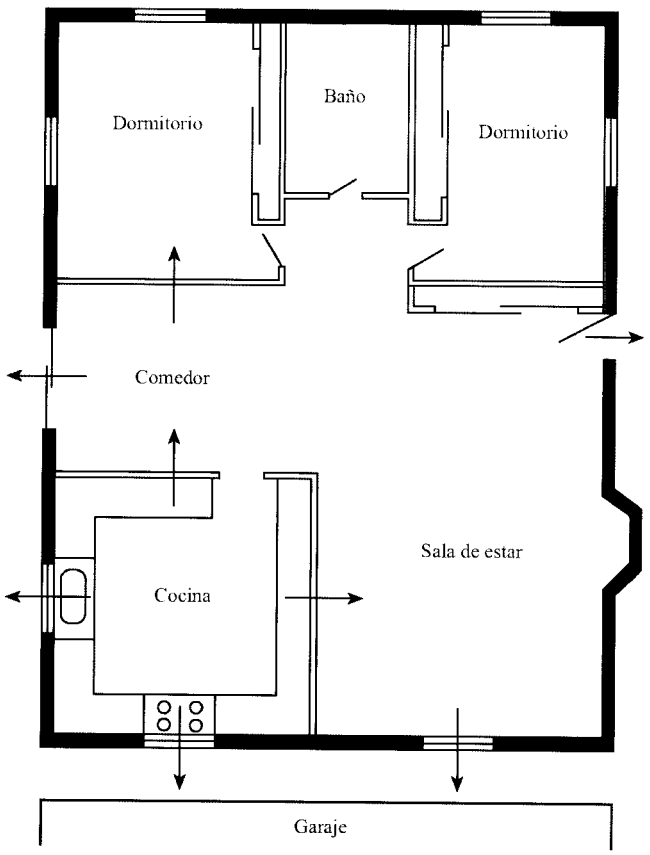
A menudo, sobre todo cuando se trata de explosiones sin cráter, como las producidas por fugas de gases, no se puede determinar el epicentro más allá de una habitación o zona concreta.

El análisis de la dinámica de la explosión se complica a menudo por la existencia de una serie de explosiones, cada una con su propio epicentro. Esta situación exige una comparación detallada de los vectores de fuerza. El movimiento de los restos más pesados como paredes, suelos y tejados, generalmente es menor en las sucesivas explosiones que en la primera. La primera explosión con más fuerza tiende a ventilar el edificio, con lo que la fase de presión positiva de las explosiones sucesivas es menor.

Sin embargo, esto sucede sólo cuando las explosiones secundarias son de la misma fuerza o menor que la primera. Las explosiónes de polvos son una notable excepción a este fenómeno, pues las explosiones sucesivas suelen ser más potentes que la primera.

18.15 Análisis de la fuente de combustible. Una vez identificado el origen o epicentro de la explosión, el investigador debe determinar el combustible. Esto se hace comparando la naturaleza y tipo de destrozos con los combustibles que se sepa que hay en el lugar del siniestro.

FIGURA 18.14 Diagrama de la dinámica de una explosión. Las flechas indican la dirección de desplazamiento de paredes, puertas y ventanas.



Se deben estudiar todas las fuentes de combustible posibles e irlas eliminando hasta que se encuentre una que cumpla todos los criterios de los destrozos físicos producidos. Por ejemplo, si se identifica el epicentro de la explosión como un cráter de 1,8 metros (6 pies) de hormigón pulverizado en el centro del suelo, hay que desechar como combustible una fuga de gases y estudiar únicamente los combustibles que pueden dar lugar a explosiones con cráter.

Para identificar el combustible pueden ser útiles los análisis químicos de muestras de escombros, hollín, tierra o aire. Otras técnicas como la cromatografía de gases, la espectrografía de masas o posteriores análisis químicos de las muestras recogidas, pueden facilitar la identificación de posibles explosivos o combustibles líquidos.

Las muestras de aire tomadas en la cercanía de la zona de origen se pueden utilizar para detectar gases o vapores de líquidos combustibles. Por ejemplo, el gas natural comercial es una mezcla de metano, etano, propano, butano y nitrógeno. La presencia de etano en el aire puede demostrar que ha habido gas natural, en vez de, por ejemplo, gas de alcantarillas o de limonita, que es sólo metano.

Una vez identificado el combustible, el investigador debe localizar su fuente. Por ejemplo, si el combustible era un gas más ligero que el aire y el edificio tiene gas natural, el investigador debe localizar el origen del gas que probablemente estará en el epicentro de la explosión o debajo de él, posiblemente en la fuga de una tubería de servicio o de un aparato de gas que funcionaba mal.

Hay que examinar todas las tuberías de gas, desde la acometida de la calle o los depósitos de butano o propano, hasta los contadores y reguladores y desde ahí a todos los aparatos y probar si había fugas, si es posible *(ver NFPA 54, National Fuel Gas Code, Apéndice D, o National Fuel Gas Code Handbook)*. Para probar si había fugas dentro de un edificio que ha sufrido un incendio o explosión de gas, se puede utilizar aire o un gas inerte.

La verificación de los odorizantes debe formar parte de toda investigación de una explosión en la que la causa haya sido o haya podido ser un gas inflamable, sobre todo si se sabe que las personas presentes no habían detectado ninguna fuga de gas. Hay que verificar la presencia del odorizante. Como pruebas se observarán las manchas en las tuberías en el lugar de los hechos, o la cromatografía de gases en el laboratorio para confirmar los resultados.

18.16 Análisis de la fuente de ignición. Cuando se hayan identificado el origen de la explosión y el combustible, hay que analizar el medio de ignición. Esta suele ser la parte más difícil de toda la investigación de una explosión, porque suele haber muchas fuentes de ignición, sobre todo en las fugas de gases. Si cree que puede haber varias fuentes de ignición, el investigador debe tener en cuenta toda la información disponible, incluidas las declaraciones de los testigos. Debe hacer una evaluación cuidadosa de todas las posibles fuentes de ignición, teniendo en cuenta:

(1) La energía mínima de ignición del combustible.
(2) La energía de ignición de la posible fuente.
(3) La temperatura de ignición del combustible.
(4) La temperatura de la fuente de ignición.
(5) La posición de la fuente de ignición respecto al combustible.
(6) La presencia simultánea del combustible y la fuente en el momento de la ignición.
(7) Las declaraciones de los testigos sobre el estado y acciones inmediatamente antes y en el tiempo de la explosión.

18.17 Análisis de las posibles causas. Una vez identificados el origen, el combustible y la fuente de ignición, el investigador debe analizar y determinar qué es lo que acercó el combustible a la fuente de ignición en el origen. Las circunstancias que hicieron que esos elementos coincidieran en ese lugar y en ese momento, son la causa de la explosión *(véase capítulo 16)*.

Parte de este análisis puede incluir consideraciones sobre cómo se podría haber evitado la explosión, por ejemplo sobre incumplimiento de las normas o códigos en vigor. Hay que tener en cuenta que, dado los efectos destructivos del fuego y las explosiones, no siempre se puede determinar su causa.

A continuación se indican varias técnicas para tratar de averiguar las causas. La elección de la técnica o técnicas más adecuadas, dependerá de las circunstancias específicas de cada siniestro.

18.17.1 Análisis de la curva de tiempos. Basándose en la información básica recogida (declaraciones de los testigos, notas, etc.), el investigador debe establecer una secuencia de acontecimientos anteriores y simultáneos con la explosión. Si se producen coherencias o incoherencias con la causa determinada, se debe aplicar la teoría de la «máxima verosimilitud» (ver sección 17.2. para más informació sobre análisis de línea de tiempo).

18.17.2 Análisis del tipo de daños. Se pueden documentar distintos tipos de daños para su posterior análisis, sobre todo de los escombros y daños estructurales.

18.17.2.1 Análisis de los escombros. Los investigadores deben identificar, dibujar, fotografiar y tomar notas de los escombros y otros residuos que indiquen la dirección y fuerza relativa de la explosión. En general, cuanto mayor haya sido la fuerza explosiva, más lejos del centro de la explosión habrán sido arrojados trozos similares de escombros y residuos. No obstante, la forma más o menos aerodinámica y el ángulo de elevación de cada fragmento habrán hecho que unos se hayan desplazado más lejos que otros.

Pueden resultar críticas la distancia y la dirección respecto al centro aparente de la explosión de algunas piezas o restos significativos. Hay que documentar completamente en el plano del lugar de la explosión la posición de todas las piezas significativas, anotando tanto la distancia como la dirección. Esto permitirá al investigador reconstruir sus trayectorias. En algunos casos es preferible pesar y tomar medidas de los restos más importantes, sobre todo los más grandes. Esos datos se pueden utilizar después en un análisis más completo de su trayectoria.

18.17.2.2 Análisis de los daños relativos del edificio. Los investigadores deben dibujar los daños relativos en las zonas que rodean el lugar de la explosión, construyendo lo que podríamos llamar un diagrama de iso-destrozos. Los criterios para trazar esas líneas pueden ser sencillamente los niveles de aumento de presión en algunos casos, o la consideración de los destrozos considerados similares en los edificios. Para esto se emplean varias técnicas. Este análisis proporcionará otras claves sobre la propagación de la explosión y se puede utilizar como dato para un análisis posterior más completo.

18.17.3* Relación entre la fuerza de una explosión y los destrozos producidos. Los analistas utilizan diversos métodos para relacionar el grado de destrozos y la distancia a que han sido lanzados los restos, con el tipo y cantidad de combustible en una explosión. Debido a las grandes diferencias en la dinámica química de los explosivos sólidos y los gases y vapores, no es posible relacionar directamente la cantidad de combustible implicado en una explosión con el peso del explosivo utilizado en otra. En diversos documentos se recogen datos de equivalencia en peso de los explosivos más corrientes en fase condensada *(véase Apéndice A)*.

18.17.4 Análisis de los objetos y edificios afectados. Con frecuencia, la determinación de la causa de una explosión requiere un enfoque multidisciplinario que ponga en relación los destrozos causados con los combustibles implicados. Puede que sea necesario contratar a expertos *(véase sección 12.5)*.

18.17.5 Relación con los efectos térmicos. Un conjunto de objetos que presenten daños debidos al calor como consecuencia de una explosión, pueden dar prueba de que se ha producido una bola de fuego o un incendio posterior. Esto puede ser una prueba mayor de que la explosión ha producido una BLEVE, un incendio por chorro de combustible u otros fenómenos, según sean los daños producidos en esos objetos. Un ingeniero experto en este área puede hacer un análisis especial de los daños térmicos. A partir de ese material, puede trazar un diagrama isotérmico (de los daños producidos por el calor).

Capítulo 19 Incendios provocados

19.1 Introducción. Un incendio provocado es aquél que ha sido deliberadamente iniciado en circunstancias en que las personas sabían que no debían hacerlo. En esta sección se ofrecen orientaciones para ayudar al investigador a identificar los incendios provocados y a documentar las pruebas relativas a su origen y causa. Si el investigador llega a la conclusión de que un incendio ha sido pro-

vocado, deberá fijarse en otros factores de las pruebas para la localización e identificación de los sospechosos.

La existencia de una sola prueba o una combinación de varias no indica necesariamente que un incendio haya sido provocado. No obstante, la presencia de esos indicadores puede sugerir que el siniestro requiere profundizar en la investigación.

19.2 Indicadores de incendios provocados. Hay distintas circunstancias relativas al origen y propagación de un incendio, que pueden proporcionar pruebas físicas de que ha sido provocado.

19.2.1 Incendios múltiples. Se entiende por incendios múltiples dos o más fuegos separados que arden simultáneamente sin tener relación entre sí. El investigador debe tratar de descubrir cualquier otro incendio declarado o punto de origen que pudiera haber. Para llegar a la conclusión de que hay incendios múltiples, el investigador debe determinar que todos los incendios "separados" que encuentre no son consecuencia natural del incendio inicial.
Son ejemplos de incendios múltiples los incendios en distintas habitaciones o en distintos pisos sin conexión, o incendios independientes dentro y fuera del mismo edificio. Se debe investigar el edificio incendiado y sus alrededores para determinar si existen incendios múltiples.

Aparentemente, los incendios múltiples se pueden producir mediante la propagación del fuego por:

(1) Conducción, convección o radiación.
(2) Pavesas por el aire.
(3) Por afectación directa por las llamas.
(4) Por caída de materiales ardiendo (goteo), como cortinas.
(5) Por propagación del fuego a través de los bajantes, conductos de tuberías o del aire acondicionado.
(6) Por propagación dentro de los huecos de los suelos o las paredes en las «construcciones en globo».
(7) Por sobrecarga de la instalación eléctrica.
(8) Por fallos en los sistemas de suministro.

La aparición de varios puntos de origen puede también ser consecuencia de una combustión continua en lugares alejados del edificio durante las operaciones de supresión y desalojo, sobre todo si el edificio se ha hundido total o parcialmente.

Cuanto antes se apague un fuego, más fácil es identificar si ha habido varios puntos de origen. Si afecta a toda la habitación o si se ha propagado a otras habitaciones, resulta más difícil identificar los incendios múltiples y si se produce una combustión completa o una "llamarada", la identificación puede resultar imposible.

Si ha habido algún incendio previo en el edificio, hay que tener cuidado para no confundir las consecuencias de los distintos incendios con un incendio múltiple.

Un aspecto importante del examen del lugar, la reconstrucción del lugar del incendio (sección 15.7), es especialmente importante cuando se sospecha que pueda haber incendios múltiples.

Un análisis cuidadoso del lugar del incendio puede revelar la existencia de otros, sobre todo en la misma zona. Por ejemplo, si el investigador observa o descubre una zona de origen en un armario, el examen de otros armarios le puede descubrir nuevos puntos de origen (que, razonablemente, puede suponer que han dado origen a nuevos incendios). El investigador tendrá en ocasiones que pedir permiso para realizar investigaciones en áreas no afectadas o implicadas en el incendio descubierto *(véanse secciones 9.2.2 y 9.2.3)*.

La confirmación de que ha habido incendios múltiples es una indicación bastante clara de que el incendio ha sido provocado.

19.2.2 Rastros de combustible. Después de un incendio provocado en el que se han distribuido intencionadamente combustibles de una zona a otra, pueden aparecer marcas alargadas. Tales marcas conocidas como rastros se pueden encontrar a lo largo del suelo que separa las zonas de dos incendios o a lo largo de escaleras, para propagar un incendio de un piso a otro o de un edificio a otro. Los combustibles utilizados en los incendios provocados pueden ser líquidos o sólidos inflamables o cualquier combinación de ambos *(véase figura 4.18.1)*.

A veces se usan en los incendios provocados materias como ropa, papel, paja o líquidos inflamables. Generalmente quedan restos de materia sólida, que se deben recoger y documentar.

Los líquidos inflamables pueden dejar marcas lineales, sobre todo si el incendio se apaga pronto. La energía de radiación de las llamas o los gases calientes que se extienden por los pasillos o en las escaleras, pueden producir también marcas lineales. Como hemos dicho para los acelerantes sólidos sospechosos, también se deben recoger y analizar muestras de los posibles acelerantes líquidos *(véase sección 14.5)*.

A menudo, cuando se limpia el suelo de escombros para examinar los daños, pueden aparecer marcas rectas largas y anchas en las que se han producido más daños por el calor limitadas a los lados por zonas sin afectar o poco afectadas. A menudo esas marcas se han interpretado como rastros de combustibles. Aunque es posible, esas marcas también pueden ser producidas por muebles, objetos, mostradores o productos almacenados, o también por el impacto del fuego en zonas del suelo o de su revestimiento más desgastadas. Los objetos de forma irregular caídos en el suelo, como ropa de vestido o de cama, pueden protegerle produciendo marcas que dan lugar a errores de interpretación.

Por ejemplo, la gasolina derramada para fomentar el fuego es un acelerante. Es el uso deliberado de la gasolina para propagar el fuego de un lugar a otro lo que hace que esa marca de la gasolina sea un rastro. Derramar gasolina de una habitación a otra o subiendo una escalera, es dejar un rastro. Echar gasolina en un edificio desde una bodega o desde el tejado, o derramar gasolina en una zona amplia, no es dejar un rastro, es decir, usar un acelerante. Por tanto, el combustible no es un rastro, sino la manera en que ese combustible o acelerante se utiliza. Es igual que el requisito de «uso» en la definición del acelerante. La acción de provocación no tiene que ver con el hecho de que exista o no un rastro. La gasolina, los trapos o los periódicos se pueden usar como acelerantes y dejan un rastro, aunque actúan de manera distinta. La marca que deja el rastro es prueba de que se ha utilizado un acelerante, pero la marca no es el rastro. Si la persona que provoca un incendio deja un rastro pero es detenida antes de que lo prenda, sigue siendo un rastro.

19.2.3 Falta de carga de fuego o de fuentes de ignición esperadas. Cuando los daños producidos por el fuego en el origen no son coherentes con la poca carga de fuego esperada, la tasa de liberación de calor o las posibles fuentes de ignición, se puede pensar que el incendio es provocado. Un ejemplo de estos tres factores es un incendio aislado a nivel del suelo en una habitación grande y vacía. Otros ejemplos de zonas con poca carga de fuego son los pasillos y escaleras. Las escaleras, aunque normalmente no tienen mucha carga de fuego, pueden contribuir a su propagación rápida al permitir que las llamas o los gases calientes se desplacen verticalmente a otras zonas. Esta acción puede causar daños graves en las superficies expuestas de las escaleras. Otros ejemplos de zonas con fuentes de ignición limitadas son los armarios, espacios bajo los suelos y áticos.

19.2.4* Acelerantes extraños. Las mezclas de combustibles y los

oxidantes Clase 3 y 4 (ver NFPA 430, Norma para el Almacenamiento de Oxidantes Sólidos y Líquidos, *Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers)*, pueden producir un incendio extremadamente caliente y utilizarse para comenzar o acelerar un incendio, así como las mezclas termita. Estos acelerates generalmente dejan residuos que se pueden identificar visual o químicamente.

Se ha analizado si se han utilizado acelerantes extraños para iniciar o acelerar algunos incendios de crecimiento rápido, y se han identificado en tales casos particulares como acelerantes de alta temperatura (AAT). Los indicadores de acelerantes extraños incluyen una extraordinaria velocidad de crecimiento del incendio, llamas brillantes (especialmente al comienzo del incendio), y funden el acero o el cemento. Un estudio de 25 incendios en los que se sospecha la presencia de acelerantes de alta temperatura, producidos entre 1981 y 1991, demostró que no había pruebas científicas concluyentes del uso de tales acelerantes.

En cualquier incendio en el que la velocidad de crecimiento del incendio sea extremadamente rápida, se deberían considerar otras razones además del uso de un acelerante, ya sea extraño o de otro tipo, por ejemplo ventilación, modos de extinción de incendios, y tipo y configuración de los combustibles.

19.2.5 Carga o configuración anormal de fuego. Si la investigación descubre la presencia de una carga anormal de fuego en la zona de origen o si hay una carga de fuego que normalmente no sería de esperar en esa zona o que fuera de esa forma, el fuego puede ser provocado. Un ejemplo de configuración anormal es cuando los muebles, objetos o contenido de la habitación están deliberadamente amontonados o apilados de modo que fomenten el rápido o completo desarrollo del fuego. Un ejemplo de carga de fuego anormalmente elevada es cuando hay acumulación de basura, restos o cartones en una habitación o recinto, que pueden hacer que el fuego se propague rápidamente.

19.2.6 Heridas por quemaduras. El modo y magnitud de las heridas por quemaduras pueden ofrecer claves sobre el origen, causa o propagación del fuego. Se pueden producir heridas por quemaduras al provocar un incendio. El investigador debe asegurarse si las quemaduras de la víctima y la magnitud y naturaleza de sus heridas coinciden con las hipótesis de la investigación sobre la causa y la propagación del incendio. El investigador debe buscar en los hospitales para saber si ha ingresado alguna persona con heridas por quemaduras.

19.2.7 Dispositivos incendiarios. Se llama dispositivo incendiario a una amplia gama de mecanismos utilizados para provocar un fuego. En algunos casos, la persona que ha provocado el fuego puede haber usado más de uno de estos dispositivos. Frecuentemente se encontrarán restos del combustible utilizado con el dispositivo incendiario. Si se sospecha que un fuego ha sido provocado, el investigador debe buscar otros dispositivos que se puedan haber quemado o que no hayan funcionado.

ATENCIÓN:

¡Si se descubre un dispositivo incendiario que no ha funcionado, prohibido tocarlo! Esos dispositivos sólo deben ser manipulados por personal experto en explosivos. Tocar o mover tales dispositivos es extraordinariamente peligroso y puede provocar su incendio o explosión.

19.2.7.1 Ejemplos de dispositivos incendiarios. Algunos ejemplos de dispositivos incendiarios y de pruebas que pueden determinar su presencia o uso, son:

(1) Carteritas de cerillas de papel y cigarrillos de los que se pueda encontrar en la zona de origen la tira de fósforo con la que se encienden las cerillas, filtros de los cigarrillos, ceniza de los mismos y materiales combustibles quemados por las cerillas o cigarrillos.
(2) Velas de las que se encuentre en la zona de origen cera y restos de cualquier material combustible que haya ardido con ellas.
(3) Instalaciones eléctricas o aparatos eléctricos de calefacción que puedan haber dado lugar a un incendio, que tengan muestras de que han sido manipulados o su instalación modificada, o el movimiento intencionado de aparatos que producen calor a lugares cercanos donde haya materiales combustibles o prueba de materiales combustibles que pueden haberse amontonado al lado de aparatos productores de calor.
(4) Bombas de fuego de las llamadas comúnmente Cócteles Molotov, que dejan pruebas en forma de líquido, producto químico o compuestos inflamables con los que se fabrican; las botellas y las mechas.
(5) Dispositivo incendiario de serrín-parafina, que se puede descubrir por los restos de cera impregnada con serrín (p. ej., fuegos de madera artificial).

19.2.7.2 Dispositivos retardadores. La persona que provoca un fuego puede utilizar temporizadores o retardadores para tener tiempo de abandonar el lugar y posiblemente para tener ocasión de crear una coartada antes de que se declare el incendio. Esos dispositivos pueden ser velas, cigarrillos y temporizadores mecánicos o eléctricos.

19.2.7.3 Presencia de líquidos inflamables en la zona de origen. El uso o la presencia de líquidos inflamables se conoce generalmente como acelerantes líquidos si coincide con un incendio provocado.

La presencia de líquidos inflamables puede indicar que el incendio ha sido provocado, sobre todo si esos líquidos se encuentran en zonas que normalmente no sería de esperar. Puede que no sean raras las latas de combustible en un garaje, pero si se encuentra una lata de gasolina en un dormitorio, sí es raro. En cualquier caso hay que investigar a fondo la presencia de líquidos inflamables cerca de la zona de origen del fuego.

Las «marcas irregulares» *(véase 4.17.7.2)* pueden indicar la presencia de líquido inflamable. Si el investigador observa marcas típicas de acelerantes típicos, debe buscar los restos del recipiente en el que ha estado el líquido El investigador debe procurar tomar muestras de todas las zonas donde sospeche que puede haber líquidos inflamables.

19.2.8 Evaluación del desarrollo del fuego y los daños producidos. Los investigadores deben hacerse una opinión de si la velocidad de desarrollo o la magnitud de los daños son superiores a lo que sería de esperar dados los combustibles «normales» y la configuración del edificio.

Sin embargo, esa opinión es subjetiva, pues tanto el desarrollo como los daños del fuego tienen que ver con un gran número de variables y las hipótesis del investigador se basan en su formación y experiencia individual. Si emplea un lenguaje subjetivo, el investigador debe ser capaz de explicar concretamente por qué cree que el fuego era «excesivo», «poco natural» o «anormal».

Lo que un investigador juzga «excesivo», «poco natural» o «anormal» puede haberse producido realmente por un fuego accidental,

según sea la geometría del recinto, las características del combustible y la ventilación del compartimento *(vease 3.5.4)*. Hay algunos combustibles plásticos que arden difícilmente al aire libre, pero pueden arder violentamente si están expuestos a radiaciones térmicas de otro incendio en la zona, como puede suceder durante o después de la combustión súbita generalizada.

Por tanto, recomendamos encarecidamente al investigador que no utilice opiniones subjetivas para apoyar su sospecha de que el incendio ha sido provocado, en ausencia de pruebas físicas.

Existen modelos matemáticos del desarrollo de un incendio que, si se usan bien, pueden ayudar a evaluar la posible fiabilidad de las observaciones subjetivas.

19.3 Posibles indicadores no relacionados directamente con la combustión. Estos indicadores son generalmente condiciones o circunstancias que por sí mismas no están relacionadas directamente con el incendio o explosión, pero que puede utilizar el investigador como base para entrevistar a los testigos o como hipótesis de posibles sospechosos o posibles hechos en los que centrar su investigación. Los indicadores en esta sección son los que tienden a mostrar que alguien tuvo conocimiento previo del incendio.

19.3.1 Lugares alejados que se vean difícilmente u oscuros. Un incendio en un lugar alejado u oculto de manera que no pueda ser visto, puede indicar que el que provocó el incendio no quiso que le vieran o le cogieran. Los incendios en esos lugares se desarrollan bastante antes de que se descubran. Por ejemplo, cuando las ventanas se hayan pintado o los cristales cubierto con papeles sin otra razón aparente que para que no se viera el fuego.

19.3.2 Incendios cerca de equipos y aparatos de servicio. Un incendio cerca de equipos, aparatos o chimeneas eléctricos o de gas, puede haber sido provocado con la intención de que parezca accidental. El investigador debe examinar las conexiones de entrada o de servicio para ver si están flojas o desconectadas y determinar si ha habido manipulación o sabotaje de los equipos o aparatos.

Si el investigador no tiene conocimientos suficientes de esos equipos o aparatos, debe hacer que los examine un experto.

19.3.3 Eliminación o cambio de contenidos antes del incendio. A lo largo de su investigación, el investigador puede descubrir que antes del incendio se han sacado del interior del edificio algunos objetos o cambiado por otros de más o menos valor.

19.3.3.1 Cambio. Cuando el investigador crea que se ha cambiado el contenido de un recinto, antes de dejar el edificio debe hacer una lista lo más completa posible de su contenido. Después debe tratar de conseguir la lista de los objetos que había en el edificio antes del fuego y corroborarla mediante declaraciones de los testigos, facturas, recibos, etc. Las pólizas de seguros y las declaraciones de pérdidas ofrecen listas de lo que los ocupantes decían que había.

Los objetos y contenidos que se puedan cambiar dependen de la ocupación del edificio o del espacio. Por ejemplo:

(1) En edificios residenciales, muebles o ropa.
(2) En edificios comerciales o industriales, maquinaria, equipos y mercancías.
(3) En vehículos, neumáticos y baterías.

Si se encuentra dentro del edificio o vehículo algo anormal, puede ser otro indicador.

19.3.3.2 Objetos sacados. Hay que investigar a fondo los lugares de un incendio o los edificios en los que no haya un contenido «normal» que sería razonable esperar o que se sepa que había por declaraciones de los testigos, etc. que había antes del incendio. Los objetos sacados suelen ser valiosos (aparatos de TV, videocámaras, sistemas estéreo, ordenadores, cámaras fotográficas, mercancías, equipos), o que son difíciles de sustituir, como ficheros, archivadores de negocios, etc.

Otros objetos que se pueden sacar de un recinto antes de un incendio son los que pueden acusar al provocador.

19.3.3.3 Ausencia de objetos personales antes del incendio. La ausencia de objetos personales, insustituibles o difíciles de sustituir, se debe investigar. Por ejemplo, joyas, fotografías, diplomas, certificados, trofeos, obras de arte, animales domésticos, equipo deportivo o de bricolaje, etc. También hay que investigar y tratar de explicar la ausencia de documentos importantes, como pólizas de seguro contra incendios, papeles de negocios, declaraciones de impuestos, etc.

19.3.4 Entradas bloqueadas u obstruidas. La entrada a un edificio o local puede estar bloqueada u obstruida para impedir que los bomberos apaguen el fuego. Los obstáculos que se pueden encontrar son árboles caídos, barricadas en las calles o tipo de construcciones que impidan el acceso de los vehículos contra incendios, como pilares, vallas y puertas.

Estas obstrucciones pueden tomar a veces el aspecto de «medidas de seguridad» del edificio, como puertas y ventanas cerradas por dentro, candados, cadenas, etc.

19.3.5 Sabotaje del edificio o de los sistemas de protección contra incendios. Un sabotaje es un daño o destrucción intencionada en la estructura física del edificio o en el sistema de protección contra incendios o alguno de sus componentes.
Una persona que provoca un incendio puede tener a menudo la intención de crear condiciones que conduzcan a la destrucción rápida y completa del edificio o su contenido. Para conseguir ese objetivo, esa persona puede sabotear el edificio (sus características de resistencia al fuego) o los sistemas de protección contra incendios.

Los investigadores deben establecer si el fallo de los componentes estructurales o de los sistemas de protección contra incendios ha sido el resultado de un sabotaje o de otros factores, como mala construcción, falta de mantenimiento, cierre de los sistemas por mantenimiento, diseño inadecuado o fallo de equipos o conjuntos estructurales.

19.3.5.1 Daños en los sistemas de resistencia al fuego. Los sistemas de resistencia al fuego instalados durante la construcción (paredes, techos y suelos) y la protección adecuada de las aberturas (puertas, ventanas o cierres cortafuegos y amortiguadores del fuego), tratan de separar las partes de un edificio en «compartimentos» o «zonas de fuego» que confinan el recinto donde se declara el fuego, evitando que el humo y las llamas pasen a otras partes del edificio.

Las aberturas o penetraciones en estos sistemas pueden ser indicativo de que la persona que ha provocado el fuego ha intentado que se propague de una zona a otra. El investigador debe tratar de determinar si esas aberturas se han hecho con la intención de que se propague el fuego. Las aberturas o penetraciones en los sistemas resistentes al fuego pueden ser también resultado de una mala construcción o renovación, de haber introducido conductos para cables o de actividades de lucha contra el fuego, como ventilación o desalojo.

El método más corriente de hacer que un fuego se propague

a través de un edificio es dejar las puertas abiertas. El sabotaje en las puertas cortafuegos o cortahumos, por ejemplo dejarlas abiertas, puede aumentar la velocidad de propagación del fuego y el humo por todo el edificio. El sabotaje en las puertas de las escaleras puede acelerar aún más esa propagación. Sin embargo, generalmente esas puertas se suelen dejar abiertas por los ocupantes del edificio para mejorar la ventilación o los accesos durante su actividad normal. El investigador debe determinar si las puertas y otras protecciones fueron abiertas intencionadamente por la persona que provocó el fuego o como modo habitual durante el uso del edificio.

19.3.5.2 Daños en los sistemas de protección contra incendios. Los sistemas de protección contra incendios son los detectores de calor, humo o llamas. Los sistemas de alarma y señalización; los sistemas de rociadores e hidrantes y los sistemas especiales de extinción como los de dióxido de carbono, espuma o halón, además de las acometidas de agua e hidrantes privados.

El sabotaje en los sistemas de protección contra incendios o sus componentes puede retrasar la notificación del incendio a los ocupantes y a los bomberos y evitar su control o extinción. Tales sabotajes intentan que el fuego se desarrolle en toda su extensión y origine una mayor destrucción.

El sabotaje puede incluir la eliminación u ocultación de los detectores de humo, la obstrucción de los cabezales de los rociadores, el cierre de las válvulas reguladoras, destrozos de las roscas de las tomas de agua, de las conexiones de las mangueras o de los hidrantes y obstrucción o recubrimiento con escombros de las dobles conexiones de los bomberos en los hidrantes, etc.

Otro tipo de sabotaje, aunque más sutil, es la provocación de incendios múltiples *(véase sección 19.2.1)*. Además de la mayor destrucción que provocan varios fuegos, los incendios múltiples pueden tener el efecto de sobrecargar el sistema de supresión más allá de su capacidad nominal. Para determinar las limitaciones de proyecto del sistema de protección contra incendios, se puede necesitar ayuda *(véase sección 12.5)*.

19.3.6 Ventanas y puertas exteriores abiertas. Las ventanas y puertas exteriores abiertas pueden acelerar el desarrollo y propagación del fuego. Si se dan estas condiciones con tiempo frío o incumpliendo las normas habituales de seguridad en el edificio, ello puede ser indicativo de que alguien ha intentado proporcionar mayor ventilación para el fuego. Con el mismo fin se pueden haber roto las ventanas.

19.4 Otras pruebas. Cuando el investigador ha terminado el examen del lugar del incendio y ha llegado a la conclusión de que el incendio ha sido provocado, tiene que examinar y anotar otros factores que pueden ser críticos para la futura localización e identificación de los sospechosos.

Estas pruebas relativas a la identificación de un sospechoso que haya provocado el fuego o del «motivo» u oportunidad que haya podido tener, no pueden sustituir a una investigación bien realizada y a la determinación del origen y causa del incendio.

En ausencia de pruebas físicas de que el incendio ha sido provocado, el investigador debe tener el máximo cuidado de usar el descubrimiento o presencia de estas pruebas para desarrollar hipótesis, formarse opiniones o sacar conclusiones relativas a la causa del incendio.

19.4.1 Análisis de los incendios provocados confirmados. Mediante el análisis minucioso de un incendio que se ha confirmado que ha sido provocado, se pueden detectar las tendencias o marcas que indican el comportamiento del fuego. La clave de ese análisis es saber si se han provocado varios incendios o no. Este análisis puede ayudar al investigador a la localización e identificación de los posibles sospechosos. La provocación de varios incendios, llamada a veces incendios en serie o incendios provocados en serie, se refiere a dos o más incendios provocados cuya ignición se pueda atribuir a un individuo o grupo que hayan actuado juntos. A través del análisis se pueden identificar tres tendencias principales: la zona geográfica o "ramales", la frecuencia temporal y los materiales y métodos.

19.4.1.1* Zona geográfica. Si se han provocado simultáneamente varios incendios, generalmente lo habrán sido dentro de la misma zona geográfica (por ejemplo, en el mismo barrio). Localizar los incendios provocados mediante sistemas de reconocimiento de modelos de incendio asistido por ordenador, como el Arson Information Management System (AIMS) o sobre un mapa de la zona, puede ayudar al investigador a establecer si ha habido esas zonas.

19.4.1.2 Frecuencia. Los incendios provocados por el mismo individuo se suelen producir a la misma hora del día o el mismo día de la semana, por varias razones: el nivel de actividad en la zona, la evaluación del incendiario de sus probabilidades de éxito o su modo de actuar rutinario. Por ejemplo, el incendiario puede pasar por el lugar durante un determinado periodo del día o un cierto día de la semana (por ejemplo, cuando va o vuelve del trabajo, cuando va a un bar, etc.).

19.4.1.3 Materiales y método. El material y el método utilizado para provocar un incendio puede variar según quién sea el provocador. Sin embargo y de modo general, si esa persona provoca varios incendios, los materiales y método tienden a ser similares, igual que el lugar.

19.4.2 Pruebas de otros delitos u ocultación de delito. Un incendio provocado puede ser un intento de ocultar otros delitos, como robos u homicidios. En otros casos se produce un robo simulado para ocultar un incendio provocado. La cuestión de qué sucedió primero, si el incendio o el otro delito, tiene más que ver con el motivo del incendio y menos con su causa.

Aunque los posibles motivos no son determinantes en la investigación de la causa de un incendio (por ejemplo, si el motivo era robar en el edificio y ocultar el robo con un incendio o era provocar el incendio y tratar de disimularlo para que pareciera un robo), sí pueden llevar al investigador a adoptar un enfoque distinto de la investigación (y la búsqueda de pruebas) y de los posibles sospechosos.

19.4.3 Indicios de dificultades económicas. La investigación puede descubrir indicios de dificultades económicas. Estos indicios pueden ser: relaciones, compromisos, impuestos sin pagar, pagos atrasados de hipotecas, bienes inmuebles en venta (dificultad de venderlos, bienes no vendibles, etc.), mala situación del negocio o nueva competencia.

Las dificultades económicas pueden revelarse también por factores asociados con el uso o tipo de ocupación del edificio. En los edificios de oficinas, esos indicios pueden ser los periodos de recesión económica, sobre todo si se trata de un sector particular; cambios dentro de la industria, por ejemplo de productos o equipos; obsolescencia de los equipos y nueva competencia dentro del sector. Otros indicios pueden ser la necesidad de trasladarse o una nueva competencia en la misma zona o región geográfica.

Ejemplos de dificultades financieras en edificios residenciales pueden ser los caseros que no cobran el alquiler o que tienen casas sin alquilar; el control de alquileres; la necesidad del casero de

mudarse; paro masivo en la región como resultado de reducciones de plantilla o cierres de empresas, etc.

19.4.4 Historial de incumplimiento de los códigos. Otro indicio de dificultad financiera o, en todo caso, estrechamente relacionado con la misma, es la existencia de un historial de incumplimiento de los códigos de edificación, seguridad contra incendios, habitabilidad o mantenimiento en el edificio. Esto puede indicar o bien una incapacidad económica para mantener el edificio o la intención de dejar que se deteriore (falta de inversión).

Cuando el deterioro de un edificio es intencionado, durante la investigación hay que tratar de descubrir otros indicios de dificultades financieras, como un capital asegurado por encima de su valor real o la imposibilidad de vender el edificio.

19.4.5 Propietario con otras propiedades incendiadas. Si el propietario de un edificio lo es también de otros en los que se hayan declarado incendios provocados, sobre todo si después de ellos ha cobrado el seguro, existe la posibilidad de que provoque otro incendio.

19.4.6 Valor asegurado en exceso. Otro indicio claramente relacionado con las dificultades económicas es asegurar un edificio por encima de su valor real, o tener asegurado el mismo edificio con distintas pólizas.

19.4.7 Coincidencia del incendio. La coincidencia del incendio se refiere a los indicios de que el provocador ha provocado el incendio para que coincida con condiciones o circunstancias que puedan contribuir a la destrucción de su objetivo (edificio) o de utilizar esas condiciones o circunstancias para aumentar la probabilidad de no ser descubierto.

19.4.7.1 Incendios durante circunstancias meteorológicas extremas. Los incendios producidos en periodos de circunstancias meteorológicas extremas como inundaciones, grandes nevadas, huracanes o terremotos pueden retrasar la respuesta de los bomberos o dificultar su extinción.

Otras condiciones naturales que hay que tener en cuenta son las tormentas eléctricas, periodos de huracanes, de gran sequía, de hielos o de grandes calores.

19.4.7.2 Incendios durante disturbios ciudadanos. Esta es una oportunidad típica para provocar incendios. Este indicio viene acompañado generalmente de otros, como el de dificultades económicas. Además, en los incendios provocados durante disturbios ciudadanos generalmente no se utilizan materiales o dispositivos de ignición sofisticados, aunque a veces se utilicen cócteles Molotov o acelerantes líquidos. Pero con más frecuencia se utilizan como combustible inicial los materiales existentes.

Un modelo similar se puede dar cuando se producen en la misma zona geográfica incendios repetitivos o una serie de incendios provocados *(véase sección 19.4.1.1)*. Los propietarios u ocupantes pueden intentar provocar un incendio y atribuir la causa a otro provocador. En esos casos, el investigador puede descubrir diferencias en el método (hora del día, día de la semana, punto de inicio del fuego) y en los materiales utilizados (distintos combustibles) o en las fuentes de ignición, que no coinciden con la hipótesis del provocador del fuego *(véase sección 19.4.1)*.

19.4.7.3 Indisponibilidad de los bomberos. Se pueden provocar incendios en un momento en que los bomberos no están disponibles. Por ejemplo, si han sido llamados por una falsa alarma para que acudan a otro lugar alejado de la zona o si se declara un incendio cuando están trabajando en otro, cuando están en un desfile o en otro acto público, etc.

19.4.8* Motivos del comportamiento incendiario. Los indicadores del motivo no se deberían incluir o sustituirse como elementos analíticos del lugar del incendio, en el propósito de determinar o clasificar la causa del incendio. El uso adecuado de los indicadores de motivo en el proceso de investigación del incendio es la identificación de posibles sospechosos sólo después de que se haya determinado la causa y origen del incendio, y se haya clasificado el incendio como provocado.

El motivo se define como un impulso u orden interior que es la causa, razón o incentivo que induce u ordena un comportamiento específico. La identificación del motivo de un delincuente es un elemento clave en el análisis del suceso. Dicho análisis es un método de identificar y analizar los rasgos de personalidad y características mostrados por un delincuente desconocido. Eventualmente, esto lleva a la clasificación del motivo. Una vez identificado, el investigador puede comenzar la evaluación de los posibles sospechosos del incendio provocado.

Los comportamientos relacionados con las clasificaciones de motivos pueden no ser exclusivos de una clasificación, pero puede que solapen categorías y sean similares por diferentes motivos. En tales casos, es importante obtener información adicional que aclare los comportamientos.

Además de esta identificación, se deberían realizar otros análisis que ayuden a determinar si hay un incendiario en serie. A través del análisis de incendios provocados confirmados, se pueden detectar pautas o tendencias en comportamientos incendiarios repetitivos. Las tres tendencias principales que se pueden identificar son: la zona geográfica o "ramales", la frecuencia temporal y los materiales y métodos *(ver 19.4.1.)*

19.4.8.1 Motivo versus Intención. Hay una diferencia importante entre motivo e intención. La intención se refiere al propósito determinado o deliberado en las acciones de una persona, o en determinados casos, omisiones. También se refiere al estado mental que tiene una persona en el momento en que actúa o deja de actuar. Generalmente es necesaria la intención para mostrar una prueba de crimen. Demostrar intención generalmente significa que se han tomado determinados pasos para llegar a perpetrar la acción. El motivo es la razón que una persona o grupo pueden tener para hacer algo. Se refiere a la causa que lleva a una persona a actuar o no, y a los estímulos que causan la acción o inacción. El motivo no es necesariamente un elemento exigido de un crimen.

Por ejemplo, una persona con indicios de "dificultades financieras" podría sufrir un incendio en su propiedad asegurada, la cual comienza a arder cuando deja caer un cigarrillo encendido mientras se queda dormido. Aunque esta persona puede tener un motivo para causar el incendio, no tuvo intención de hacerlo. Así, no existe el elemento de intención.

19.4.8.2* Clasificaciones de los motivos. Las clasificaciones aquí explicadas son las identificadas en Douglas et al., Manual de Clasificación del Crimen, *Crime Classification Manual* (CCM). El CCM utiliza un sistema de diagnóstico que pretende estandarizar la terminología y clasificar formalmente las características críticas de los delincuentes y las víctimas de los tres crímenes violentos principales: asesinato, incendio provocado y agresión sexual.

El CCM identifica los factores analíticos identificados como elementos esenciales para clasificar el motivo de un delito. Estos factores incluyen información sobre la víctima, la escena del crimen, y la naturaleza del intercambio víctima-delincuente. No toda la información estará (ni se debería esperar) presente en cada caso.

La intención es proporcionar al investigador del incendio la máxima cantidad de información posible.

El comportamiento que se puede identificar como motivo posible, y así señalar a posible sospechoso, aplica a incendios acontecidos una sola vez o varias, como los incendiarios repetitivos o en serie. Hay tres clasificaciones de comportamiento incendiario repetitivo: incendiario en serie, incendiario puntual, e incendiario a gran escala. La terminología utilizada en la clasificación de un incendiario repetitivo es parecida a la utilizada para asesinos. El incendiario en serie se refiere a un delincuente que ha hecho tres o más fuegos, con un periodo de tranquilización entre incendios. El incendiario puntual se refiere a un delincuente que hace tres o más incendios en localidades separadas sin periodo de tranquilización emocional entre incendios. El incendiario a gran escala se refiere a un delincuente que hace tres o más incendios en el mismo sitio o localización durante un periodo de tiempo limitado.

La clasificación numérica, que aparece en los paréntesis detrás de las clasificaciones y las subclasificaciones, se corresponde con las clasificaciones del CCM.

El *National Center for the Analysis of Violent Crime* (NCAVC) ha identificado 6 clasificaciones de motivos como los más efectivos en la identificación de las características de los delincuentes para el comportamiento incendiario, como sigue:

(1) Vandalismo.
(2) Excitación.
(3) Venganza.
(4) Ocultación del crimen.
(5) Beneficio.
(6) Extremismo.

19.4.8.2.1 Vandalismo. Los incendios provocados por vandalismo se definen como incendios maliciosos o malévolos que llevan a daños de la propiedad. Los objetivos comunes son las instalaciones educativas y edificios abandonados, pero también incluye los incendios de basuras y de pastos. Las categorías de incendiarios vandálicos incluyen las siguientes:

(a) Daños intencionados y maliciosos. Son fuegos provocados sin motivo aparente o que parecen haberse producido al azar. Se suelen atribuir a jóvenes o adolescentes.

(b) Presión del grupo o camaradas. La presión o el reconocimiento por parte de los grupos suele relacionarse con las razones de los incendiarios, especialmente entre jóvenes.

19.4.8.2.2* Excitación. Los incendiarios motivados por la excitación pueden disfrutar de la agitación que proporciona provocar el fuego o las posteriores actividades de extinción del incendio, o pueden tener necesidad psicológica de atención. El delincuente cuyo motivo es la excitación suele ser un incendiario en serie. Generalmente permanecerá en el lugar del incendio en desarrollo, y a menudo estará disponible para responder o ver el incendio y las actividades alrededor. Su rango de objetivos varía desde pequeños fuegos en basuras y pastos, hasta edificios habitados.

Estos incendiarios incluyen las siguientes subcategorías:

(a) *Busca aterrorizar.* Provocar el incendio proporciona al delincuente una sensación de excitación y poder. Suele ser un incendiario repetitivo, que provoca incendios compulsivamente para satisfacer alguna necesidad o deseo psicológico.

(b) *Busca atención.* Estos incendiarios necesitan sentirse importantes, y provocan incendios para satisfacer una necesidad psicológica.

(c) *Reconocimiento.* Este incendiario suele describirse como el incendiario heroico o vanidoso. Suele permanecer en el lugar del incendio para avisar a otros, informar sobre el incendio, o ayudar en las tareas de extinción. Disfrutan o pueden buscar el reconocimiento y alabanzas que reciben por sus esfuerzos. Es típico que entre estos incendiarios estén los guardas de seguridad y los bomberos. Ocasionalmente estos incendiarios pueden incluso aceptar la responsabilidad de haber provocado el incendio.

(d) *Perversión o recompensa sexual.* Provocan incendios como medio de liberación sexual. Es raro encontrar un incendiario en esta categoría.

Los tres últimos tipos de incendiarios rara vez intentan dañar a las personas, pero pueden hacer caso omiso de la seguridad física de los ocupantes o espectadores inocentes. Sin embargo, los delincuentes que buscan aterrorizar, cuya compulsión exige la sensación inherente de satisfacción, a menudo crearán un gran incendio, o una serie de grandes incendios. Estos incendios normalmente afectarán a edificios, pero si hay vegetación afectada, también son extensos.

19.4.8.2.3* Venganza. Los incendiarios movidos por la venganza se desquitan de alguna injusticia real o percibida. Un aspecto importante es que el delincuente percibe un sentido de injusticia. El suceso o circunstancia percibido puede haberse dado meses o años antes de su actividad incendiaria. El incendio puede estar bien planeado y hacerse sólo una sola vez, o ser varios con poca o ninguna planificación. Los delincuentes en serie pueden dirigir su venganza contra individuos, instituciones, o contra la sociedad en general.

Las subcategorías de incendiarios por venganza incluyen los siguientes:

(a) *Desquite personal.* El suceso detonador de este motivo puede ser una discusión, una pelea, una afrenta personal, o cualquier suceso percibido por el delincuente que justifica el desquite. Los objetivos favoritos incluyen el vehículo de la víctima, la casa, o las posesiones personales. La localización específica y los materiales involucrados en el incendio pueden ser un factor significativo en la identificación del delincuente. El delincuente cree que prender la ropa u otras posesiones personales de la víctima es mayor afrenta que simplemente provocar un incendio en una zona común. El lugar del incendio también puede sufrir vandalismo. Estos incendios pueden darse una vez o repetirse en serie.

(b) *Desquite social.* Este delincuente suele sufrir una sensación de insuficiencia, soledad, persecución o abuso. Este delincuente generalmente no se siente satisfecho con un sólo incendio o incluso con una serie de ellos. Por lo tanto, es probable que este delincuente en serie provoque más incendios que los provocados por venganza.

(c) *Desquite contra las instituciones.* Esta clasificación de delincuentes se centra en instituciones religiosas, médicas, gubernamentales, y educativas, o corporativas. El incendiario puede ser un empleado descontento, un antiguo empleado, un cliente, o un paciente.

(d) *Desquite en grupo.* Los objetivos pueden ser grupos religiosos, raciales, fraternales, u otros, incluyendo bandas. Las pintadas, los símbolos o las marcas, son otras acciones vandálicas que pueden acompañar al incendio.

19.4.8.2.4* Ocultación del crimen. Esta categoría incluye incendios provocados por actividad criminal secundaria o colateral, perpretados con objeto de ocultar la acción criminal principal. En muchos casos, sin embargo, el fuego puede ser en realidad parte del crimen intencionado, como la venganza. Mucha gente cree

equivocadamente que un fuego destruirá toda prueba física en la escena del crimen. Las categorías para este tipo de incendiarios incluyen las siguientes:

(a) *Ocultación de asesinato.* Este escenario aparece donde un incendio se ha provocado para ocultar el hecho de que se ha cometido un asesinato, para destruir pruebas forenses que puedan identificar al delincuente, o para ocultar la identidad de la víctima.

(b) *Ocultación de robo.* El incendio se provoca para ocultar el hecho de que se ha cometido un robo o para destruir pruebas forenses que puedan identificar al delincuente.

(c) *Destrucción de registros o documentos.* El objetivo de este incendio son los registros o los documentos. Pueden involucrar ficheros prendidos todavía en sus carpetas o un origen dentro de un armario. Puede afectar a combustibles corrientes localizados en una posición expuesta a los ficheros, como un cubo de basura que se ha movido cerca de los ficheros. Los posibles sospechosos de estos sucesos incluyen aquellos que tengan algún interés en los documentos o registros objetivo.

19.4.8.2.5* Beneficio. Los incendios provocados para obtener beneficio incluyen los hechos para obtener una ganancia moneteria o material, tanto directa como indirectamente. La ganancia directa puede venir del fraude al seguro, eliminando o intimidando a los competidores del negocio, extorsión, retirada de edificios no deseados para incrementar el valor de la propiedad, o para huir de obligaciones financieras.

La amplia categoría del fraude se identifica frecuentemente como un motivo de incendio provocado. Sin embargo, el fraude se clasifica como una subcategoría en la categoría del motivo de beneficio. Los incendios motivados por el fraude pueden afectar a propiedades comerciales o residenciales. Los incendios por fraude comercial se pueden hacer o preparar por un propietario para destruir equipos viejos o anticuados, para destruir registros y evitar impuestos o auditorías, o con objeto de obtener indemnizaciones.

Un competidor puede provocar un incendio para ganar ventaja en el mercado. Los agentes del crimen organizado pueden hacerlo con objeto de provocar la extorsión, "protección" o intimidación. El fraude residencial incluye un propietario que intenta defraudar a la compañía del seguro, o un arrendatario que defrauda a un propietario o a una agencia benéfica. El incremento de los impuestos, el deterioro físico (y reparaciones obligadas legalmente, como las especificadas por las agencias de normas gubernamentales), desocupación o imposibilidad de alquiler, o medidas de control de renta estatutarias, pueden ser razones para que un propietario decida quemar el edificio.

Hay varias subcategorías que posteriormente identifican el fraude como motivo. Estos incluyen el fraude para recaudar el seguro, fraude para liquidar la propiedad, fraude para disolver una empresa, y fraude para ocultar una pérdida o liquidar las existencias. Las otras categorías incluyen el empleo, la evacuación de propiedades y parcelas, y la competencia.

19.4.8.2.6* Extremistas. Los incendios por motivos extremistas se realizan por causas más allá de lo social, político o religioso. Los incendios se han utilizado como arma de protesta social desde que comenzaron las primeras revoluciones. Los incendiarios extremistas pueden trabajar en grupo o en solitario. Además, dado los aspectos de planificación y selección de sus objetivos, los incendiarios extremistas generalmente tienen un alto grado de organización, como se refleja en el uso de dispositivos incendiarios o de ignición más elaborados. Las subcategorías se identifican como sigue:

(a) *Terrorismo.* Sus objetivos parecen azarosos; sin embargo, las localizaciones objeto se suelen seleccionar con algún grado de significado político o económico. Los objetivos políticos normalmente incluyen oficinas gubernamentales, periódicos, universidades, sedes de partidos, e instalaciones militares o policiales. Los terroristas políticos también pueden atacar propiedades diversas como instalaciones de investigación animal o clínicas de abortos. Los objetivos económicos pueden incluir oficinas de negocios, instalaciones de distribución o suministradores de servicios públicos (plantas de generación atómica), bancos, o compañías que se piensa pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente. Los incendios o las explosiones se convierten en un medio de creación de confusión, miedo o anarquía. Los terroristas pueden incluir el incendio como una de las armas, junto a los explosivos, que utilizarán para conseguir sus objetivos.

(b) *Disturbios civiles / alborotos.* Los incendios provocados durante disturbios o alborotos civiles pueden venir acompañados de vandalismo y saqueos. Es útil destacar que todos los incendios iniciados en estos periodos de intranquilidad social pueden no ser resultado de incendiarios extremistas, pero pueden haber sido provocados por ortos, como los propietarios, esperando que el fuego sea atribuido a los incendiarios extremistas y las circunstancias relacionadas con los disturbios civiles.

Capítulo 20 Muertes y lesiones por incendio y explosión

20.1 General. Las explosiones y los incendios se cobran un alto precio en muertes y lesiones, por lo que el investigador debe estar preparado para hacer un esfuerzo especial si se producen. Dado que las lesiones por incendio y explosión pueden ocasionar la muerte horas, días, o incluso semanas después del suceso, cualquier incendio o explosión que haya producido graves lesiones se debe investigar del mismo modo que los incendios o explosiones con muertes en el acto. Aunque existe un solape considerable entre las muertes por incendio y las lesiones por incendio, se deben considerar separadamente.

20.2 Consideraciones del escenario de la muerte. Se deben hacer una serie de consideraciones antes de que comience la investigación del incendio o explosión mortal, pues pueden tener un efecto significativo en su duración y resultado. Siempre que se produzca una muerte por incendio, o una muerte consecuencia de las heridas ocasionadas por un fuego o explosión, se debe realizar una autopsia.

20.2.1 Extinción del incendio. El personal de extinción del incendio debe ser consciente de que el uso de mangueras de chorro recto puedealterar pruebas frágiles como la ropa o un cuerpo totalmente calcinado. Tan pronto como se descubre un cuerpo, y se concluye que la victima ha fallecido, se debe hacer todo el esfuerzo posible para minimizar las operaciones de extinción cerca de la víctima, incluyendo los desplazamientos a pie, las mangueras y el equipo.

Por supuesto, si hay alguna posibilidad de resucitación, la prioridad pasa a ser la supervivencia de la víctima. Se podría pensar que es una ventaja retirar el cuerpo tan pronto como es encontrado para que no estorbe las operaciones, pero es beneficioso para toda la investigación de la muerte por incendio que se deje el cuerpo donde está hasta que se pueda documentar y examinar adecuadamente. Sólo en situaciones de grave emergencia (por ejemplo, colapso inminente del edificio o incendio incontrolable en los alrededores) sería necesaria la retirada prematura del cuerpo.

20.2.2 Documentación. Tan pronto como las condiciones lo permitan, se deberían realizar fotos del cuerpo o partes del mismo y sus alrededores. Si hay que mover el cuerpo por una situación de emergencia, unas pocas fotografías pueden marcar la diferencia entre una investigación correcta y un fracaso. Las fotografías se deberían tomar en color, en película de 35 mm o formato de alta exposición con una cámara de buena calidad y un flash electrónico adecuado. Puede que las grabaciones en vídeo o fotografías instantáneas no proporcionen un detalle adecuado, pero se pueden utilizar como un suplemento, o por inexistencia de otras imágenes. Son adecuadas las diapositivas y las fotografías impresas, pero los negativos facilitan la realización de copias para su visionado en los juzgados. Ya que las marcas de fuego o los efectos de la explosión en la ropa y en el cuerpo pueden ser prueba importante, se deberían tomar fotografías de todas las superficies expuestas del cuerpo antes de que se alteren los restos, y luego otra vez en las operaciones de búsqueda e investigación de capas. Se debe fotografiar el cuerpo mientras se está cambiando de posición, para registrar cualquier cambio que se provoque (puede ser beneficiosa la grabación en vídeo). Después de retirar el cuerpo, se debe fotografiar el lugar donde se encontró, así como el cuerpo antes y después de quitarle la ropa. Cualquier quemadura o heridas se deberían fotografiar en primer plano con una escala adecuada en el campo de visión. Los diagramas y los croquis complementarán las fotos (los diagramas pueden mostrar detalles ocultos). Pueden registrar las dimensiones de los elementos en el lugar de los hechos y las distancias entre el cuerpo (y sus extremidades) y los muebles, paredes, puertas, ventanas y otros *(ver figura 20.2.2.)* Se debe registrar en un diagrama el contorno del cuerpo, y dibujarlo en el suelo con tiza, cinta o cuerda, al que se pueda hacer referencia en posteriores estadios del examen del lugar de los hechos.

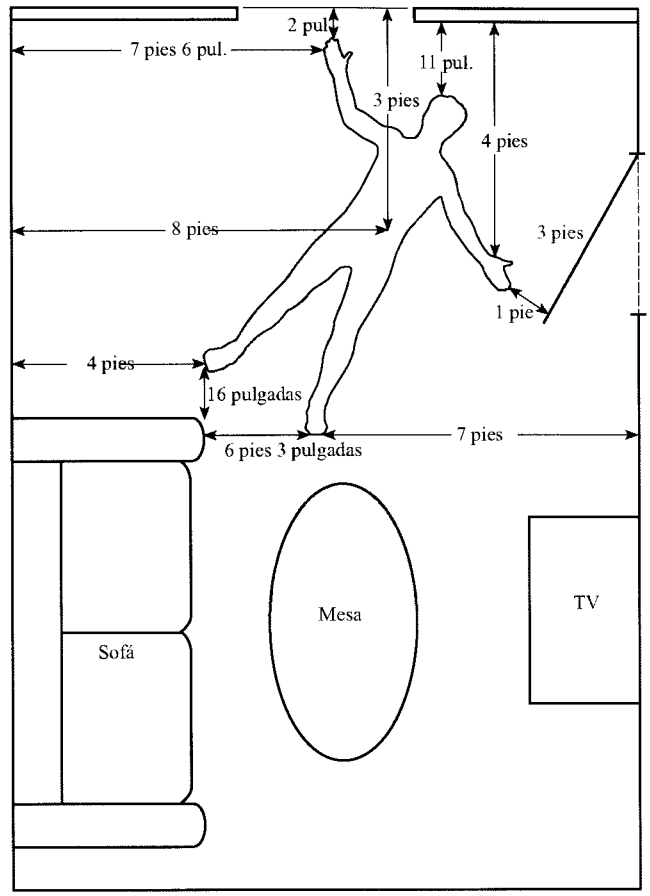
Veáse el capítulo 13 para información adicional sobre documentación.

20.2.3 Notificación. En las investigaciones de fallecimientos, hay requerimientos legales y de procedimientos para notificarlos a las autoridades necesarias, incluyendo la policia, el investigador, el forense y su laboratorio, que varían de una jurisdición a otra. Estas exigencias afectan a agencias tanto civiles como criminales, por lo que el investigador debe comprender estos pasos antes de comenzar la investigación.

20.2.4 Recuperación de cuerpos y pruebas. Una adecuada investigación de un fallecimiento es un trabajo de equipo, que puede involucrar al investigador, detective de homicidios, y patólogo forense. Todas las partes deberían estar preparadas para trabajar codo con codo en el lugar de los hechos y asegurarse de que se recogen todas las pruebas críticas, aunque se determine que la muerte ha sido accidental o de otro modo. Si existen indicios de que se trata de un acto delictivo, o el cuerpo está muy gravemente quemado, el investigador debería pensar en ayuda especial: criminalistas (forenses científicos) con experiencia en escenas del crimen, odontólogos o antropólogos forenses.

En cualquier investigación de fallecimiento, la búsqueda de pruebas tiende a centrarse en el cuerpo con la premisa de que las pruebas críticas suelen recuperarse en el rango de alcance de los brazos del cadáver. El cuerpo es un punto de referencia adecuado, pero hay que recordar que las pruebas pueden estar en cualquier parte cercana, por lo que se debe hacer una cuidadosa búsqueda en todo el área o habitación. Para ayudar en esta búsqueda, el área se debe dividir en sectores con cordeles, cintas, cuerdas, o tiza, como se muestra en la figura 20.2.4. Se puede desarrollar un sistema de cuadrícula para diriguir la investigación, diviendo el lugar de los hechos en áreas específicas. La geometría del lugar puede determinar el sistema de cuadrículas, como por el suelo o por la habitación. Otros métodos incluyen búsquedas en espiral, circular o en cuadrícula. Sea cual sea el método utilizado, las áreas definidas de búsqueda deberían solaparse para asegurarse la cobertura completa.

FIGURA 20.2.2 Diagrama mostrando la localización del cuerpo en relación a la habitación y sus muebles



Nota: no está a escala.
Para unidades del sistema internacional, 1 pulgada = 2.54 cm; 1 pie = 0.3 m.

La secuencia de sucesos de muerte, fuego, explosión y colapso se puede descubrir con la secuencia de capas en los restos (techo, muebles, cuerpo, recubrimiento del suelo, etc.) y descubriendo dónde se ha producido el daño por el incendio. Un cuerpo no quemado que es encontrado en un sofá no quemado bajo un techo colapsado y su estructura, es muy diferente a un cuerpo quemado encontrado bajo un sofá quemado con un techo colapsado sobre él. La búsqueda a lo largo de cada sector se realiza a través de las capas de restos según se van encontrando. Los restos de cada sector se pueden retirar a un lugar donde se puede realizar una búsqueda más detallada por parte de otros buscadores, utilizando tamices a través de pantallas separadoras. Estas pantallas se suelen hacer de mallas de cable en alambreras (soporte de tela) de 1/2 y 1/4 pulgadas sujetas a marcos metálicos o de madera.

Cuando se retira el cuerpo (a menudo después de haber realizado la búsqueda detallada en los sectores alrededor), se deberían transportar todos los restos asociados o adheridos al cuerpo en la bolsa del cadáver y preservar los vestigios de pruebas, volátiles, armas, proyectiles y similares. Luego se deberían buscar cuidadosamente pruebas en el área bajo el cuerpo, que pudieran haberse

FIGURA 20.2.4 Ejemplo de una habitación que se ha dividido en sectores.

caído al moverse el cuerpo.

20.3 Examen toxicológico y patológico en cadáveres. Hay varios exámenes que se pueden realizar en la víctima y que pueden revelar información valiosa para el investigador.

20.3.1 Rayos X. Los Rayos X realizados en el cuerpo completo y todos los restos asociados pueden ser extremadamente beneficiosos. Pueden complementarse con rayos-X dentales y rayos-X de características anatómicas (huesos rotos, heridas, etc.). Aunque es conveniente la fluoroscopía, no captura el mismo detalle que los rayos-X y no da una imagen permanente.

20.3.2 Niveles de monóxido de carbono. Los niveles de monóxido de carbono en la sangre y los tejidos son las pruebas post-mortem más comunes porque pueden revelar mucho sobre la causa de la muerte. El monóxido de carbono causa una coloración rosa cereza en la piel que puede no ser visible en los individuos de piel oscura o los que están completamente cubiertos de hollín. Esta coloración puede ser visible en la piel, labios y pezones, así como en la sangre, en las áreas de lividez post-mortem, y en los órganos internos. La coloración en los órganos internos se mantendrá si el órgano se preserva en formalina, cuando el tejido normal se vuelve de color barro marrón grisáceo. La saturación de monóxido de carbono en la sangre (carboxihemoglobina, porcentaje COHb) y en el tejido se puede medir con un ensayo químico o con un método de cromatografía de gases. Si es posible, la saturación de monóxido de carbono se debería medir en cada víctima del incendio.

20.3.3 Presencia de otros productos tóxicos. La presencia de productos tóxicos tales como el cianato de hidrógeno o el cloruro de hidrógeno (de la combustión de productos) u otros venenos orgánicos e inorgánicos se determina por análisis químico o instrumental de la sangre, del cerebro, o tejidos orgánicos. Los niveles de alcohol, drogas farmacéuticas o drogas ilegales se determinan por la espectrometría de masas o cromatografía de gases, cromatografía líquida, o técnicas de ensayo inmunológico. La mayoría de estos ensayos se realizan en la sangre, pero en cuerpos muy gravemente quemados, puede que no haya sangre suficiente, con lo que se pueden utilizar otros fluidos corporales o muestras de tejidos. Las muestras de sangre se deben extraer de un vaso sanguíneo, no de una cavidad abdominalpara que su análisis sea fiable.

20.3.4 Exposición al humo y al hollín. La prueba de humo u hollín en los pulmones, en los bronquios, y en la tráquea (incluso en el esófago) es uno de los factores más significativos para confirmar que la víctima estaba viva y respirando el humo durante el incendio. Este descubrimiento exige que se corte transversalmente y en toda su longitud la tráquea. El hollín sólo en la boca o en las fosas nasales puede deberse a la deposición del hollín en esas aperturas, no por la respiración. Conocer la posición del cuerpo cuando se encontró, puede ser crítico para una correcta interpretación. El hollín también puede tragarse y encontrarse en el esófago y el estómago.

20.3.5* Quemaduras. Las quemaduras se pueden inducir por exposición a las llamas, a superficies calientes, a calor radiante o a gases calientes antes de la muerte; o por radiación, convección o conducción de calor tras la muerte en el lugar del incendio.

Las quemaduras causadas antes de la muerte producen una respuesta vital, incluyendo el enrojecimiento y la producción de ampollas, lo que supone cambios químicos y celulares que pueden detectarse después de la muerte. Las quemaduras producidas justo antes de la muerte pueden no tener tiempo suficiente para mostrar una respuesta vital, con lo que tal vez no se encuentren quemaduras discernibles tras la muerte. Las ampollas pueden aparecer después del fallecimiento.

Los principales efectos post-mortem iniciales son las pérdidas de peso por la deshidratación del tejido muscular, lo que causa flexión, ya que los músculos flexores del cuerpo suelen ser más sólidos que los extensores. Esta flexión produce la llamada posición del boxeador. La postura agazapada con los brazos, piernas, y dedos flexionados no es resultado de una actividad física anterior al fuego (como la autodefensa o la huida), sino resultado directo del fuego.

Estas contracciones musculares pueden dar lugar a fracturas óseas, aunque estas últimas también puden deberse a la exposición directa al calor y a las llamas.

La sangre puede filtrarse desde los oídos, naríz y boca por el calor. Encontrar sangre fuera del cuerpo puede indicar un trauma físico anterior a la muerte. La sangre puede percolar en el espacio epidural entre el craneo y el dura (el fuerte recubrimiento del craneo), pero no lo hace, en general, en el espacio subdural entre el cerebro y el dura. Este hematoma subdural sólo se produce por heridas.

20.3.6 Destrucción del cuerpo por el incendio. El investigador debe recordar que el cuerpo es parte de la carga combustible de una habitación incendiada. Esta es la razón por la que se deben tener en cuenta las marcas en el cuerpo y cualquier destrucción del mismo dentro del contexto del lugar completo de los hechos, no aisladamente. Junto a la ropa, hay tres constituyentes combustibles principales del cuerpo. La piel y el tejido muscular no son buenos combustibles, pero se quemarán si se calientan suficientemente para

deshidratarse y luego se exponen a contacto directo con la llama para su destrucción. Si hay suficiente calor adicional se carbonizará y sufrirá una combustión incandescente. La grasa es el mejor combustible en el cuerpo. La grasa animal tiene un calor de combustión (DHc) alrededor de 30 MJ/kg. Puede deshidratarse con una pequeña llama y luego fundirse o derretirse para ayudar a las llamas. Los huesos, aunque no son fácilmente combustibles, se suman al combustible añadiendo la médula y el tejido. El hueso vivo se contraerá y astillará cuando se calienta, mientras que su superficie sufre degradación hasta un estado escamoso o pulverulento, pero no se convierte fácilmente a óxido de calcio. El cráneo se puede fracturar (normalmente por las líneas de sutura) o desintegrarse cuando se calienta. La presión interna causada por la expansión del agua en el tejido cerebral puede provocar la explosión del cráneo.

Los cuerpos humanos no se queman espontáneamente. Si las condiciones del incendio son apropiadas, la grasa corporal puede derretirse en un cadáver y mantener una pequeña pero persistente llama. Si la grasa corporal se absorbe en el carbonizado absorbente y rígido del tapizado, de las prendas, de la ropa de cama, o de la alfombra la llama se mantendrá igual que una llama de aceite. Posteriormente las llamas promueven la deshidratación y combustión de los tejidos musculares y órganos internos, y reducen los huesos a un estado escamoso en un periodo de muchas horas. El incendio así mantenido es tan pequeño que otros combustibles en las proximidades no pueden prenderse por calor convectivo o radiante. El resultado final es un cuerpo quemado más gravemente en la zona donde se localiza la mayor parte de la grasa corporal (el torso), dejando la parte inferior de las piernas, los brazos, y a menudo la cabeza, relativamente intactos.

20.4 Aspectos fundamentales en la investigación de fallecimientos. Hay una serie de elementos fundamentales con los que se puede encontrar el investigador en investigaciones relacionadas con fuegos y explosiones, enumeradas desde 20.4.1 hasta 20.4.6.

20.4.1 Identificación de restos. En un cuerpo muy seriamente dañado, puede que no sea tan sencillo como parece en principio determinar si los restos son humanos o animales. Los animales que tienen la misma masa de un adulto, como los cerdos, ciervos o incluso grandes perros, se pueden confundir con restos humanos y viceversa. Los restos muy carbonizados de niños o bebés son todavía más difíciles de identificar, porque su menor masa y reducida calcificación permite mayor destrucción. Aunque es difícil destruir los restos de una persona adulta en un edifício o incluso en un vehículo en llamas, los restos de los niños se destruyen tan completamente que desafían toda identificación. Esta identificación crítica puede exigir la intervención de antropólogos físicos o forenses, que están familiarizados con las características anatómicas de todas las especies.

20.4.2 Identificación de las víctimas. Esta identificación se puede realizar con varios métodos, dependiendo del alcance del daño al cuerpo por el incendio. La identificación por observación visual es la menos fiable, ya que la exposición a fuegos incluso moderados induce el entumecimiento de los tejidos y estiramiento de la piel por contracción. Los cambios de color en el rostro y en el pelo pueden dificultar la identificación de una persona y muchas veces la estimación de su edad y su raza. La observación visual se debería utilizar sólo como punto de partida, al igual que las ropas y efectos personales. Es extremadamente fácil sustituir las ropas, carteras, anillos, relojes, y otros efectos personales (incluso placas dentales) con los de otra persona antes del incendio. Las huellas dactilares se pueden utilizar con casi completa certeza si están disponibles los registros de las huellas de la persona que se supone es la víctima. Incluso si se conserva sólo una pequeña parte de piel no quemada en la punta exterior de la yema del dedo, puede llevar suficientes características individuales que permitan la comparación.

Los rayos-X son uno de los métodos más seguros para identificar incluso los cuerpos más gravemente quemados. La masa de la cabeza tiende a proteger los dientes de la mayor parte del daño por el incendio, y se puede conseguir un análisis dental por rayos-X incluso si se hace una tentativa de identifiación. Las mandíbulas deben resecarse, y los rayos-X hacerlos un odontólogo cualificado para reproducir las posiciones y ángulos de radiografías disponibles antes del fallecimiento. Luego se utilizará la forma y localización de los empastes, puentes, e implantes para la identificación. En muchos casos, se han utilizado formas de raíces inusuales u otras irregularidades si no hay placas dentales. Los rayos-X de otras partes del cuerpo pueden informar sobre fracturas previas, heridas o intervenciones quirúrjicas que verifiquen una identificación; también los implantes de articulaciones a medida, prótesis e incluso marcapasos.

La secuencia serológica o de ADN se puede realizar si existen miembros familiares que proporcionen muestras de referencia. Se pueden utilizar estas técnicas incluso en restos fragmentados sino se han carbonizado complementamente, y son casi tan fiables como las huellas dactilares de identificación personal.

20.4.3 Causa de la muerte. La causa de la muerte se puede definir como el suceso, herida, o enfermedad que causó la secuencia de cambios que finalmente provocaron la muerte: inhalación de humos, quemado (incineración), disparos de armas de fuego, traumas (explosión, colapso del edificio), aunque también puede ser un ataque al corazón o una enfermedad (crónica o aguda).

20.4.4 Modo de la muerte. El modo de la muerte describe el curso general de sucesos o circunstancias que llevó a la causa de la muerte (accidental, homicidio, suicido, natural o no determinado).

20.4.5 Actividad de la Víctima. Se debería intentar la determinación de la actividad de la víctima antes, durante, y después del comienzo del fuego o explosión, y el momento de la muerte, incluyendo si la persona estaba viva y consciente. Para hacer estas determinaciones, los siguientes factores pueden ayudar al investigador:

(1) Localización del cuerpo (en la cama, en la salida).
(2) Posición del cuerpo (sentado en una silla, escondido).
(3) Vestimenta del cuerpo (pijama, ropa de trabajo).
(4) Marcas de quemaduras en la ropa.
(5) Marcas de quemaduras en el cuerpo.
(6) Objetos encontrados en el cuerpo (por ejemplo: llaves, teléfono, linterna, extintor de incendios, objetos personales).
(7) Daños por explosión al cuerpo (por ejemplo: presión, impacto, y metralla).

Se deben considerar las marcas de daños en la ropa y en el cuerpo en el contexto de todas las marcas de fuego o explosión de la habitación o área. Se deben examinar las aparentes inconsistencias. Las marcas de quemaduras en la ropa (por ejemplo: quemaduras por cigarrillos) pueden revelar un historial de involucración en incendios anteriores. Las marcas de quemaduras en la ropa o en el cuerpo pueden indicar que se ha intentado combatir el incendio, aunque también puede ser una prueba de provocación del incendio. Se debería investigar la relación entre la muerte y el incendio, porque no todas las muertes relacionadas con el incendio están directamente causadas por el calor, las llamas o el humo. Como ejemplo, una persona fumando un cigarrillo en un sofá que muere

por un ataque al corazón; una persona que salta desde una ventana para escapar del incendio; traumas mortales por derrumbamiento; y homicidio antes de un incendio.

20.4.6 Cambios Post-mortem. Tras la muerte, la sangre deja de circular y empieza a estancarse por gravedad en las venas y capilares de las partes más bajas del cuerpo, durante varias horas. Este estancamiento produce una colaración roja o morada en los tejidos, denominado lividez o livor mortis. En las primeras horas tras la muerte, si se mueve el cuerpo y se cambia su posición, desaparece la lividez de una zona y se desarrollará en la nueva zona más baja. Después de 6 a 9 horas, la lividez queda fijada y no se vuelve a desplazar si se mueve el cuerpo. Estas áreas de lividez pueden ser rojas si la víctima murió con un significativo nivel de COHb, por el color rojo brillante con una alta saturación de COHb. La presencia, ausencia, y marcas de zonas de lividez pueden ayudar a determinar la posición del cuerpo tras la muerte y revelar si ha sido movido o cambiado de posición tras la muerte.

Después de unas horas tras la muerte, se produce el rigor mortis. Se trata de cambios químicos en el tejido muscular y endurecimiento de las articulaciones. Primero se desarrolla en las manos y en los pies, afectando progresivamente a los miembros, el torso y la cabeza. Su comienzo depende de la temperatura del cuerpo (y su ambiente) y la actividad física de la víctima justo antes de morir. Después de 12-24 horas, pasa el rigor, dejando flexibles los músculos y las articulaciones. La pérdida de rigor se produce desde las extremidades al torso y cabeza sobre un período de varias horas. La actividad muscular extrema justo antes de la muerte y las altas temperaturas ambientales pueden acelerar el comienzo (y a menudo la pérdida) del rigor. Los patólogos forenses experimentados pueden utilizar el comienzo progresivo y pérdida de rigor para ayudar en el establecimiento de un momento aproximado de la muerte. La rigidez (y la contracción) de los músculos, causada por la exposición al incendio no es la misma que el rigor mortis, y no desaparece con el paso del tiempo.

20.5 Mecanismo de la muerte. Los productos de combustión originados por un incendio son muchos y varían sus efectos en la salud de cada persona; sin embargo, ninguno carece de efectos toxicológicos. La inhalación de estos productos, o el contacto con la piel o los ojos puede llevar a efectos biológicos perniciosos, como rápida irritación de los ojos y del tracto respiratorio, o efectos sistémicos que influye en otras funciones del cuerpo. Estos procuctos incluyen el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, ácidos halógenos (ácido hidroclórico, hidrofluórico, e hidrobrómico), cianuro de hidrógeno, partículas (cenizas, hollín), y aerosoles (complejos orgánicos moleculares resultantes de los productos de pirólisis).

20.5.1* Monóxido de carbono. El monóxido de carbono (CO) se produce a cierto nivel en prácticamente cualquier incendio. Todos los combustibles basados en el carbono (por ejemplo, madera, productos de papel, plásticos) producen monóxido de carbono como resultado de la combustión incompleta. Durante la combustión de combustibles orgánicos, el CO se forma inicialmente y luego se oxida a dióxido de carbono (CO_2). En fuegos infraventilados o en los incendios donde los productos iniciales de combustión se mezclan con gases más fríos (como en los incendios incandescentes), se puede interrumpir la conversión del CO a CO_2, con lo que el CO pasa a ser el principal producto de combustión. En incendios bien ventilados, el nivel de CO producido puede ser sólo de unos pocos centenares de partes por millón (0.02%). Sin embargo, en incendios tras combustión súbita generalizada (flashover), en incendios incandescentes, y en incendios infraventilados, se pueden producir concentraciones de CO del 1 al 10% (10,000 ppm a 100,000 ppm). Las concentraciones elevadas de CO también se pueden desarrollar durante la extinción del incendio.

El monóxido de carbono es anestésico y asfixiante. Cuando se inhalan, el CO se enlaza con la hemoglobina en la sangre, creando carboxihemoglobina (COHb), que es aproximadamente 200 veces más estable que la oxihemoglobina. Por lo tanto, la sangre puede acumular niveles peligrosos de COHb incluso con bajas concentraciones de CO en el aire. Así, el COHb reduce la capacidad de la sagre para transportar oxígeno, lo que lleva a la asfixia. Además, el CO depositado en las células puede interferir la respiración celular, causando la incapacitación o la muerte. Los efectos de la inhalación del monóxido de carbono normalmente se pueden corregir con la respiración de aire fresco u oxígeno. Sin embargo, el CO puede permanecer en la sangre durante muchas horas después de la exposición. Consecuentemente, las exposiciones repetidas o de larga duración a bajos niveles de CO pueden llevar a la acumulación de un nivel mortal de COHb en la sangre. Ya que la carboxihemoglobina es tan estable, es fácilmente mesurable en la sangre de las víctimas por incendio, incluso mucho después de la muerte. El nivel medio mortal de CO en la sangre comúnmente aceptado es del 50% de COHb. Sin embargo, las investigaciones han demostrado que las víctimas por incendio han muerto por exposición al CO con un nivel de COHb en sangre tan bajo como el 20%. Además, se han medido niveles de COHb del 90% en víctimas por incendio. Así, el nivel de COHb en una víctima es un importante indicador de su muerte en el incendio. Las víctimas con menos del 20% de COHb es más probale que muriesen por otras causas, como por la falta de oxígeno, o quemados (como se indica más adelante). En contraste, las víctimas con concentraciones de COHb del 40% o superiores es más probable que hayan muerto sólo por el monóxido de carbono o en combinación con otros factores (como la edad, alcohol, o estado cardíaco) o simplemente haber sido incapacitados suficientemente por el CO venenoso y no permitirle huir del incendio.

En la valoración del significado del nivel de COHb en una víctima, se tendrá en cuenta que normalmente los fumadores tienen entre un 4 y un 10% de COHb, sólo por fumar. Ademas, las víctimas a las que se administró oxígeno, antes de la extracción de sangre, pueden mostrar una baja concentración de COHb por el oxígeno. Por lo tanto, el conocimiento del tiempo que ha pasado entre la retirada del lugar del incendio y la muerte, y la dosificación de cualquier oxígeno administrado a la víctima antes de la toma de muestras de sangre, es importante para valorar el significado del nivel de COHb en la víctima *(ver sección 20.8.)*.

Los estudios demuestran que la mayoría de las víctimas por incendio (75 a 80%) mueren envenenados por CO, y que muchas de estas personas mueren lejos de la habitación de origen del incendio. Esto sucede porque muchos incendios no producen niveles mortales de CO hasta que ha pasado la combustión súbita generalizada (la excepción son los incendios incandescentes). Así, las víctimas por inhalación de CO suelen estar fuera de la sala de inicio del incendio, a no ser que el incendio resultase de una ignición latente. Sin embargo, durante la combustión súbita generalizada, las heridas térmicas y la falta de oxígeno pueden causar la muerte antes de que se desarrollen concentraciones sustanciales de COHb. Lo mismo puede ocurrir si la víctima está en medio de un incendio por combustión súbita generalizada con gases o vapores combustibles.

20.5.2 Efectos térmicos. La muerte o las lesiones pueden deberse al ambiente térmico caliente del incendio. Las dos causas térmicas principales son la hipertermia e inhalación de gases calientes.

20.5.2.1 Hipertermia. Las víctimas expuestas al ambiente caliente de un incendio, incluyendo alto contenido en humedad, están

sujetas a incapacitación o muerte por la hipertermia, especialmente si la persona está activa. La duración y tipo de exposición puede llevar a una hipertermia simple o aguda.

La hipertermia simple resulta de exposiciones prolongadas (normalmente más de 15 minutos) en ambientes calientes donde la temperatura es demasiado baja para causar quemaduras. Tales situaciones varían entre 80 y 120°C (176 a 248°F), dependiendo de la humedad relativa, y normalmente lleva a un incremento gradual de la temperatura en el interior del cuerpo. La alta humedad hace más difícil al cuerpo que disipe el exceso de calor por evaporación y por lo tanto acelera el proceso de calentamiento. Tales temperaturas por encima de aproximadamente 43°C (109°F) son normalmente mortales en minutos, salvo que se traten.

a hipertermia aguda involucra exposición a altas temperaturas durante cortos periodos de tiempo (menos de 15 minutos). Este tipo de hipertermia viene acompañada de quemaduras. Sin embargo, cuando se produce la muerte poco después de la exposición a fuerte calor, generalmente se considera que la causa de la muerte se debe al aumento de temperatura en la sangre, más que por quemaduras.

20.5.2.2 Inhalación de gases calientes. La inhalación de gases calientes del incendio puede llevar a muerte o lesiones. Sin embargo, es difícil distinguir los efectos de quemaduras por inhalación térmica de edemas e inflamaciones causadas por irritantes químicos en el humo. Una característica distintiva de las quemaduras por inhalación térmica es que siempre vienen acompañadas de quemaduras faciales externas, ya que las temperaturas son suficientes para quemar la piel y el vello facial.

20.5.3 Otros gases tóxicos. Hay muchos gases tóxicos presentes en los ambientes del incendio que pueden causar irritación e hinchazón (edema) suficiente para interferir la respiración. El cianuro de hidrógeno (HCN) se puede producir durante la combustión de la lana, el pelo, o espumas de poliuretano. Se puede producir cloruro de hidrógeno (HCl) durante la combustión de plásticos de cloruro de polivinilo (PVC). La acroleina se produce durante la combustión de la madera y otros productos celulósicos.

20.5.4 Hollín y humo. El hollín y el humo pueden contribuir a las muertes y lesiones por incendio, a través de varios mecanismos. Las partículas calientes de hollín pueden inhalarse y causar heridas térmicas que llevan a edemas en el sistema respiratorio. Las partículas de hollín también pueden tener productos químicos tóxicos y proporcionar vías de inhalación e ingestión para estas toxinas. El hollín excesivo también puede bloquear físicamente las vías aéreas, causando asfixia. Los aerosoles líquidos (nieblas) de pirólisis suelen ser ácidas, y causan edema químico, y suelen ser muy tóxicos, causando fallos sistémicos por inhalación.

20.5.5 Hipoxia. Es una situación causada por la respiración de una atmósfera empobrecida en oxígeno, la cual se produce en un incendio confinado como consecuencia natural del proceso de combustión. Hay poco efecto del ambiente empobrecido en oxígeno por debajo del 15% en el aire. Sin embargo, si la concentración de oxígeno en el aire inhalado decrece hasta el 10%, se produce un incremento gradual en la respiración, continuando con la desorientación y pérdida de criterio. Cuando la concentración del oxígeno en el ambiente se disminuye por debajo del 10%, se produce la pérdida de conciencia, y sigue una rápida parada de la respiración y la muerte. Esta situación se ve agravada por el alto nivel de dióxido de carbono en el aire, que causa un incremento sustancial en la velocidad y profundidad de la respiración.

Se debe notar que ni el CO_2 ni los niveles de oxígeno se pueden medir en la sangre post-mortem, porque sus niveles comienzan a cambiar inmediatamente después de cesar la respiración.

20.6 Pruebas y documentación tras la muerte. A continuación se muestra una lista de procedimientos existentes para proporcionar información valiosa en los exámenes post-mortem de víctimas por incendio, para ayudar en el establecimiento de la identidad, causa, y modo de la muerte. El investigador del incendio debe fomentar la realización de las pruebas listadas de 20.6.1. a 20.6.7., y proporcionar los resultados a la autoridad apropiada, así como la información relativa a tratamiento médico de emergencia dado a la víctima antes de una declaración de muerte.

20.6.1 Sangre. La sangre (de las principales venas sanguíneas o cámaras del corazón, no de una cavidad corporal) se debe analizar para determinar:

(1) Porcentaje de saturación de COHb en la sangre.
(2) Concentración de HCN.
(3) Nivel de alcohol o concentración en la sangre.
(4) Presencia y concentración de drogas (prescritas, no prescritas, o ilegales).
(5) Venenos (cuando se indique).

20.6.2 Tejidos internos. Cuando se indique, se deberían hacer pruebas de tejidos internos (cerebro, riñones, hígado, y pulmones) para:

(1) Drogas.
(2) Venenos.
(3) Hidrocarburos volátiles.

20.6.3 Tejidos externos (piel cerca de las quemaduras). Cuando se indique, en la piel cortada debería probarse la respuesta celular o química vital a las quemaduras (quemaduras antes y después de la muerte).

20.6.4 Contenidos del estómago. Las actividades anteriores a la muerte, y momento posible de fallecimiento, se pueden establecer a través de ensayos en los contenidos del estómago, que se deberían examinar cuando se indique. Se debe anotar la presencia o ausencia de hollín en el esófago y en los contenidos del estómago.

20.6.5 Vías respiratorias. Un completo corte transversal longitudinal de las vías respiratorias desde la boca a los pulmones puede revelar la presencia y distribución de edemas, chamuscamiento o deshidratación, y hollín, y se debería realizar cuando se indique.

20.6.6 Temperatura interna del cuerpo. Se puede utilizar la temperatura interna del cuerpo para ayudar en el establecimiento del tiempo y mecanismo de la muerte y debería determinarse cuando se indique. La temperatura puede ser elevada debido a la hipertermia, a la situación anterior a la muerte, o exposición post-mortem a calor radiante.

20.6.7 Rayos-X. Para establecer la identidad, puede ser necesario el examen por rayos-X de todo el cuerpo, más detalles de los dientes. El examen por rayos-X, incluyendo la ropa y restos asociados encontrados cerca del cuerpo, también pueden revelar elementos inusuales como balas o metralla.

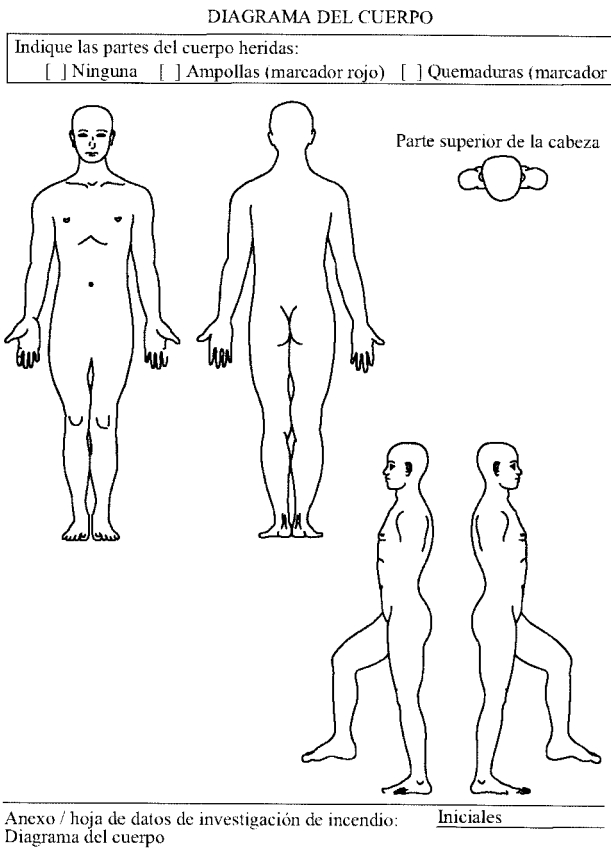
20.6.8 Prendas y efectos personales. Las prendas y los efectos personales se deberían examinar para documentar el tipo, material,

señales y marcas de quemadura presentes. Todas las prendas asociadas con el cuerpo se deberían recoger, empaquetar, y preservarse después de un apropiado examen y evaluación por rayos-X. Estos elementos deberían recogerse de acuerdo con el capítulo 14. Si se sospecha la existencia de un líquido inflamable, se deberá recoger el material según lo especificado en la sección 14.5.

20.6.9 Fotografías. En el momento del examen post-mortem, se debería fotografiar cualquier quemadura u otras heridas, incluyendo fotos de primer plano con una escala apropiada en el campo de visión. También se deberían tomar fotos de la víctima entera antes y después de retirar las ropas.

20.6.10 Diagramas de quemaduras y heridas. La localización, distribución, y grado de las quemaduras u otras heridas se deberían mostrar en un diagrama como el de la figura 20.6.10. Tal documentación de las marcas de quemaduras puede ayudar al investigador en la determinación de las actividades y localización de las víctimas durante el incendio *(ver 20.7.2.3.)*

FIGURA 20.6.10 Ejemplo de un diagrama que se puede utilizar para representar las heridas



20.6.11 Documentación de heridas y traumas físicos graves. Las heridas y traumas físicos graves del cuerpo, como heridas de bala, fracturas, traumas con objetos contundentes, y heridas por cuchillos, se deberían examinar y documentar detalladamente.

20.6.12 Pruebas de agresión sexual. Se deberían recoger pruebas físicas de posible agresión sexual, de acuerdo con las regulaciones y procedimientos aplicables.

20.6.13 Recogida de otras pruebas físicas. Si es posible, el investigador debería estar presente cuando se lleve a cabo el examen post-mortem (autopsia), no sólo para asegurarse de que se hacen las observaciones apropiadas, sino también para estar cerca y responder cualquier pregunta que surja durante el examen. Los examinadores patólogos y médicos pueden tener conocimientos limitados de la química del fuego, su dinámica, o los efectos de las explosiones. En tales casos, el investigador puede informar sobre incendios cerca del cuerpo. El investigador debería asegurarse de que se recogen, preservar y analizan adecuadamente las pruebas físicas tales como las balas, los casquillos, los residuos explosivos, cuchillos, y otras armas encontradas con el cuerpo, así como fluidos corporales, registros de huellas dactilares, y registros dentales.

20.7 Heridas por fuego y explosión. Aunque las heridas por fuego y explosión pueden llevar a la muerte en horas, días, o incluso semanas después del suceso, se debería investigar cada fuego y explosión que suponga heridas serias, del mismo modo que los fuegos y explosiones que causa muertes inmediatas. Las ropas y las heridas de las personas afectadas por un incendio o una explosión pueden constituir una importante prueba física para el investigador, y el lugar de los hechos merece el mismo cuidadoso examen, haya habido muertes o heridas.

20.7.1 Pruebas físicas. La prueba física de fuegos o explosiones se pueden extender más allá del mismo cuerpo. Tales pruebas pueden ser evidentes (manchas de sangre) o microscópicas (pelos o fibras). Esta pruebas se pueden encontrar en cosas tales como ropas o muebles.

20.7.1.1 Ropas. Es probable que el personal de emergencia, o el personal de primera intervención de la sala, retire la ropa de las personas heridas por fuego o explosión, y que luego las deseche. La ropa, incluyendo la exterior, la interior, zapatos y calcetines, se debería recoger y preservar. Si hay sospecha de que había involucrados líquidos inflamables o explosivos, puede haber residuos. En cualquier caso, se debería recoger y preservar la ropa según la sección 14.5. y 18.13.3. para análisis posteriores. Los elementos de la ropa pueden indicar la actividad de la persona que las llevaba en el momento del fuego o la explosión. De qué está hecha la ropa y cómo está fabricada puede jugar un importante papel en su capacidad de ignición por fuentes de llamas o incandescentes (mangas largas perdidas, tejidos delicados, etc). Puede ser importante para el investigador el determinar la capacidad de ignición, propiedades de combustión (carbonizado, fundido, o ambas), o la velocidad de liberación de calor de las ropas afectadas.

20.7.1.2 Muebles. En el lugar de los hechos, los muebles que parecen haber estado involucrados en el incendio, deberían ser valorados para las mismas propiedades de incendio que la ropa. La posición y estado de los muebles afectados puede indicar la actividad de la víctima en el momento del fuego o la explosión. Debería evaluarse la capacidad de ignición por ignición de fuego incandescente contra fuentes de llamas. Los muebles pueden haber escudado a las víctimas contra la explosión, y pueden tener residuos de los explosivos y metralla.

20.7.1.3 Fuentes de ignición. Se debería llevar a cabo una búsqueda en el lugar de los hechos para estableer qué fuentes de ignición se encuentran. El examen cuidadoso de estas fuentes puede

revelar si estuvieron involucradas. Se pueden encontrar residuos fundidos o carbonizados de la ropa o de los muebles involucrados adheridos a la fuente de ignición.

20.7.1.4* Leyes sobre notificación. Muchas jurisdicciones tienen leyes sobre notificación que exigen que sea el personal médico o de emergencia quien notifique (a la policía o a las autoridades contra incendios) que están tratando a una persona que ha sufrido importantes quemaduras. Estas leyes se han diseñado según las leyes de notificación por heridas de armas de fuego, y se ha demostrado que son eficaces en la identificación tanto de víctimas de asalto y abuso, como de incendiarios que resultan quemados mientras ejecutan su crimen.

20.7.2 Pruebas médidas (Quemaduras). A menudo se registran las heridas por quemaduras en informes médicos utilizando términos con los que el investigador debería familiarizarse.

20.7.2.1 Grado de la quemadura. Los grados de la quemadura describen la profundidad y seriedad de las heridas, como sigue:

(1) Primer grado: enrojecimiento simple de la piel (como las quemaduras solares normales)
(2) Segundo grado: generación de ampollas
(3) Tercer grado: daño a todo el grosor de la piel
(4) Cuarto grado: daño al tejido inferior, carbonización

Descripciones alternativas de los grados de quemadura en la piel son quemaduras superficiales, parciales, y en todo el grosor de la piel.

20.7.2.2 Área del cuerpo (distribución). A menudo la comunidad médica estima el daño en el cuerpo por quemaduras con la "regla de los nueves", donde las áreas mayores se representan por incrementos del 9%, como sigue:

(1) Frente del torso, 18%.
(2) Brazo derecho, 9%.
(3) Frente de la pierna derecha, 9%.
(4) Parte trasera de la pierna derecha, 9%.
(5) Cabeza, 9%.
(6) Parte trasera del torso, 18%.
(7) Brazo izquierdo, 9%.
(8) Frente de la pierna izquierda, 9%.
(9) Parte trasera de la pierna izquierda, 9%.
(10) Genitales, 1%.

En la tabla 20.7.2.2. hay una distribución más precisa de la superficie de piel en el área del cuerpo, que refleja las proporciones reales del cuerpo, y que se utiliza en muchas ocasiones.

El área quemada total del cuerpo muchas veces es un indicador de la posibilidad de supervivencia, como se indica en la figura 20.7.2.2. Que la víctima sobreviva o no puede obligar a posteriores investigaciones. Esta figura se puede utilizar para valorar la probabilidad de supervivencia.

20.7.2.3 Documentación. La documentación debería incluir diagramas de líneas de distribución de heridas por quemaduras y fotografías en color *(ver 20.6.10.)*. Se deberían tomar fotos tan pronto como sea posible después de las lesiones (preferiblemente, antes de que se administre tratamiento significativo). El tratamiento médico y las curas afectarán a la apariencia de las lesiones; por lo tanto, las fotos tomadas más tarde en el proceso de cura pueden ser difíciles de interpretar. La retirada de costras (tejido cicatrizado formado sobre heridas de quemaduras con cura posterior), los injertos de piel, y las incisiones hechas para aliviar la presión y permitir la flexibilidad, pueden hacer que las áreas quemadas tengan un aspecto diferente (mejor o peor) que las quemaduras originales.

Tabla 20.7.2.2 Porcentaje del área superficial del cuerpo

Parte del cuerpo	Bebé	Niño	Adulto
Parte delantera de la cabeza	9.5	8.5	3.5
Parte trasera de la cabeza	9.5	8.5	3.5
Parte delantera del cuello	1.0	1.0	1.0
Parte trasera del cuello	1.0	1.0	1.0
Pecho y abdomen	13.0	13.0	13.0
Genitales	1.0	1.0	1.0
Espalda y nalgas	13.0	17.0	17.0
Parte delantera de brazos y manos		4.25	4.75
Parte trasera de brazos y manos		4.25	4.75
Parte delantera de piernas y pies	6.25	6.75	10.0
Parte trasera de piernas y pies	6.25	6.75	10.0

Nota:
Bebé = hasta los 4 años; Niño = de 5 a 10 años; Adulto = más de 11 años

20.7.2.4 Mecanismos de las heridas por quemaduras. Las quemaduras provocadas por productos químicos o por contacto con líquidos calientes (escaldados) pueden no ser distinguibles de las inducidas por gases calientes o llamas. Cuando el calor radiante alcanza la temperatura de la piel, a mayor flujo radiante, más rápido se producirá el daño. Por ejemplo, un flujo calorífico de 2 kW/m² causará daño después de 30 segundos de exposición, mientras que un flujo calorífico de 10 kW/m² lo hará sólo en 5 segundos. Un flujo de 2 kW/m² no causará ampollas, mientras que el flujo de 10 kW/m² producirá ampollas en 12 segundos *(ver figura 20.7.2.4.)*. Un flujo calorífico radiante de 20 kW/m² normalmente asociado con la combustión súbita generalizada, es suficiente para causar graves quemaduras o la muerte por la exposición térmica, y para prender la ropa. El calor radiante, suficiente para causar quemaduras, puede reflejarse desde muchas superficies. El calor se puede transferir a través de las ropas, causando quemaduras a la capa inferior de la piel, sin daños fácilmente identificables a la ropa.

El calor conducido puede ser más peligroso que el radiante o el convectivo, porque la fuente de calor se pone en contacto con la piel más profundamente que lo que sucede normalmente con la transferencia de calor radiante o convectivo. La piel puede dañarse cuando llega a la temperatura de 54°C (130°F). Esta exposición puede deberse a la inmersión en agua a 54°C (130°F) durante 30 segundos, o por inmersión sólo durante 1 segundo a 65°C (150°F).

La ropa, especialmente los tejidos celulósicos pesados como los monos de faena o tela de cáñamo, pueden transmitir suficiente calor por conducción como para causar quemaduras en la piel incluso aunque el tejido no muestre quemaduras o carbonizados.

El movimiento en masa de los gases calientes en el calor convectivo puede producir incrementos similares en la temperatura de la piel.

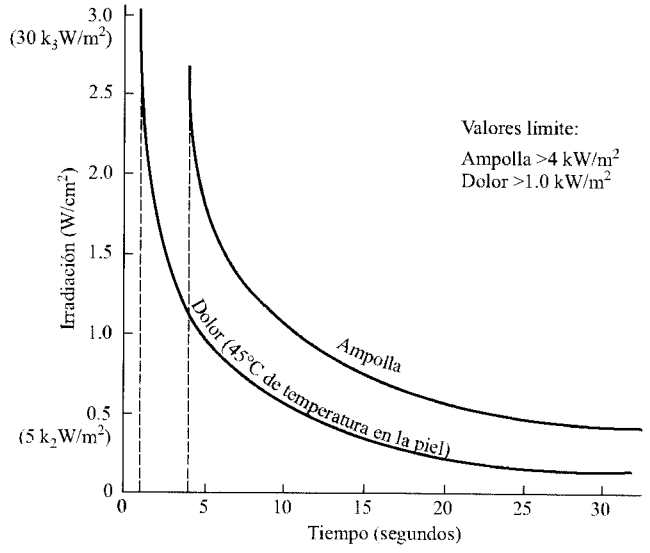
20.7.3 Pruebas médicas (Inhalación). Como las pruebas médicas referidas a las quemaduras en la piel, las pruebas médicas relativas a la exposición por inhalación a gases tóxicos y calor, puede proporcionar al investigador importante información para comprender tanto las acciones del herido como el ambiente del incendio al que estuvo expuesto.

FIGURA 20.7.2.2 Mortalidad por porcentaje de cuerpo quemado y edad.

Área del cuerpo quemada (%)	Edad (años)																
	0–4	5–9	10–14	15–19	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64	65–69	70–74	75–79	80 +
93+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
88–92	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
83–87	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
78–82	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
73–77	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1
68–72	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1
63–67	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1	1	1	1	1	1
58–62	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1	1	1	1	1
53–57	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1	1
48–52	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1	1	1
43–47	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1	1	1
38–42	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1	1	1
33–37	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1	1
28–32	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1	1
23–27	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1
18–22	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9
13–17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7
8–12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
3–7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4
0–2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2

1 = 100% mortalidad; 0.1 = 10% mortalidad (de Bull, 1979).

FIGURA 20.7.2.4 Diagrama mostrando el efecto de un flujo calorífico radiante incidiendo sobre la piel desnuda.



20.7.3.1 Efectos de la exposición por inhalación casi letal en las personas. Mucha de la información suministrada en la sección 20.5. también es importante para las heridas, y se remite al lector a ella para información adicional. Aquí se limita la discusión a los efectos específicos de los gases narcóticos casi letales [monóxido de carbono, cianuro de hidrógeno, aire con deficiencia de oxígeno (hipoxia)], gases irritantes (cloruro de hidrógeno, acroleína, etc.), y el humo.

20.7.3.1.1 Gases narcóticos. El monóxido de carbono, el cianuro de hidrógeno, y el aire con deficiencia de oxígeno (que causa hipoxia), son todos gases narcóticos. Estos gases causan pérdida de atención (intoxicación), de funciones mentales, y de habilidad psicomotora (la habilidad de llevar a cabo movimientos simples coordinados como los necesarios para salir de un edificio). El CO actúa sin que la persona sea consciente de la extensión de la exposición y el deterioro. La hipoxia como resultado de la concentración reducida de oxígeno tiene un efecto similar. A la inversa, mientras que el cianuro de hidrógeno finalmente llevará a depresión mental y pérdida de conciencia como otros gases narcótivos, los efectos de la exposición al HCN son más rápidos y dramáticos. En concentraciones próximas a las mortales, todos estos gases reducirán la habilidad de una persona para tomar decisiones y realizar acciones voluntarias.

20.7.3.1.2 Gases Irritantes. Los gases irritantes pueden alarmas a las personas de la presencia de un incendio, incluso a bajas concentraciones. Dados los incómodos aspectos de la irritación de los ojos y del tracto respiratorio, las personas pueden ser conscientes del incendio antes que en otros casos, con lo que podrán escapar. A medida que los efectos irritantes se hacen más pronunciados, la irritación puede tener un impacto directo en la habilidad de las personas para ver, y de este modo puede interferir en las acciones de evacuación. Los efectos de estos irritantes tras el incendio pueden ser edema pulmonar e inflamación.

20.7.3.1.3 Humo. Los productos visibles de combustión deteriorarán la habilidad de las personas para ver, y esto a su vez reducirá la velocidad de movimiento en la evacuación de las personas. Una visibilidad reducida en grado determinado hará que las personas no utilicen una vía de evacuación. La extensión de la visibilidad reducida necesaria para prevenir el uso de una vía de salida depende de muchos factores, incluyendo la familiaridad de las personas con el edificio.

20.7.3.2 Pruebas y documentación en hospitales. Normalmente, en la entrada de un paciente a un hospital con heridas relacionadas por el incendio, se debería tomar una muestra de sangre y analizar el porcentaje de saturación de carboxihemoglobina (porcentaje de COHb), la concentración de HCN, alcohol en sangre, drogas, y pH de la sangre para ayudar en el diagnóstico y tratamiento de la persona. Estas medidas pueden ser valiosas para valorar el estado de la persona en el lugar del incendio y el ambiente del incendio al que estuvo expuesto. En particular, el porcentaje de COHb es un valioso indicador. Sin embargo, aunque el porcentaje de COHb comienza a reducirse tan pronto como se retira a la persona del incendio, es importante que se tome una muestra de sangre tan pronto como sea posible.

La velocidad a la que se elimina el CO del cuerpo depende de la concentración de oxígeno en el aire inhalado. La concentración de CO en la sangre decrecerá a la mitad (periodo de vida media del COHb) en aproximadamente 5 horas en concentraciones normales de oxígeno en el aire (21% de volumen). La vida media del COHb es aproximadamente 1 hora cuando se administra casi un 100% de concentración de oxígeno durante el tratamiento médico de emergencia. Ya que el tratamiento y el tiempo puede reducir significativamente el porcentaje medido de COHb, es una información importante el tiempo desde la exposición al fuego hasta la toma de la muestra de sangre para su análisis, y el tratamiento de la persona con oxígeno en la ambulancia, y cuidadores del hospital antes de la toma de la muestra; el investigador debería determinarlo.

Otra información de importancia para el investigador del incendio es la situación de las vías respiratoris. La presencia de hollín o daños térmicos en las vías respiratorias superiores proporciona información sobre el ambiente del incendio al que estuvo expuesto la persona. La inflamación y edema pulmonar pueden ser indicadores de la exposición a los gases irritantes.

20.7.4 Acceso a pruebas médicas. El investigador del incendio debería ser consciente de las protecciones legales aplicables relacionadas con la confidencialidad de los registros médicos, y los métodos apropiados para obtener y salvaguardar esta información confidencial.

20.8 Mecanismo de heridas por inhalación.

20.8.1 Eliminación del CO por O_2/Aire. El nivel de carboxihemoglobina de un superviviente a un fuego comienza a decrecer tan pronto como se retira a la persona del ambiente del incendio. La velocidad a la que se elimina el CO del cuerpo depende de la concentración de oxígeno del aire que se está respirando. La concentración de CO en la sangre (saturación de COHb) decrecerá a la mitad (periodo de vida media del COHb), por ejemplo, reduciendo el COHb del 45 al 22% en 250 a 320 minutos en niveles ambientales de O_2 en el aire (21%). El periodo de vida media del COHb es aproximadamente 60 a 90 minutos cuando se administra oxígeno concentrado casi al 100% durante el tratamiento médico de emergencia. El tratamiento de oxígeno hiperbárico puede reducir el periodo de vida media de COHb a aproximadamente 30 minutos.

20.8.2 Lesiones relacionadas con explosiones. La localización y distribución de las heridas por explosión a una víctima pueden ser útiles en la reconstrucción del incidente. Estos descubrimientos pueden indicar la localización y actividad de la víctima en el momento de la explosión, y pueden ayudar para establecer la localización, orientación, energía, y función del mecanismo o dispositivo explosivo. Las lesiones por explosión se pueden dividir en cuatro categorías, basadas sobre todo en el efecto explosivo que la causó: presión explosiva, metralla, térmica, y sísmica.

20.8.2.1 Lesiones por presión explosiva. El efecto del choque de presión sobre una víctima puede causar lesiones internas a varios órganos y a sistemas corporales como el tracto gastrointestinal, pulmones, tímpanos, y venas sanguíneas.

Frecuentemente el frente de presión explosiva es suficientemente fuerte para mover violentamente o incluso propulsar a la víctima hacia objetos sólidos; o viceversa, daños de alta o baja magnitud *(ver sección 18.3.)* pueden mover violentamente o propulsar grandes objetos sólidos (paredes, puertas, etc.) hacia las víctimas. Estas acciones pueden causar bruscas heridas traumáticas, fracturas, laceraciones, amputaciones, contusiones, y abrasiones. La suciedad, la arena, y otras partículas finas pueden ser lanzadas hacia la piel desprotegida, causando un tipo de herida comúnmente llamada tatuado (tattooing).

Con las detonaciones, pueden producirse amputaciones o desmembramientos violentos del cuerpo, causados por la onda de presión explosiva. Las partes del cuerpo o sus ropas pueden propulsarse a grandes distancias, por lo que deberían buscarse y documentarse.

20.8.2.2 Heridas por metralla. La metralla (fragmentos sólidos) viajando a altas velocidades desde el epicentro de una explosión, puede causar amputaciones, desmembramientos, laceraciones o perforaciones semejantes a las heridas por apuñalamiento, traumas bruscos localizados como huesos rotos y machacados, y daños a tejidos blandos.

20.8.2.3 Heridas térmicas. Las heridas térmicas asociadas con el frente de llama por explosión (y no los fuegos siguientes, que acompañan a menudo las explosiones de bajo orden) son normalmente del primer y segundo grado por su muy corta duración. Las quemaduras de tercer grado también se pueden encontrar en estas situaciones, pero con mucha menos frecuencia, aunque pueden ser mortales. Una corta exposición al frente de llama expansivo de alta temperatura causa daños por quemadura en las superficies de la piel expuesta. A menudo incluso una fina capa de ropa puede proteger de heridas a la piel por debajo. Frecuentemente, las heridas por quemaduras pueden localizarse en el lado del cuerpo que se encara con el frente de llama en expansión.

El investigador puede utiliza este hallazgo como vector de calor y llama o dinámica de la explosión. Las prendas sintéticas se pueden fundir por la exposición a las llamas de combustión súbita generalizada por las deflagraciones, mientras que las prendas de algodón puede que sólo se pueden chamuscar.

20.8.2.4 Heridas por efectos sísmicos. Los efectos sísmicos de las explosiones son las más peligrosamente manifiestas en el colapso de los edificios y sus elementos estructurales. Las heridas y las muertes por tales sucesos son similares a lo que se podría encontrar por daños en el edificio por ondas de presión de explosión.

El colapso de los edificios puede causar lesiones traumáticas bruscas, laceraciones, fracturas, amputaciones, contusiones, y abrasiones.

Al examinar las víctimas de las explosiones, el investigador

debería tomar precauciones especiales para escudriñar las partes del cuerpo, ropas y residuos asociados, y para encontrar, documentar y preservar elementos de prueba, como las ropas y cualquier objeto extraño que se encuentre.

Capítulo 21 Equipos y aparatos eléctricos

21.1 Alcance. Este capítulo cubre el análisis de los equipos y aparatos eléctricos en lo que tiene que ver con la investigación de la causa de un incendio. El capítulo se concentra en los aparatos como fuentes de ignición de un incendio pero, en su caso, también los explica como fuentes de ignición de explosiones. En el capítulo se supone que ya se ha determinado el origen del incendio y que se sospecha que la fuente de ignición puede haber sido ese aparato o equipo. Hasta que no se establezca adecuadamente el origen, no se recomienda investigar los aparatos eléctricos como posible fuente de ignición.

En este capítulo se trata de los componentes de los aparatos que son comunes a la mayoría de los electrodomésticos y de oficina. También hay secciones que tratan de aparatos electrodomésticos específicos y de cómo funcionan.

21.2 Análisis del lugar del incendio cuando existen aparatos eléctricos. Cuando sea necesario, hay que aplicar lo establecido en el capítulo 13 sobre análisis del lugar de los hechos. El material que se presenta en esta sección es suplementario y se refiere específicamente a los aparatos eléctricos.

21.2.1 Registro de aparatos eléctricos específicos. Una vez identificado un aparato o aparatos eléctricos en la zona de origen de un incendio, se debe analizar cuidadosamente antes de tocarlo o moverlo. Se debe fotografiar el aparato donde estaba desde todos los ángulos posibles. Pueden ser primeros planos o fotografías a mayor distancia en las que se vea el aparato en su posición original, cercanía de materiales combustibles y con puntos de referencias claros (por ejemplo, ventanas, puertas, muebles, etc.). Estos puntos de referencia ayudarán mucho después en el trabajo de reconstrucción para localizar exactamente dónde estaba el aparato en el momento del incendio. Si el aparato se ha movido después de iniciado el incendio, hay que tomar esas mismas fotos donde se encontró. Si se puede saber dónde estaba el aparato en el momento del incendio, por ejemplo observando una zona protegida que coincida con la forma de la base del aparato o hablando con alguna persona familiarizada con el lugar, hay que llevarlo donde estaba antes del incendio y volver a fotografiarlo. Este desplazamiento por parte del investigador no se puede hacer hasta haber completado todos los demás documentos necesarios.

21.2.2 Mediciones de la localización del aparato eléctrico. Hay que fotografiar y dibujar el lugar del incendio como se ha indicado en la sección 13.4. Tiene mucha importancia la posición del aparato en la zona de origen. El investigador debe tomar las medidas que ayuden a localizar la posición del aparato.

21.2.3 Posiciones de los controles de los aparatos eléctricos. Al hacer las fotos y diagramas hay que poner especial atención en la posición de todos los mandos (botones, interruptores, reguladores de potencia, termostatos, válvulas, etc.), de las partes móviles (puertas, ventanas, etc.), posición de las manillas de los relojes analógicos, fuentes de alimentación (pilas o red), combustibles y cualquier otro elemento que pueda haber afectado al funcionamiento del aparato o que indique su estado en el momento del incendio.

21.2.4 Documentación de la información del aparato eléctrico. Hay que anotar la marca, fabricante, modelo, número de serie, fecha de fabricación, advertencias, recomendaciones y cualquier otro dato que haya en las etiquetas colocadas en el aparato. Esta información se debe fotografiar y, si es difícil hacerlo, tomar notas. Las notas aseguran que se puede contar con esa valiosa información (para más información véase el capítulo 13). Con frecuencia es necesario mover el aparato para obtener esos datos, y eso se debe hacer de modo que afecte lo mínimo posible al aparato y a los restos que haya en el lugar del incendio. En ningún caso se debe mover el aparato antes de hacer lo que se indica en el párrafo 21.2.3.

21.2.5 Recogida de todas las partes del aparato eléctrico. Si el aparato ha resultado afectado por el incendio o por las tareas de extinción, hay que hacer todo lo posible para reunir todas las piezas y mantenerlas juntas. Después de estar expuestos al fuego, muchos de los componentes del aparato se pueden romper y desintegrar si se mueven. Por eso es importante documentar su estado en ese punto. Si se considera útil y no produce importantes daños en los restos del aparato, se puede intentar reconstruirlo para documentación y análisis. Por ejemplo, volver a poner las partes quitadas y a poner el aparato en su lugar y posición originales. Durante el examen del lugar del incendio no se debe intentar poner en marcha o probar el aparato, pues eso podría estropearlo más llegando a destruir pruebas críticas en el aparato y sus componentes. Todas las pruebas en este punto deben ser estrictamente no destructivas y con el solo propósito de recoger datos sobre el estado del aparato después del incendio. Ejemplos de pruebas no destructivas son el uso de un voltímetro o multímetro para comprobar la resistencia o estado de los circuitos eléctricos del aparato.

21.3 Análisis del origen de un incendio donde haya aparatos eléctricos. Los capítulos 4 y 15 tratan de determinar el origen de un incendio con más detalle. Las técnicas y métodos de este capítulo son complementarias y se deben utilizar si en el origen del incendio ha tomado parte un aparato eléctrico. Por ejemplo, si el fuego se ha limitado al aparato o si se piensa que ha empezado en el aparato y a partir de ahí se ha propagado a la habitación.

21.3.1 Relación del aparato eléctrico con el origen del fuego. Hay que establecer si el aparato en cuestión estaba en la zona de origen. Los que estuvieran claramente situados fuera de la zona de origen se pueden excluir en general como causa del incendio. En algunos casos puede que un aparato o aparatos alejados de la zona de origen puedan haber tenido algo que ver con la causa, en cuyo caso se deben incluir en la investigación. Por ejemplo, si se habían utilizado con alargadera o si había una caldera de gas con una llama piloto. Si hubiera dudas sobre la zona de origen, se debe indicar que es indeterminado. En estos casos hay que examinar y documentar todos los aparatos que haya en las posibles zonas de origen.

21.3.2 Marcas de incendio. Se deben investigar con atención las marcas de fuego para saber si un aparato estaba en el punto de origen. Las marcas definidas y claras ayudan a determinar si el aparato estaba en esa zona. Se deben eliminar otras causas de esas marcas. El grado de destrozo del aparato puede ser o no indicativo de la zona de origen. Si el daño relativo general en la zona es escaso o moderado y el daño en el aparato es mucho, eso puede ser indicativo de que ha sido el origen del incendio. Sin embargo, si el daño es mucho en general, hay que investigar otras causas, como goteo, carga de fuego (por ejemplo, fuga de gases), e irlas eliminando. Si el grado de destrozo del aparato no es claramente mayor que el

del resto de la zona de origen, no se debe considerar que el aparato ha dado origen al fuego por su mera presencia.

21.3.3 Componentes plásticos en los aparatos eléctricos. En el lugar del incendio puede haber aparatos eléctricos gravemente dañados que están hechos de plástico. El aparato puede estar muy torcido, deformado o el material combustible haber ardido completamente, dejando sólo los cables y los componentes metálicos. Este estado del aparato no es por sí mismo un indicativo claro de que haya sido el punto de origen. Esto resulta especialmente cierto si en la habitación existió suficiente energía por el fuego para causar esos daños por el calor de radiación y la ignición. Las condiciones antes o después de la combustión súbita generalizada (flashover) pueden generar energía suficiente para producir esos destrozos incluso a cierta distancia del punto de origen.

21.3.4 Reconstrucción del área de origen. Puede que haya que reconstruir la zona de origen para localizar y documentar las marcas de fuego y los indicios que el investigador debe utilizar para localizar el punto de origen. Hay que reunir en su posición original todos los materiales posibles que formen parte del aparato y después dibujarlos o fotografiarlos. A veces será necesario consultar con alguna persona que conociera el lugar antes del incendio.

21.4 Análisis de las causas cuando han intervenido aparatos eléctricos. Cuando proceda, se debe utilizar el material del capítulo 16 para analizar un aparato que pueda haber causado un incendio. En esta sección se ofrecen datos complementarios o con aplicación específica a los aparatos eléctricos.

21.4.1 Cómo genera calor el aparato eléctrico. Antes de llegar a la conclusión de que un aparato concreto ha sido la causa del incendio, hay que saber cómo pudo generar ese aparato la energía suficiente para causar la ignición. El tipo de aparato determinará si ese calor ha sido posible en condiciones operativas normales o es el resultado de condiciones anormales. El siguiente paso será determinar el primer material que ardió y cómo tuvo lugar la ignición. Una vez eliminadas las hipótesis de ignición imposibles o menos probables, irán quedando sólo las más probables. Si no se plantea una hipótesis probable de ignición, que sea accidental o intencionada, la causa se clasificará como indeterminada.

Las marcas que haya dejado el fuego en el aparato pueden indicar la fuente de ignición. Sin embargo, los puntos más quemados u otras marcas de quemaduras pueden ser resultado de otros factores que no tengan que ver con la causa del incendio y que habrá que estudiar con todo cuidado. Las marcas en las superficies próximas pueden proporcionar más información sobre la fuente de ignición.

21.4.2 Utilización y diseño del aparato eléctrico. Antes de identificar un aparato como el origen de un incendio, hay que entender bien cómo funciona y para qué se usa. Algunos aparatos electrodomésticos son sencillos o muy familiares para el investigador y no requerirán un estudio en profundidad. Sin embargo, un aparato puede haber sido cambiado por el fabricante o estar estropeado o alterado por el usuario, por lo que todos ellos deberán ser investigados. Los aparatos más complicados pueden requerir la ayuda de personal especializado para saber bien cómo funcionan y si podrían haber generado energía suficiente para la. ignición.

21.4.3 Aparatos eléctricos domésticos como fuentes de ignición. Muchos aparatos domésticos son eléctricos por lo que la electricidad se podría considerar como la posible fuente de ignición. En estas situaciones hay que evaluar con atención y aplicar lo dicho en el capítulo 16. Sólo en determinadas condiciones muy concretas puede la electricidad generar calor suficiente como resultado de una sobrecarga o de un fallo en el interior o exterior de un aparato, como para causar la ignición.

21.4.4 Fotografiado de los aparatos eléctricos desmontados. Cuando sea necesario desmontar un aparato eléctrico (o sus restos) recogido en el lugar de un incendio, hay que documentar cada paso mediante fotografías (véase sección 14.10.1). Esto se hace para demostrar que el investigador no ha desmontado el aparato de modo descuidado, haciendo que las piezas se pierdan o se rompan.

Las fotografías deben mostrar el aparato antes de empezar a desmontarlo y en cada fase del desmontaje, si es posible desde distintos ángulos, anotando cuidadosamente las piezas que falten. Algunos investigadores prefieren grabar este proceso en vídeo. El investigador debe tener por lo menos una razón concreta para desmontar el aparato y, una vez encontrada la respuesta que busca, parar el proceso de desmontaje. Si no se puede desmontar fácilmente un aparato o si el desmontaje fuera muy destructivo, hay que estudiar la posibilidad de analizarlo por rayos X.

21.4.5 Obtención de aparatos eléctricos de muestra. Para comprender mejor cómo funciona un aparato o para saber qué es lo que ha fallado, el investigador puede conseguir otro exactamente igual (por ejemplo, una muestra). Para eso puede que tenga que saber el modelo y número de serie y hablar con el fabricante para saber el historial de ese aparato. Si ese modelo concreto ya no se fabrica o ha cambiado de alguna manera, el investigador tendrá que determinar si la muestra localizada es suficientemente parecida al aparato que quiere analizar y si sería útil hacerlo.

21.4.6 Pruebas de los aparatos eléctricos de muestra. Se pueden probar y hacer funcionar las muestras de aparatos para confirmar la validez de la hipótesis de ignición. Si la hipótesis es de que el incendio se ha producido por fallo o mal funcionamiento de uno o más componentes del aparato, esto se puede probar también en la muestra. Por tanto, si el investigador prevé que va a tener que hacer pruebas prolongadas o repetidas, probablemente necesitará más de una muestra. Las pruebas no sólo deben demostrar que el aparato es capaz de generar ese calor, sino si esa cantidad es de suficiente magnitud y duración como para provocar la ignición de los materiales combustibles.

21.5 Componentes del aparato. Los aparatos electrodomésticos son distintos en su construcción y usos. Por tanto, en esta sección vamos a hacer una descripción de cada uno de los componentes más corrientes que encontramos en los distintos aparatos. Si en las siguientes secciones se ofrece información sobre aparatos concretos, haremos referencia a los componentes utilizados en esos aparatos.

21.5.1 Carcasas o envolventes de los aparatos. Las carcasas de los aparatos electrodomésticos pueden ser de distintos materiales. La naturaleza de esos materiales puede afectar al comportamiento del aparato durante el incendio y al aspecto que presenten sus restos después del mismo. La mayoría de las carcasas de los electrodomésticos son de metal o plástico, pero también las hay de otros materiales como madera, vidrio o cerámica.

Muchos electrodomésticos tienen acabados de acero pintado, como en los refrigeradores, secadores, dispositivos fluorescentes, calentadores inferiores, y similares.

Se debe tener cuidado cuando se evalúan las marcas de daños por calor en superficies de acero pintadas. Muchas pinturas se oscurecen cuando están expuestas al calor. Mayor o posterior expo-

sición al calor puede hacer que muchas superficies pintadas y oscurecidas por el calor, se aclaren en color. Una posterior exposición al calor puede hacer que la pintura se descomponga en un polvo gris o blanco, que se puede alterar o retirar por la lucha contra el incendio, la manipulación o por la formación de orín. Una superficie aparentemente más aclarada en su color puede reflejar más daño térmico que una zona oscura.

21.5.1.1* Acero. El acero se utiliza en las carcasas de muchos aparatos por su resistencia, duración y facilidad de moldeado. El acero inoxidable se usa cuando se le quiere dar a la carcasa brillo y resistencia a la oxidación, por ejemplo en los aparatos de cocina o cuando las condiciones higiénicas son importantes. Se utiliza otro tipo de acero, plastificado o esmaltado, para darle mejor aspecto. Se puede usar acero galvanizado si se necesita una carcasa resistente a la corrosión pero su aspecto no es importante, por ejemplo en el tambor de una lavadora.

El acero no se funde en un incendio, excepto en circunstancias muy raras en las que se haya producido muy alta temperatura durante mucho tiempo. Normalmente el acero se oxida por el fuego y su superficie adquiere un color gris azulado mate. El típico color marrón del orín no aparece si el acero no ha estado expuesto mucho tiempo a la humedad y se ha oxidado. Cuando el acero está muy oxidado por haber estado expuesto mucho tiempo al fuego, la capad de óxido puede ser suficientemente gruesa como para producir escamas. En casos muy graves, esas escamas abarcan toda la carcasa y pueden producir un agujero. En incendios de corta duración, la superficie de una carcasa de acero pulido o cromado puede presentar varias bandas de color, según haya sido su grado de calentamiento. Después de un incendio, el acero galvanizado sin revestir está recubierto de una capa blanquecina de óxido de zinc. A menudo las superficies de las carcasas de acero presentan un aspecto degradado que va desde el gris azulado al marrón del óxido o al blanco, negro o rojizo. Si hay otros colores pueden proceder de residuos de las capas decorativas o protectoras con las que va recubierto el acero, además del óxido. Cada marca y color depende de muchos factores y no se debe atribuir mucha importancia al color y a las marcas sin tener pruebas palmarias.

En raras ocasiones se pueden encontrar carcasas de acero con un agujero debido a una aleación del acero con zinc o aluminio. La mayoría de las veces, si uno de estos metales se funde y gotea sobre el acero durante el incendio, el óxido que se forma en la superficie mantiene los metales separados. Si el incendio es largo, el metal fundido puede penetrar en la capa de óxido y alearse con el acero. Si hay que saber la causa del agujero, hay que analizar el acero en el borde del agujero para ver si existen o no otros metales.

Una carcasa de acero no impide necesariamente que los componentes internos del aparato alcancen temperaturas muy altas. Si un recipiente cerrado de acero queda expuesto a un fuego vivo durante mucho tiempo, su interior puede ponerse tan caliente que los materiales ardan y queden reducidos a cenizas o que el cobre se funda.

21.5.1.2 Aluminio. Las carcasas de aluminio están hechas normalmente de hojas moldeadas o de fundición. Pueden existir también piezas extruidas como adornos o soportes para otros componentes. El aluminio tiene una temperatura de fusión muy baja (660°C ó 1.220°F) si es puro. Si está aleado, se funde a temperaturas algo menores. La magnitud de los daños en las carcasas de aluminio puede indicar la gravedad del fuego o de la fuente de calor en ese punto.

21.5.1.3 Otros metales. Puede haber carcasas de aparatos de otros metales, como zinc o latón. Probablemente serán piezas decorativas o soportes para otros componentes. El zinc se funde a temperaturas relativamente bajas (419° ó 786°F) y por eso casi siempre aparece en forma de hojalata. El latón se usa en muchos terminales eléctricos. Los distintos tipos de latón se funden a temperaturas del orden de los 950°C (1.740°F). Los aparatos de latón se encuentran generalmente después de un incendio parcialmente fundidos o simplemente retorcidos. Como es una aleación, el latón se ablanda a medida que aumenta la temperatura, en vez de fundirse a una temperatura dada.

21.5.1.4 Plástico. Los aparatos electrodomésticos que no funcionan a altas temperaturas tienen cada vez con más frecuencia carcasa de plástico. La mayoría de los plásticos están hechos de carbono y algún otro elemento. Algunos plásticos se funden a baja temperatura y después, cuando sube la temperatura, se carbonizan y descomponen. Otros no se funden pero se carbonizan y descomponen a alta temperatura. Ante un fuego, casi todos los plásticos se carbonizan al calentarse y arden. Una vez encendidos, muchos plásticos siguen ardiendo. Otros no arden a la temperatura ambiente si la fuente de ignición es pequeña, por su composición química o porque se les han añadido retardantes. Muchas carcasas de plástico, sobre todo las más modernas, incorporan una gran cantidad de retardantes, por lo que no arden si se les aplica una pequeña fuente de ignición. Habrá que investigar cada aparato para ver si su plástico arde fácilmente. En algunos casos eso lo puede hacer personal cualificado, si quedan restos suficientes del aparato o si se puede conseguir otro idéntico.

Después de un incendio breve, la carcasa de plástico de un aparato se puede fundir y carbonizar parcialmente. Si la marca de los daños muestra que la fuente de calor era interior, habrá que hacer otro examen de los restos. Pero el plástico puede presentar marcas de que el calor venía de fuera y que su interior se ha calentado menos que el exterior. Si la carcasa de plástico se ha fundido formando una masa parcialmente carbonizada, su análisis por rayos X puede revelar las partes metálicas y los cables de su interior. Si una carcasa de plástico se ha fundido en su mayoría y quemado por un fuego exterior, la parte inferior del aparato puede estar intacta o, si lleva una placa metálica en la base, no haberse calentado.
Si el incendio ha sido grave, todos los plásticos pueden haberse consumido. La consunción total de un plástico no indica por sí sola que el incendio se inició en ese aparato.

En algunas piezas que deben ser resistentes al calor, como las asas de las cafeteras y los cajetines de los disyuntores, se utilizan plásticos fenólicos, que no se funden ni se queman. Sin embargo se pueden consumir si el incendio dura mucho, dejando una ceniza gris. Cuando un aparato con carcasa de plásticos fenólicos moldeados se calienta ligeramente, puede quedar una ligera capa de ceniza gris en su parte exterior. Si la ceniza aparece en las superficies interiores, mientras que en el exterior no hay ceniza o hay muy poca, puede indicar que el aparato se ha calentado por dentro.

Cuando partes de un aparato se funden y vuelven a solidificar como resultado de un incendio, la dirección del material fundido puede indicar la orientación del aparato en el momento en que el material fundido se enfrió.

21.5.1.5 Madera. Todavía se sigue usando la madera en las carcasas de algunos aparatos. En un incendio la madera se puede consumir totalmente o, si sólo se ha quemado parcialmente, presentar marcas de quemaduras. Esas marcas ayudarán a saber si el fuego ha venido de fuera o de dentro del aparato.

21.5.1.6 Vidrio. El vidrio se utiliza en las tapas y puertas transparentes de los aparatos y también como elemento decorativo.

El vidrio se rompe fácilmente cuando se calienta de modo no uniforme y se puede ablandar, fundir o gotear. La temperatura de las llamas es mayor que la de ablandamiento del vidrio, de modo que el grado de ese ablandamiento depende más de la duración y continuidad de su exposición al fuego que de la temperatura.

21.5.1.7 Cerámica. La cerámica se usa también como soporte de algunos componentes eléctricos. La cerámica no se funde en un fuego, pero algunos revestimientos cerámicos decorativos se pueden fundir.

21.5.2 Fuentes de alimentación. Las fuentes de alimentación de los electrodomésticos suelen ser la corriente alterna de la red. Apenas hay otras fuentes dignas de atención. En esta sección sólo vamos a tratar de corriente trifásica a un máximo de 240 V. Para más detalles sobre la electricidad y las instalaciones eléctricas, consultar el capítulo 6.

21.5.2.1 Cordones eléctricos. Las compañías eléctricas de Estados Unidos suministran corriente eléctrica a 120-240 voltios (a veces se dice 110/220 V) y 60 Hz. La mayoría de los aparatos electrodomésticos están proyectados para que funcionen enchufados a un enchufe de 120 V. Los más potentes, como las estufas y calentadores de agua, funcionan a 240 V a través de la misma instalación del edificio.

Los cordones eléctricos que llevan la corriente a los aparatos pueden ser de dos o tres hilos. Los hilos van trenzados, para mayor flexibilidad. Algunos aparatos con doble aislamiento y la mayoría de los construidos antes de 1962, llevan cordón de dos hilos. Los aparatos más nuevos y potentes suelen llevar cordones o cables de tres hilos, siendo el tercero de masa como medida de seguridad. Los cables o cordones trenzados suelen sobrevivir a un incendio, pero probablemente sus restos son frágiles si durante el mismo se ha quemado el aislante. Si se manejan sin cuidado los cables quemados, se pueden romper. Hay que comprobar los cables y cordones para ver si han dado lugar a arcos eléctricos. Para más información sobre los conductores eléctricos y los daños producidos, véase el capítulo 6.

Los enchufes para conectar los aparatos eléctricos a la corriente son de distintos diseños, según el amperaje del aparato. Los enchufes de 20 amperios o menos fabricados antes de 1987 tienen dos clavijas rectas de la misma sección. Los más modernos tienen además una clavija de tierra, algo más gruesa que las otras dos. Los enchufes que vienen moldeados de fábrica llevan los cables unidos a las clavijas dentro de un cuerpo de plástico moldeado. Ese cuerpo se puede fundir o quemar totalmente en un incendio. Los hilos y las clavijas de latón generalmente sobreviven a un incendio, pero a veces el latón se funde. Después de un incendio que sólo haya producido quemaduras ligeras cerca del enchufe, la cara de éste puede haber permanecido casi fría al estar protegida contra el cajetín. Eso demuestra que el aparato estaba enchufado. Incluso después de un incendio más grave, las clavijas pueden estar menos oxidadas si estaban metidas en el enchufe.

Los enchufes de aparatos de más voltaje o amperaje pueden tener clavijas más anchas y estar situadas en distinta posición.

21.5.2.2 Voltajes menores de 120. Muchos aparatos que se enchufan a la red funcionan a 6 V, 12 V u otros voltajes inferiores a 120 V. Para ello se suele utilizar un transformador. El transformador suele ser parte del aparato, pero a veces es una unidad independiente que se enchufa directamente al enchufe y de ahí al aparato con un cable de dos hilos. Un cortocircuito en un cable de 6 V no es probable que cause un incendio, pero en algunas circunstancias sí puede hacerlo, si se concentra la energía (calor) en una zona muy pequeña cerca de un material combustible.

21.5.2.3 Baterías. Algunos aparatos portátiles y dispositivos de seguridad llevan pilas. Las pilas o baterías pueden ir desde la batería de un coche hasta las pequeñas pilas de botón de las cámaras fotográficas y relojes. Las pilas suelen ser de corriente continua de 1,5 V. Las baterías de los aparatos electrodomésticos son de 6 ó 9 voltios y están formadas normalmente por cuatro o seis células en seco, en una sola unidad.

Generalmente, después de un incendio se pueden ver restos de las pilas de los aparatos. Generalmente estarán demasiado afectadas para saber si han podido ser fuente de ignición. Sin embargo es importante saber a dónde estaban conectadas. Una batería puede proporcionar energía suficiente para prender en algunos materiales en determinadas circunstancias. Sin embargo, en los aparatos a pilas sus circuitos evitan que la energía de la pila se concentre lo suficiente en un punto para que produzca una ignición.

21.5.2.4 Protección contra subida excesiva de corriente. Muchos aparatos electrodomésticos llevan fusibles o disyuntores que los protegen contra subidas excesivas de la corriente. Después de un pequeño incendio, los restos del dispositivo protector pueden indicar si funcionó. Después de un incendio grave, se pueden buscar restos de las partes metálicas del dispositivo protector para ver si existía.

El elemento fusible de un dispositivo protector puede ser de un metal. En todos los casos este elemento tiene una sección y una resistencia adecuadas para que, al aumentar la temperatura si la intensidad de la corriente aumenta por encima de un determinado nivel (menos del doble de la corriente nominal), se funda sin evaporarse. Si la corriente es muy alta, como en el caso de un cortocircuito, el fusible se evapora en parte dejando un depósito opaco en la ventanilla o tubo de cristal en el que va instalado.

La mayoría de los disyuntores funcionan térmica o magnéticamente, dependiendo del nivel de sobrecorriente. Llevan un elemento bimetálico, que, por encima de un determinado nivel, se dobla lo suficiente para que un muelle separe los contactos. Si se produce una corriente alta pero instantánea, como en el caso de un cortocircuito, se crea un campo magnético que hace que el mecanismo separe los contactos. Un disyuntor afectado por un incendio se puede activar si su mecanismo interno alcanza la temperatura de disparo. Los disyuntores de los aparatos tienen un botón de rearme.

21.5.3 Interruptores. Los interruptores se usan en los aparatos para encenderlos y apagarlos y para cambiar su estado de funcionamiento. Hay interruptores de muy diversos tamaños, tipos y modos de funcionamiento. El examen de los interruptores después de un incendio puede ser importante para descubrir si el aparato estaba encendido o no y otros aspectos de su funcionamiento. Los restos de los interruptores pueden ser muy delicados. Además de anotar y documentar la posición de los botones, palancas o mandos o de comprobar si el circuito estaba intacto, se recomienda que el investigador no abra, accione ni desmonte los interruptores. Eso lo debe hacer una persona con experiencia *(véase sección 14.10.1)*.

21.5.3.1 Interruptores manuales. Muchos interruptores están proyectados para que los accione el usuario. Por ejemplo, los de encendido-apagado y los que cambian las funciones, potencia u otras funciones del aparato. Los interruptores pueden ser de palanca, de botón de pulsar, de botón giratorio o deslizantes. Todos tienen partes metálicas que se pueden examinar después de un incendio. Si no está muy dañado, el interruptor se puede probar para ver si funciona y en qué posición estaba antes del incendio.

Si están muy estropeados, los restos pueden mostrar sólo si los contactos se han pegado. Al apagar el aparato, el interruptor puede crear un arco de cierre. Sin embargo, los daños aparentes en la superficie del interruptor pueden ser normales.

Los interruptores electrónicos de muchos aparatos pueden estar demasiado afectados, incluso por incendios leves, para saber si funcionaban o no. Por ejemplo, las teclas de los hornos microondas o del mando a distancia de la TV.

21.5.3.2 Interruptores automáticos. Muchos interruptores de los aparatos son automáticos y no están hechos para que los accione el usuario. esos interruptores generalmente mantienen el aparato en funcionamiento dentro de sus parámetros normales y evitan que funcione si hay alguna anomalía. esos interruptores son accionados por la corriente eléctrica, la temperatura o algún tipo de movimiento.

21.5.3.2.1 Fusibles y disyuntores. Los fusibles y los disyuntores son interruptores automáticos que funcionan por la elevación excesiva de corriente. Los disyuntores se pueden rearmar, pero los fusibles y las conexiones fusibles tienen que reemplazarse.

21.5.3.2.2 Temperature Switches. Los interruptores automáticos que funcionan por temperatura se llaman termostatos y están proyectados para que el aparato funcione dentro de determinados límites de temperatura. Los interruptores automáticos proyectados para evitar que el aparato supere ciertos parámetros, se llaman limitadores, interruptores de corte o interruptores de seguridad.

Los interruptores que funcionan por la temperatura lo hacen mediante un metal que se dilata, un bimetal que se dobla, la presión de un líquido o la fusión. Normalmente se utilizan para evitar que un aparato funcione fuera de una gama dada de temperaturas o que supere una temperatura programada (interruptores de corte). Generalmente tienen suficientes piezas metálicas como para poder reconocerlos después de un incendio grave, aunque quizá no sea posible saber si el interruptor funcionaba en el momento del incendio.

Algunos interruptores llevan una barra metálica que se dilata si se calienta. Si la zona de la barra se calienta lo suficiente, ésta se dilata y separa los contactos. Más corrientes son los bimetálicos, que llevan una tira compuesta por dos metales distintos pegados. Cuando aumenta la temperatura, un metal se dilata más que el otro, de modo que la pieza se dobla. Ese movimiento hace que se abran los contactos y se pare el aparato. Estos interruptores son lentos, por lo que es más probable que los contactos se erosionen o se peguen. Después de un incendio grave, el bimetal puede estar mucho más doblado de lo normal, como resultado del calor del incendio, pero eso no indica que el termostato no funcionara.
Los discos bimetálicos funcionan también por la dilatación diferencial, pero el disco se sale de una base en forma de plato, en una dirección o en otra. El borde del disco circular va fijo, de modo que lo que se levanta más o menos del plato cuando aumenta la temperatura es el centro del disco, lo que hace que se separen los contactos.

Algunos interruptores funcionan por la dilatación de un líquido dentro de una ampolla situada en la zona que se calienta. La presión de ese líquido pasa a un fuelle y a menudo a un panel de control a través de un tubo metálico, generalmente de cobre. El fuelle hace que se abran los contactos.

Estos tipos de interruptores mecánicos se pueden instalar de modo que abran los contactos para desconectar el aparato o cierren otros contactos para poner en marcha algún accesorio, como un ventilador que enfríe el aparato. Los interruptores que desconectan el circuito cuando sube la temperatura se pueden encontrar en los aparatos electrodomésticos, pero no abren el circuito hasta que la temperatura en el aparato es muy alta. Los contactos de estos interruptores deben ser examinados por personal competente. Si se ve que están desgastados por los arcos causados en sus sucesivas operaciones, puede indicar que el aparato ha funcionado a mayor temperatura durante mucho tiempo, es decir, que estaba defectuoso.

Los interruptores mecánicos pueden fallar por sobrecargas que calienten algunas piezas internas o que peguen los contactos. Esto último puede suceder a amperajes normales, porque como es un mecanismo que funciona lentamente, puede empezar a pasar corriente antes de que los contactos estén totalmente unidos. Una mala conexión, por ejemplo cuando el cable no viene montado de fábrica o cuando lleva terminales de latón con remaches, puede causar un calor destructivo y un fallo del interruptor. Normalmente las caras de los contactos de los termostatos estarán algo picadas debido a los constantes cierres y aperturas. Las caras de los contactos de los mecanismos utilizados como cierre de seguridad no estarán muy picadas, pues esos mecanismos no suelen funcionar a no ser que el aparato se caliente mucho.

Los contactos de un interruptor están más sujetos a picaduras, erosiones y posiblemente a la posibilidad de que se peguen, cuando se abren y se cierran lentamente. Por esa razón la mayoría de los interruptores, sobre todo los de alta intensidad, están hechos de modo que se abran o cierren instantáneamente. Eso se consigue mediante un disco bimetálico, un muelle plano o un imán. Cuando después de un incendio se descubre que hay contactos pegados, eso no demuestra que el incendio haya sido causado por un fallo del interruptor. Puede ser que, si el aparato estaba enchufado y ha sufrido daños por el fuego, se haya producido una subida de intensidad. Los contactos pegados pueden tener forma normal pero sus caras pueden haber quedado soldadas. Si se ven después del incendio contactos fundidos, es probable que sea por su exposición al fuego. Los contactos están hechos de metales de temperatura de fusión inferior a la del cobre, por lo que se pueden fundir si quedan expuestos al fuego.

Hay algunos dispositivos de corte que funcionan al fundirse un material que llevan en su interior, lo cual hace que un muelle separe los contactos. Son mecanismos de un solo uso que, si alguna vez se disparan, se deben cambiar aunque a veces se puentean deliberadamente, permitiendo que el aparato funcione sin protección. Por tanto hay que inspeccionar el aparato para ver si dispone de tales dispositivos y si el dispositivo ha sido manipulado o había sido cambiado anteriormente.

Muchos aparatos llevan interruptores que funcionan al moverlos. Los interruptores - limitadores de los aparatos que tienen piezas móviles, están pensados para que esa pieza no se mueva demasiado. Los hornos de aire forzado pueden tener un interruptor que actúa haciendo que la corriente de aire levante una pala para que el horno siga funcionando. Los aparatos más grandes suelen tener interruptores en la puerta, para que el aparato se desconecte al abrir la puerta o para que se encienda una luz. Los motores de los aparatos grandes suelen tener un interruptor centrífugo que desconecta el bobinado de puesta en marcha en cuanto el motor alcanza su régimen normal. Estos interruptores pueden también controlar un circuito de calefacción, para que no funcione si no funciona el motor. Como con los demás interruptores que funcionan de modo mecánico, estos pueden fallar si los componentes que los accionan se descolocan o si el interruptor se afloja en su cajetín.

Muchos calentadores eléctricos portátiles tienen un interruptor en la punta, con frecuencia incorporado al termostato. El interruptor tiene un brazo con un contrapeso que cuelga y abre los contactos cuando el calentador se deja de punta, es decir, si no está en su posición normal.

21.5.4 Relés y válvulas de solenoide. Los relés y válvulas de solenoide se utilizan en los aparatos eléctricos para controlar circuitos de alta tensión con otros de menor potencia y a menudo de menor tensión. El accionamiento del circuito de menor potencia hace que pase una corriente que crea un campo magnético o por un electroimán que mueve un eje o palanca de hierro. Ese movimiento abre o cierra el circuito de alta tensión. Después de un incendio se pueden encontrar restos de los relés o solenoides. Si están muy afectados, puede resultar imposible saber si funcionaban o no o en qué posición estaban en el momento del incendio. Hay que examinar sus contactos para ver si han quedado pegados durante el fuego.

21.5.5 Transformadores. Los transformadores se usan para reducir los voltajes normales de 120 V y para aislar el resto del aparato del circuito de alimentación. Algunos transformadores dejan pasar la corriente en cuanto se enchufa el aparato, de modo que siempre pasa por el primario alguna corriente que lo calienta. En otros aparatos el transformador no funciona hasta que se encienden con el interruptor. Los aparatos están diseñados de modo que el calor del transformador se mantiene al mínimo cuando la carga eléctrica es normal. Sin embargo, cuando se usan durante mucho tiempo y si el aire no circula bien, el aumento de temperatura puede deteriorar el bobinado. Si el alambre del bobinado empieza a formar cortocircuitos, disminuye la impedancia y aumenta la corriente, y por tanto el calor. Esto puede hacer que el calor se eleve mucho, rompiéndose o fundiéndose el bobinado y creando un fallo de puesta a tierra que puede abrir el dispositivo de protección del circuito. En algunos casos, el aislante caliente u otros combustibles del transformador pueden arder antes de que se interrumpa la corriente eléctrica.

Los transformadores de los aparatos suelen llevar un núcleo de acero y bobinado de cobre. Ambos sobreviven al calor del incendio, aunque se calienten mucho. El examen de un transformador de un aparato quemado puede demostrar si el bobinado interior estaba menos caliente e incluso conserva el color brillante del cobre. Eso es señal de que el calor fue externo y no procede del transformador. Un transformador de un aparato muy afectado por el calor puede tener el bobinado fundido, y por tanto con aspecto de cobre oxidado sin que quede aislante sobre el núcleo. Los restos del bobinado estarán flojos sobre el núcleo. Esto puede suceder porque haya estado expuesto el aparato mucho tiempo al fuego y no demuestra que la causa haya sido el bobinado recalentado. El recalentamiento del bobinado se puede determinar si existen marcas claras internas de calor, si se han producido arcos entre una vuelta y otra y si existen marcas de fuego salido del aparato. Un transformador se puede calentar incluso aunque esté protegido por un fusible, pues el fusible siempre tiene un factor de seguridad.

Algunos transformadores pueden estar totalmente rodeados por una caja de acero y probablemente no pueden incendiar combustibles adyacentes, pues antes disparan el dispositivo de protección. Otros son abiertos y llevan aislantes de papel o plástico que pueden arder.

Los cebadores de las lámparas fluorescentes son en esencia transformadores. Los de las lámparas interiores fabricadas después de 1978 deben llevar protectores térmicos. A partir de 1990 en Estados Unidos se exigen protectores térmicos en todos los cebadores de todas las lámparas fluorescentes, internas y externas. Esto viene indicado con una «P» en una etiqueta estampada sobre la carcasa de metal. El pegamento que llevan los cebadores en su interior generalmente puede tener fugas debido al calor interno o por su exposición al fuego. Los cebadores van normalmente alojados en una carcasa de plástico. Si el pegamento se funde por el calor interno, la mayor parte quedará dentro de la carcasa. Este pegamento, si gotea fuera de la carcasa, no prende en otros materiales a no ser que gotee ya ardiendo.

21.5.6 Motores. Los motores son corrientes en los aparatos electrodomésticos y proporcionan movimiento mecánico. Suelen ir desde 1/3 a 1/4 de caballo en las lavadoras o aparatos más grandes, hasta motores más pequeños en otros aparatos. Los motores más corrientes están proyectados para que funcionen a cierta velocidad. Si el rotor se para mientras sigue pasando corriente por el motor, disminuye la impedancia y aumenta la intensidad. Esto puede hacer que el bobinado del motor se caliente lo suficiente para quemar el aislante y el plástico que forme parte del aparato.

Los motores llevan a menudo incorporado un dispositivo protector que impide que pase la corriente si la temperatura sube demasiado. Ese dispositivo puede ser un fusible, un mecanismo de corte térmico, un protector térmico de rearme automático o de rearme manual. Algunos motores tienen dos sistemas: un protector térmico con rearme y un mecanismo de corte térmico. Si se sospecha que un motor puede haber sido el origen de un incendio, hay que examinarlo junto con su dispositivo de protección por personal experto, antes de determinar si ha sido realmente la causa.

Se puede examinar el bobinado de los motores para ver si no presenta síntomas de estar muy caliente, lo que indicaría que el calor vino del exterior. Si el bobinado está muy quemado con hilos oxidados, pero el material alrededor del motor no presenta síntomas de estar muy caliente, eso indica que el bobinado se recalentó. Si hay muchas marcas de fuego alrededor del motor, el bobinado estará probablemente fundido del todo, tanto si el fuego empezó en el motor como si no.

Los motores pequeños que accionan ventiladores de refrigeración u otros dispositivos, no suelen ser fuente de ignición pues no tienen par suficiente para generar mucho calor por rozamiento. Algunos motores pequeños tienen carcasa metálica lo que hace poco probable la ignición por calentamiento interno. Los motores con bobinado en corto suelen ir abiertos, por lo que pueden incendiar los combustibles en contacto con ellos si el bobinado se calienta mucho.

21.5.7 Elementos de calefacción. Es de esperar que los elementos de calefacción se calienten lo suficiente para incendiar los combustibles que entren en contacto con ellos. El diseño y construcción del aparato hará normalmente que los combustibles se mantengan alejados del elemento. Una excepción son los aparatos de cocina, en los que el elemento caliente está al aire. Los elementos de calefacción pueden estar protegidos, como en los hornos y estufas, o estar al aire y ponerse al rojo, como en las cocinas. Estos elementos son normalmente cables o barras de una aleación de níquel-cromo-hierro. Los que están proyectados para ponerse al rojo dan lugar a una capa de óxido gris mate que se deposita a su alrededor. En algunos aparatos, un ventilador disipa rápidamente el calor del elemento de calefacción para evitar que se ponga al rojo. Después de mucho uso, la superficie de esos elementos suele mantener el brillo.

Cuando se quema un cable, los extremos del punto donde se rompe pueden quedar colgando. Un extremo puede entrar en contacto con la carcasa metálica del aparato, conectada a tierra, y formar un nuevo circuito. Según la resistencia que presente esa parte del elemento, el contacto con la parte puesta a tierra puede hacer que el aparato siga funcionando, se caliente demasiado o se abra el circuito de protección.

Los elementos ocultos consisten en una resistencia rodeada por un aislante (óxido de magnesio) y encerrada en un recinto

metálico, hecho generalmente de acero o en muchos casos de aluminio. Si se funde la protección de aluminio, es más probable que sea como resultado de un fuego externo que del calor interno. Sin embargo si la fusión y calentamiento de la protección, de los ventiladores o de los materiales adyacentes presentan marcas claras de que el calor procede del elemento de calefacción, eso sería prueba suficiente de que el elemento se habría sobrecalentado. Hay que probar la continuidad y resistencia eléctrica del elemento. Un elemento quemado podría indicar que se ha sobrecalentado o simplemente que era viejo. Un análisis por rayos X puede ayudar a diagnosticar el estado interno del elemento de calefacción.

Algunos calentadores eléctricos se han quemado por fallos de puesta a tierra entre el elemento y la hoja instalada alrededor del aislante, produciendo erupciones características de metal fundido en distintos puntos a lo largo de esa hoja. Aunque los calentadores están diseñados normalmente para que no haya materiales combustibles que puedan arder fácilmente, las chispas causadas por los arcos, si salen a través de la rejilla protectora, pueden hacer que ardan los combustibles.

21.5.8 Iluminación. Muchos aparatos electrodomésticos llevan luces para iluminar los contadores, la zona de trabajo o los huecos internos. Normalmente son bombillas de poca potencia, que no pueden provocar un incendio. La mayoría de estas bombillas serán incandescentes, pero se pueden utilizar lámparas fluorescentes para iluminar la zona de trabajo del aparato. Las lámparas fluorescentes tienen cebadores (básicamente transformadores) que se pueden recalentar. Pero llevan protectores térmicos internos (excepto los antiguos) y normalmente van instalados en un cajetín, por lo que no es probable que puedan causar un incendio. Los tubos fluorescentes no se calientan mucho para que puedan prender en los combustible que hay alrededor, pero algunos sí, de modo que pueden hacer arder los combustibles que toquen.

21.5.9 Componentes varios. En los aparatos electrodomésticos puede haber otros dispositivos como amortiguadores o reguladores de velocidad. En general, muchos de estos dispositivos son de estado sólido, totalmente electrónicos. Los aparatos antiguos pueden contener dispositivos no electrónicos, como reostatos o resistencias. Generalmente los componentes electrónicos son destruidos por el fuego, a no ser que sea de muy corta duración. En la mayoría de los casos, los restos de los amortiguadores u otros dispositivos electrónicos no sirven para determinar la causa del fuego, pues son casi siempre tarjetas de circuito impreso que se ven afectadas muy rápidamente por el fuego.

Los temporizadores pueden ir incorporados a los aparatos o independientes. Son accionados por pequeños motores de relojería que conectan mecánicamente unos interruptores. A veces se encuentran restos de temporizadores después de un incendio, pero están en muy mal estado. Los motores pequeños de los temporizadores pueden estar en marcha mucho tiempo pero no se calientan como para causar un incendio. El fallo de los temporizadores se debe normalmente al desgaste de sus engranajes o a la rotura de los dientes. Los temporizadores electrónicos no dejan rastros reconocibles después de quemarse.

Para medir la diferencia de temperatura se utilizan termopares. Funcionan creando una diferencia de tensión en la unión de dos metales distintos, que se compara con el resto del circuito o con una unión de referencia. La temperatura se puede leer en contadores analógicos o digitales.

Una termopila es una serie de termopares dispuesta de manera que los voltajes de las uniones en serie se unen para crear una diferencia de potencial capaz de accionar un electroimán. Se utilizan termopilas en los aparatos de gas para mantener abierta una válvula cuando está encendida la llama piloto o para cerrarla cuando la llama piloto se apaga. Los nuevos aparatos de gas llevan disparadores eléctricos en vez de llama piloto.

21.6 Aparatos electrodomésticos más corrientes. A continuación se ofrece una breve descripción del funcionamiento y componentes de los aparatos electrodomésticos más corrientes, para que el investigador sepa cómo funcionan.

21.6.1 Hornos y estufas. El calor del horno procede de la electricidad que pasa por unas resistencias o de la quema de gas natural o propano. En el interior del horno la temperatura se regula mediante un termostato y una válvula de gas o interruptor de corriente. En una estufa de gas, el caudal de gas y la intensidad del calor están regulados por una válvula que alimenta un quemador. Una estufa eléctrica utiliza normalmente un temporizador que regula el ciclo del quemador. El temporizador se ajusta a mano. La posición alta hace que el ciclo dure más (puede ser continuo). La ignición del gas en una estufa u horno puede ser por llama piloto o por un encendedor eléctrico que crea un arco capaz de hacer arder el gas.

21.6.2 Cafeteras. Las cafeteras son de distintos modelos. La más popular en el hogar consiste en un depósito de agua, una resistencia que se calienta, una parte superior y una carcasa. Cuando se pone en marcha la cafetera, la resistencia hace hervir el agua del depósito. El vapor creado empuja el agua a la parte donde se ha puesto el café molido en un filtro. El agua pasa a través del café y se deposita en la parte superior de la cafetera. Sin embargo, esta parte puede estar en muchos casos sobre una placa caliente, calentada generalmente por la misma resistencia que hacer hervir el agua. El calor de la resistencia se regula por un termostato que se desconecta cuando llega a una temperatura dada. Si se enfria el café por debajo de cierta temperatura, el termostato se vuelve a poner en marcha. Para evitar que la resistencia se caliente demasiado, puede llevar un dispositivo de corte térmico. Si llega a una temperatura máxima, este dispositivo abre el circuito y evita que la resistencia se siga calentando. Algunas cafeteras llevan varios dispositivos de corte, temporizadores automáticos que ponen en marcha la cafetera transcurrido cierto tiempo, un reloj que pone en marcha la cafetera a una hora fija, etc. En la investigación de un incendio hay que comprobar los circuitos de corte de corriente para ver si están puenteados.

21.6.3 Tostadores. El tostador utiliza una resistencia eléctrica para tostar o calentar alimentos. Es un aparato relativamente sencillo que lleva un sensor ajustable para regular el tiempo. Pulsando hacia abajo una palanca, la comida es introducida en la bandeja, y los calentadores se encienden. El sensor suele ser un elemento bimetálico que puede detectar la temperatura en el tostador, pero más frecuentemente el bimetal tiene su propio calentador y casi es independiente de la temperatura del tostador. Cuando termina el ciclo de tueste, un pestillo mecánico libera parcialmente la bandeja y desconecta el calentador bimetal. Al enfriarse el bimetal, un segundo pestillo libera completamente la bandeja, que expulsa el alimento. Muchos diseños recientes utilizan un cronómetro electrónico que controla un pestillo electromagnético.

21.6.4 Abrelatas eléctricos. Un abrelatas eléctrico lleva un motor que hace girar el bote bajo una cuchilla que lo abre. Generalmente sólo funcionan mientras se mantiene pulsada una palanca. Eso hace que el bote se sujete y al mismo tiempo cierra el circuito del motor. El motor eléctrico del abrelatas puede o no estar protegido contra recalentamiento por un dispositivo de corte térmico.

21.6.5 Frigoríficos. Un frigorífico y un congelador corrientes se basan en un ciclo de refrigeración y un sistema de ventilación que mantiene su interior a una temperatura adecuada. El sistema de refrigeración consiste en un evaporador (intercambiador de calor en el interior), un condensador (intercambiador de calor en el exterior), un compresor, un refrigerante (generalmente un CFC o gas freón®) y los tubos que conectan todos estos componentes. El aire caliente que sale del interior del frigorífico se aprovecha para evaporar el refrigerante. Una vez convertido en vapor, el refrigerante pasa por el compresor donde es comprimido y condensado en el condensador hasta convertirlo en líquido. Cuando el refrigerante se condensa, libera el calor que había captado en el interior del refrigerador, se enfría el aire alrededor del evaporador y se calienta alrededor del condensador. El aire frío pasa por el frigorífico y el aire caliente se disipa en la habitación en la que está colocado el refrigerador. Este ciclo de refrigeración está regulado por un temporizador que determina su duración o por un termostato.

El compresor está normalmente accionado por un motor eléctrico, protegido generalmente por un dispositivo de corte térmico. El compresor suele estar situado en un recipiente hermético que actúa como disipador de calor evitando que, si el compresor se calienta mucho, pueda incendiar los combustibles cercanos. El refrigerador lleva además una bombilla, un mecanismo que fabrica cubos de hielo, en algunos casos un motor que dispensa los cubos de hielo, un ventilador para el condensador y quizá otro para el evaporador.

El frigorífico puede tener también serpentines en varias zonas para descongelado automático y para evitar que se condense el agua en sus superficies externas. Los descongeladores automáticos están proyectados para que funcionen a intervalos periódicos, evitando la acumulación de hielo en las superficies interiores del frigorífico, sobre todo del congelador.

Bajo la superficie exterior del frigorífico se suelen instalar calentadores que evitan la condensación y que funcionan también a intervalos periódicos. Algunos modelos permiten desactivar esta función para ahorrar energía. En cualquier caso, estos calentadores son siempre resistencias de baja potencia.

21.6.6 Lavavajillas. Un lavavajillas lleva una bomba que pulveriza y distribuye el agua caliente y el jabón sobre los platos y vasos. Generalmente lleva una resistencia eléctrica situada en la parte inferior, para calentar el agua. Cuando ha terminado de lavar y aclarar, expulsa el agua y seca la vajilla mediante la resistencia, que una vez expulsada el agua queda al aire. Algunos modelos permiten desactivar la resistencia durante el secado para ahorrar energía. Otros accesorios que llevan lavavajillas son unas electroválvulas y un temporizador que marca el ciclo de lavado. El motor de la bomba eléctrica puede llevar o no protección térmica. Algunos lavavajillas han dado lugar a incendios por fallos en los botones, que han hecho que se queme la carcasa de plástico.

21.6.7 Hornos de microondas. Un horno de microondas lleva un dispositivo llamado magnetrón que genera y dirige ondas de radio (microondas) en el interior del horno. La frecuencia de esas ondas hace que se calienten los alimentos colocados dentro del horno. Para ofrecer una mejor distribución de las ondas, puede haber un dispositivo que las distribuye uniformemente y la bandeja puede ser giratoria. También tiene un temporizador, circuitos de control, un transformador y una luz interior. El transformador suministra la alta tensión necesaria para el magnetrón. El magnetrón suele llevar un dispositivo de corte térmico. También puede haber otros dispositivos de este tipo en la parte superior, para cortar la corriente si se produce un fuego dentro del horno.

21.6.8 Calentadores portátiles. Los calentadores portátiles de las viviendas son de muy distinto diseño, pero generalmente se dividen en dos grupos: por convección o por radiación. Un convector lleva un ventilador que impulsa el aire que pasa por él a una superficie o elemento caliente. Un radiador no lleva ventilador y calienta el aire por radiación. La energía necesaria para estos calentadores puede ser la eléctrica o la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Este no es el lugar para discutir a fondo los distintos tipos de calentadores, pero el investigador debe familiarizarse con ellos leyendo los manuales de funcionamiento, viendo los planos y examinando algunas muestras. Los calentadores llevan distintos medios y dispositivos de control. Generalmente regulan la temperatura, evitan el recalentamiento o cortan la corriente si el calentador se cae o se pone en una posición distinta de la normal.

21.6.9 Mantas eléctricas. Una manta eléctrica es una resistencia eléctrica dentro de una manta. Los mandos generalmente están situados fuera o en el cordón. La temperatura se ajusta normalmente a mano, regulando el ciclo de conexión y desconexión. En uno o más lugares cerca del elemento de calefacción se sitúan los dispositivos de corte térmico que evitan que la manta se caliente más de lo normal. Puede haber instalados hasta 12 ó 15 de estos dispositivos. La manta eléctrica está diseñada para no calentarse mucho si está extendida. Si se enrolla o dobla, el calor se puede acumular en su interior y hacer que la manta se chamusque o incluso se queme. Pero normalmente los dispositivos de protección evitarían estos extremos.

21.6.10 Acondicionadores de aire en las ventanas. Un acondicionador de aire portátil está diseñado para colocarlo en una ventana de una vivienda y enfriar la habitación. Eso se consigue mediante un ciclo de refrigeración muy parecido al de los frigoríficos (véase sección 21.6.5). El aire extraído de la habitación pasa por el acondicionador, por un evaporador donde se enfría y vuelve otra vez a la habitación. Un ventilador accionado por un motor eléctrico mejora la circulación de aire. Este motor suele estar protegido por un dispositivo de corte térmico. Estos aparatos llevan mandos para regular la velocidad del ventilador, la capacidad de refrigeración y la temperatura. Los de menos potencia llevan un motor de 120 V y los de más potencia de 240 V.

21.6.11 Secadores y rizadores de pelo. Los secadores típicos llevan un ventilador de gran velocidad que impulsa el aire, que pasa por una resistencia eléctrica. Normalmente sólo tienen un interruptor aunque algunos tienen más de una posición (potencia) y más de una velocidad del ventilador. Normalmente, cerca de la resistencia llevan instalado uno o más dispositivos de corte térmico para evitar el recalentamiento.

Los rizadores o cintas rizadoras de pelo consisten en una resistencia eléctrica dentro de una cinta o barra alrededor de la que se enrolla el pelo. Algunos llevan un compartimento en el que se echa agua para generar vapor. Suelen tener un interruptor y un regulador de potencia. Muchos modelos llevan una luz que indica si el rizador está enchufado. Normalmente llevan uno o más dispositivos de corte térmico cerca de la resistencia, que se rearman o no automáticamente.

21.6.12 Planchas. Una plancha moderna consiste en una resistencia eléctrica situada alrededor de la suela, que la calienta. Las planchas de vapor requieren que se eche agua, que distribuye el calor y produce vapor. Los mandos de estas planchas van desde un simple selector de temperatura e interruptor hasta las unidades electrónicas que se apagan solas. Las planchas están diseñadas de

modo que producen calor cuando están en posición vertical y horizontal. La mayoría de ellas llevan uno o más dispositivos que las desconectan para evitar que se recalienten.

21.6.13 Secadoras de ropa. Todas las secadoras de ropa llevan un tambor giratorio con un motor eléctrico y un soplante para la circulación del aire. La energía de la fuente de calor puede ser la electricidad o la combustión de gas. Todas las secadoras eléctricas llevan motor de 120 ó 240 V. La ropa se seca haciéndola girar en un tambor a través del cual circula aire caliente, que sale por un orificio que generalmente se comunica con la parte exterior de la casa. La mayoría de las secadoras llevan filtros que retienen la pelusa de la ropa para que no se deposite en su interior. Sin embargo, si el filtro se atasca, si no funciona o si la tela que se seca produce gran cantidad de pelusa, se puede acumular en otras zonas y puede constituir riesgo de incendio. Si una prenda de ropa u otro material queda enganchado entre el tambor giratorio y la carcasa fija, se puede producir calor suficiente por rozamiento para que se queme. Se han producido incendios en secadoras porque se han depositado en su interior trapos empapados en aceite u objetos de plástico, como bolsas de guardar ropa.

Las secadoras típicas tienen controles del ciclo de secado, sensores de humedad, mandos de la fuente de calor y selectores de intensidad. Llevan dispositivos de corte térmico para evitar el recalentamiento y otros componentes como un motor para el soplante y resistencias eléctricas.

21.6.14 Electrónica de consumo. La electrónica de consumo la constituyen aparatos como televisiones, vídeos, radios, reproductores de CD, videocámaras, ordenadores personales, etc. Estos aparatos tienen componentes muy similares, como una fuente de alimentación, tarjetas de circuito impreso en las que van montados muchos componentes electrónicos, y una carcasa. Algunos de ellos, como las televisiones y los reproductores de CD, tienen componentes que funcionan a alta tensión. Otros se pueden manejar mediante mando a distancia. Este no es el lugar para discutir a fondo los distintos aparatos de este tipo, pero el investigador debe familiarizarse con ellos leyendo los manuales de funcionamiento, viendo los planos y examinando algunas muestras.

21.6.15 Bombillas. Las bombillas típicas de una vivienda son incandescentes o fluorescentes. Una bombilla incandescente lleva en su interior un filamento de metal fino rodeado por gas inerte, como argón, o de vacío. Si una bombilla incandescente funciona bien, su principal subproducto es el calor generado. Las bombillas o tubos fluorescentes funcionan a alta tensión que produce un cebador (transformador), iniciando y manteniendo una descarga eléctrica lo largo del tubo. El interior del tubo está revestido de material fluorescente, es decir, que produce luz cuando recibe la energía de una descarga eléctrica. Este tipo de bombillas o tubos produce menos calor, pero el cebador sí se calienta. Los cebadores llevan conmutadores térmicos rearmables para evitar que se calienten demasiado (véase sección 21.5.5).

Capítulo 22 Investigación de incendios en vehículos a motor

22.1 Introducción. Este capítulo trata de los factores relativos a la investigación de incendios de vehículos a motor, como automóviles, camiones, equipos pesados y vehículos de recreo (casas móviles). Aunque no cubre los vehículos que circulan por aire y por agua ni los ferrocarriles, hay muchos factores que podrían aplicarse también a éstos, sobre todo los relativos a la documentación del lugar de los hechos, a los combustibles, fuentes e hipótesis de la ignición. Para determinar el punto o puntos de origen y la causa del incendio, se utilizan a menudo las marcas de quemaduras o de los daños dejadas en los paneles de la carrocería o en el interior del vehículo.

En algún momento se llegó a creer que un incendio que se había propagado rápidamente y con daños importantes eran indicativos de un incendio provocado. Sin embargo, el tipo y cantidad de materiales combustibles que hay en los modernos automóviles pueden producir, cuando se queman, esos daños tan graves sin necesidad de añadir más combustible como gasolina. En el caso de la destrucción total, no se puede suponer normalmente por el sólo estado del vehículo que el incendio fue intencionado. Se debe tener la máxima precaución al estudiar las marcas del fuego o los daños causados para determinar el punto de origen. Las interpretaciones extraídas de estas marcas se deben confirmar con declaraciones de los testigos, análisis de laboratorio, fichas de revisiones que indiquen fallos mecánicos o eléctricos y anuncios de los fabricantes que se pueden obtener de la National Highway Transportation Safety Administration (NHTSA), o del Center for Auto Safety. El investigador debe además estar familiarizado con la composición del vehículo y su funcionamiento en condiciones normales (véase capítulo 4).

Dado un determinado combustible y una fuente de ignición, el tamaño relativamente pequeño de un coche puede hacer que el fuego se propague más rápidamente que, por ejemplo, en una habitación de un edificio. Sin embargo, los principios de la dinámica del fuego son los mismos en un coche que en un edificio y, por tanto, los métodos de investigación deben ser los mismos (véanse capítulos 2 y 3).

22.2 Seguridad en la investigación de incendios en vehículos. La finalización de una investigación completa de un vehículo quemado puede tener varios aspectos relacionados con la seguridad física, que son diferentes a los que normalmente se encuentran en un incendio de un edificio.

Al realizar una inspección del bastidor del vehículo, se deben tomar precauciones para prevenir que el vehículo se mueva y cause heridas al investigador. La utilización de elevadores hidráulicos para soportar el peso del vehículo, los gatos, u otros dispositivos de elevación, junto con los sistemas de frenado o bloqueo, ayudará en la prevención de movimientos súbitos o que se caiga encima del investigador.

Los airbags no activados (sistemas de refrenado suplementario) también suponen un aspecto potencialmente peligroso para la seguridad personal del investigador de incendios. El sodio azido (agente propulsor del airbag) es un material peligroso, y su contacto o inhalación puede suponer un peligro para la salud del investigador. Muchos vehículos también vienen equipados con un airbag adicional y sistemas de refrenado para los viajeros. El investigador necesitará identificar los sistemas presentes, el estado operativo de estos sistemas, y, si es necesario, debe asegurarlos antes de alterar los compartimentos de los pasajeros, para prevenir su activación accidental.

La inspección contra incendios de vehículos puede presentar otras muchas situaciones que supongan peligros de seguridad para el investigador, como las fugas de combustible o el combustible restante en los depósitos, que suponen un peligro de incendio; lubricante perdido, que supone peligro de resbalones y caídas; energía eléctrica almacenada en la batería; o cristales rotos, con peligro de pinchazos y cortes.

22.3 Combustibles en los incendios de vehículos. Hay una gran variedad de materiales y sustancias que pueden ser los primeros que se incendien en los incendios de vehículos a motor: el

Tabla 22.3.1 Propiedades de los líquidos inflamables en los incendios de vehículos a motor

	Punto de inflamación		Temperatura de ignición		Límite de inflamabilidad (%)		Punto de ebullición		Densidad de vapor (Aire = 1)
Líquido	**°F**	**°C**	**°F**	**°C**	**Inferior**	**Superior**	**°F**	**°C**	
Líquido de frenos[a]	240-355	115-179							
Líquido de frenos[b]	298	148					485	252	
Etilenglicol (100%)[c]	232	111	775	413	3.3	—	387	197	
Etilenglicol (90%)[c]	270	132							
Diesel #2D[d]	126-204	52-96	494	257		— —			
Keroseno #1 fuel oil[d]	100-162	38-72	410	210	0.7	5.0	304-574	151-301	
Gasolina - 100 octanos[d]	-36	-38	853	456	1.4	7.6	100-400	38-204	3-4
Metanol[d]	52	11	867	464	7.8	86.0	147	64	1.1
Aceite de motor[e]	410-495	210-257	500-700	260-371					
Aceite caja de cambios[e]	350	177							
Aceite caja de cambios[b]									
Dextron IIE	361-379	183-193	410-417	210-214					
Dextron II	367	186	414	212					
Tipo F (Ford)	347	175							
Aceite de la servodirección[e]	350	177							

Nota: Los datos de esta tabla son para productos genéricos o típicos probados en condiciones determinadas. Los métodos de ensayo pueden no ser iguales para todos los líquidos. La información procede de varias publicaciones.

[a] NFPA SPP 51, Índice de Puntos de Ignición de Líquidos con Nombre Comercial *(Flash Point Index of Trade Name Liquids)*, p. 182.

[b] UNOCAL Lub Oils and Greases Div.

[c] Flick, Noyes Data Corp., Manual de Disolventes Industriales *(Industrial Solvents Handbook)*, p. 416.

[d] NFPA Guía de Protección contra Incendios de Materiales Peligrosos *(Fire Protection Guide to Hazardous Materials)*.

[e] Severy, Blaisdell, and Kerkhoff, Incendios en Accidentes de Automóvil *(Automobile Collision Fires)*.

Tabla 22.3.2 Combustibles gaseosos en vehículos a motor

	Temperatura de ignición		Punto de ebullición		Límite de inflamabilidad (%)		Densidad de Vapor (Aire = 1)
Gas	**°F**	**°C**	**°F**	**°C**	**Inferior**	**Superior**	
Hidrógeno	932	500	-422	-252	4.0	75.0	0.1
Gas natural (metano)	999	537	-259	-162	5.0	15.0	0.6
Propano	842	450	-44	-42	2.1	9.5	1.6

Nota: Los datos de este cuadro son para productos genéricos o típicos y no de ningún ensayo concreto. Siempre que sea posible se deben obtener los datos de cada producto de sus correspondientes hojas de seguridad o mediante ensayos.

Fuente: NFPA Guía de Protección contra Incendios de Materiales Peligrosos *(Fire Protection Guide to Hazardous Materials)*.

combustible, el aceite de la caja de cambios, los líquidos de frenos y la servodirección; los refrigerantes y los lubricantes; los guarnecidos del interior del vehículo y la carga. Una vez iniciado el fuego, cualquiera de esos materiales puede actuar como combustible secundario que afecte a la velocidad de propagación del fuego y, en última instancia, a la magnitud de los daños producidos

22.3.1* Combustibles líquidos. Con frecuencia se asocian los combustibles líquidos a los incendios de automóviles, pues casi siempre están presentes. Estos combustibles pueden entrar en contacto con una fuente de ignición como resultado de alguna anomalía de funcionamiento en los sistemas del vehículo, de accidentes que provoquen la salida del combustible o de incendios provocados. En el Cuadro 22.3.1. se ofrecen algunas de las propiedades de los combustibles líquidos de los vehículos.

Si un combustible determinado puede realmente arder, depende de sus propiedades, su estado físico, la naturaleza de la fuente de ignición y otras variables. Cuando un combustible está pulverizado, su punto de inflamación realmente no tiene importancia, o tiene poca. La ignición de las superficies calientes externas puede necesitar temperaturas de 200°C (400°F) por encima de las temperaturas de ignición publicadas (para más información sobre los procesos de ignición, véase el capítulo 3).

22.3.2 Combustibles gaseosos. Cada vez se emplean más como combustibles de automoción otras alternativas, como el propano y el gas natural comprimido, no sólo en las flotas de autobuses y camiones, sino hasta en vehículos privados. Se espera que en el futuro aumente el uso de estos combustibles, así como del hidrógeno. El propano se encuentra también en casi todas las casas móviles como combustible de la cocina, la calefacción y la refrigeración. Puede haber hidrógeno y oxígeno en las baterías de plomo-ácido, que pueden quedar libres durante la carga o como consecuencia de un choque. Se pueden encontrar importantes cantidades de estos gases en grandes vehículos o como carga. En el Cuadro 22.3.2 se ofrecen algunas de las propiedades de estos combustibles.

22.3.3 Combustibles sólidos. Es menos corriente que los combustibles sólidos sean el primer material que arde en los incendios de vehículos a motor, excepto si la posible fuente de ignición ha sido una sobrecarga en los cables o materiales de fumador, o el vehículo ha ardido por estar expuesto a un fuego externo. El calor producido por el rozamiento de las correas, rodamientos o neumáticos puede ser también una fuente de ignición. Incluso ante un fuego inicial pequeño, los combustibles sólidos pueden contribuir de modo importante a la propagación del fuego y a la magnitud de los daños. Algunos plásticos pueden arder con una cantidad de calor similar a la de los hidrocarburos líquidos. A menudo los plásticos se ablandan o producen gotas ardientes. Algunos metales pueden prenderse si están en la forma adecuada. La mayoría de los metales necesitan fundirse o pulverizarse para arder. Metales como el aluminio, el magnesio y sus aleaciones pueden también arder en los vehículos, proporcionando un combustible más.

Los investigadores no deben tomar la presencia de metales fundidos como una señal de que se han usado líquidos inflamables como acelerante, en la creencia de que sólo un líquido inflamable puede producir temperaturas tan altas. Los líquidos combustibles e inflamables normales producen esencialmente la misma temperatura de llama. Si no se indica otra cosa, las temperaturas de fusión de los metales que se dan en los manuales y en esta guía, se refieren a los metales puros. En muchos casos, las aleaciones se usan más que el metal puro. La temperatura de fusión de una aleación es, por lo general, menor que la de sus componentes. Antes de sacar cualquier conclusión por el hecho de que una pieza metálica se haya fundido, hay que establecer su verdadera composición y su temperatura de fusión. Se puede producir aleación accidental durante un incendio. Por ejemplo, el zinc puede gotear sobre un cable o tubo de cobre y formar una aleación de latón, que se funde a menor temperatura que el cobre. Del mismo modo, el aluminio derretido puede gotear en una lámina metálica de acero, con lo que se consigue el aspecto de una lámina de acero fundida. En el Cuadro 22.3.3 se ofrecen algunas de las propiedades y usos de los combustibles sólidos.

22.4 Fuentes de ignición. En la mayoría de los casos, las fuentes de energía de ignición en los incendios de vehículos a motor son las mismas que las de los incendios en los edificios: arcos eléctricos, cables sobrecargados, llamas y materiales de fumador, por ejemplo. Sin embargo, hay algunas fuentes exclusivas que se deben tener en cuenta, como la superficie caliente del convertidor catalítico, el turbocompresor y el colector. Como algunas de estas fuentes de ignición pueden ser difíciles de localizar después del incendio, vamos a describir cómo funcionan para ayudar a reconocerlas desde 22.4.1. a 22.4.5.

22.4.1 Llamas. La llama más corriente que hay en un vehículo con carburador es la que se produce en el contratiro del propio carburador. Si el filtro de aire está bien instalado, esta llama no produce ignición. Además, la mayoría de los vehículos modernos funcionan por inyección, que ha sustituido al carburador. Una cerilla encendida dejada en el cenicero puede prender en los restos que haya, produciendo un incendio que afecta al tablero de instrumentos de plástico o a los asientos. En los vehículos de recreo, las llamas piloto de los aparatos, los quemadores y las cocinas son las principales fuentes de ignición.

22.4.2 Fuentes eléctricas. Cuando el vehículo no está en marcha, la principal fuente de electricidad en un vehículo es la batería. En la mayoría de los casos, sin batería, no hay otra fuente de energía eléctrica que pueda generar un incendio.

Un limitado número de componentes permanecen conectados eléctricamente a la batería, incluso aunque el interruptor y el motor están apagados. Estos componentes, como un alternador o el dispositivo de arranque, pueden dar fallo horas después de que se apagó el vehículo. El investigador debe determinar si el vehículo estaba en movimiento en el momento del incendio, pues entonces tiene más fuentes posibles de ignición. La protección de los circuitos eléctricos en los vehículos a motor consta de fusibles, disyuntores, y conexiones fusibles. Al igual que en los edificios, cualquiera de estos dispositivos se puede alterar, puentear, o pueden fallar. La instalación de equipamiento adicional puede afectar el modo en que opera un dispositivo de seguridad. Al contrario que los sistemas eléctricos de muchos edificios, los sistemas eléctricos de los vehículos suelen ser sistemas de corriente continua (cc). El bastidor, la carrocería y el motor están eléctricamente conectados para hacer la tierra o polo negativo del sistema. El polo negativo de la batería se conecta al bastidor o al bloque motor, o a ambos. El polo positivo suministra corriente al panel de fusibles y a todos los accesorios eléctricos. Esto significa que cualquier dispositivo eléctrico puede parecer que sólo tiene conectado físicamente un cable, y que la toma a tierra no es la más evidente. En el momento en que un cable con carga positiva, un extremo, o un componente toca una superficie conectada a tierra, se produce un circuito cerrado.

Los vehículos recreativos pueden tener tanto baterías a bordo y cableado como los vehículos a motor, como cableado y dispositivos de corriente alterna (ca) como los edificios. También pueden tener un convertidor que modifica la corriente alterna en corriente continua para iluminación, u otros elementos. Incluso pueden tener

Tabla 22.3.3 Combustibles sólidos en incendios de vehículos a motor

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

Nota: los datos de este cuadro son para productos genéricos o típicos y no de ningún producto concreto. Siempre que sea posible se debe obtener los datos de cada producto del fabricante o mediante ensayos.
*Metal puro
[a] Lide (ed.), Manual deFísica y Química, *Handbook of Chemistry and Physics.*
[b] Hilado, Manual de Inflamabilidad para Plásticos, *Flammability Handbook for Plastics.*
[c] Guía de Plásticos, *Guide to Plastics.*
[d] Baumeister, Avallone, and Baumeister, *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers.*
[e] NFPA Manual de Protección contra Incendios, *Fire Protection Handbook,* Tabla 3.13A (17ª edición).
[f] NFPA Manual de Protección contra Incendios, *Fire Protection Handbook,* Tabla A.6 (17ª edición).
[g] Manual de Plásticos, *Plastics Handbook.*

un generador a bordo para suministrarse corriente alterna cuando no hay disponible otra fuente.

22.4.2.1 Cables sobrecargados. Los fallos en el cableado que dan lugar a una disminución de la resistencia, pueden elevar la temperatura del cable hasta el punto de ignición del forro aislante, sobre todo en los cables que van unidos, como por las galerías o los cables de los accesorios bajo el panel de instrumentos, donde el calor no se disipa fácilmente. Eso puede suceder sin que se fundan los fusibles. Los defectos y fallos mecánicos de los sistemas de mayor potencia, como la calefacción de los asientos o los elevalunas eléctricos, pueden producir también la ignición de los aislantes, moquetas o restos combustibles que se puedan haber acumulado bajo los asientos. Muchos vehículos, por ejemplo, cuentan con calentadores en los asientos que utilizan cableados autoregulados. Una avería puede producir una ruta de calentamiento más corta que la diseñada, resultando sobrecalentamiento. Añadir accesorios puede sobrecargar el cableado de fábrica. Esta sobrecarga suele producirse por la inclusión de equipos de música comerciales o sistemas de alarma tras la compra del vehículo. Es posible que el instalador instale equipos de mayor demanda eléctrica, con mayor capacidad fusible; por otro lado, algunas instalaciones de equipos realizados tras la compra del vehículo no incluyen ningún dispositivo de seguridad. Una clave la puede dar el historial de las averías eléctricas del vehículo.

22.4.2.2 Arcos eléctricos. El arco eléctrico se puede producir cuando el aislamiento del conductor se desgasta, se quiebra, se rompe, o cualquier otro daño, permitiendo que entre en contacto con una superficie conectada a tierra. Un conector se puede romper o quedarse suelto, como resultado de una fuga de fluido deteriorando el aislamiento o como resultado de un impacto. Después de un choque se pueden generar arcos eléctricos por los cables aplastados o cortados, sobre todo los de la batería y del motor de arranque, que no están protegidos eléctricamente y por los que pasan altas corrientes. La gran cantidad de energía que tiene la batería puede ser suficiente para que ardan materiales como las acumulaciones de aceite del motor, algunos plásticos y forros de los cables. Si se aplasta la batería se pueden producir también fuertes arcos.

22.4.2.3* Filamentos de las bombillas rotas. Los filamentos de las bombillas rotas son también una fuente de ignición, sobre todo de los gases, vapores o combustibles líquidos en forma pulverizada o de niebla. En condiciones normales, estos filamentos alcanzan temperaturas del orden de los 1.400 °C (2.550 °F). Sin embargo, la mayoría de los filamentos trabajan en vacío o en atmósfera inerte. Cuando se expone el filamento al aire ambiente, normalmente funcionará sólo unos pocos segundos, luego comienza a quemar. Una vez que se abre el filamento, desaparece la fuente de ignición.

22.4.2.4 Fuentes de alimentación externas utilizadas en los vehículos. Aunque la mayoría de las fuentes de alimentación de los vehículos son autónomas, hay situaciones en que se conectan a instalaciones eléctricas externas. Por ejemplo, los enchufes eléctricos utilizados en los vehículos y remolques recreativos o los calentadores eléctricos para los motores e interior de los vehículos. Los cargadores de baterías también proporcionan una alimentación eléctrica exterior. Muchos vehículos utilizados en climas más fríos, especialmente aquellos con motores diesel, tienen un calentador eléctrico para ayudar en el arranque. Este calentador puede ser una pieza permanente del equipo del vehículo, con un cable eléctrico

secundario. Siempre que sea posible habrá que inspeccionar los cables de estos aparatos, pues la causa del incendio puede haber sido una sobrecarga en el cable o un fallo en el aparato. La aplicación no apropiada de electricidad exterior puede dañar los componentes del vehículo, llevando a un fallo, y posiblemente a un incendio. Cuando un vehículo recreativo esté enchufado a un enchufe externo, hay que inspeccionar los cables de ese circuito para ver si pueden haber sido la fuente de ignición.

22.4.3* Superficies calientes. Los colectores y tubos de escape pueden generar temperatura suficiente para quemar el diesel pulverizado y evaporar la gasolina. El aceite de las cajas de cambios automáticas, sobre todo si se calienta por sobrecarga de la transmisión, puede arder al contacto con un colector caliente. El aceite del motor y algunos líquidos de frenos (DOT 3 y 4) si caen sobre un colector caliente pueden también arder. Estos fluidos pueden prenderse después de apagarse el vehículo, debido a la pérdida de flujo de aire a través del compartimento del motor, que dispersa estos vapores y enfría las superficies calientes del motor. Cuando se apaga el motor, cesa el flujo de aire, con lo que puede subir la temperatura de los conductos. Esto puede ser suficiente para prender los vapores de los fluidos. Los componentes internos del convertidor catalítico funcionan normalmente a temperaturas del orden de 1.292°F (700 °C), que pueden ser mucho mayores si llega combustible sin quemar debido a mal funcionamiento de la carburación o la inyección. Las temperaturas externas de estos catalizadores pueden alcanzar los 600 °F (315°C) en condiciones normales y mayores si no hay ventilación o circulación del aire. En muchos vehículos, la superficie de la tubería justo corriente arriba del convertidor catalítico, funcionará con más calor que el convertidor mismo.

Normalmente, la gasolina no se prenderá por una superficie caliente, pero necesita un arco, una chispa, o una llama abierta para su ignición. Aunque es difícil de reproducir una ignición de vapor de gasolina por una superficie caliente, no se deben descartar. Como método práctico, la ignición por una superficie caliente al aire libre no se debería asumir a menos que la temperatura superficial ronde los 200°C (360°F) por encima de la temperatura de ignición mínima aceptada.

22.4.4* Chispas mecánicas. Las chispas que generan los metales (acero, hierro y magnesio) al rozar con el pavimento pueden generar energía suficiente para quemar los vapores, los gases o los líquidos automizados. El contacto entre metales se puede producir en las correas de transmisión, en la caja de cambios, o en los cojinetes, por ejemplo. El contacto entre metal y pavimento suele afectar a un eje de propulsión roto, el sistema de escape de gases, o la llanta de una rueda después de perder el neumático. Todas las chispas que se producen en estas situaciones exigen que el vehículo se esté moviendo. Se ha visto que las chispas generadas a velocidades de sólo 8 km/h (5 mph) alcanzan temperaturas de 1.470°F (800°C) (chispas naranja). A mayor velocidad, llegan a temperaturas de 2.190°F (1.200°C) (chispas blancas). Las chispas generadas por el aluminio con el pavimento no son fuente de ignición. Aunque las chispas pueden tener suficiente energía para prender gases, vapores o líquidos atomizados por el tamaño pequeño de la mayoría de las partículas, su energía se disipa rápidamente, y no suelen ser una fuente de ignición eficaz. Normalmente no prenderán sólidos. Las chispas producidas por las herramientas al chocar con los metales, rara vez producen ignición.

22.4.5 Materiales de fumador. Los modernos tejidos y materiales de tapicería están ignifugados y por lo general es difícil que ardan con una colilla. Se puede producir la ignición si cae un cigarrillo encendido en el hueco de los cojines del asiento, sobre papeles u otros restos o si el material del asiento entra en contacto con una llama. Las espumas de uretano de los asientos arden fácilmente, una vez que se han prendido con una llama, y ayudan grandemente a la intensidad de un incendio en un vehículo.

22.5 Identificación y funciones de los sistemas. Cada sistema dentro del motor del vehículo tiene una función específica, y no todos los vehículos tienen los mismos sistemas; sin embargo, muchos sistemas operan de modo similar. Es esencial familiarizarse con los sistemas para realizar una investigación adecuada del incendio en el motor de un vehículo. Si el investigador no conoce cómo trabaja un sistema, no será capaz de determinar si el sistema se averió o fue alterado, o si tal avería o alteración pudo ser responsable del incendio. Casi todos los motores de vehículos tienen un manual para su reparación. Muchos de estos manuales de reparación explican sistemas únicos de ese vehículo en particular, otras también tienen guía de solución de problemas para diagnosticar problemas potenciales. Estas publicaciones se pueden encontrar en casi todas las tiendas de repuestos para automóviles, y muchas librerías públicas tienen al menos manuales genéricos de reparación.

22.5.1 Sistemas de combustible. Hay dos sistemas básicos de combustible que se utilizan en los vehículos alimentados con gasolina: el sistema carburado a baja presión / vacío, y el sistema de de alta presión por inyección de combustible. Ambos sistemas utilizan un tanque de almacenamiento de combustible, conducciones, y una bomba de combustible para conducir el combustible al motor. Una vez que alcanza el motor, se atomiza, se comprime y se quema.

22.5.1.1 Sistemas carburados a baja presión / vacío. En este sistema, normalmente se introduce el combustible desde el tanque de combustible con una bomba mecánica adosada al motor. Esta bomba funciona sólo si el motor está girando. Luego se bombea el combustible entre aproximadamente 3 y 5 psi (20 a 35 kPa) al recipiente de combustible del carburador. El combustible fluye al tubo venturi, donde se mezcla con aire en una relación aproximada de 15 a 1. La mezcla se conduce en la cámara de combustión a través de la válvula de admisión. El pistón comprime la mezcla, que se prende con una chispa. Los posibles problemas de ese sistema suelen darse por la presión. Si se desarrolla una fuga en el sistema de aspiración, llega aire al sistema, con lo que el vehículo generalmente no andará. Las fugas en el sistema de presión, sin embargo, pueden variar de una fina niebla a una gran corriente. Se pueden producir fugas en una línea de combustible o en el carburador y generalmente se producen en los límites del compartimento del motor. Si hay disponible una fuente de ignición, se puede producir un incendio. Si una línea de combustible se ve comprometida por un incendio de otra fuente, el combustible puede contribuir significativamente al crecimiento del incendio, con lo que el resultado puede ser un sistema de combustible que parece ser la causa del incendio. Nótese que muchos vehículos, originalmente vendidos con bombas mecánicas, pueden haberse reemplazado con otra eléctrica. Si la bomba mecánica no parece estar conectada a la línea de combustible, puede que se esté utilizando una bomba eléctrica.

22.5.1.2* Sistemas de inyección de combustible a alta presión. En este sistema, normalmente se bombea el combustible desde el tanque con una presión de 35 a 70 psi (240 a 480 kPa). Se consigue con una bomba eléctrica en el tanque de combustible o sus proximidades. Esta bomba se energiza siempre que esté la llave de contacto en la posición de arrancado. Los vehículos últimos modelo tienen bombas eléctricas de combustible que se integran en el ordenador del motor. Esta computadora detendrá la bomba si el motor no está en marcha. Muchos vehículos también tienen un

interruptor inercial, que apagará la bomba de combustible en caso de impacto. El combustible se bombea a un inyector de combustible montado en un tubo de venturi simple, o en un conjunto de conducción de combustible. El primero suele localizarse dentro de un dispositivo que se parece a un carburador. El combustible se inyecta (atomiza) de un modo mucho más controlado que en un carburador, incrementando el ahorro de combustible y la potencia. Además, al conseguir una mezcla aire-combustible estable, este inyector produce menos contaminación. El segundo sistema es un tubo localizado en la parte superior del motor para suministrar una presión y caudal constante de combustible a los inyectores montados en la cabeza del cilindro. Estos dos tipos de sistemas de alta presión también cuentan un sistema de combustible de retorno, el cual se lleva el combustible no utilizado hacia el tanque de almacenamiento a casi la misma presión de operación que el combustible de suministro. Los posibles problemas de este sistema incluye las fugas en las empalmes. Cuando tiene lugar una fuga, la presión del sistema puede provocar una pérdida de combustible a lo largo de una línea de varios pies de longitud. Si la fuga se desarrolla en la parte del suministro, el conductor debería notar problemas operativos. Esto puede desembocar en un mal rendimiento del vehículo, incluyendo dificultades de arranque, conducción errática, y ahogamiento del motor. Una situación más seria es una fuga en la parte del retorno, que puede no ser detectada. Este combustible se presutiza casi tanto como la parte de suministro; sin embargo, las dificultades de operación pueden no ser evidentes. Incluso los vehículos que no están en marcha suelen tener una presión residual en el sistema de combustible. Muchos vehículos se están equipando con un equipo de detección de caudal que vigila el uso de combustible y su retorno. Si el sistema detecta un desequilibrio, el sistema se detendrá. Si el incendio en un vehículo aparcado compromete la línea de combustible, normalmente habrá pocas fugas, si la línea entra en la parte superior del tanque. Las líneas que entran por la parte inferior del tanque de combustible pueden sacar por sifón o alimentar por gravedad muchos litros de combustible en el fuego, una vez que has sido afectadas. Incluso si la línea de combustible comprometida está por encima del nivel de combustible en el tanque, el combustible puede liberarse por la presión residual en el tanque, o por la presión resultante de la exposición al incendio.

22.5.1.3 Vehículos con motor diesel. Los vehículos con motor diesel suelen utilizar una combinación de bombas para dirigir el combustible desde el tanque al motor. Muchas veces, se utilizan bombas eléctricas de elevación en el interior o cerca del tanque de combustible, o bombas mecánicas montadas en el motor. Estas bombas de elevación suelen ser dispositivos de alto volumen y baja presión. Suministran combustible a la bomba de inyección de combustible montada en el motor. La bomba de inyección mide e introduce el combustible dentro de cada cilindro en el momento adecuado para la combustión. El aire de combustión se trae por aspiración natural o a presión desde el turbocompresor. Los sistemas de introducción de combustible diesel suelen ser muy fuertes. Las fugas suelen aparecer en las juntas perdidas por la vibración del motor. El combustible diesel, a diferencia de la gasolina, se prenderá fácilmente en contacto con una superficie caliente. No suele darse la "pérdida de control" en los motores diesel, aunque puede ocurrir ocasionalmente. Sucede cuando los vapores de combustible en el aire son capturados en el sistema de entrada a través del suministro de aire en el motor. Esto tiene el mismo efecto que pisar continuamente el pedal del acelerador, y bajo condiciones extremas, el motor literalmente se descompondrá y explotará en una bola de fuego. El único medio seguro de parar un motor en tal situación es cerrar el suministro de aire.

22.5.1.4 Sistemas de combustible a propano y gas natural. Al igual que los combustibles de motor, estos gases se almacenan en estado líquido en contenedores presurizados y suelen fluir a un regulador del motor. Este sistema opera a altas presiones. Muchos motores con estos combustibles todavía utilizan un sistema carburador para mezclar el combustible y el aire de combustión. Las fugas descubiertas tras el incendio al realizar una inspección del sistema de presión, puede que no indiquen una fuga pre-incendio. Esto se debe, en parte, a diferentes coeficientes de expansión entre los materiales de las juntas y de los conductos. Los posibles problemas con este sistema son inherentes a la naturaleza del combustible. Si se desarrolla una fuga, el gas fugado puede recorrer grandes distancias e inflamarse por una fuente lejana. Si esto ocurre, el fuego puede retroceder hasta la fuente, y puede producirse una explosión. No es infrecuente que los tanques de almacenamiento de combustible propano o gas natural se rompan durante un incendio. Se debe a la presión interna, que puede que no se alivie suficientemente rápido, incrementándose durante el incendio. Al igual que los combustibles de aparatos eléctricos, utilizados para cocinar, calentar y refrigerar, y que normalmente se pueden encontrar en los vehículos recreativos, estos gases se almacenan en estado líquido en contenedores presurizados y fluyen inmediatamente hacia un regulador de presión para su distribución por los equipos. El peligro de fugas no es tan grave como en un sistema de motor con combustible, pero puede ser igual de catastrófico. La investigación de los incendios de combustible en equipos exige muchas de las técnicas de la investigación estructurada. Se puede consultar información sobre sistemas de gas natural en NFPA 54, National Fuel Gas Code, Código Nacional sobre Gases Combustibles. Sobre los sistemas de propano véase NFPA 58, *Standard for the Storage and Handling of Liquified Petroleum Gases*, Estándar para Manipulación y Almacenamiento de Gases Licuados del Petróleo.

22.5.1.5 Turbocompresores. El turbocompresor es una turbina que aumenta la potencia del motor aumentando la cantidad de aire que entra en los cilindros. La turbina utilizada para accionar el compresor gira a unas 100.000 rpm y el calor generado puede incendiar los combustibles u otros materiales susceptibles de arder si entran en contacto con el turbo. El turbo puede ir montado en motores de gasolina o diesel. Una fuga de aceite en el turbocompresor puede incrementar su temperatura de operación y convertirlo en el primer elemento combustible prendido en un incendio.

22.5.2 Sistema de control de emisiones. Muchos vehículos a motor vienen equipados con algún sistema de control de emisiones. Este sistema controla las emisiones de escape y recoge los vapores de gasolina. Este sistema normalmente regula la entrada de combustible, los ajustes de medición de tiempos, y la recirculación de gas de escape (RGE). Los principales componentes de este sistema se localizan en el compartimento del motor, y consisten en una válvula de RGE, una caja de carbon activo, unos manguitos de goma especial de vacío, y sensores que se comunican con el ordenador a bordo. La válvula RGE recircula una parte de los gases de escape, de modo que el motor se calentará más rápidamente sin emitir a la atmósfera vapores con alto contenido combustible. La caja de carbón activo recoge el exceso de vapores combustibles. Esos vapores se conducen al motor y se queman cuando se arranca el motor. Un problema posible es la fuga de vapor de esta caja de carbón o conductos de vapores. Estos vapores pueden moverse a lo largo del compartimento del motor, y, si hay presente una fuente de ignición, pueden prender del mismo modo que los gases anteriormente descritos. Sobrellenar el tanque de combustible puede forzar la entrada de líquido en la caja de carbón, causando desbordamiento. Los tanques de combustible adicionales instalados de modo

inadecuado pueden inundar el sistema de recuperación de vapor. La válvula RGE puede atascarse, causando que los gases de escape ricos en combustible se recirculen al motor. Esto puede causar marcha en vacío, obstrucciones, retroceso del fuego, y sobrecalentamiento del convertidor catalítico.

22.5.2.1 Sistema de escape. El sistema de escape hace mucho más que expulsar del motor los gases de escape. También sirve como parte del sistema de control de emisiones. El tubo de escape se atornilla directamente al motor, y recoge los gases de escape de cada cilindro. Este tubo suele colocarse debajo de la cubierta de las válvulas. Una fuga en esta cubierta o empaquetadura puede permitir que el aceite toque el tubo, con lo que se puede dar la ignición (ver 22.4.3.). En la cabecera del tubo (la primera sección del tuvo desde el motor), suele haber un sensor de oxígeno, que detecta el contenido en oxígeno en la corriente de escape y envía una señal al ordenador a bordo para hacer ajustes en el cronometraje y reparto de combustible. Luego sigue el convertidor catalítico, en la dirección del flujo. La parte del tubo de escape entre 3 y 4 pulgadas frente al convertidor, suele ser la parte más caliente del sistema de escape. Se han llegado a medir temperaturas de 343°C (650°F) en funcionamiento normal. Si no se produce combustión adecuada en el motor, o la mezcla está demasiado enriquecida, pueden incrementarse significativamente estas temperaturas. El resto del sistema de escape se resumen en el silenciador y los conductos. Un peligro potencial en un vehículo a motor funcionando es el contacto de las superficies del convertidor catalítico y del escape con elementos combustibles, como el cesped alto o la basura. El mal funcionamiento en el motor puede hacer que el convertidor catalítico funcione lo suficientemente caliente para prender el recubrimiento y el moquetado interior.

22.5.3 Motor Vehicle Electrical Systems. El sistema de corriente continua a 12 voltios y tierra negativa tiene una batería de almacenamiento como su fuente principal de energía. La batería se conecta tanto al polo positivo como al negativo del sistema eléctrico. Si alguno de los polos de la batería están desconectados, no habrá flujo de energía. El motor de arranque del vehículo envía energía desde la batería, y una vez arrancado el vehículo, el alternador toma el control, proporcionando toda la energía necesaria. La cantidad de energía que cualquier conductor es capaz de transportar se puede valorar por el tamaño relativo del mismo conductor: cuando mayor sea el conductor más energía puede llevar. Normalmente, los conductores más grandes se instalan desde la batería al motor de arranque y desde la batería al alternador. Estos conductores no suelen tener una protección contra sobrecorrientes. Suele producirse un arco eléctrico en uno o más de estos conductores después de un incendio.

Además de proporcionar energía eléctrica, la batería también puede ser una fuente de combustible en la forma de gas hidrógeno, el cual se puede liberar en las operaciones de carga o como resultado de un cortocircuito directo en un cable no fundido, como el cable del motor de arranque. También hay pequeñas cantidades de hidrógeno y oxígeno en las baterías selladas (sin mantenimiento), que pueden fugarse por daños mecánicos en un choque. El gas hidrógeno tiene un rango de explosividad muy amplio, y se prende fácilmente por fuentes bajas de energía. Sin embargo, no es frecuente que una superficie caliente cause la ignición del hidrógeno.

22.5.3.1 Sistemas eléctricos de 12 voltios. La distribución energética por todo el vehículo se consigue por la conexión de los 12 voltios positivos a una regleta distribuidora. Esta regleta tiene instalados fusibles o disyuntores, que protegen los circuitos posteriores contra sobrecorrientes. Una diferencia principal entre los vehículos y los edificios es que todo el bastidor, la carrocería y el motor pueden convertirse en la ruta a tierra. Esto quiere decir que durante una inspección, sólo se puede encontrar un conductor conectado a un dispositivo. También significa que si un conductor energizado rozase o friccionase en la superficie del bastidor, de la carrocería o del motor, podría cerrar un circuito. En muchos casos, simplemente provocará que el dispositivo de protección por sobrecorrientes se active y desenergice el circuito. Si entonces alguien reemplaza el fusible con un fusible mayor, puede parecer que se ha resuelto el problema. El fusible mayor puede permitir la sobrecarga de los conductores y los circuitos, lo que podría resultar en un incendio. Sólo unos pocos circuitos tienen un potencial de 12 voltios positivos cuando no está en marcha el motor y la llave de arranque está apagada. Suelen ser el circuito que va desde la batería al motor de arranque, el circuito desde la batería al alternador, y el circuito desde la batería al interruptor de ignición, con una fase posterior hacia ciertos accesorios como el reloj y el encendedor de cigarrillos. Los circuitos proporcionados por accesorios comprados posteriormente, que se conectan directamente a la batería (con o sin protección por sobrecorrientes) también pueden estar energizados aunque el motor no esté en marcha. Un medio de determinar si el vehículo estaba en marcha en el momento del incendio, asumiendo que los fusibles se salvaron del fuego, es examinar los fusibles de control del motor. En general, si ninguno de los fusibles de control del motor se han abierto, el vehículo no estaba en marcha. Los diagramas de cableado normalmente mostrarán el color del aislante del conductor, localización de dispositivos, y función. Muchos componentes eléctricos tienen la posibilidad de averiarse y sobrecalentarse. También pueden tener una fuente añadida de combustible en su construcción. Muchos conductores en vehículos a motor se componen de cableado trenzado, que se vuelve muy frágil por sobrecalentamiento. Por lo tanto, se debería documentar cuidadosamente el cableado antes de que se produzca cualquier movimiento sustancial en el mismo.

22.5.3.2 Otros sistemas eléctricos. Los sistemas eléctricos en los coches más antiguos pueden ser de tan solo 6 voltios. Muchos de estos vehículos también tienen sistemas de conexión positiva a tierra. Es raro que el investigador del incendio se encuentre con uno de estos sistemas. Los vehículos grandes tienen sistemas de 24 voltios, como los grandes camiones, autobuses, y equipamiento pesado. En los vehículos de recreo suele haber sistemas eléctricos alternativos. Estos sistemas tienen una combinación de 12 voltios en corriente continua y 120 en corriente alterna. Muchos vehículos de recreo tienen convertidores que cambian los 120 voltios de alterna en 12 de continua. También pueden tener invertidores de potencia, de 12 voltios en continua a 120 en alterna; igualmente pueden venir equipados con generadores a bordo que producen 120 voltios de corriente alterna. Estos generadores deberían inspeccionarse como causa potencial de incendios, ya que tienen muchas propiedades iguales al vehículo mismo, esto es, suministro de combustible, sistema de ignición, sistema de escape, y otras.

22.5.4 Sistemas mecánicos de energía. Los vehículos a motor suelen moverse por un motor de combustión interna que se puede activar por varios combustibles. Un motor de combustión interna es una compleja máquina con muchos componentes trabajan de modo sincronizado. Para mantener un funcionamiento adecuado, todas estas partes deben estar firmemente sujetas, y muchas necesitan lubricación o refrigeración. El fallo mecánico el motor puede hacer que los componentes, las partes o las piezas salgan expedidas fuera del motor a altas velocidades. Se ha sabido de pistones y bielas que se han roto por un lado del bloque motor y han dañado otros componentes exteriores del motor. El aceite y los vapores

del cárter del cigüeñal pueden fugar a través del agujero creado por tal avería, y prenderse en una superficie caliente. La avería mecánica también puede llevar al fallo de las líneas de combustible. Ciertamente, un fragmento de un pistón atravesando una línea de combustible puede producir un incendio. Muchos motores no funcionarán después de una avería mecánica total, o sólo funcionarán con un rendimiento seriamente disminuido.

22.5.4.1 Sistemas de lubricación. Muchos motores utilizan aceites derivados del petróleo para su lubricación. El aceite se recoge en el cárter del motor y se distribuye por una bomba mecánica. El aceite regresa al cárter por gravedad. La mayor parte de las bombas de aceite trabajan a presiones entre 240 y 415 kPa (35 y 60 psi). El aceite puede fugar en muchas juntas o superficies de ensamblaje del motor. Las fugas alrededor de la junta del cárter del motor, por ejemplo, pueden permitir que el aceite se queme en el escape caliente, o el aceite fugando de la junta de la tapa de válvulas puede escurrirse hasta un conducto caliente. Las fugas de aceite pueden provocar incendios después de que se haya apagado el vehículo (ver 22.4.3.). La falta de aceite en el motor puede causar la avería de componentes internos. Estas averías pueden llevar a averías mecánicas catastróficas, que pueden, a su vez, causar un incendio.

22.5.4.2 Sistemas de líquidos de refrigeración. La refrigeración del motor se consigue con aire o algún líquido. Los vehículos a motor refrigerados por líquido utilizan un sistema cerrado que consiste en pasadizos a través del bloque motor, una bomba de agua, una manguera, un termostato, y un radiador. A la vez que el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento, también se calienta el refrigerante del motor. Este refrigerante se recircula por el sistema con una bomba de agua. Cuando el refrigerante alcanza una temperatura preestablecida [normalmente en el rango entre 80 y 90°C (180 y 195°F)], el termostato se abre, permitiendo que el refrigerante vaya al radiador. El radiador es un intercambiador de calor, compuesto de una serie de pequeños tubos, conectados entre dos tanques. Se utiliza un ventilador para suministrar flujo de aire a bajas velocidades o cuando el vehículo está parado. El flujo de aire alrededor de los tubos reduce la temperatura del refrigerante antes de enviarse de vuelta al motor. Un sistema normal de refrigeración funcionará a aproximadamente 110 kPa (16 psi). La mayoría de los sistemas de refrigeración se diseñan para utilizar una mezcla al 50% de etilén glicol (anticongelante) y agua. En los climas más fríos, muchas veces se utilizan mayores porcentajes de anticongelante.

22.5.4.3 Sistemas refrigerados por aire. Los motores refrigerados por aire utilizan un ventilador y un sistema de conducciones para mover el aire alrededor del motor. Estos ventiladores suelen moverse con correas, y si se rompe puede darse sobrecalentamiento del motor. También puede desembocar en una avería total del motor.

22.5.5 Distribución de energía mecánica. La energía mecánica producida por el motor se tiene que dirigir a las ruedas propulsoras, lo que se consigue por medio de la transmisión. La transmisión puede consistir en engranajes mecánicos o hidráulicos. Las partes móviles dentro de la transmisión necesitan lubricación.

22.5.5.1 Transmisiones mecánicas. Las transmisiones por engranajes mecánicos reciben la fuerza del motor a través del sistema de embrague. Se localiza entre el motor y la transmisión, y consiste en una placa a presión atornillada al volante del motor, y un disco de embrague en el eje frontal de transmisión. La selección de marchas se realiza mecánicamente por medio de un sistema de engranajes y palanca. Las marchas se lubrican en un baño de aceite. El peso del aceite utilizado puede ser 120 ó 130 veces el del aceite del motor, o tan ligero como el líquido de la transmisión automática. Las averías pueden ser tan graves como las que se producen en el motor. Se pueden producir fugas del lubricante de transmisión en la zona del sistema de escape. El líquido de transmision normalmente sólo se puede añadir por la parte inferior del vehículo, directamente por las aperturas en la parte de la transmisión. Es raro que se produzca un sobrellenado en una transmisión engranada manualmente.

22.5.5.2 Transmisión hidráulica. Estos dispositivos, normalmente denominados transmisiones automáticas, reciben la potencia del motor a través de un convertidor de par. Este par permite que el motor marche en vacío sin que se mueva el vehículo. Se consigue por álabes en el par que permite que circule una pequeña cantidad de líquido de transmisión alrededor de los álabes. Según aumenta la velocidad del motor, el líquido no podrá continuar fluyendo alrededor de los álabes, y la fuerza se transfiere a la transmisión. La selección de marchas se realiza por la transmisión, dependiendo de factores tales como la velocidad del motor y la demanda de carga. El fluido utilizado en las transmisiones automáticadas necesitan refrigeración, lo que normalmente se consigue dirigiendo el líquido a través de un refrigerador en el radiador del motor. Se puede añadir el líquido abriendo el compartimento del motor, retirando el indicador de nivel del líquido de transmisión (varilla de medición de profundidad), y vertiendo el líquido por el tubo. Es fácil que se produzca sobrellenado de la transmisión. La mayoría de los indicadores de nivel de transmisión especifican que la transmisión debe estar marchando en vacío a temperaturas normales de funcionamiento antes de que se chequee el nivel del líquido. Las fugas de la junta del cárter se pueden dar en la zona del sistema de escape. El sobrellenado puede causar que el líquido sea expulsado por el tubo de la varilla de medición, que suele estar sobre el conducto de gases de escape. La expulsión del líquido también puede darse por el funcionamiento de la transmisión bajo grandes cargas. Esto también puede suceder si se añade a la transmisión un tipo de fluido equivocado.

22.5.6 Accesorios al sistema de energía mecánica. Los compresores del aire acondicionado, las bombas de la dirección asistida, las bombas de aire, y las bombas de vacío, son dispositivos mecánicos que pueden ir conectados al motor. Todos estos dispositivos tienen su propio potencial de sufrir averías. Si se sospecha una avería en uno de estos dispositivos, se debería consultar un manual de referencia apropiado.

22.5.7 Sistema hidráulico de frenado. El sistema hidráulico de frenado se activa por el pedal del freno conectado a un cilindro principal. Este cilindro se conecta con un entubado a los cilindros de freno de la rueda o a cilindros secundarios. Al pisar el pedal del freno, se produce mayor presión en el sistema de frenado, que se transmite a los cilindros secundarios. Esto pone en contacto los revestimientos del freno (zapatas y pastillas) con el tambor o rotores del freno, creando fricción, lo que detiene el vehiculo. Los sistemas de frenado trabajan a altas presiones e incluso una pequeña fuga puede producir un pulverizado que puede prenderse si se pone en contacto con una fuente de ignición.

22.5.8 Sistemas de limpia parabrisas. El líquido de limpieza suele tener un alto contenido en alcohol. El disolvente que se utiliza en el sistema del lavaparabrisas, si cae sobre una superficie caliente puede formar un vapor y arder. Por eso hay que analizar el estado del depósito o depósitos del líquido del lavaparabrisas, ano-

tando si está aplastado o roto. Ese depósito suele ser de plástico y se consume durante un incendio. Si fuera éste el caso, hay que anotar si ha habido partes de la carrocería que han penetrado en ese espacio y pueden haber roto el depósito. Muchos sistemas utilizan boquillas calentadas para evitar que el líquido de limpieza se congele; una avería en el calentador puede causar un incendio. No obstante, si el líquido lavaparabrisas está muy diluido, no arde.

22.6 Carrocería. Muchos paneles de la carrocería de los vehículos modernos son de plástico, polímeros o fibra de vidrio y arden durante un incendio. Estos materiales, por sí solos, no tienen un peligro de fuego significativo; sin embargo, después de comenzar el incendio, pueden añadir una significativa carga combustible. A veces arde toda la cabina de un tractor o los paneles de las puertas y del techo. Los paneles interiores de las aletas delanteras de muchos coches son de plástico y, si arden, hacen que el motor se ventile más. En los paneles de algunos vehículos se utilizan también el aluminio, el magnesio y sus aleaciones. Estos paneles arden, a menudo muy intensamente. La división entre el compartimento del motor y el de pasajeros es el salpicadero, aunque a veces se llama también cortafuegos o mampara. En los vehículos modernos, el salpicadero tiene numerosos agujeros por los que pasan los conductos de los sistemas de calefacción y aire acondicionado. Esos conductos o manguitos suelen ser de plástico reforzado y, si arden, se convierten en una entrada de fuego del motor al compartimento de pasajeros. El fuego se puede propagar también por conducción a través de los mamparos metálicos a los combustibles del panel de instrumentos.

22.6.1 Acabados y guarnecidos y accesorios. Los acabados y guarnecidos interiores (asientos y paneles) de la mayoría de los vehículos modernos, suponen una importante carga de fuego. Si se ha quemado el vehículo, hay que tratar de establecer cuál era esa carga y cómo estaba distribuida. Hay que anotar la presencia (o ausencia) de asientos y accesorios como radios, reproductores de CD, o teléfonos.

22.6.2 Zonas de carga. Un incendio en un vehículo a motor puede afectar al maletero de un automóvil, a las zonas de almacenaje de una casa móvil o a la caja de un camión. Es importante saber si el fuego se originó o se propagó a esas zonas. El investigador debe hacer un inventario de los materiales presentes en las mismas. Puede que sea suficiente la inspección de los restos o entrevistar a los propietarios u ocupantes para obtener la información necesaria.

22.7 Informes de los incendios de vehículos a motor. Para los informes de los incendios de vehículos se utilizan las mismas técnicas que para los de edificios. Siempre que sea posible se debe examinar el coche en el lugar de los hechos. Sin embargo, puede que el investigador no tenga oportunidad de hacerlo. Por muchas razones, el vehículo se debe retirar antes de que llegue el investigador. Con frecuencia, parte del informe lo tendrá que hacer en el lugar de retirada de los vehículos, en un taller de reparaciones o en un almacén. La investigación del incendio del vehículo deberían incluir los procedimientos especificados desde 22.7.1. a 22.7.5.

22.7.1 Identificación del vehículo. Identificar el vehículo que debe inspeccionar y anotar la información describiendo su marca, modelo, año de lanzamiento y cualquier otra característica que lo identifique. Se debe identificar el vehículo con precisión anotando el número de chasis. Ese número ofrece información de datos como el fabricante, país de origen, tipo de carrocería, tipo de motor, año de lanzamiento, planta de montaje y número de serie. La placa con el número del chasis suele ir remachada al salpicadero, por delante del puesto del conductor. Se puede fijar con remaches. Si esa placa ha sobrevivido al fuego, se debe anotar el número con toda precisión. También se suele encontrar información sobre la fabricación en una etiqueta combustible en el pilar de la puerta del conductor. Muchos fabricantes también estampan al menos una parte del número de chasis en el lado del motor de la mampara. Esta mampara también se denomina salpicadero o cortafuegos. Es la partición que separa el compartimento del motor y el de pasajeros. Un cepillo de cerdas metálicas limpiará este número para que sea legible.

Si es ilegible o muestra síntomas de haber sido alterada, el investigador deberá pedir ayuda a uno de los puestos siguientes:

(1) La sección de vehículos robados de la policía.
(2) Un funcionario de la National Insurance Crime Bureau (en Estados Unidos).
(3) Un funcionario del Canadian Automobile Theft Bureau (en Canadá).

Estas personas tienen la experiencia necesaria para identificar el vehículo por medio de números confidenciales situados en otros lugares del mismo. Se debe comprobar el número de chasis en centros policiales como el National Crime Information Center (NCIC) de Estados Unidos o el Canadian Pólice Information Centre (CPIC) de Canadá, para averiguar si hay algún antecedente pendiente.

22.7.2 Historial del vehículo incendiado. Para mayor facilidad, vamos a dividir el examen del vehículo por componentes o zonas que tengan la misma función. Se sugiere que se intente establecer una hipótesis de los hechos para ver cómo se ha producido y se ha propagado el fuego. Para ello se puede entrevistar por separado al conductor del vehículo, pasajeros, espectadores, bomberos y policía. Esta información se debe utilizar como ayuda para el examen del vehículo. También hay que conseguir información sobre el funcionamiento del vehículo inmediatamente antes del incendio, preguntando al conductor o al propietario, para saber:

(1) Cuándo se condujo el vehículo por última vez y a qué distancia.
(2) Su kilometraje total.
(3) Si el vehículo funcionaba normalmente (si daba tirones el motor, si no funcionaba algún sistema eléctrico).
(4) Cuándo se hizo la última revisión, cambio de aceite o reparación.
(5) Cuándo se llenó por última vez el depósito y la cantidad de combustible.
(6) Cuándo y dónde estuvo aparcado el vehículo.
(7) Si alguien vio el vehículo antes del incendio.
(8) Qué equipo llevaba el vehículo: radio, CD, cásete, teléfono móvil, elevalunas eléctricos, asientos con calefacción, llantas especiales, etc.
(9) Qué efectos personales se encontraron en el vehículo (ropas, herramientas, etc.).

Si el vehículo circulaba cuando se produjo el incendio, habrá que obtener también los siguientes datos:

(1) Qué tiempo se había conducido el vehículo
(2) Qué ruta se utilizó
(3) Si iba cargado, tirando de un remolque, si circulaba a gran velocidad, etc.
(4) Si el vehículo funcionaba normalmente.
(5) Cuándo se llenó por última vez el depósito y la cantidad de combustible.

(6) Cuándo y cómo se observó el primer olor anormal, humo o llama.
(7) Cómo reaccionó el vehículo (tirones del motor, descontrol de la dirección o síntomas de avería eléctrica).
(8) Qué hizo el conductor.
(9) Qué observó.
(10) Si se intentó apagar el fuego y cómo.
(11) Cuánto tiempo ardió el vehículo antes de que llegaran las asistencias.
(12) Cuánto duró el incendio antes de extinguirlo.

22.7.3 Vehículos en particular. Una vez que se ha identificado totalmente el vehículo como objeto de la investigación, se deberían revisar las funciones mecánicas de ese vehículo en particular, su composición, y su susceptibilidad al fuego. Para asegurarse de que no se ha pasado por alto ningún detalle, el investigador puede examinar un vehículo de año, fabricación, modelo y equipamiento similar, o los manuales apropiados de servicio. La utilización de una lista de verificación como la que se muestra en la figura 22.7.3. puede ayudar al investigador en la inspección completa del vehículo. Esta lista de verificación no pretende incluirlo todo; puede que no sea aplicable a una investigación dada y además tal vez no cubra todos los aspectos que puede identificar un investigador en el lugar de los hechos.

La información relacionada con los incendios y sus causa en los vehículos del mismo modelo, fabricación y año, se pueden obtener del National Highway Traffic Safety Administration, del Insurance Institute for Highway Safety, o del Center for Auto Safety (los tres en los Estados Unidos). Se localiza en Washington, DC. El número del DOT Auto Safety Hotline es 1-800-424-9393 ó 1-202-366-0123. El número del Center for Auto Safety es 1-202-328-7700. En Canadá, pueden contactar con el Department of Transport, Ottawa, en el 1-613-998-1992.

22.7.4 Informe del lugar de los hechos. El investigador debe hacer un plano del lugar del incendio, marcando puntos de referencia y distancias con relación al vehículo. El plano debe tener detalle suficiente para señalar la situación del vehículo antes de su retirada. Hay que fotografiar todo el lugar con los edificios de alrededor, las instalaciones de la carretera, la vegetación, otros vehículos y las marcas dejadas por los neumáticos u otras huellas. Se deben fotografiar y documentar todos los daños producidos en las referidas estructuras o los síntomas de salida de combustible que puedan ayudar a analizar la propagación del incendio. También hay que documentar la posición y estado de las piezas o residuos que se puedan haber desprendido del vehículo.

Se debe fotografiar el vehículo por todos sus lados, también desde el techo y los bajos. La parte baja normalmente se puede documentar cuando se está elevando el vehículo para su transporte. Hay que fotografiar tanto las partes afectadas como las que no lo estén, en el interior y en el exterior. Las fotografías completas del interior deberían incluir vistas transversales de un lado a otro. Las fotografías del suelo son especialmente importantes antes de que se retiren los restos. Mostrarán la posición de los elementos en el suelo tales como contenidos del vehículo, encendedores, y llaves.

Hay que fotografiar cualquier prueba que demuestre el recorrido de propagación del fuego, en el interior y en el exterior de cualquier compartimento (motor, pasajeros, espacio de carga, maletero, etc.). Como en los incendios de edificios, si el vehículo se ha quemado completamente puede ser difícil determinar cómo se ha propagado el fuego.

Hay que fotografiar los espacios de carga anotando el tipo y cantidad de la misma y en qué medida puede haber participado en el incendio. Si es posible, se debe fotografiar el momento de retirada del vehículo o vehículos y cualquier daño que se pueda producir en este proceso. También hay que fotografiar el lugar después de la retirada del vehículo o vehículos afectados, sobre todo las marcas dejadas en la carretera o en el suelo y la posición de los cristales y otros restos. Hay que completar las fotografías con dibujos y notas.

22.7.5 Informe del vehículo una vez retirado. Si se ha retirado el vehículo del lugar del siniestro, hay que visitar el lugar y revisar las fotografías que se pudieran haber tomado. Antes de realizar la inspección del vehículo, se debería recoger cuanta información básica sea posible. Esta información debería incluir la fecha y hora del accidente; lugar del accidente; declaraciones del conductor, de los pasajeros y de los testigos; informes de los bomberos y policías; localización actual del vehículo; y método de transporte (transportado, remolcado, conducido, etc).

El proceso básico de documentar el estado del vehículo es el mismo, esté donde esté. Cuando la inspección se hace más tarde y lejos de donde se produjo el siniestro, puede haber piezas que se hayan perdido o estropeado. Además el vehículo puede haberse visto afectado por los elementos y las marcas del fuego, sobre todo las dejadas en las superficies metálicas, pueden haberse oscurecido. Si se supone que el vehículo va a estar a la intemperie, hay que hacer lo posible para que lo cubran con una lona o algo similar. A menudo, el óxido que se desarrolla en la carrocería unos pocos días después del incendio, puede hacer más visibles las marcas de fuego, pero la oxidación subsiguiente puede oscurecerlas.

Incluso aunque se examine el vehículo en el lugar del siniestro, hacerlo una vez retirado tiene sus ventajas. Por ejemplo, es más fácil quitar o desplazar paneles de la carrocería que impidan la visión de partes críticas. Si fuera necesario utilizar herramientas para desmontarlos, puede que haya cerca algún enchufe. Con frecuencia se pueden conseguir ayudas como una carretilla elevadora, para inspeccionar el vehículo con más detalle.

Hay que fotografiar bien todo el vehículo cuando se inspeccione lejos del lugar del siniestro.

22.8 Examen de los vehículos a motor. El examen de un vehículo a motor después de haberse quemado es una tarea compleja y variada. Al igual que en los incendios en edificios, el primer paso es determinar una zona de origen. La carrocería de la mayoría de los vehículos a motor delimita tres partes principales: compartimento del motor, de pasajeros o interior, y de carga. El tamaño, construcción y carga combustible de estos compartimentos puede variar considerablemente.

El examen del exterior puede revelar marcas de incendio significativas. La localización del incendio, y la forma de reaccionar el parabrisas ante él, puede facilitar la determinación del compartimento de origen. En las figuras 22.8(a) y 22.8(b) se muestran diagramas que ilustran el desarrollo de marcas de fuego en función del compartimento de origen. Un incendio en el compartimento de pasajeros normalmente causará un fallo en la parte superior del parabrisas, y dejará marcas de incendio radiales (marca de incendio que parecen emitirse desde una zona) en el capó, como se muestra en las figuras 22.8(c) y 22.8(d).

Los incendios del motor, por otro lado, normalmente invaden el interior del compartimento de los pasajeros, y causará un fallo en la parte inferior del parabrisas. En las puertas se pueden ver marcas radiales por un incendio del motor. En las figuras 22.8(e) y 22.8(f) se muestran ejemplos de las marcas producidas por los incendios en motores.

Una vez se ha determinado un compartimento de origen, se puede hacer una inspección detallada. Del mismo modo que con el incendio en edificios, la inspección del motor del vehículo debería realizarse desde la zona menos dañada a la de mayor daño.

FIGURA 22.7.3 Anotaciones en el lugar del incendio del vehículo.

NOTAS DE CAMPO DE INSPECCIÓN DE VEHÍCULOS

Trabajo # _____ Reclamación # _____ Fecha de la pérdida _____
Asegurado _____ Fecha de la asignación _____
Dirección (Ciudad, estado) _____ Fecha de la recepción _____
Localización de la pérdida _____ Fecha de la inspección _____
_____ Localización de la inspección _____
Robado? □Si □No Recuperado por _____ en _____ en _____
Informe de la policia _____ Informe del incendio _____
de llaves _____ Sistema de alarma? □Si □No Tipo de alarma _____
Llaves escondidas? □Si □No Localizacion _____

VEHÍCULO

Fabricación _____ Modelo _____ Año _____
VIN _____ Cuenta kilómetros _____

EXTERIOR

Ruedas	Tipo de llanta	Tipo de rueda	Profundidad recauchutado	Anclajes	Desaparecida
Izda Del.					
Izda Tras.					
Dcha Del.					
Dcha Tras.					
Repuesto					

Puertas	Cristal S/N	Ventanilla Arriba/Abajo	Des-Bloqueada	Abierta - Cerrada	Daños previos
Izda Del.					
Izda Tras.					
Dcha Del.					
Dcha Tras.					

Paneles de la carrocería	Construcción	Condición	Daños previos
Parachoques delantero			
Enrejillado			
Guardabarros Izda Del.			
Defensa Izda Tras.			
Parachoques trasero			
Defensa Dcha Tras.			
Guardabarros Dcha Del.			
Capó			
Techo			
Maletero			

Debajo del capó	Intacto	Desaparecido	Partes desaparecidas	Estado
Motor				
Bateria				
Correas y manguitos				
Cableados				
Accesorios				

Líquidos	Nivel	Estado	Muestra tomada
Aceite			
Transmisión			
Radiador			
Servo dirección			
Frenos			
Embrague			

(Notas de campo de inspección de vehículos 1 de 2)

FIGURA 22.7.3 Continuación

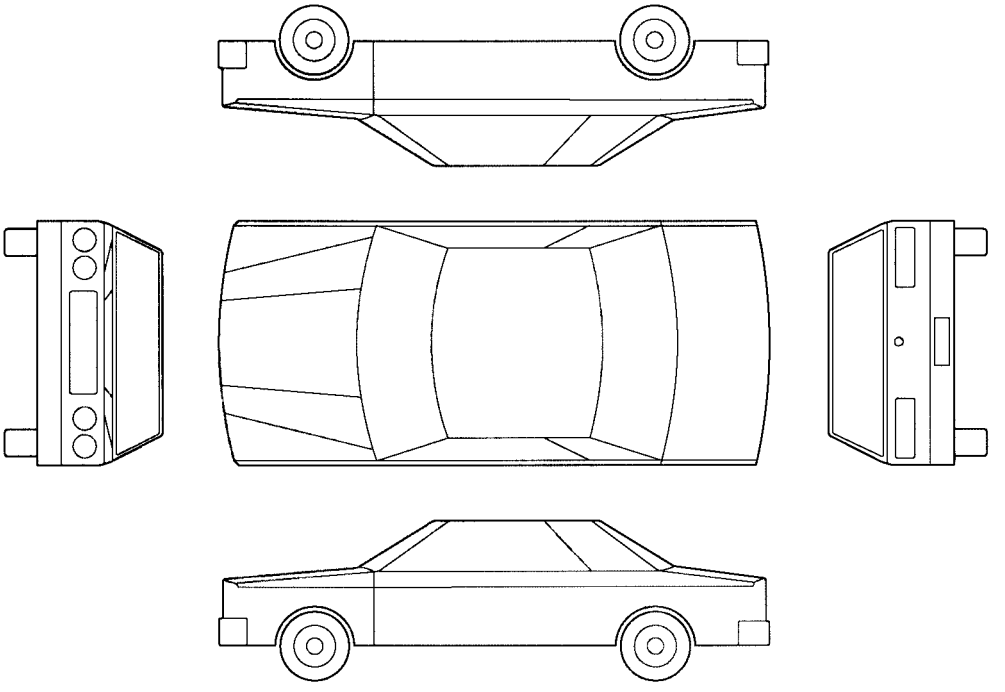
Trabajo # _____

INTERIOR	Intacto	Perdido	Partes perdidas	Estado
Luces instrumentos				
Guantera				
Columna dirección				
Arranque				
Asiento delantero				
Asiento trasero				
Bandeja trasera				
			Fabricante / Modelo	
Sistema música				
Altavoces				
Acesorios				
SUELO			Muestra tomada	
Izda Delantero				
Izda Trasero				
Dcha Delantero				
Dcha Trasero				

EFECTOS PERSONALES EN EL INTERIOR

PORTAEQUIPAJES O MALETERO

ELEMENTOS NO DE FÁBRICA NO DESCRITOS PREVIAMENTE



ATS 851B, 8/97

(Notas de campo de inspección de vehículos 2 de 2)

FIGURA 22.8(a) Desarrollo de marca de fuego desde un origen interior.

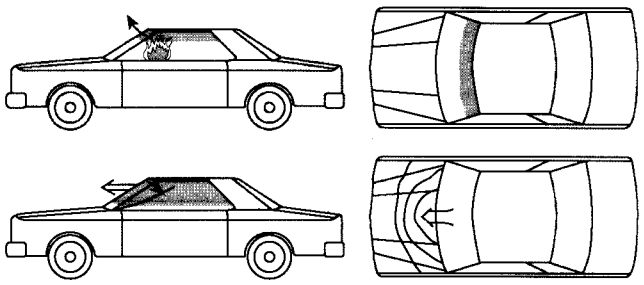


FIGURA 22.8(b) Desarrollo de marca de fuego desde el interior del compartimento del motor.

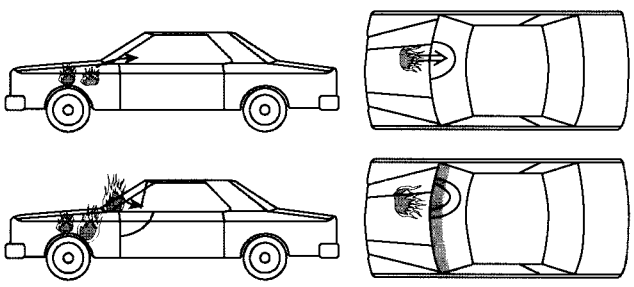


FIGURA 22.8(c) Desarrollo de marca de fuego producido por un incendio en el compartimento de los pasajeros.

FIGURA 22.8(d) Marca radial de incendio producida por un incendio en el compartimento de los pasajeros.

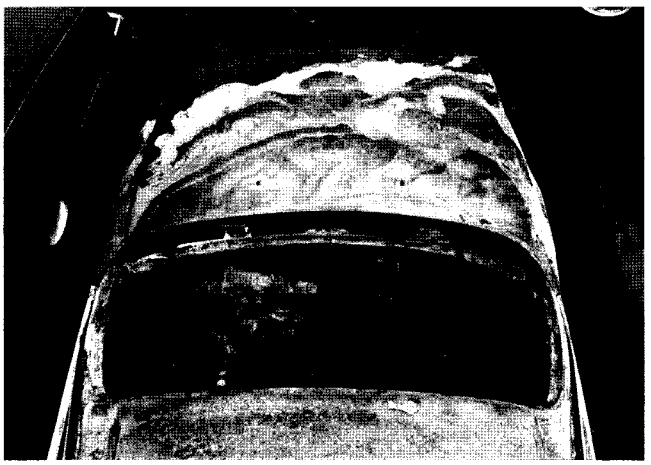


FIGURA 22.8(e) Fallo incipiente del parabrisas causado por un incendio en el compartimento del motor.

FIGURA 22.8(f) Marcas radiales en la puerta (en el lado del conductor) producidas por un incendio en el compartimento del motor.

22.8.1 Examen de los sistemas del vehículo. Después de establecer el compartimento del origen, se pueden examinar los sistemas individuales de esa zona. Utilizando los sistemas identificados y funciones descritos en la sección 22.5 hasta 22.5.8., el investigador debería inspeccionar un sistema y determinar su situación y su posible involucración en el incendio.

Inspeccionar el tanque de gas por golpes o penetraciones. Anotar la situación del conducto de llenado de combustible. Las conducciones de llenado suelen ser sistemas de dos piezas con una conexión de goma o de polímero flexible. Esta conexión puede liberar combustible por avería mecánica durante un accidente, o prenderse por un incendio al que esté expuesta. Algunos sistemas de llenado están insertados en el tanque con una boquilla o junta de goma o polímero. Los accidentes por impacto pueden hacer que el cuello de llenado se desconecte del tanque, y libere el combustible.

Se debería anotar y registrar la presencia o ausencia del tapón del tanque de combustible, o daños mecánicos al final del sistema de llenado. Muchas tapas del tanque de combustible tienen componentes plástico o metales de temperatura baja de fundición que se pueden destruir durante el incendio, con lo que las partes metálicas quedan desalojadas, perdidas, o se encuentran en el tanque de combustible. Los tanques de combustible expuestos al calor o a las llamas generalmente muestran una línea de demarcación que representa el nivel de combustible en el momento en que se extinguió el incendio.

Deberían inspeccionarse las líneas de suministro de combustible y de retorno de vapor, buscando roturas e indicaciones de daños por fuego. Estas líneas suelen tener manguitos de conexión de goma o de polímeros flexibles en uno o más puntos a lo largo de su extensión que pueden ser puntos de salida de combustible.

Se deberán examinar y registrar la situación de las líneas que pasan cerca del convertidor catalítico y en cualquier ubicación donde las líneas no metálicas, de suministro de combustible o de retorno de vapor, pasan cerca de los conductos de escape u otras fuentes de calor, o en lugares sujetos a abrasión.

22.8.2 Interruptores, empuñaduras, palancas. Durante la inspección del interior del vehículo hay que anotar la posición de los interruptores para ver si estaban encendidos o apagados. Hay que intentar saber el estado de las ventanillas y si estaban subidas o bajadas antes del incendio. Hay que anotar la posición de la palanca de cambios y examinar, si es posible, la llave de contacto para ver si presenta síntomas de manipulación o de alteración del bloqueo. La mayoría de estos elementos están hechos de materiales que se consumen fácilmente durante un incendio, aunque pueden dejar residuos suficientes que faciliten la investigación.

22.9 Combustión total. Los vehículos que se han quemado totalmente presentan problemas especiales para determinar el origen y la causa del incendio. Si un vehículo arde totalmente, puede que no haya testigos a los que entrevistar, y posiblemente no acudan los bomberos. El vehículo debería identificarse y documentarse completamente. Se debería intentar la determinación de la situación del vehículo en el momento del incendio. Si se han perdido componentes, se debería intentar determinar si se retiraron o perdieron antes o después del incendio. La situación del motor y la transmisión antes del incendio normalmente se puede determinar analizando sus líquidos. Se pueden verificar los restos del incendio en el piso del automóvil en busca de residuos de líquidos inflamables.

22.10 Vehículos robados. Los vehículos que son robados o supuestamente robados, son un caso especial. Es muy baja la probabilidad de que un vehículo experimente un fuego accidental después de ser robado, pero a pesar de ello se debería realizar una investigación completa. Los vehículos se roban por muchas razones. Un motivo normal suele ser el robo para desmantelar el vehículo y vender las distintas partes. Si un ladrón roba un vehículo con esta finalidad, nunca será recuperado. Si se recupera, debería ser evidente que se han sustraido algunas partes, entre las cuales se incluyen algunas valiosas como las ruedas, paneles principales de la carrocería, motores y transmisiones, air-bags, sistemas de música, y asientos. Otro motivo normal es cometer otro delito. Muchas veces el ladrón quemará el vehículo para ocultar cualquier prueba como las huellas dactilares. Este ladrón no quitará elemento alguno del vehículo, y puede utilizar materiales disponibles para hacer el fuego. Muchas veces los vehículos se queman deliberadamente, pero informan que han sido robados. Estos vehículos muestran pruebas del fraude por sustitución de partes interiores, como ruedas y sistemas de sonido.

Se puede desarrollar el análisis del aceite del motor para determinar la situación del motor antes del incendio y la causa posible de la destrucción del vehículo. Se pueden analizar muestras de restos recogidos del suelo, en busca de líquidos inflamables. Este análisis mostrará el método de destrucción.

Asumiendo una combustión total o casi total, la retirada de los restos puede revelar la presencia de bombín de arranque. Esta es la parte del interruptor de arranque que aloja la llave. La retirada cuidadosa de los restos y su documentación puede mostrar la llave todavía en el bombín. En muchos casos, la disposición del bombín en los restos indicará si el mismo estaba o no dentro del cilindro en el momento del incendio. Esta información, así como la evaluación microscópica de las superficies entre las ranuras del bombín, pueden mostrar si la ignición se forzó antes del incendio. Si no se encuentra el bombín, puede indicar que se retiró antes del incendio. El investigador puede encontrar el bombín prácticamente intacto en otra parte del vehículo. En este caso, probablemente presentará pruebas de retirada forzada.

22.11 Vehículos en edificios. Los vehículos a motor suelen aparcarse en edificios y pueden quedar dañados por un incendio que se produzca dentro del edificio. Este daño puede incluir efectos térmicos del incendio y golpes del vehículo por colapso del edificio. Si el vehículo se localiza en la zona de origen, se debería examinar como causa posible del incendio, como se esboza desde la sección 22.5 a la 22.10. Realizar un completo examen de este vehículo puede incluir la retirada de los restos, retirada del capó y el techo, retirada de muestras en el interior, y elevación del vehículo para examinar su parte baja.

Los incendios que comienzan fuera del vehículo se pueden propagar a su interior y provocar un daño significativo. El fuego externo también puede causar la pérdida de integridad del combustible u otros componentes de sistemas, incluyendo líneas y tanques de combustible, y provocar la liberación de líquidos inflamables.

Los vehículos que están en edificios pueden estar ahí para su reparación o reconstrucción. Es importante documentar el estado de tales operaciones en el momento del incendio.

22.12 Vehículos de recreo. Los incendios en los vehículos de recreo y casas móviles son semejantes en muchas cosas a los incendios en las viviendas. Puede haber paneles de pared o de suelo de contrachapado y muchos combustibles como colchones o tumbonas de espuma de poliuretano. Durante el examen de estos siniestros hay que anotar los aparatos domésticos. Los catálogos y folletos de estos vehículos pueden ayudar a establecer qué aparatos y muebles llevaban instalados antes del incendio.

De igual modo que con el resto de inspecciones, se debería obtener información básica adecuada de problemas anteriores, retiradas, reparaciones, y averías. En muchos casos, los aparatos

diseñados para usos residenciales, como un refrigerador o un horno, se colocarán en un vehículo de recreo como sustitución del equipo original. A menudo, estos elementos necesitan espacios y suministros de energía diferentes para funcionar adecuadamente. En estos vehículos, muchas veces las tolerancias y los espacios diseñados en el coche son críticas, dependiendo del sistema. Al retirar cualquier de estos elementos, el investigador puede destruir piezas clave de información relevante de una posible causa *(ver sección 14.3.)*

22.13 Equipo pesado. El equipo pesado incluye el utilizado en movimiento de tierras, minería, deforestación, llenado de tierras y agricultura. Estos vehículos tienen una significativa función de manipulación de materiales además de las funciones motrices. Este equipo está diseñado normalmente para utilizar motores diesel, y suelen tener transmisión hidráulica. Está sujeto a las mismas averías de los vehículos normales, pero también es susceptible de fallos por sobrecarga de la transmisión, avería de los sistemas hidráulicos relacionados con la manipulación de materiales, averías en los cojinetes, e ignición del material manipulado. La investigación de incendios en equipos pesados exige conocimiento de los sistemas afectados, incluyendo los sistemas específicos peculiares a este tipo de vehículos. Muchos equipos pesados vienen equipados con sistemas fijos de extinción. Los sistemas de extinción para los equipos de minería en superficie se analizan en NFPA 121, Estándar sobre Protección contra Incendios en Equipos de Minería de Superficie Móviles y Autopropulsados, *Standard on Fire Protection for Self-Propelled and Mobile Surface Mining Equipment.*

Capítulo 23 Investigación de incendios en la naturaleza

23.1 Introducción. La investigación de incendios en la naturaleza implica técnicas, prácticas, equipos y terminología especializada. Aunque los principios básicos de la ciencia y dinámica del fuego son las mismos, en un escenario natural el desarrollo y propagación del incendio está influida por factores diferentes y muchas veces adicionales.

El objeto de este capítulo es identificar y explicar aspectos únicos en la investigación de incendios en la naturaleza, a un nivel de introducción básica. Del mismo modo que en otros tipos de investigación de incendios explicados en esta guía, puede ser necesaria la colaboración de personal especializado para dar asistencia técnica.

Los combustibles en estos incendios se clasifican como vegetación herbácea o leñosa. Estos materiales prenden en un rango de temperaturas, dependiendo de su contenido de humedad, contenido de aceite, y contenido mineral. La facilidad de ignición de los materiales depende del tamaño y naturaleza de los combustibles, contenido en aceite y minerales, condiciones climáticas, topografía, y aspecto. Cuando están expuestos a días soleados durante un periodo de tiempo, el combustible se seca, facilitando la ignición y la propagación; y viceversa, durante climas húmedos o mojados o en zonas a la sombra, el combutible absorbe la humedad, por lo que necesita mayor tiempo de exposición o mayores temperaturas para la ignición. La topografía no sólo afecta a la propagación del incendio por los factores físicos, sino que también afecta a la facilidad de la ignición, por el viento, las sombras, y otros factores que influyen en el contenido de humedad y temperatura de los combustibles.

Como ejemplo, una causa conocida de incendio en la naturaleza son las partículas de carbón ardiendo que salen del sistema de escape de un motor, pero incluso así, la ignición depende de los niveles de humedad relativa; el contenido de humedad en el combustible, tamaño, densidad y disposiciones; y la temperatura de los combustibles.

En esta clase de incendios, la propagación del incendio viene influida por el calor convectivo y radiante. El calor convectivo permite que el fuego se propague desde los niveles más bajos del césped y mantillo, hacia las ramas y copas de los niveles superiores. El calor radiante se vuelve el principal método de transferencia de calor, mientras que el fuego se expande lateralmente. El calor radiante es el método principal de transferencia de calor en los combustibles de nivel inferior compuestos por arbustos y césped a ras de suelo.

23.2 Combustibles de incendios en la naturaleza. Es esencial una observación detallada de las variaciones en los combustibles de incendios en la naturaleza para analizar con seguridad el comportamiento del fuego.

23.2.1 Análisis de inflamabilidad. En un entorno natural hay grandes diferencias en el carácter de los materiales combustibles. Hay mantillo profundo, hojas secas recién caídas, montones de césped, mantos de ramas y ramitas secas, troncos caídos, arbustos bajos, ramas verdes de árboles, musgo colgante, ramas de cepas, y otros muchos tipos de materiales. Cada uno de estos materiales tienen características de combustión distintivas. La inflamabilidad de un cuerpo combustible específico viene gobernado por las características combustibles de los materiales individuales y por los efectos combinados de los diferentes tipos de materiales presentes.

Antes de que se pueda analizar la inflamabilidad, se deben clasificar las características físicas de los materiales combustibles del entorno natural. Tal clasificación permite la identificación de los factores combustibles que influyen en la inflamabilidad. Despúes de clasificar adecuadamente el combustible, se deben tener en cuenta los factores topográficos y climáticos antes de poder determinar la velocidad de propagación y el comportamiento general de los incendios en ese combustible.

Ya que los combustibles en los bosques son tan variados y complejos, es necesario desarrollar un planteamiento sistemático para el análisis de la inflamabilidad. Primero, el cuerpo del combustible se subdivide en dos clases principales: combustibles terrestres y aéreos. Luego, cada una de estas clases se evalúa de acuerdo con la disposición, solidez, continuidad, volumen y contenido en humedad de los principales materiales afectados. El aspecto también afecta a la inflamabilidad de los combustibles: las pendientes orientadas al suroeste se calientan en mayor extensión. Con práctica, este procedimiento se puede realizar rápida y fácilmente.

23.2.2 Combustibles terrestres. Los combustibles terrestres incluyen todos los materiales combustibles en (o justo por encima del) terreno. Los materiales principales pueden incluir mantillos, suelos de turba, raíces de árboles, hojas secas y humus de coníferas, césped, madera fina seca, tallos caídos, tocones, grandes ramas, arbustos bajos y plantones jóvenes de árboles.

23.2.2.1 Mantillo. Rara vez el mantillo tiene una influencia principal en la velocidad de propagación del incendio, ya que suele estar húmedo y fuertemente comprimido, de modo que muy poca de su superficie está expuesta al aire, y su velocidad de combustión es lenta. En los incendios de bosques, la mayor parte del mantillo se consume hacia el suelo mineral. Ocasionalmente, el mantillo contribuye a la velocidad de propagación construyendo un recorrido por el que el fuego avanza lentamente entre pedazos de material más combustible.

23.2.2.2 Raíces. Las raíces no son un factor importante en la pro-

pagación del fuego, ya que el suministro tan restringido de aire previene la rápida combustión. Sin embargo, los fuegos pueden avanzar lentamente en las raíces – de hecho, muchos incendios han escapado al control porque las raíces proporcionaron un camino para que el fuego cruzase la línea de control. Las raíces más combustibles son los tallos laterales largos que salen de cepas.

23.2.2.3 Hojas secas y humus de coníferas. Mientras se pudren en el suelo las hojas y el humus de las coníferas, se van convirtiendo en parte de la capa de tierra vegetal. Antes de que tal putrefacción se produzca, sin embargo, las hojas y el mantillo de las coníferas son materiales altamente combustibles y se deberían considerar separadamente en la evaluación de los combustibles del suelo. En muchos bosques, los combustibles superficiales se componen principalmente de agujas caídas de los árboles coníferos. Las agujas del Pino Ponderosa, por ejemplo, son extremadamente combustibles porque su gran tamaño y forma crean una disposición suelta, permitiendo la libre circulación del aire. Las agujas más pequeñas, como las del Abeto Douglas, suelen arder con menor intensidad, porque están más estrechamente compactadas en el terreno.

Las agujas que todavía están sujetas a las ramas secas son especialmente combustibles porque están expuestas libremente al aire, y normalmente no están en contacto directo con el material más húmedo del suelo. Las agujas que permanecen en las ramas caídas forman leña altamente combustible para materiales mayores. Por esta razón, los troncos talados que contienen agujas secas son un combustible peligroso.

23.2.2.4 Césped. El césped, la maleza, y otras plantas pequeñas son importantes combustibles en el terreno que influyen en la velocidad de propagación del incendio. El factor clave en estos combustibles es el grado de cura. El césped verde suculento actúa como barrera contra el fuego. Durante el curso de una sesión normal de fuego, sin embargo, el césped gradualmente se va volviendo más seco y más combustible según se va curando la planta o según el tallo y las hojas mueren por la falta de humedad. En este momento, la cubierta del césped se vuelve más fácilmente combustible. El césped curado, si está presente en un volumen grande y uniforme, se vuelve el más combustible y el que más rápido propaga el combustible del suelo.

El césped y otras pequeñas plantas está presente en el suelo de casi todos los bosques. Los investigadores de incendios necesitan determinar el volumen y la contunidad de la cubierta de césped. En los bosques densos donde poca luz del sol llega al suelo, se encuentra muy poca cantidad de césped. En los bosques más abiertos, como en las plantaciones maduras de pino, puede haber una gran cantidad. Si hay una cubierta de césped seco más o menos continua en el suelo del bosque, la velocidad de propagación de un incendio estará gobernada principalmente por esta cubierta, más que por la gran cantidad de combustible normalmente asociado con un bosque. Los incendios en el césped seco suelen tener altas velocidades de propagación.

23.2.2.5 Madera fina seca. La madera fina seca consiste en ramitas, pequeñas ramas, corteza, y material en putrefacción. Normalmente, esta clasificación de madera se reduce al material con un diámetro menor de 50.8 mm (2 pulgadas). Estos finos combustibles terrestres están entre los más importantes de todos los materiales que influyen en la velocidad de propagación del incendio y su comportamiento general en las áreas forestales. Arde con facilidad y a menudo proporciona el camino principal para transportar el fuego de un área a otra. Es el material que sirve para prender combustibles más grandes y pesados.

En las zonas donde hay una gran cantidad de esta madera fina seca, un fuego puede desarrollar rápidamente un calor tremendo. El mayor volumen de esta madera se suele encontrar en las áreas que contienen troncos talados. En situaciones secas, las zonas arden violentamente, y las fuertes corrientes convectivas creadas por el intenso calor de las ascuas rotas ardiendo y lanzadas afuera, causan fuegos puntuales más allá del frente principal del incendio. La madera podrida seca y granulada, aunque no es un factor especialmente importante en la velocidad de la propagación del incendio, es un combustible altamente combustible. Las ascuas volantes del incendio principal a menudo causan fuegos puntuales en la madera podrida depositada en el terreno o en los huecos de viejos troncos o tocones.

23.2.2.6 Troncos caídos, tocones y ramas grandes. Los combustibles grandes, como los troncos caídos, los tocones, y las ramas grandes, necesitan largos periodos de clima seco y caliente antes de que se vuelvan altamente combustibles. Cuando tales materiales alcanzan un estado seco, sin embargo, se pueden desarrollar fuegos muy calientes. Los combustibles pesados más peligrosos son los que contienen vigas de madera seca, corteza rugosa, o muchos pedazos o fragmentos grandes. El material de superficie lisa es menos combustible, y como se seca más despacio, tiene menos superficie expuesta al aire, y contiene menos combustible para leña.

Los incendios extremadamente calientes pueden desarrollarse en pilas de troncos caídos y grandes ramas, o en ramas caídas entrecruzadas, con lo que los diversos componentes combustibles irradian calor de unos a otros. Las ramas y troncos individuales no arderán con mucho calor a no ser que el incendio esté ayudado por grandes acumulaciones de madera fina seca.

23.2.2.7 Arbusto bajo y reproducción. El arbusto bajo, la siembra de árboles, y los pequeños árboles jóvenes se clasifican como combustibles terrestres porque están muy estrechamente mezclados con el material combustible del suelo del bosque. Esta vegetación inferior puede acelerar o ralentizar la velocidad de propagación de un incendio. En la fase inicial de un incendio, la sombra que normalmente proyecta la vegetación inferior previene que otros combustibles terrestres se sequen rápidamente. Según avanza el incendio, sin embargo, la alta temperatura continua y la relativa baja humedad seca tanto el combustible depositado en tierra como la vegetación inferior. Cuando esto ocurre, la mayor parte de la vegetación baja, especialmente los pequeños árboles coníferos, se convierten en propagadores del fuego.

La vegetación inferior en un bosque suele proporcionar un puente entre los combustibles del terreno y los combustibles aéreos. Las copas de los árboles pequeños pueden prenderse y, por otro lado, propagar el incendio a los combustibles aéreos en la bóveda del bosque. La maleza de reproducción o los arbustos secos pueden proporcionar los primeros medios para que un fuego superficial genere una llamarada y se propague en las copas de los árboles inferiores.

23.2.3 Combustibles aéreos. Incluyen todos los materiales verdes y secos localizados en la bóveda superior del bosque. Los componentes combustibles aéreos principales son las ramas de los árboles, copas, cepas, musgo, y arbustos altos.

23.2.3.1 Ramas y copas de los árboles. Las agujas vivas de los árboles coníferos son un combustible altamente combustible. Sus disposiciones en las ramas de los árboles permiten la libre circulación del aire. Además, las ramas superiores de los árboles están más libremente expuestas al viento y al sol que la mayoría de los combustibles terrestres. Estos factores, más los aceites volátiles y las

resinas en las agujas de las coníferas, hacen que las ramas y las copas de los árboles se conviertan en componentes importantes de loc combustibles aéreos.

Las copas y las ramas de los árboles son combustibles que pueden entrar rápidamente en combustión súbita con cambios en la humedad relativa. Los incendios en las copas rara vez se dan cuando la humedad relativa es alta. Sin embargo, las agujas de las coníferas se secan rápidamente cuando están expuestas al aire seco y caliente.

El secado de las agujas está influido por el proceso de transpiración en un árbol. Cuando el terreno está húmedo, los árboles bombean una gran cantidad de humedad en el aire a través de las hojas. Según se va secando el terreno, el proceso de transpiración se ralentiza, y, finalmente, las hojas y las ramas se quedan más secas y más combustibles.

Las ramas secas en los árboles son un importante combustible aéreo. Las concentraciones de ramas secas, como las que se encuentran en los tallos enfermos o muertos por insectos, pueden hacer que el incendio se propague de un árbol a otro. Las concentraciones de ramas secas en los troncos inferiores de los árboles pueden dar un camino adicional para que se propaguen los incendios desde los combustibles terrestres a las copas de los árboles. Las ramas secas más combustibles son las que todavía contienen agujas.

23.2.3.2 Cepas. Las cepas, o los tocones de los árboles, son unos de los más importantes combustibles aéreos que influyen en el comportamiento del fuego. Aunque los árboles verdes superan ampliamente en número a los tocones en la mayoría de los bosques, los incendios comienzan en los cepas porque están más secos y son más fáciles de prender.

Las cepas varían ampliamente en carácter y, consecuentemente, en su efecto sobre el comportamiento del fuego. Las cepas lisas y sólidas que contienen muy poca corteza y unos pocos pedazos o fragmentos, no son muy combustibles. Por otro lado, las cepas rotas en su parte superior, con cortezas rugosas, o parcialmente podridas, se queman fácilmente y tienen mayor influencia en la propagación de los incendios. Las ascuas ardiendo emitidas de cepas con cortezas rugosas son iniciadores muy activos de fuegos puntuales.

En las zonas que contienen gran cantidad de cepas, el fuego se puede propagar de un tallo a otro debido a la intensa radiación de calor.

23.2.3.3 Musgo del árbol. El musgo colgante de los árboles es el más ligero y el mejor de todos los combustibles aéreos para prender súbitamente. El musgo es importante principalmente porque proporciona un medio de propagar el incendio desde los combustibles del terreno a otros combustibles aéreos, o desde un componente combustibles aéreo a otro. Al igual que otros combustibles ligeros, el musgo reacciona rápidamente a los cambios en la humedad relativa. Durante el tiempo seco, los fuegos en las copas se pueden desarrollar fácilmente en los tallos jóvenes muy recubiertos de musgo.

23.2.3.4 Arbusto alto. Las copas de los arbustos altos se clasifican como combustibles aéros porque están claramente separados de los combustibles del suelo por la distancia. En muchas regiones forestales, los tallos grandes de arbustos se pueden desarrollar en viejas zonas quemadas, y a menudo forman la cubierta vegetativa principal en tales zonas. Normalmente no se producen incendios en la copa en los arbustos combustibles, a no ser que haya presentes grandes combustibles terrestres que desarrollen el calor necesario. En muchos tallos de arbustos, sin embargo, una alta proporción de tallos secos pueden crear el suficiente volumen de combustibles aéreos finos y secos que permitan fuegos en el ramaje muy calientes y de rápida propagación. Los factores clave en la evaluación del comportamiento de los incendios en los arbustos altos son el volumen, la disposición, el estado general de los combustibles terrestres, y la presencia de combustibles aéreos finos y secos.

23.3 Factores que afectan a la propagación del incendio. Los factores principales a considerar en la determinación de la zona posible de origen del incendio es la velocidad y dirección del viento. Estos factores se relacionan directamente con la velocidad resultante de propagación del incendio. Esto se observa principalmente cuando se trabaja retrocediendo desde la posición de la cabecera del incendio, desde su flanco o su final.

23.3.1 Confinamiento Lateral. Cuando se confinan los fuegos en la naturaleza, con formas geográficas como hondonadas, barrancos, o valles estrechos, el calor convectivo de los gases confinados y la retroalimentación de la radiación de las llamas y la vegetación ardiendo, incrementa la velocidad de liberación de calor de los combustibles ardiendo. Estos factores pueden llevar a una combustión y propagación más rápida que la hecha por un incendio en vegetación no confinada.

23.3.2 Influencia del viento. El viento afecta enormemente a la velocidad a la que se propagará el incendio. Los efectos ventiladores del viento empujan las llamas hacia adelante, consiguiendo un precalentamiento del combustible. El viento también ayuda en el secado de la vegetación, incrementando la facilidad de la ignición. Posteriormente el viento lleva a la creación de brasas volantes, transportadas hacia arriba por la columna de aire convectivo caliente. El viento del incendio acompañante puede lanzar ascuas y chispas calientes lejos del incendio principal, y prender fuegos secundarios en zonas de combustible no quemado. Hay tres tipos diferentes de viento que influyen en el comportamiento del fuego; se clasifican como meteorológicos, diurnos, y causados por el incendio.

23.3.2.1 Vientos Meteorológicos. Estos vientos los causan las diferencias de presión atmosférica en las masas de aire en niveles superiores que generan pautas de clima regional. La rotación de la tierra, los océanos, y las características topográficas crean estos movimientos principales de aire para formar el viento y los cinturones de presiones.

23.3.2.2 Vientos diurnos. Los vientos diurnos se forman por el calentamiento solar y el enfriamiento nocturno. Como el aire se calienta durante el día, el aire ascendente crea vientos oblicuos ascendentes. Cuando el aire se enfría tras el anochecer, más denso, el aire más pesado desciende y causa viendos oblicuos descendentes.

23.3.2.3 Vientos causados por el incendio. Están causados por el fuego mismo. Son el resultado del arrastre del aire por el penacho ascendente del incendio. Los vientos del fuego influyen en la propagación del incendio.

23.3.3 Cabecera del incendio. La parte del incendio que se mueve más rápidamente se llama cabecera del incendio. La dirección del viento local en que está soplando mientras que el incendio está ardiendo inicialmente, determina la ruta de avance de la cabecera, sujeto a la influencia de la pendiente y otras características topográficas. Los grandes incendios que prenden en más de una cuenca hidrográfica o tipo de combustible puede desarrollar cabeceras adicionales. La cabecera suele ser el área de fuego más intenso y de mayor intensidad del incendio.

23.3.4 Cola del incendio. La cola del incendio se localiza en el lado opuesto a la cabecera del incendio. El fuego en su parte final es menos intenso y más fácil de controlar. Generalmente, la cola estará retrocediendo o ardiendo lentamente contra el viento o colina abajo.

23.3.5 Influencia del combustible. El tipo y características del combustible supone la segunda mayor influencia en la velocidad de propagación e intensidad del incendio.

23.3.5.1 Especies. Las especies afectadas pueden determinar la velocidad de propagación e intensidad del incendio. Cada tipo de vegetación tiene sus propias caracteríticas, esto es, tamaño, contenido en humedad, forma y densidad.

23.3.5.2 Tamaño del combustible. Un factor principal que gobierna la inflamabilidad y velocidad de combustión de un combustible en su tamaño. Cuanto más pequeño sea el elemento combustible (relación del área superficial frente a la masa), más fácil será de prender y más rápido se consumirá. Los combustibles más pequeños se clasifican como combustibles finos, y comprenden elementos tales como la caída de semillas, pequeños árboles, ramitas, césped seco, arbusto, campos secos de cultivo, y espigas y piñas de pinos. Los combustibles de grandes diámetros, clasificados como combustibles pesados, son mucho más difíciles de prender y arder lentamente que los combustibles ligeros. Lo más frecuente es que necesiten combustibles ligeros ardiendo para servir como leña y prendan los combustibles pesados. Algunos ejemplos de combustibles pesados son los árboles y arbustos de gran diámetro, ramas grandes, tallos, y cepas.

23.3.5.3 Contenido en humedad. La cantidad de humedad presente en el combustible juega un importante papel para la determinación de la combustibilidad y la velocidad de propagación del incendio. Según se va secando la vegetación (el combustible), se vuelve más fácilmente combustible y arderá con mayor intensidad. La vegetación verde, o la que tiene mayor contenido de humedad, es más difícil de prender y arderá más lentamente por la humedad dentro de la vegetación que absorbe el calor durante la evaporación. Una vez que desaparece la humedad, la temperatura continuará aumentando hasta alcanzar la temperatura de ignición del combustible. El contenido de humedad del combustible cambiará, dependiendo del tipo y estado de la vegetación, la exposición solar, el clima, y la localización geográfica.

23.3.5.4 Contenido de aceite. Asímismo, la cantidad de aceite presente en la vegetación juega un papel en la facilidad de ignición del combustible, la intensidad del incendio, y los factores de propagación.

23.3.5.5 Tipos de combustible: terrestre, superficial, y en el ramaje. Los combustibles se pueden clasificar en tres categorías diferentes: terrestres, superficiales, y en el ramaje. Los terrestres se asientan entre la superficie del suelo y el suelo mineral. Ejemplos son la materia en descomposición, la turba, el mantillo, y las raíces. Los combustibles terrestres, como la raíces o la madera larga enterrada, puede arder a lo largo de toda su longitud subterránea y puede prender un incendio superficial en otro sitio. Los combustibles superficiales incluyen los céspedes, las hojas, las ramitas, los campos cultivados, los talados, y las ramas caídas. Cuaquier cosa por debajo de los 2 metros (6 pies) de altura se pueden considerar combustibles superficiales. Los combustibles en el ramaje, o en la parte más alta de los árboles, están separados de los combustibles superficiales. Normalmente se consideran combustibles de altura mayor de 2 metros (6 pies). Ejemplos son los musgos colgantes, las ramas principales y las secundarias, las hojas, las agujas, y las copas de los árboles.

La dispersión o densidad de la cobertura del combustible es el factor básico en la propagación del incendio. Los combustibles dispersos pueden estar demasiado espaciados para que el fuego precaliente los combustibles cercanos hasta su temperatura de ignición. Por otro lado, los combustibles muy cercanos pueden incrementar la intensidad del incendio, extender la longitud de las llamas, y acelerar la propagación del incendio.

23.3.6 Topografía. La topografía está relacionada con la forma de las superficies naturales o creadas por el hombre. Afecta a la intensidad y propagación del incendio. También los vientos se ven grandemente afectados por la topografía del terreno.

23.3.6.1 Pendiente. La pendiente es una característica topográfica que tiene un efecto repetidor en la propagación del incendio. La pendiente de una zona se determina midiendo la elevación sobre la horizontal, o el cambio de elevación sobre una distancia dada, y se suele expresar como tercio superior, tercio medio, y tercio inferior. La pendiente pemite que el combustible en el lado ascendente se precaliente más rápidamente que si estuviera a nivel de suelo, lo que hace que el incendio prenda con más intensidad y velocidad. Las corrientes de viento, que principalmente se mueven pendiente arriba durante el día, pueden acelerar la escalada del fuego a velocidades alarmantes. La pendiente también puede llevar a que rueden colina abajo troncos ardiendo y ascuas rodantes, iniciando fuegos puntuales junto al incendio primario y a través de las líneas de control.

23.3.6.2 Aspecto. El aspecto de la pendiente es la dirección en la que mira la pendiente. Es una consideración importante por el calentamiento solar del combustible y del terreno superficial, elevando el potencial para la combustión, e incrementando la velocidad de propagación. Las pendientes orientadas al sol suelen ser más secas, y pueden tener un tipo de material o carácter de vegetación más combustible que las pendientes a la sombra, con lo que tiene mayor facilidad de ignición y más rápida propagación. La lluvia escasa y la mala calidad del suelo pueden generar un suministro disperso de combustible, inadecuado para mantener la propagación del incendio a no ser que haya presentes vientos extremadamente fuertes.

23.3.7 Clima. El clima juega un papel importante en el comportamiento de los incendios en la naturaleza. Los elementos climáticos se pueden describir como el estado de la atmósfera respecto a su estabilidad, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, nubosidad, y precipitaciones.

23.3.7.1 Historial climático. Este es un elemento importante a considerar durante una investigación. El historial climático es una descripción de las condiciones atmosféricas sobre unos pocos días previos, o algunas semanas. Los elementos climáticos se deberían analizar para determinar qué influencia pueden haber tenido en la ignición del fuego y sus características de combustión.

23.3.7.2 Temperatura. La temperatura ambiente del aire influye directamente sobre la temperatura del combustible. El sol es un factor que afecta a la temperatura. Según la energía solar va calentando el terreno y la vegetación, el combustible se vuelve más susceptible a la ignición. Se pueden dar diferencias de temperatura de más de 50°F entre las zonas en sombra y las expuestas directamente a la luz solar. Otro factor que influye en la temperatura es la altitud.

La menor presión de aire en altura permite que el aire se expanda y enfríe.

23.3.7.3 Humedad relativa. La humedad es la medida del vapor de agua suspendido en el aire. La humedad suele expresarse como humedad relativa, que es la relación entre la cantidad de humedad en el aire y la cantidad que puede sostener un volumen conocido de aire, expresado como porcentaje. La humedad en el aire afecta directamente a la cantidad de humedad del combustible, y viceversa. El aire seco extraerá la humedad de la vegetación, haciéndola más susceptible al fuego. Los combustibles finos reaccionan mejor a la humedad relativa que los combustibles grandes. Si el aire tiene una alta humedad relativa, la vegetación absorberá mucha de esa humedad, haciendo que sea menos susceptible a la combustión, o bien la humedad ralentizará la velocidad de propagación de un incendio activo. El aire caliente puede mantener más agua que el aire frío, como puede verse en el rocío matinal. Según se va enfriando el aire nocturno, pierde su capacidad de retención de humedad. La humedad se condensa en el punto de rocío del aire y se forma el rocío.

23.3.8 Extinción. La extinción del incendio es la combinación de todas las actividades que llevan a la extinción del incendio. La extinción lo incluye todo, desde el estado inicial del descubrimiento del incendio hasta la fase final de su completa extinción. Es de extrema importancia la protección de las áreas posibles de origen por parte de los bomberos, para establecer el origen y la causa del incendio. Revisar y analizar las tácticas de extinción de incendios y sus efectos en la propagación, puede ser útil para ayudar al investigador en la identificación del origen del incendio.

23.3.8.1 Cortafuegos. Los cortafuegos, las líneas de fuego, o las líneas de control, son las barreras naturales o artificiales que se utilizan para detener la propagación del incendio o redirigir el incendio, separando el combustible del fuego. Los ejemplos de barreras naturales son los cursos de agua, los riscos, y las áreas donde no hay vegetación. Artificiales: carreteras, líneas de incendio, áreas ya quemadas, y barreras de agua, retardantes o espumas.

23.3.8.2 Descargas aérea. Una descarga aérea es la aplicación aérea de agua, pasta acuosa, o mezcla retardante, directamente sobre el incendio, en la zona amenazada, o a lo largo de una posición estratégica en el frente del incendio. El avión también lanza retardantes en zonas no afectadas para detener o ralentizar la propagación del incendio. La descarga área puede cambiar los indicadores del incendio en las zonas de descarga o cerca de las mismas.

23.3.8.3 Retroquemado (Firing Out). Es el proceso de quemar el combustible entre un cortafuegos y el incendio que se aproxima, para ampliar el ancho de la barrera contra el incendio. Se suele utilizar como arma de ataque al incendio, y sólo se debería realizar por personal experimentado. Estos fuegos suelen iniciarse en la línea de control del fuego (normalmente en el lado a favor del viento del incendio) y se queman hacia atrás, hacia el borde activo del incendio. Se utilizan diferentes clases de fuentes de ignición, incluyendo antorchas de goteo, fósforos, cerillas y sopletes de Helio.

23.3.8.4 Espuma clase A. La espuma de clase A es un agregado de burbujas generado mecánicamente que tiene menor densidad que el agua. La espuma se consigue por la introducción de aire en una mezcla de agua y espuma concentrada.

Las burbujas se adhieren a los combustibles de los incendios en la naturaleza, o a otros combustibles de clase A, y liberan gradualmente la mezcla que contienen. El agua espumosa absorbe el calor más eficazmente que el agua normal, y la masa de la burbuja proporciona una barrera al oxígeno, necesario para mentener la combustión. La reducida velocidad de liberación de agua lleva a una conversión más eficaz del agua en vapor, dando un mejor efecto refrigerante y, junto con el surfactante contenido en la solución, permite que el agua penetre en los combustibles y llegue a los incendios enclavados profundamente. La masa de la burbuja también proporciona una barrera protectiva para los combustibles expuestos y no quemados.

23.3.9 Otros mecanismos naturales de propagación del incendio. La dirección y la velocidad de propagación del incendio puede verse alterada por razones naturales o autoinducidas.

23.3.9.1 Ascuas y tizones llevados por el viento. El viento puede capturar ascuas y tizones calientes y llevarlos a combustibles no quemados a grandes distancias del fuego original. A menudo estas ascuas suelen comenzar como los llamados fuegos puntuales. En muchos casos, el origen de estos incendios secundarios pueden confundirse con fuegos independientes creados por un incendiario.

23.3.9.2 Tormentas de fuego. Una tormenta de fuego es un incendio convectivo intenso y violento, alimentado por vientos autoinducidos. Las aspiraciones creadas por la columna convectiva del incendio puede ser suficientemente fuerte para desarraigar la vegetación y lanzar pequeñas rocas. Una característica de una tormenta de fuego es la formación de remolinos de fuego, que acompañan a estas fuertes aspiraciones.

23.3.10 Frontera entre el entorno urbano y la naturaleza. Se puede describir la frontera entre el entorno urbano y la naturaleza como una región en la que se encuentran cercanos entre sí tanto los peligros de materias combustibles naturales como de edificaciones (las casas, por ejemplo). La NFPA 299, Estándar para la Protección de las Personas y las Propiedades contra los Incendios de la Naturaleza, *Standard for Protection of Life and Property from Wildfire,* define esta frontera como "una zona donde los combustibles naturales y el terreno urbanizado se encuentran en un límite bien definido". En estas localizaciones, el investigador debe determinar si el incendio comenzó en el edificio o en la naturaleza. Estas zonas son un objetivo fácil para los incendiarios, dado el incremento en el tiempo de respuesta del personal de emergencia, por las dificultades en recorrer las carreteras estrechas y los problemas para localizar el incendio.

23.3.11 Animales. Los animales y las aves pueden propagar el incendio por plumas o pelaje ardiendo. Los animales han sido quemados accidental o deliberadamente para comenzar un incendio en la naturaleza o, como víctima del fuego, los animales quemados pueden comenzar incendios en zonas no quemadas durante su huida. Se pueden prender las plumas de un ave o el pelo de un animal al entrar en contacto con las líneas eléctricas, y comenzar un incendio cuando el cuerpo electrocutado cae al suelo.

23.4 Indicadores. La indicación de la dirección de propagación del incendio queda impresa en combustibles parcialmente quemados y en objetos no combustibles. Estos indicadores visuales pueden mostrar daños variables, marcas de carbonización, decoloración, manchas de carbón, forma, localización y situación de los combustibles residuales no quemados. El análisis de las marcas direccionales mostradas por indicadores múltiples en una zona específica identificará la ruta de propagación del incendio en este lugar. Aplicando un enfoque sistemático para rastrear el avance del incendio, el investigador puede reconstruir el recorrido del incendio

desde su punto de origen. Este procedimiento es el estándar técnico aceptado en la investigación de incendios en la naturaleza.

23.4.1 Marcas en forma de "V" en los incendios de la naturaleza. Estas marcas son marcas superficiales y horizontales de combustión, generadas por la propagación del incendio. Si se miran desde arriba, su forma suele parecerse a la letra "V". No se debe confundir con las tradicionales marcas verticales en "V" generadas por las llamas, relacionadas con la investigación de incendios en edificios.

Estas marcas se ven afectadas por la dirección del viento, o la pendiente en la que se localiza el combustible. Según se va propagando el incendio en la dirección del viento o pendiente arriba, se van ensanchando las ramas de la "V". El ancho de la marca se incrementa según avanza el fuego desde la zona de ignición. El origen de la fuente de calor que crea la marca suele encontrarse en o cerca de la base, o en el punto más estrecho de la marca. Por lo tanto, puede ser útil el análisis de estas marcas horizontales en forma de "V" para identificar el área general de origen del incendio.

23.4.2 Grado del daño. El grado del daño a los combustibles es una indicación de la intensidad y dirección de paso del incendio. Las hojas, las ramas grandes y las pequeñas mostrarán mayor daño en el lado por el que se iba acercando el fuego. Este es uno de los indicadores útiles para la determinación de la dirección de propagación frontal del incendio. Además, los objetos presentes protegiendo los combustibles dejan una marca que puede ayudar en la localización del origen. Se quemará la vegetación en el lado de un objeto expuesto al frente de un incendio en aproximación, mientras que los tallos basales de la vegetación cercana al lado contrario (protegido) quedarán sólo parcialmente quemados. Además, estos objetos dejan una marca similar en la vegetación residual.

23.4.3 Tallos del césped. Según va ardiendo un incendio de baja intensidad a través de la base de los tallos del césped, los tallos se balancean y caen en el fuego. Si caen en una zona quemado por detrás de la cabecera, pueden permanecer no quemados. Los tallos del césped que caen por delante del fuego, o contra combustibles cercanos no quemados, arderán por el fuego aproximándose. Por lo tanto, los tallos de césped o las cabezas de semillas no quemadas, que se ven caídas en el suelo, normalmente señalarán la dirección en la que vino el incendio, y contraria a la dirección de propagación.

23.4.4 Arbustos. La mayor parte del follaje superior se quemará en el lado de salida, y muchos ápices de las ramas superiores caerán sin haberse quemado al suelo del lado de entrada. El manojo inferior de tallos se quemará más profundamente por la exposición directa al fuego en su aproximación frontal.

23.4.4.1 Depósitos de Cenizas. No se encontrarán cenizas en los combustibles que todavía estuviesen ardiendo cuando las cenizas empezaron a depositarse. A menudo, cuando se encuentran marcas de cenizas, revelan la dirección del viento. El volumen del combustible se puede reconstruir con bastante precisión por la cantidad de ceniza presente.

23.4.4.2 Ensanchamiento. Sucede normalmente en el lado expuesto al viento de un tocón de madera, de un arbusto o del césped, donde debería producirse la carbonización más profunda, mientras que el otro lado permanece relativamente más frío y protegido por los restos del lado expuesto. Incluso se produce en el césped, que se puede examinar detalladamente frotando la parte posterior de la muñeca sobre el césped quemado. Cuando se frota en la dirección en la que quemó el fuego, se notará un tacto aterciopelado, pero si se frota en la dirección contraria, la sensación será una especie de succión y unas picaduras en la muñeca. Se debería mover la mano en todas las direcciones hasta que se establezcan las direcciones más aterciopeladas y más resistentes. Los extremos de los tocones quemados estarán despuntados o acopados en el lado contrario al viento, mientras que los tocones quemados del lado a favor del viento serán puntiagudos y señalarán la dirección de movimiento del incendio.

23.4.4.3 Marcas de apagado. Los incendios que se apagan después de penetrar en todo el arbusto, mostrarán intensidad de fuego, carbonizado y ramas quemadas, de tamaño decreciente.

23.4.5 Árboles. Los árboles son indicadores significativos de la dirección del incendio, especialmente en las zonas de daños por el frente del incendio. El movimiento del incendio queda registrado a nivel del suelo alrededor de la base de las raíces y del tronco del árbol, y la altura de las llamas por el follaje inferior y la bóveda de las copas.

23.4.5.1 Carbonizado del tronco. El ángulo de carbonizado en los lados opuestos del trono del árbol indicará la dirección de propagación del incendio, pero se ven afectados por la pendiente y la dirección del viento. Si el incendio arde pendiente arriba con un viento también pendiente arriba, el ángulo del carbonizado en el árbol será mayor que el ángulo de la pendiente de la colina. Si el incendio arde colina abajo contra un viento colina arriba, la línea de carbonizado en el árbol será casi paralela a la pendiente de la colina. Si el incendio arde colina abajo con un viento de igual dirección, el ángulo del carbonizado en el árbol será mayor en el lado de descenso de la colina por el efecto remolino y de cobertura en la parte posterior del árbol. Si el incendio prende colina arriba con un viento contrario, el ángulo de carbonizado estará casi a nivel con la pendiene de la colina, con sólo un ligero daño pendiente arriba en el tronco del árbol.

23.4.5.2 Daños en las copas de los árboles. El calor convectivo y radiante del incendio prenderá los miembros inferiores del árbol, que se propagará rápidamente hacia arriba hacia la bóveda del árbol en las ramas de la copa. Se puede repetir esta secuencia muchas veces en diferentes grupos combustibles hasta conseguir que acontecimientos tan simples como el calor producido por una tea, quemen completamente el suministro combustible. La acción del viento llevará el incendio fuera del follaje y ramas presentes en el lado expuesto al viento, reduciendo el daño o dejando un área triangular no quemada en el lado de la copa expuesto al viento (incendio aproximándose).

23.4.6 No combustibles. Los objetos que el incendio deja atrás, pueden proporcionar pistas sobre cómo quemó el incendio. Las manchas de hollín que quedan en los elementos no combustibles pueden indicar al investigador en qué intensidad quemó el incendio y la dirección de movimiento del incendio.

23.4.6.1 Combustibles expuestos y protegidos. Se pueden observar áreas protegidas cuando los combustibles están cubiertos por otro objeto o escudados al localizarse en el lado opuesto al fuego que se va aproximando. Los elementos directamente expuestos al incendio son susceptibles de sufrir carbonización o manchas más profundas que los elementos no expuestos o protegidos. Si un objeto ha estado sobre un combustible, el combustible estará protegido contra la combustión, y dejará una marca de incendio distintiva. El lado de la marca del incendio o de la zona expuesta, tendrá

una línea definida de demarcación junto al objeto. El lado opuesto (escudado) tendrá una línea de daño variable o menos definida a lo largo del borde del objeto, generando una sombra en el objeto.

23.4.6.2 Manchas y hollín. Las rocas, las latas, las vallas de madera y de metal, las estacas y la vegetación no quemada, se mancharán por el incendio aproximándose en su lado expuesto. El ensuciado viene causado por pequeñas partículas de ceniza y aceite en suspensión que se deposita en la superficie del objeto. El hollín de carbón hace lo mismo en los objetos, aunque causado por la combustión incompleta y el contenido natural de aceite graso de mucha vegetación. Estos productos de incendio suelen depositarse más firmemente en el lado que se enfrenta al fuego aproximándose.

23.4.6.3 Pérdida de material. Según se van calentando los materiales, sufren cambios físicos. Normalmente, cuando la superficie de la madera o de otros combustibles se quema, pierden material y masa. Las formas y cantidades de los combustibles restantes pueden producir por sí mismos líneas de demarcación y, al final, las marcas de incendio que analizará el investigador *(ver 4.3.4.)*

23.5 Investigación del origen. El primer objetivo de la investigación de un incendio en la naturaleza es identificar la zona de origen. Considernado los factores del viento, la topografía, y los combustibles, normalmente el origen se localiza muy cerca del final o la parte posterior del incendio.

23.5.1 Zona inicial de investigación. La zona inicial de investigación se puede determinar de la información suministrada por los bomberos que primero llegaron al lugar de los hechos, y de los testigos. Los bomberos y los testigos pueden verificar la localización y dimensión del incendio en sus primeros momentos. Estas declaraciones ayudarán al investigador en la delimitación del área de búsqueda.

23.5.1.1 Observaciones de periodistas. Los periodistas pueden haber visto el incendio en su fase inicial y proporcionar información valiosa que ayude en la determinación del origen y la causa. Las observaciones de los periodistas son importantes porque se puede estrechar la investigación del origen a una zona quemada en el momento del reportaje. También pueden ser capaces de verificar o complementar mucha información obtenida por otros testigos y personal de primera intervención.

23.5.1.2 Observaciones del personal de primera intervención. El personal de primera intervención juega un importante papel en la investigación por las observaciones que realizan mientras están de camino y cuando llegan al lugar de los hechos. Los miembros del equipo pueden ser capaces de proporcionar información valiosa relacionada tanto con la zona de investigación y la identificación de personas o vehículos que abandonaban la zona, el clima, los cierres y puertas que han sido alterados, y otros daños o situaciones anormales. Además, si se encuentra alguna posible prueba, se debería marcar y proteger. Las preguntas a realizar a las personas que llegaron primero, incluyen la localización del fuego al llegar, la dirección en la que se propagaba el incendio, descripciones de las personas o vehículos en la zona o abandonándola, y las condiciones climáticas.

23.5.1.3 Observaciones del personal en aeronaves. El personal en aeronaves pueden hacer los mismos tipos de observaciones que los miembros de tierra: el área posible de origen, dirección de propagación del incendio, y personas o vehículos que abandonan la zona. La información se debería trasladar al personal de tierra lo antes posible y tan exacta como sea posible. Las fotografías del área del incendio tomadas por el personal en aeronaves a menudo son inestimables en la señalización de las áreas quemadas, la dirección de movimiento del incendio, y la intensidad en una localización y momento dado.

23.5.1.4 Observaciones de otros testigos. A menudo los testigos pueden proporcionar información vital en la investigación de un incendio en la naturaleza. Pueden informar sobre vehículos o personas no conocidas que vieron en la zona. Suelen estar familiarizados con el lugar y dar información sobre la zona de origen y causa posible. También pueden dar información sobre la situación del incendio, como el estado del humo, intensidad, velocidad de propagación, y clima.

23.5.1.5 Imagen de satélites o sensores remotos. Las herramientas de imágenes o satélites que se utilizan principalmente para decidir las tácticas de extinción del incendio, pueden utilizarse igualmente para ayudar en el establecimiento del área de origen, basándose en la dirección de propagación del incendio y los datos que indiquen la localización del incendio cuando se detectó por primera vez.

23.5.2 Técnicas de búsqueda. Una vez que se ha determinado la localización de origen del fuego, todavía debe determinarse la causa de ignición del incendio. La búsqueda de una fuente de ignición puede incluir varias técnicas.

23.5.2.1 Protección del lugar del incendio. Es necesario preservar la integridad del lugar del incendio. Se debe limitar al mínimo el tráfico de vehículos y personas por la zona. Si la situación lo permite, la zona se puede acordonar con banderas, cintas, o personal situado en el lugar.

23.5.2.2 Identificación de las pruebas. Durante la investigación, las estacas con banderas metálicas se pueden utilizar para señalar elementos que pudiesen considerarse posibles pruebas. Las banderas etiquetadas también se pueden utilizar para marcas la posición de un elemento de una prueba que se ha retirado del lugar de los hechos.

23.5.2.3 Análisis de la propagación del incendio. Este análisis puede incluir muchos pasos. Puede comenzar con el establecimiento y el dibujo de la localización de la cabecera, flancos y final del incendio cuando se descubrió, así como en el momento de la llegada. La dirección del viento y la información disponible sobre el clima se debería documentar y dibujarse, en base a las observaciones de los que descubrieron el incendio.

23.5.2.4 Área de origen. Se debe tener un cuidado continuo para no destruir pruebas u otras señales, como las huellas dejadas por personas o vehículos en la zona o zonas que se sospecha fueron el origen. Siempre que se encuentra la fuente de ignición en un punto confirmado de origen, se debe examinar el área alrededor para determinar si hay una cerilla u otro dispositivo de ignición desechado por la persona que inició el incendio.

23.5.2.4.1 División en segmentos. Si el área identificada como el origen es muy pequeña, se puede realizar una búsqueda en toda la extensión que encierra su perímetro. Sin embargo, si la zona es grande, el lugar debería dividirse en segmentos para un examen detallado y sistemático. Esto permite que el investigador se centre en pequeñas secciones de la zona, así como evitar la repetición del análisis en zonas ya estudiadas. Cuando se termina una sección, el investigador se desplaza a la siguiente.

23.5.2.4.2 En círculos. La técnica en círculos también se conoce como método espiral. Este método es efectivo en pequeñas zonas; sin embargo, según se ensancha el círculo o la espiral, es más fácil que se pase por alto alguna prueba o incluso se dañe, según se va moviendo el investigador dentro del área de origen.

23.5.2.4.3 Con malla. Este es uno de los mejores procedimentos para cubrir una zona grande con más de un buscador. Los buscadores se mueven paralelamente unos a otros, y cubren la misma zona dos veces. Hay diversas variantes de este método. Este método se considera en sistema más completo para cubrir una zona grande con varios buscadores.

23.5.2.4.4 Por hileras. La técnicas por hileras también se conoce como método de las franjas. Se puede usar eficazmente si la zona a cubrir es grande y abierta. Es relativamente simple y rápida de implantar, e incluso se puede realizar por un solo investigador en pequeñas zonas.

23.5.3 Equipo de búsqueda. Los investigadores utilizan diferentes herramientas para la búsqueda de la causa y del origen de los incendios en la naturaleza.

23.5.3.1 Lupas (Lentes de aumento). Una lupa permite al investigador ver pruebas que pueden no ser visibles sin alguna clase de aumento. También aumenta pequeños detalles que de otro modo pasarían desapercibidos.

23.5.3.2 Imanes. Los imanes con un ratio de al menos 30 libras se utilizan para localizar fragmentos o partículas metálicas férricas. Mover un imán sobre una zona quemada, provocará que tales materiales se vean atraídos hacia el imán. El imán debería estar cubierto con una bolsa de plástico mientras que recorre la superficie del terreno, para prevenir que se recogan materiales extraños en la superficie del imán y, cuando se encuentra un elemento que pueda servir como prueba, se puede invertir la bolsa para separarla del imán y recuperar la prueba. Un imán montado sobre unas ruedas es una ayuda inestimable para examinar áreas grandes y planas.

23.5.3.3 Regla. Se puede utilizar una regla para segmentar la zona de origen. Reduciendo el área de búsqueda, el investigador encontrará más fácil concentrarse en pequeños objetos. Esto es muy útil cuando se utilizan lupas.

23.5.3.4 Sondas. Una sonda es especialmente útil en el desenterrado de pequeñas piezas de pruebas en la vegetación alrededor, por ejemplo, retirando tallos de césped debajo de las cajas de cerillas.

23.5.3.5 Peines. Se puede utilizar un peine de paso ancho para separar las pruebas de los restos. También es útil para recoger pruebas sin dañarlas. Utilizando el peine como una cuchara, el investigador puede recoger pequeñas piezas de pruebas mientras que deja tamizados el césped quemado y otros restos a través de los dientes del peine. Los utensilios de peinado funcionan muy bien para estas tareas.

23.5.3.6 Linternas manuales. Las linternas manuales pueden ayudar a localizar elementos en zonas de baja luminosidad, y eliminar sombras.

23.5.3.7 Sopladores. Un pequeño soplador (a la venta para la limpieza de cámaras) es útil para separar la ceniza ligera de los elementos de interés. El aire emitido a través de los labios fruncidos produce un resultado similar, pero no es tan controlado.

23.5.3.8 Detector de Metal. Los detectores de metal proporcionar la localización de metales que pueden tener valor probatorio y que podrían no ser fácilmente identificables por un imán o que están en áreas superficiales rugosas.

23.5.3.9 Cribas de tamizado. Estas cribas de varios tamaños ayudan en la separación de suciedad y vegetación de un elemento que se sospecha es una prueba.

23.5.3.10 Registro del posicionamiento global por satélite (GPS). Se puede utilizar un GPS para obtener la posición longitudinal y latitudinal exacta del origen del incendio. Si es necesario, esta posición se puede referenciar en relación a la información obtenida durante la inspección in-situ, datos sobre caída de rayos, fotografía aérea, o imágenes de satélite.

23.6 Seguridad de la zona o punto de origen. El área de origen debería asegurarse y no manipularse antes de la investigación. No se deberían retirar las pruebas de la posición en que se encontraron sin documentarlo. Si la zona se ha manipulado, puede confundir la investigación y afectar a la credibilidad de las pruebas.

23.6.1 Origen no modificado. El área de origen debe permanecer tan inalterado como sea posible. Los bomberos, los curiosos, y los propietarios deberían permanecer fuera de la zona. Los bomberos deberían entrar en la zona sólo si es necesario para las operaciones de extinción. No debería permitirse la aproximación o movimiento de vehículos a través de la zona por la posibilidad de que destruyan pruebas.

23.6.2 Investigación del área de origen. El investigador debería dirigir el examen de la zona de origen con la mínima alteración posible, procurando poner al descubierto la prueba de propagación del incendio desde el origen, más que destruyéndola o moviéndola durante la investigación. Se debería ir haciendo un registro fotográfico a través de todo el proceso investigador.

23.7 Determinación de la causa del incendio. El objetivo en cada investigacion del origen y la causa es establecer la causa del incendio y confirmar este descubrimiento identificándolo y, si es posible, recuperando la fuente de calor o dispositivo de ignición *(ver capítulo 16)*. Si se prendió el fuego intencionadamente, puede que se haya arrojado la fuente de ignición en las cercanías del lugar de los hechos, o fuera del mismo.

23.7.1 Causa natural del incendio. No siempre los incendios en la naturaleza comienzan por la acción del hombre. Muchos prenden por causas naturales, como los rayos. Otros ejemplos incluyen los volcanes y la combustión espontánea.

23.7.1.1 Rayos. Los rayos son una causa bien conocida de incendios en la naturaleza, especialmente en áreas forestales, árboles caídos, líneas de corriente y afloraientos rocosos. La acción de la caída del rayo en el árbol puede no sólo astillar el tronco, sino también formar terrones vítreos, llamados fulguritas, formados por la fundición de la arena en el suelo de la zona de las raíces. El rayo simplemente puede golpear el suelo, prendiendo los combustibles cercanos. Cuando se sospecha la acción del rayo, se puede utilizar GPS para recoger datos, que luego se pueden proporcionar a un servicio de detección de rayos para la confirmación de tal actividad.

Los incendios causados por el rayo pueden arder sin llama y no ser detectados casi durante días después de la caída del rayo, antes

de aflorar como un incendio activo en la naturaleza.

23.7.1.2 Calentamiento espontáneo. Los tipos especiales de combustible prenderán espontáneamente por el calentamiento interno causado por la acción biológica y química. Esta acción es más probable que se produzca en días calurosos y húmedos en pilas en descomposición de materia orgánicas, como el heno, granos, semillas, abono, serrín, pilas de astillas de madera, y pilas de musgo de turba cosechado.

23.7.2 Causa humana. Los incendios causados por las personas son el resultado de la acción u omisión de las personas, y se clasifican como accidentales o incendiarias. Los incendios accidentales incluyen todos aquellos en los que la causa probada no incluye una acción humana deliberada de ignición o propagación del incendio en la zona donde no debería estar el incendio. El fuego incendiario se prende deliberadamente bajo circunstancias en las que la persona sabe que no debería hacerlo.

23.7.2.1 Campamentos. Los círculos de rocas, o los hoyos con gran cantidad de cenizas, o una pila de madera, son buenos indicadores de un fuego por acampada. Incluso en zonas de acamapada que han ardido completamente, hay pruebas de su existencia previa. Se pueden encontrar contenedores de comida desechados, los postes metálicos o las arandelas metálicas de las tiendas, que indican la posibilidad de un incendio en un campamento.

23.7.2.2 Fumadores. Los materiales desechados por fumadores, como los cigarrillos, cigarros, pipas de tabaco y cerillas, pueden comenzar los incendios en la naturaleza. Sin embargo, cualquiera de estas fuentes de calor necesitan varias condiciones para prender la vegetación. La fuente combustible debe estar seca, fina o pulverizada, como el mantillo o la madera podrida. La humedad del combustible debe estar por debajo del 25%. La ceniza y el filtro de extremo de un cigarrillo (si está presente) o la cerilla quemada, pueden identificarse en el punto de origen.

23.7.2.3 Combustión de los residuos. Los incendios se producen en los vertederos, en edificios que se van a derribar, y en residuos varios. A menudo, estas operaciones se propagan a la vegetación vecina. Los barriles quemados o los incineradores pueden considerarse en la causa del incendio. En situaciones de mucho viento, el viento puede llevarse las cenizas calientes y los residuos lejos de la zona donde se queman los residuos, y comenzar el incendio a mucha distancia. A menudo los testigos son el mejor medio para confirmar si los residuos ardiendo fueron o no la causa del incendio.

23.7.2.4 Luz del sol y refracción de cristales. Los rayos solares se pueden concentrar en un punto de intenso calor por medio de cierta clase de cristales u objetos brillantes. Este proceso se produce por la curvatura de los rayos de luz, de modo similar a lo que ocurre a través de una lupa. El borde brillante y cóncavo de un metal puede enfocar la luz del sol, pero su corta distancia focal hace que sea poco probable esta posible causa.

23.7.2.5 Incendiarios. Estos incendios suelen comenzar en más de un punto, y en zonas transitadas frecuentemente. Se pueden encontrar cerillas, fósforos, y otros dispositivos de ignición en la zona de origen. Puede ser que los incendarios decidan utilizar un dispositivo de ignición con temporizador. Los objetos que deben buscarse incluyen, entre otros, cigarrillos, cuerdas, cintas de goma, velas, y cables. Véase el capítulo 19 para más información sobre fuegos incendiarios.

23.7.2.6 Incendios autorizados (Quema controlada). Un fuego autorizado es un incendio resultado de una ignición provocada intencionalmente por una persona, o por causas naturales, que se permite continuar ardiendo de acuerdo con planes aprobados, con objeto de conseguir unos objetivos tanto de recursos como de gestión.

23.7.2.7 Maquinaria y vehículos. Los vehículos y la maquinaria energética pueden causar incendios en la naturaleza de incontables maneras, desde averías en el funcionamiento, sobrecalentamiento en los equipos, carbón ardiendo, fugas y derrames de combustibles, y fricciones. Cualquier equipo energético o motorizado que utilice electricidad o productos inflamables en su funcionamiento, o que cree temperaturas de ignición, es capaz de comenzar un incendio al utilizarse en la vegetación combustible presente o cercana. Esto incluye los vehículos, la maquinaria móvil y las portátiles autónomas, las cosechadoras y las máquinas de construcción, las sierras de cadena, las herramientas de molienda, y las antorchas de corte. Las partes defectuosas o averiadas se suman a la posible creación de un incendio por el calentamiento de fricción de los frenos de zapata, de los ejes "rígidos", y por abrasión.

23.7.2.8 Vía del tren. Muchas veces los incendios en la naturaleza se originan a lo largo de las vías del tren. Ocasionalmente, puede escapar de control el fuego utilizado para limpiar una servidumbre de vía. Las locomotoras y los vagones de mercancías también pueden originar incendios en los laterales de la vía por el carbón consumido, el metal caliente de los frenos, o las zapatas sobrecalentadas de las ruedas (chumacera recalentada).

23.7.2.9 Personas jóvenes. El descuido de un niño, junto con la curiosidad por el fuego, puede desembocar en incendios en la naturaleza alrededor de las viviendas, las escuelas, los campos de juego, los campamentos, y las áreas arboladas. En el área de origen se pueden encontrar cerillas, encendedores, u otros dispositivos de ignición.

23.7.2.10 Fuegos artificiales. Los fuegos artificiales proporcionan medios de ignición por causa de las chispas y los residuos llameantes. Los cohetes chispeantes son un peligro menor, pero pueden prender el césped seco u otros combustibles. La mayoría de estos cohetes incluyen un núcleo de metal o de madera que se puede encontrar en o cerca del punto de origen del incendio. En la zona cercana al origen del incendio se pueden encontrar restos de los fuegos artificiales o sus envoltorios. Ademas, muchos fuegos artificiles tienen la capacidad de crear pequeñas hendiduras el suelo por su fuerza explosiva.

23.7.3 Servicios de suministro público. Los servicios de suministro públicos y privados suelen estar presentes a través de zonas de incendio en la naturaleza, y por lo tanto proporcioann una posible fuente de ignición.

23.7.3.1 Electricidad. Las líneas eléctricas sobrecalentadas pueden causar incendios en la naturalez si los árboles tocan un conductor y prenden las ramas o el follaje cercano. Este contacto suele dejar una señal en la parte del árbol que hizo contacto y crea un hueco o marca de chispa en el conductor energizado. Tras la ignición, las partes quemadas del árbol pueden caer al suelo y prender el mantillo del suelo. Además del contacto del árbol, el viento puede empujar un conductor contra otro (fase a fase) durante el transcurso de un vendaval, generando un glóbulo de metal caliente que cae el suelo. Los conductores y los transformadores pueden averiarse, iniciando el incendio en un poste o en otro equipo, y se

pueden caer al suelo ardiendo o con el material caliente. Los conductores subterráneos pueden dañarse por equipo pesado u operaciones de excavación, dando por resultado un incendio. Así mismo, las verjas metálicas también son una fuente de energía que lleva a la ignición de materiales combustibles.

23.7.3.2 Petróleo y gas. Las operaciones de perforado para conducciones de petróleo y gas en terrenos naturales pueden causar un incendio. La mayoría de las actividades peligrosas asociadas con el incendio se producen durante las operaciones de perforación. Se han expuesto varios de estos peligros en los párrafos sobre fumadores, utilización de equipos, y electricidad. La explosión de un pozo y la ignición subsiguiente pueden producir un incendio destructivo a continuación. Dependiendo de los minerales que se estén extrayendo, en el pozo puede haber presentes equipos alimentados a gas como los separadores, tras completar el proceso de perforado. Así mismo, la proximidad de las tuberías que llevan el gas o el petróleo líquido pueden dar la fuente del combustible inicial o ser un factor que contribuya a la propagación del incendio destructivo.

23.8 Pruebas. La protección, conservación, recogida y documentación de pruebas es parecida en las investigaciones de incendios destructivos, en edificios y en vehículos. Véase el capítulo 14 para más información.

23.9 Consideraciones especiales sobre seguridad personal. Estas consideraciones son distintas de las presentes en la investigación de incendios en edificios; sin embargo, los principios básicos son comunes *(ver capítulo 10)*.

23.9.1 Peligros. La seguridad física es la mayor preocupación en todos los incendios. La investigación de incendios destructivos conlleva sus peligros específicos que se deben considerar cuando se están en el lugar de los hechos. El investigador debería identificarse ante el Jefe del Incidente y mantener informado al personal de bomberos sobre su localización. El investigador debe conocer las zonas donde el incendio todavía puede estar ardiendo, o donde el incendio ha sido extinguido pero podría reactivarse. Debe tenerse siempre presente una vía de escape y continuamente evaluar si cambia el estado del incendio. La reactivación y disponibilidad de combustibles, junto con un cambio en la dirección del viento, puede crear peligros tan graves como un incendio en el follaje, que puede bloquear la vía de evacuación previamente planeada.

La combustión subterránea en estado incandescente puede brotar en forma de combustión llameante si el incendio prende en la superficie o si se remueve la capa superior del suelo, exponiendo el combustible calentado al aire. Este fenómeno suele darse principalmente cuando hay un alto contenido de turba en el suelo, o en las zonas donde se dejaron grandes pilas de serrín por talado o aserrado. Muchas veces estas pilas se sitúan en pequeñas hondonadas, creando una superficie a nivel del suelo. El serrín o la turba puede seguir ardiendo y descomponerse bajo el suelo, muchas veces creando cavidades subterráneas. Un investigador del incendio que camine a través de esta zona podría caerse en este agujero, abriéndolo al aire ambiente, permitiendo así la combustión llameante.

Otros peligros asociados son los residuos que caen de ramas o árboles debilitados y carbonizados por el fuego. Apoyar o poner peso en los árboles podría hacer que se rompieran o se tambaleasen. Incluso vientos débiles pueden hacer que se rompan y se caigan ramas al suelo. Hay peligros adicionales en el terreno en pendiente. Los troncos o las rocas se pueden soltar de su lugar de depósito como consecuencia de un incendio, por operaciones de extinción, o por las acciones de un investigador. Cuando el incendio destruye la estructura de las raíces, el suelo puede empezar a perder su estabilidad, con lo que se provocan pendientes que pueden lesionar al investigador o destruir pruebas.

El clima también puede causar o contribuir a los peligros. La lluvia puede generar un pavimento deslizante, y los rayos también pueden suponer una preocupación. Durante una descarga de rayos, el investigador no debe detenerse bajo los árboles, sino preferiblemente moverse a un espacio abierto, agachado pero no acostado.

23.9.2 Equipo de protección personal. Las prendas protectoras y el equipo de seguridad cambiará según las circunstancias. Si se está investigando con el incendio todavía activo muy cerca del investigador, necesitará cumplir con las exigencias aplicables federales, estatales, provinciales o locales sobre equipo de protección personal adecuado para la lucha contra el incendio destructivo.
En tales situaciones, los investigadores del incendio deben cumplir con la NFPA 1977, Estándar sobre prendas y equipos protectores para la lucha contra incendios en la naturaleza, *Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting*, y las secciones adecuadas de la NFPA 1500, Estándar sobre elPrograma de Seguridad y Salud Ocupacional de los Bomberos, *Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program*. Los tipos de equipos especificados en la NFPA 1977 son la protección de la cabeza, capuchón, protección del cuerpo, de las manos, de los pies, y de los ojos. Además, es necesaria la protección respiratoria y vendrá dictada por el tipo de atmósfera peligrosa encontrada. Este tipo de equipo de seguridad es quizá el más importante pero también el más frecuentemente descuidado. Sin embargo, es probable que se exija la protección respiratoria en la forma de una máscara filtrante. Hay numerosos fabricantes de máscaras filtrantes. La máscara debería fijarse al portador y asegurar un sellado adecuado.

Cuando se realiza una investigación en un lugar donde el incendio se ha extinguido completamente, el investigador aún necesitará cumplir con algunos estándares reglamentarios. Incluso en la ausencia de reglamentos obligatorios, se deberían cumplir los estándares industriales reconocidos para la propia seguridad del investigador *(Ver capítulo 10)*.

23.10 Fuentes de información. En la sección B.11 se pueden encontrar fuentes de información.

Capítulo 24 Investigación de incendios importantes

24.1 Introducción. Este capítulo se refiere principalmente a la investigación de siniestros importantes por incendio o explosión, con una visión directiva o de gestión y con una perspectiva de sus necesidades de dirección y organización. Las funciones de dirección de una investigación de este tipo incluyen el control del lugar de los hechos, en el que puede haber muchos intereses simultáneos, por ejemplo de organismos públicos y de privados o del equipo de investigación de otra de las partes interesadas. Para cumplir estos objetivos se debe establecer un protocolo. En este capítulo se ofrecen orientaciones para ello.

Un siniestro importante es aquél en el que se producen incendios con víctimas mortales, incendios en rascacielos o en los que se producen daños importantes en edificios grandes o en múltiples edificios; conflagraciones que producen grandes pérdidas económicas o incendios que producen un gran número de daños personales.

Aunque estos siniestros no siempre son de gran tamaño o magnitud, sí que suelen ser más complejos. En consecuencia, el principal objetivo en tales casos es conservar las pruebas y satisfacer el interés de todas las partes interesadas.

Una investigación minuciosa no sucede porque sí, sino que es el resultado de una cuidadosa planificación, organización y de la capacidad de anticiparse a los problemas antes de que surjan. Antes de empezar en realidad la investigación en el lugar de los hechos, hay que identificar y estudiar numerosos acontecimientos, hechos y circunstancias para poder tomar decisiones sobre cómo debe discurrir la investigación *(véase capítulo 12)*.

24.2 Base del acuerdo entre las partes. Debe permitirse a todas las partes interesadas que intervengan en la investigación y que examinen las pruebas antes de tocarlas. Ninguna parte debe llevarse pruebas o materiales sin dar cuenta de ello a las demás partes interesadas.

Las diferentes partes pueden llevar a cabo una investigación conjunta, aunque sigan haciendo exámenes individuales e independientes. Una investigación conjunta permite examinar y anotar la escena antes de que sea examinada, alterada o retiradas las pruebas. Dando a todas las partes interesadas la misma oportunidad de establecer los hechos, eliminará futuras acusaciones sobre, por ejemplo, alterar las pruebas u ocultar hechos. Las partes deben trabajar juntas a través de un coordinador de la investigación. Los intereses personales se deben supeditar a la búsqueda de la verdad.

Los funcionarios públicos que realicen una investigación pueden tener reticencias sobre si dejar que otros investigadores participen durante su investigación criminal, pero esas reticencias se pueden salvar mediante la comunicación y la buena planificación. Otros investigadores pueden ayudar a los funcionarios públicos a través de su experiencia, de sus expertos, equipos y mano de obra.

El objetivo de toda investigación es establecer los hechos.

24.3 Acuerdo entre las partes. El acuerdo o comprensión entre las partes se debe establecer basado en el consenso de las partes interesadas, antes de llevar a cabo la investigación. En el acuerdo se deben tratar las siguientes cuestiones, según proceda:

(1) Control y acceso al lugar del siniestro.
(2) Cómo se va a compartir la información descubierta durante la investigación (por ejemplo, a través de organismos públicos, entrevistas o investigación).
(3) La custodia y el examen conjunto de las pruebas suele ser un requisito de todas las partes. Antes de los exámenes destructivos se debe avisar a todas las partes interesadas. Para tener acceso a las pruebas será necesario firmar en una hoja.
(4) La información no exclusiva que necesiten las partes deberá ser solicitada y procesada a través de su representante autorizado.
(5) La difusión de la información entre el público se puede coordinar a través de un portavoz, que suele ser el funcionario público.
(6) Es necesario establecer un protocolo para el examen del lugar de los hechos y retirada de los escombros. Esto puede exigir reuniones periódicas programadas para discutir las actividades que hay que realizar y su progreso. Se puede elegir una persona para que presida las reuniones y «dirija» el examen del lugar.
(7) Es conveniente establecer un «diagrama de flujos» que recoja los aspectos generales de la investigación. En la figura 24.3(a) se recoge un ejemplo de «Acuerdo entre las partes» para la investigación conjunta de un siniestro. Debería venir acompañada de la figura 24.3(b).

24.4 Organización de la investigación. Todas las partes interesadas pueden crear equipos cuyos miembros lleven a cabo distintos aspectos de la investigación. Las partes interesadas pueden compartir el coste y los servicios del personal especializado como peritos en pruebas, fotógrafos, fotógrafos aéreos, coordinadores, trabajadores, etc. Cada equipo deberá nombrar un jefe que participará en el «Comité de jefes de equipo». Muchas funciones del "equipo" y del "comité de jefes de equipo" se organizan de modo similar a sus responsabilidades. El Comité de jefes de equipo organizará la investigación en conjunto y coordinará el acceso a las pruebas y al lugar de los hechos.

24.5 Comité de jefes de equipo. El Comité de jefes de equipo debe coordinar el acceso al lugar de los hechos a través de quien tenga el control del mismo, que puede ser el propietario del edificio, la compañía de seguros, las autoridades públicas o los tribunales. El Comité debe celebrar reuniones periódicas para discutir la marcha de la investigación y conseguir el consentimiento de las partes para las medidas a tomar. Puede ser útil que el Comité establezca un diagrama de flujos o plan para la investigación. Los cambios de planes deben discutirse con los demás participantes en la inves-

FIGURA 24.3(a) Acuerdo entre las partes.

Este Memorandum de Entendimiento se relaciona con la investigación del incendio ocurrido el 1 de julio de 1998, en el Tall Building y Storage Facility, 1007 Main Ave., Any City, State, USA.Se reconoce que se están desarrollando simultáneamente una serie de investigaciones independientes que coinciden en un objetivo común: determinar el origen y la causa del incendio. Todas las partes interesadas reconocen que la cooperación mutua será beneficiosa para cada parte y producirá un resultado eficiente y de calidad.

Las partes acuerdan lo siguiente:

Se está desarrollando una investigación sobre el origen y la causa.

La investigación está siendo desarrollada por Yourtown Fire Department, Federal Fire Investigations, Payall Insurance Company, Any Storage Company, y Tall Building Company.

Todos los procedimientos de la investigación y la recogida física de las pruebas se coordinará por medio de reuniones regulares. Las pruebas se recogerán y almacenarán en un lugar donde se vigile el acceso. No se realizará ninguna prueba o examen de las pruebas hasta que estén informadas todas las partes.

Todas las peticiones de datos de naturaleza no propietaria desde la Tall Building Company o alquilados se tramitará a través de sus respectivos representantes acreditados. Cualquier información de no propietarios proporcionada por cualquier parte se compartirá con todas las partes si así se solicita.

Cualquier difusión de información relacionada con el origen y la causa del incendio se coordinará a través de Yourtown Fire Department, y ninguna parte realizará ninguna divulgación previa de la información.

El protocolo reconoce que retirar material o realizar pruebas exigirá el permiso de Yourtown Fire Department y las partes abajo firmantes. La petición se realizará por escrito; sin embargo, el acuerdo verbal seguido de la petición escrita y la aprobación de las partes será aceptable cuando los tiempos entre las fases sea corto.

El protocolo de prueba y examen de los materiales relacionados con esta investigación son los siguientes:

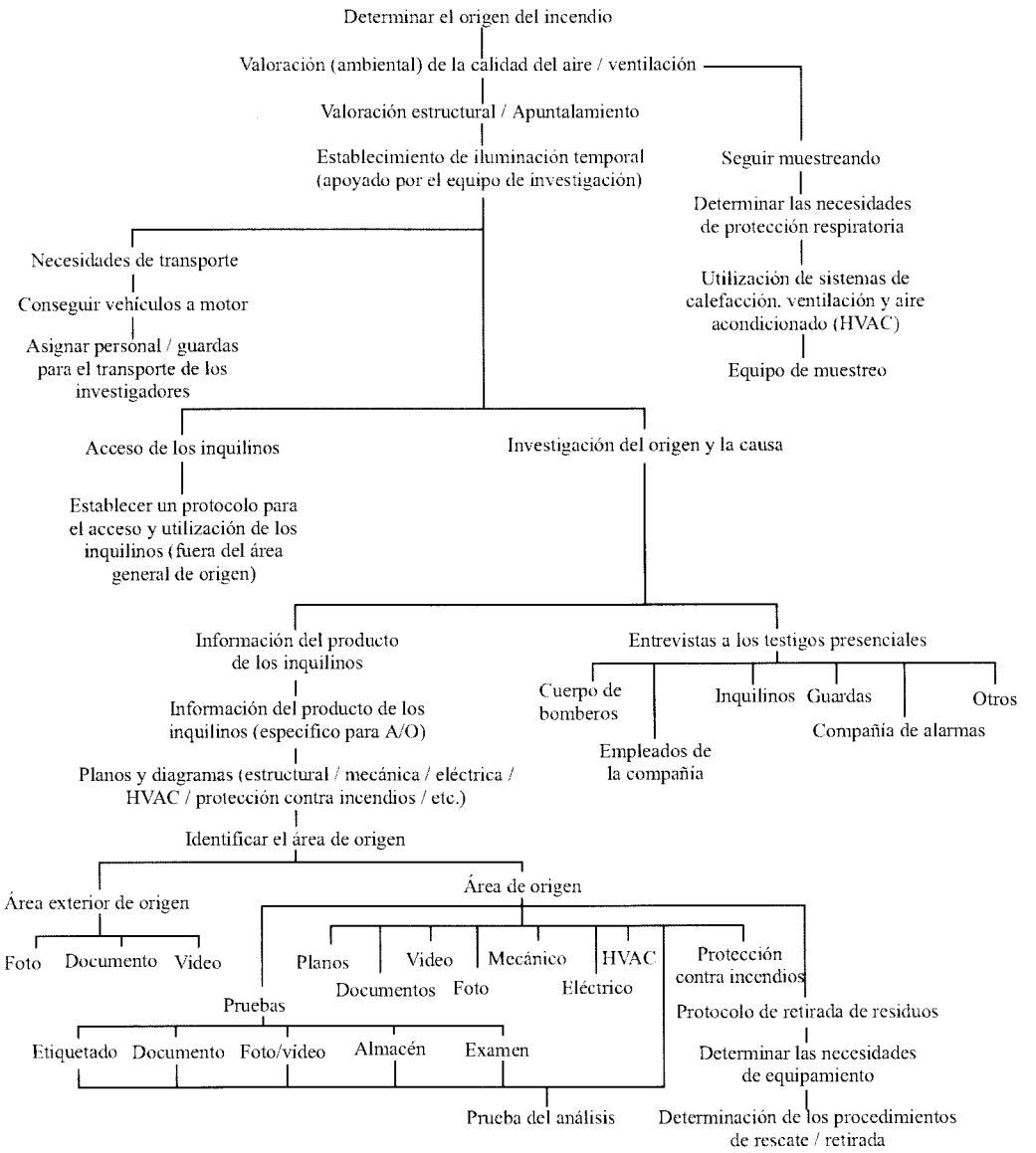
(1) Todas las partes acuerdan quién realizará cada examen y prueba.

(2) Todas las partes acuerdan permitir a las otras observan cada una de las pruebas.

(3) Todas las partes acuerdan devolver cualquier material sobrante al almacén tras cada una de las pruebas.

Se adjunto un gráfico de flujo de la investigación para dar una guía sobre el ámbito general de la investigación.

FIGURA 24.3(b) Diagrama de flujo de la investigación.



tigación, de modo que el Comité conozca los cambios y por qué se han hecho. En la figura 24.3(b) se presenta un ejemplo del diagrama de flujos que se puede utilizar como punto de partida para organizar la investigación.

Se debe elegir una persona que presida y modere las reuniones. Esta persona debe ser responsable de hacer que avancen las reuniones y la investigación, usando como guía el diagrama de flujos. El jefe de equipo puede coordinar los informes, documentos, entrevistas, etc. y hacer un informe de sus observaciones. En las investigaciones con más de una parte interesada, la persona elegida tendrá el mismo derecho a voto que los demás investigadores. El jefe de equipo debe ser una persona experta en investigación de incendios con capacidad para identificar los problemas que pueda encontrar el equipo y para plantear soluciones al grupo. A menudo, la persona más cualificada para esta misión es el funcionario público o quien tenga el control del lugar.

La persona elegida como Jefe del Comité deberá ser una de éstas:

(1) El representante del organismo o departamento responsable de investigar el siniestro.
(2) La persona elegida por consenso entre los jefes de equipo.
(3) Un representante del sector privado que esté interesado en determinar el origen y causa del siniestro.
(4) Un representante del propietario

Se recomienda que el equipo elija un secretario que levante acta de las reuniones. En el acta deberá constar la fecha, hora, lugar, personas presentes, temas discutidos y decisiones tomadas. Este acta puede grabarse en cinta magnetofónica, adjuntando los correspondientes anexos.

Debe celebrarse una reunión antes de empezar a investigar el lugar de los hechos. Se debe avisar al personal del estado del lugar y de las precauciones que debe tomar. Se deben identificar las responsabilidades e intereses frente a los tribunales. Se deben discutir las normas administrativas, de sanidad y seguridad personal en vigor.

Cada una de las partes interesadas debe tener su propio portavoz en las reuniones. Se puede permitir que estén presentes en las reuniones otros representantes o investigadores, sin voz ni voto pero como asesores del portavoz, para que las reuniones sean más eficaces.

Es razonable esperar que haya discrepancias, por lo que se debe hacer todo el esfuerzo posible para resolver esas cuestiones a través de una adecuada planificación, reuniones u otras comunicaciones. Hay que adelantarse a los problemas que puedan surgir sobre acceso al lugar de los hechos, alteraciones del mismo, recogida de pruebas, conservación y eliminación de las pruebas.

Algunas de las cuestiones que debe resolver el Comité son:

(1) El objeto de la investigación.
(2) El papel que debe desempeñar el Comité y los equipos.
(3) Los organismos públicos (locales, provinciales, nacionales, privadas) y las partes privadas interesados.
(4) La identificación de los miembros del equipo (mediante tarjetas, ropa o casco especial).
(5) El número de personas de cada equipo u organismo.
(6) El control de entrada al lugar de los hechos.

24.6 Planificación. Se debe establecer un plan u orden sistemático de las tareas de la investigación. A medida que avance la investigación puede que sea necesario cambiar el plan o el diagrama. El plan debe tener cierta flexibilidad *(véase capítulo 12)*.

24.7 Acceso de los ocupantes. Si es posible, la investigación se realizará de manera que se permita a los ocupantes el uso de aquellas partes del edificio que no se hayan visto afectadas por el siniestro. Esto puede requerir cierto retraso en realizar parte de la investigación hasta que la situación de los ocupantes se haya aclarado. Es importante que los inquilinos/ocupantes puedan ocupar su espacio, pero habrá que seguir protegiendo el lugar del incendio o la explosión. Este esfuerzo puede contribuir a reducir la interrupción de los negocios y por tanto el impacto del fuego. Sólo se debe permitir el acceso de los ocupantes a las correspondientes partes del edificio afectado una vez establecido que la zona es segura.

24.8* Organización del equipo de investigación. Hay que resolver el tema de la organización del equipo y las responsabilidades y obligaciones de sus miembros. Algunos miembros del equipo deberán asumir o realizar más de una función. Esa función se debe identificar en el plan o diagrama de flujos.

Las responsabilidades del equipo de investigación son el análisis de la calidad del aire, la seguridad del edificio, la iluminación, el transporte y la protección. Algunas de estas funciones se pueden compartir u organizar con los demás equipos. Las partes interesadas deben participar y organizar la toma y examen de las pruebas.

Hay que establecer el tamaño, la organización y las responsabilidades del equipo.

Si hay demasiadas personas, el efecto sobre el lugar de los hechos será perjudicial. Pero si hay muy pocas, la investigación puede ser incompleta o ineficaz. El número de las personas que participen en la investigación depende del tamaño y complejidad del siniestro. Sin embargo, una persona puede asumir varias responsabilidades.

Un equipo para investigar un incendio importante puede estar compuesto por:

(1) Jefe.
(2) Secretario.
(3) Experto en pruebas.
(4) Fotógrafo.
(5) Delineante.
(6) Entrevistador.
(7) Uno o varios investigadores

Además habrá que emplear personal especializado si fuera necesario *(véase sección 12.5)*.

Para que la investigación de un incendio importante sea fructífera, se requiere una buena dirección. Existe en Estados Unidos un sistema conocido como *Incident Command System* (ICS) o Sistema de Mando en caso de siniestro. El ICS describe una estructura y sistema de dirección para la investigación en el lugar de los hechos, cuando participan diversas responsabilidades.

24.9 Reuniones periódicas. El Comité de jefes de equipo debe reunirse periódicamente para discutir los avances de la investigación, los cambios de planes necesarios y para informar a los equipos de lo que va a suceder y cuándo. Se sugiere que tenga todos los días una reunión breve y otra más detallada cada semana.

Cada equipo debe reunirse también diariamente para coordinar sus actividades y difundir la información entre todos sus miembros. Las reuniones periódicas del equipo son el foro donde se discute la información recogida por los distintos miembros del equipo, por ejemplo en entrevistas, examen del lugar de los hechos, estudio de documentos, y las condiciones de seguridad.

24.10 Recursos. Los investigadores responsables de investigaciones de siniestros importantes deben conocer los recursos con los que cuentan, tanto en su departamento o empresa como externos (planificación previa). Numerosos investigadores de incendios en zonas rurales y pequeños departamentos de investigación han superado la falta de recursos asignando otros adicionales, tanto materiales como personales, al preparar su investigación. Desgraciadamente el concepto de equipo, que se debe utilizar tanto por el sector público como por el privado, a menudo se pasa por alto o se desprecia por limitaciones presupuestarias o porque se da prioridad a la burocracia sobre la seguridad de las personas y la necesidad de realizar una investigación organizada.

En muchos casos, el investigador a cargo de muchos escenarios de incendio es el responsable de toda la investigación. El concepto de equipo y de fuerza de choque permite delegar responsabilidades o asumirlas por más de un investigador.

24.11 Información preliminar. Antes de establecer un plan o diagrama de flujos, el investigador debe recoger toda la información posible, por ejemplo sobre la magnitud del siniestro, estado del lugar de los hechos, información que haya sobre el siniestro, tipo de edificio afectado, su uso y la naturaleza y magnitud de los daños. Esto le permitirá establecer un plan que trate de todos los aspectos importantes para la investigación y que no haya que modificarlo mucho después.

24.12 Seguridad. La seguridad es responsabilidad de todos los miembros del equipo, pero en algunos casos puede ser necesario

designar a uno como jefe de seguridad (supervisor de seguridad), que sea el responsable de supervisar el estado del lugar del incendio o explosión para asegurar la protección de todo el personal. El plan de investigación debe ocuparse de la seguridad no sólo de los investigadores, sino de los ocupantes que vayan a utilizar el edificio. Habrá que analizar el edificio antes de realizar cualquier investigación o retirar los escombros. Puede que haya habido gases tóxicos o materiales peligrosos durante el siniestro, o que se hayan producido después como resultado del mismo.

Puede que sea necesario seguir analizando la calidad del aire, las condiciones ambientales o la estabilidad del edificio mientras continúa la investigación. Hay que evaluar si el sistema de ventilación del edificio se puede usar para que suministre aire fresco. Si no es posible hacer que el aire ambiente sea seguro, el investigador o investigadores deberán llevar ropa protectora, mascarilla o equipo de respiración autónomo.

En los incendios importantes, la fatiga de los investigadores es un aspecto de la seguridad, por lo que se debe evitar *(véase capítulo 10).*

24.13 Iluminación. Puede que sea necesario instalar iluminación provisional. A veces es mejor que un electricista instale una iluminación provisional que usar luces o linternas portátiles durante mucho tiempo. La iluminación provisional permite a los investigadores ver mejor el lugar. La necesidad de instalar esta iluminación será función de las condiciones de iluminación normales, el tiempo que se estime que va a durar la investigación y la existencia de otras fuentes de luz y electricidad.

24.14 Acceso del investigador. Puede que sean necesarios medios de transporte para facilitar el movimiento de los investigadores y los materiales, sobre todo si hay que recorrer largas distancias o es difícil llevar equipos y personal a la zona. La zona del incendio puede estar en pisos altos a los que sea difícil llegar. Si todas estas cuestiones se tratan y se resuelven al principio, todo será mucho más fácil.

Como medios de transporte en zonas de difícil acceso se pueden utilizar carritos de golf, pequeños vehículos a motor, barcos, vehículos con tracción a las cuatro ruedas, helicópteros u otros medios de transporte. Para llegar a los pisos altos se puede utilizar el ascensor de un edificio anejo, las escaleras de los bomberos (de mano o mecánicas) o un montapersonas.

24.15 Protección del lugar de los hechos. Una de las primeras tareas el equipo de investigación es proteger el lugar de los hechos. Los primeros que lleguen al lugar deben establecer y mantener el control. Se debe vigilar estrictamente el acceso y se debe tomar nota de todo el personal que entra y sale del lugar.

El acceso se debe limitar al personal autorizado, tanto para facilitar la calidad de la investigación como para evitar posibles daños personales a personas no autorizadas o a curiosos.

La decisión sobre la autorización corresponde a la persona que controle el lugar.

Puede resultar necesario contratar a personal privado de seguridad y/o instalar barreras físicas para asegurar el nivel de protección necesario.

24.16 Necesidades sanitarias y de comodidad. Hay que procurar que haya agua potable y servicios sanitarios. Se debe establecer una zona no contaminada para comer, descansar y reunirse.

24.17 Comunicaciones. Una zona grande donde se haya producido un siniestro puede crear problemas de comunicación a los investigadores. Las comunicaciones se pueden hacer por medios fijos o móviles. Se pueden utilizar radios portátiles, teléfonos provisionales o teléfonos móviles. Se pueden centralizar las comunicaciones en un puesto de mando instalado en un remolque o en otro lugar.

24.18 Entrevistas. A la llegada al lugar de los hechos, el jefe del equipo debe procurar que se hagan entrevistas por lo menos a los primeros testigos. Estos testigos pueden ser el jefe de bomberos, los bomberos, el personal de extinción de incendios, agentes de policía, vecinos, propietarios, empleados, inquilinos, personas que pasaban por allí, u otras personas que pudieran tener información. El investigador debería buscar información sobre el descubrimiento del incendio, lo que pasó antes de que llegaran los bomberos, los esfuerzos hechos para extinguirlo, el movimiento de las llamas, el tipo de construcción y el contenido del edificio *(véase capítulo 11, Entrevistas).*

Las entrevistas se pueden realizar mientras se están realizando otras tareas. Lo mejor es que una persona sea entrevistada a fondo una vez, en vez de hacerle muchas entrevistas. Si participa en la investigación más de un equipo, normalmente será mejor una entrevista a fondo por un representante de cada uno de los equipos que someter a la persona a varias entrevistas. Así mismo es mejor que participe sólo un miembro de cada equipo, y no más. De este modo, el equipo de entrevistadores resulta de un tamaño manejable y por otro lado no supone más presión para la persona entrevistada.

Las entrevistas conjuntas permiten a los investigadores comentar con los demás las ideas y preguntas, con lo que la entrevista cubre más temas y detalles. Pero habrá veces en que la entrevista conjunta no resulte práctica, como la realizada a los sospechosos por agentes de la autoridad. Se deben redactar resúmenes de las entrevistas para facilitar su comunicación a otros miembros del equipo. Si ha habido declaraciones de importancia, se deberán transcribir lo antes posible.

24.19 Planos y dibujos. Hay que conseguir copias de los anteproyectos y planos del edificio. Los planos ayudan a saber por dónde va la instalación eléctrica, a determinar la capacidad del sistema de calefacción y aire acondicionado y a revisar los sistemas de protección y detección de incendios. También pueden ayudar a hacer planos más precisos para la investigación y a localizar y comprobar el funcionamiento de los equipos. Los planos se pueden pedir al propietario del edificio, a la constructora, al arquitecto o al departamento de edificación del ayuntamiento.

24.20 Análisis del lugar de los hechos. Es necesario analizar y describir el lugar de los hechos y de ello trata el capítulo 13 de esta guía. La documentación incluye planos y diagramas, fotografías y vídeos.

24.21 Modos de investigación. Las personas asignadas al examen físico del lugar de los hechos deben ser los miembros del equipo con más experiencia en la determinación del origen y causas de incendios y explosiones. Para hacer la investigación se puede trazar una especie de cuadrícula, dividiendo la zona en varias partes. Se debe documentar la investigación de cada cuadro e identificar las pruebas recogidas en el mismo. Esta cuadrícula vendrá determinada por la forma del lugar (por ejemplo, por planta o por habitaciones).

Otros métodos de investigación son dividir la zona en tiras, zonas irregulares o analizarla en espiral. Pero con independencia del método utilizado, hay que procurar que las subzonas se solapen para que la cobertura sea completa.

24.22 Pruebas. Antes de retirar las pruebas o escombros, hay que consultarlo con los demás investigadores o partes interesadas. Estas consultas pueden tener lugar en las reuniones periódicas, por carta, en reuniones especiales o en el lugar de los hechos. Los miembros del Comité de jefes de equipo deben establecer la importancia de identificar y proteger las pruebas.

Se puede elegir a un técnico en pruebas para que documente la recogida y conservación de todas ellas. Las pruebas se deben manipular y proteger como ya se ha explicado (véase capítulo 14).

Se debe establecer un protocolo sobre la recogida, manipulación y almacenaje de pruebas en el que se indique un lugar de almacenaje que sea aceptable para todas las partes y se establezcan los métodos de manipulación. Esto requiere a menudo un lugar seguro en el que se tome nota de todas las personas que entren y salen.

Todas las pruebas recogidas deben ser igualmente accesibles a todos los equipos de investigación. Antes de hacer cualquier examen o ensayo destructivo de las pruebas, se debe notificar a todos los equipos. Cada parte interesada puede enviar un experto que participe en el examen.

24.23 Difusión de la información. El equipo debe ser discreto sobre los asuntos que afecten al siniestro y no discutirlos con otras personas que no sean los miembros del equipo. El Comité de jefes de equipo puede designar a una persona u organismo que actúe como portavoz sobre los temas de la investigación. Este portavoz puede ser un funcionario público o el jefe de bomberos.

24.24 Examen del lugar de los hechos. El examen del lugar de los hechos se explica en otros capítulos. Para la investigación de los incendios importantes son válidas las mismas técnicas, pero como normalmente el lugar será más grande, se necesitarán más entrevistas, más datos y más documentación.

24.25 Planificación previa de la investigación. En muchos organismos o empresas privadas, la responsabilidad de determinar el origen y las causas de los incendios y explosiones importantes está asignada a uno o dos investigadores. Pero sigue siendo necesario planificar previamente la investigación.

El concepto de equipo o fuerza de choque permite iniciar la investigación más rápidamente y dedicar más tiempo y recursos a cada tarea, al estar las tareas asignadas a los distintos investigadores del equipo.

Capítulo 25 Publicaciones de referencia

25.1 En esta Guía se han tenido en cuenta los siguientes documentos o partes de los mismos como referencia, por lo que se deben considerar parte de las recomendaciones de la misma. La edición de cada documento es la última en la fecha de publicación en Estados Unidos de esta Guía. Se ha podido hacer referencia a muchos de estos documentos sólo con fines informativos y, por lo tanto, también se listan en el Apéndice C.

25.1.1 Publicaciones de la NFPA. National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101.

NFPA 54, Código nacional de gas combustible, *National Fuel Gas Code,* edición 1999.

NFPA 58, Código sobre gases licuados del petróleo, *Liquefied Petroleum Gas Code*, edición 2001.

NFPA 68, Guía para alivio de explosiones, *Guide for Venting of Deflagrations,* edición 1998.

NFPA 70, Código eléctrico nacional, *National Electrical Code®,* edición 1999.

NFPA 72, Código nacional de alarma contra incendios, *National Fire Alarm Code®*, edición 1999.

NFPA 77, Práctica recomendada sobre electricidad estática, *Recommended Practice on Static Electricity,* edición 2000.

NFPA 121, Estándar sobre protección contra incendios en equipos de minería superficial móvil y autopropulsada, *Standard on Fire Protection for Self-Propelled and Mobile Surface Mining Equipment,* edición 2001.

NFPA 220, Estándar sobre tipos de construcción de edificios, *Standard on Types of Building Construction,* edición 1999.

NFPA 299, Estándar para la protección contra incendios de las personas y la propiedad, *Standard for Protection of Life and Property from Wildfire,* edición 1997.

NFPA 430, Código para el almacenamiento de oxidantes sólidos y líquidos, *Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers,* edición 2000.

NFPA 1500, Estándar sobre el programa de seguridad y salud ocupacional de los bomberos, *Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program,* edición 1997.

NFPA 1971, Estándar sobre el equipo de protección para la lucha contra incendios en edificios, *Standard on Protective Ensemble for Structural Fire Fighting,* edición 2000.

NFPA 1977, Estándar sobre equipos y prendas protectoras para la lucha contra incendios en la naturaleza, *Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting,* edición 1998.

NFPA Manual de protección contra incendios, *Fire Protection Handbook,* edición 15ª (1981), 16ª (1986), 17ª (1991), y 18ª (1997).

Guía de protección contra incendios de materiales peligrosos, *Fire Protection Guide to Hazardous Materials*, 12ª edición, 1997.

Manual del código nacional de gas combustible, *National Fuel Gas Code Handbook,* edición 1996.

SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Society of Fire Protection Engineers,* Quincy, MA, 1988 y 1995.

°SPP 51, Índice de puntos de combustión súbita generalizada de líquidos registrados, *Flash Point Index of Trade Name Liquids,* 1978.

25.1.2 Otras Publicaciones.

25.1.2.1 Publicaciones ANSI. American National Standards Institute, Inc., 11 West 42nd Street, 13th Floor, New York, NY 10036.

ANSI Z129.1, Etiquetado de precaución de productos químicos industriales peligrosos, *Precautionary Labeling of Hazardous Industrial Chemicals,* 2000.

ANSI Z400.1, Hojas de seguridad de productos – preparación; *Material Safety Data Sheets* — Preparation, 1998.

ANSI Z535.1, Código de colores de seguridad, *Safety Color Code,* 1998.

ANSI Z535.2, Señales de seguridad en instalaciones y ambientales, *Environmental and Facility Safety Signs*, 1998.

ANSI Z535.3, Criterios de símbolos de seguridad, Criteria for Safety Symbols, 1998.

ANSI Z535.4, Etiquetas y señales de seguridad de productos, *Product Safety Signs and Labels*, 1998.

ANSI Z535.5, Carteles de prevención de accidentes, *Accident Prevention Tags*, 1998.

25.1.2.2 Publicaciones API. American Petroleum Institute, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005.

RP 2003, Protección contra igniciones resultantes de corrientes estáticas, fugas de corriente y rayos; *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents*, 1991.

25.1.2.3 Publicaciones ASTM. American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM D 56, Método de prueba estándar de puntos de combustión súbita generalizada con probador cerrado, *Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Tester*, 1993.

ASTM D 92, Método de prueba estándar para puntos de fuego y combustión súbita generalizada, por Cleveland Open Cup; *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup*, 1996.

ASTM D 93, Método de prueba estándar para puntos de combustión súbita generalizada, con el probador Pensky-Martens Closed Cup; *Standard Test Method for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester*, 1996.

ASTM D 1230, Método de prueba estándar de productos textiles, *Standard Test Method for Flammability of Apparel Textiles*, 1994.

ASTM D 1265, Método de prueba estándar para muestreo de gases licuados del petróleo (método manual); *Standard Practice for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases (Manual Method)*, 1997.

ASTM D 1310, Método de prueba estándar para puntos de fuego y combustión súbita generalizada de líquidos por aparatos Tag Open-Cup, *Standard Test Method for Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus*, 1986.

ASTM D 1929, Método de prueba estándar para la determinación de la temperatura de ignición de los plásticos, *Standard Test Method for Determining Ignition Temperature of Plastics*, 1996.

ASTM D 2382, Método de prueba estándar para el calor de combustión de los combustibles de hidrocarburos por bomba calorimétrica (método de alta precisión); *Standard Test Method for Heat of Combustion of Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (High Precision Method)*, 1988.

ASTM D 2859, Método de prueba estándar para inflamabilidad de los materiales textiles de recubrimientos del suelo, *Standard Test Method for Flammability of Finished Textile Floor Covering Materials*, 1993.

ASTM D 3659, Método de prueba estándar para inflamabilidad de trajes por método semilimitado, *Standard Test Method for Flammability of Apparel Fabrics by Semi-Restraint Method*, 1980.

ASTM D 3828, Método de prueba estándar para puntos de combustión súbita generalizada con probador cerrado a pequeña escala, *Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Tester*, 1993.

ASTM D 5305, Método de prueba estándar para determinación del contenido de Etil mercaptano en los vapores de LPGs, *Standard Test Method for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor*, 1997.

ASTM E 84, Método de prueba estándar para las características de combustión superficial de los materiales de construcción, *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials*, 1997.

ASTM E 108, Método de prueba estándar para prueba de incendios en los recubrimientos de los techos, *Standard Test Method for Fire Tests of Roof Coverings*, 1996.

ASTM E 119, Método de prueba estándar para resistencia al incendio de construcciones y materiales de edificios, *Standard Methods of Tests of Fire Endurance of Building Construction and Materials*, 2000.

ASTM E 603, Guía estándar para experimentos de incendios en habitaciones, *Standard Guide for Room Fire Experiments*, 1995.

ASTM E 648, Método de prueba estándar para flujo radiante crítico de sistemas de recubrimiento de suelos, utilizando una fuente de energía de calor radiante; *Standard Test Method for Critical Radiant Flux of Floor-Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source*, 1997.

ASTM E 659, Método de prueba estándar para temperatura de autoignición de los productos químicos líquidos, *Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals*, 1978.

ASTM E 681, Método de prueba estándar para límites de concentración de inflamabilidad de productos químicos, *Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals*, 1994.

ASTM E 800, Guía estándar para medida de los gases presentes o generados durante incendios, *Standard Guide for Measurement of Gases Present or Generated During Fires*, 1995.

ASTM E 860, Práctica estándar para los elemento de examen y prueba que están o podrían quedar involucrados en pleitos sobre responsabilidad de productos, *Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Product Liability Litigation*, 1982.

ASTM E 906, Método de prueba estándar para velocidades de liberación de calor y humo visible de materiales y productos, *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates For Materials and Products*, 1997.

ASTM E 1188, Práctica estándar para recogida y conservación de información y elementos físicos por parte de un investigador técnico, *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator*, 1995.

ASTM E 1226, Método de prueba y velocidad de elevación de presión para polvos combustibles, *Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts*, 1994.

ASTM E 1352, Método de prueba estándar para la resistencia a la ignición de cigarrillos en componentes de revestimientos en maquetas de muebles, *Standard Test Method for Cigarette Ignition Resistance of Mock-up Upholstered Furniture Assemblies*, 1994.

ASTM E 1353, Método de prueba estándar para la resistencia a la ignición de cigarrillos en componentes de revestimientos en muebles, *Standard Test Methods for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture*, 1994.

ASTM E 1354, Método de prueba estándar para velocidades de liberación de calor y humo visible de materiales y productos, utilizando un calorímetro con consumo de oxígeno; *Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter*, 1997.

ASTM E 1387, Método de prueba estándar para residuos de líquidos inflamables en extractos de muestras de residuos de incendios, por cromatografía de gases; *Standard Test Method for Ignitable Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography*, 1995.

ASTM E 1459, Guía estándar para etiquetado de pruebas físicas y documentación relacionada, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation*, 1998.

ASTM E 1618, Guía estándar para residuos de líquidos inflamables en extractos de muestras de residuos de incendios, por cromatografía de gases – espectrometría de masas; *Standard Guide for Ignitable Liquid Residues in Extracts from Fire Debris Samples by Gas Chromatography-Mass Spectrometry*, 1994.

25.1.2.4 Publicación IAAI. International Association of Arson Investigators, 300 S. Broadway, Suite 100, St. Louis, MO 63102.

Investigador de fuegos e incendios provocados, *Fire and Arson Investigator* (revista trimestral).

25.1.2.5 Publicación UL. Underwriters Laboratories Inc., 333 Pfingsten Road, Northbrook, IL 60062.

UL 263, Estándar para pruebas de seguridad contra incendios en los materiales y construcción de edificios, *Standard for Safety Fire Tests of Building Construction and Materials,* 1996.

25.1.2.6 Publicación USFA. U.S. Fire Administration, Emmitsburg, MD 21727.

"Estándares mínimos sobre equipos y prendas protectoras de lucha contra incendios en edificios", *"Minimum Standards on Structural Fire Fighting Protective Clothing and Equipment,"* 1992.

25.1.2.7 Publicaciones del gobierno de los Estados Unidos. U.S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

Título 49, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations*, Parte 3280, "Estándares de seguridad y construcción de casas prefabricadas", *"Manufactured Home Construction and Safety Standards (HUD Standard.)"*

Título 49, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations*, Parte 129.625, "Comportamiento humano ante el fuego", *"Fire Related Human Behavior," U.S. Fire Administration,* 257, 1994.

Consumer Safety Act (15 USC, Secciones 2051-2084, y Título 16, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations,* Part 1000).

Hazardous Substances Act (15 USC, Sección 1261 et seq., y Título 16, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations,* Part 1500).

Título 29, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations*, Parte 1910, "Estándar de comunicación de peligros federales", *"Federal Hazards Communication Standard."*

Flammable Fabrics Act (15 USC, Secciones 1191-1204 y Título 16, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations,* Partes 1615, 1616, y 1630-1632.

Federal Food, Drug and Cosmetic Act (15 USC, Sección 321 (m), y Título 21, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations,* Part 600).

Federal Rules of Evidence as amended through 2000.

OSHA Regulations (Título 29, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations*, Parte 1910).

U.S. Senate Committee on Government Operations. Diagrama de la organización de las agencias y departamentos ejecutivos federales, *Chart of the Organization of Federal Executive Departments and Agencies.*

25.1.2.8 Otras referencias.

Babrauskas, V., and J. Krasny. Comportamiento ante el fuego de muebles tapizados, *Fire Behavior of Upholstered Furniture*, NBS Monograph 173. Washington, DC: National Bureau of Standards, November 1985.

Baumeister, T., E. A. Avallone, and T. Baumeister III. Manual Estándar Mark para ingenieros mecánicos, *Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 8ª edición. New York: McGraw-Hill, 1978.

Bennett, C. O., and J. E. Myers. Momento, calor y transferencia de masa; *Momentum, Heat, and Mass* Transfer, 2ª ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 1974.

Diccionario de legislación *Black, Black's Law Dictionary*, 6ª ed., 1990.

Bull, J. P., and J. C. Lawrence. "Condiciones térmicas para producir heridas en la piel", *"Thermal Conditions to Produce Skin Burns."* Fuego y materiales, Fire and Materials 3(2) (Junio 1979): 100-105.

Bustin, W. M., and W. G. Duket. Peligros electrostáticos en la industria del petróleo, *Electrostatic Hazards in Petroleum Industry.* Research Studio Press, Julio 1983.

Douglas, J. E., A. W. Burgess, A. G. Burgess, and R. K. Kessler. Manual de clasificación del crimen, *Crime Classification Manual.* New York: Lexington Books, 1992.

Drysdale, D. Introducción a la dinámica del fuego, *An Introduction to Fire Dynamics.* New York: John Wiley and Sons, 1985.

Fang, J. B., and J. N. Breese. "Desarrollo del fuego en sótanos residenciales", *"Fire Development in Residential Basement Rooms."* National Bureau of Standards (currently NISTJ), NBSIR 80-2120, Gaithersburg, MD, 1980.

Flick, E. W. Manual de disolventes industriales, *Industrial Solvents Handbook,* 4ª edición. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corp., 1991.

Sistema de etiquetado y señalización de seguridad de productos, FMC *Product Safety Sign and Label System.*

Glick, K., and R. Gieck. Fórmulas de ingeniería, Engineering Formulas. 1977.

Guía de plásticos, *Guide to Plastics*. New York: McGraw-Hill, 1989.

Hagglund and Persson. Estudio experimental de la radiación por la madera en llamas, *An Experimental Study of the Radiation from Wood Flames*, FOA Report C 4589-D6(A3). Stockholm: Forsvarerts Forskningsanstalt.

Hagglund and Persson. Radiación de calor por incendios del petróleo, *The Heat Radiation from Petroleum Fuegos (Fires)*, FOA Report C 20126-D6(A3). Stockholm: Forsvarerts Forskningsanstalt.

Hilado, C. J. Manual de inflamabilidad de plásticos, *Flammability Handbook for Plastics*, 4ª ed. Lancaster, PA: Technomic Publishing, 1990.

Kennedy, P., and J. Shanley. "Pruebas sobre marcas de combustión en los EEUU - Programa para el estudio de las marcas de incendio"; *"USFA Fire Burn Pattern Tests - Program for the Study of Fire Patterns."* FA 178, 7/97, (Federal Emergency Management Agency, United States Fire Administration, Emmitsburg, MD, 1997).

Krasny, J. "Ignición por cigarrillos de muebles lisos - Revisión escrita con comentarios"; *Cigarette Ignition of Soft Furnishings* - A Literature Review with Commentary. Center for Fire Research. Washington, DC: National Bureau of Standards, June 1987.

Lawson, D. I. "Fuego y la bomba atómica", *"Fire and the Atomic Bomb."* Fire Research Bulletin, No. 1, HMSO, London, 1954.

Lawson, D. I., and D. L. Simms, "La ignición de la madera por radiación", *"The Ignition of Wood by Radiation."* British Journal of Applied Physics, 3, 1952, 288-292.

Lee, B. T. Características de la velocidad de liberación de calor por fuentes de materiales combustibles en plantas nucleares, *Heat Release Rate Characteristics of Some Combustible Fuel Sources in Nuclear Power Plants*, NBSIR 85-3195. Washington, DC: National Bureau of Standards, 1985.

Lide, D. R., ed. Manual de química y física, *Handbook of Chemistry and Physics,* 71st ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1990-1991.

Putorti, A. J. Jr. (NIST), "Estudio de marcas de incendio en habitaciones a escala real", *"Full Scale Room Burn Pattern Study,"* NIJ Report 601-97, Publication #169 281, (National Institute of Justice, National Criminal Justice Reference Service, Washington, DC, 1997).

Mil-Std-202F, Método de prueba para componentes eléctricos y electrónicos, *Test Method for Electronic and Electrical Components.* "Método 301, Voltaje de resistencia dieléctrica" "Method 301, Dielectric Withstand Voltage." U.S. Department of Defense Military Test Standard, 1998.

Mil-Std-202F, Método de prueba para componentes eléctricos y electrónicos, *Test Method for Electronic and Electrical Components.* "Método 302, Resistencia de aislamiento" "Method 302, Insulation Resistance."

Manual de plásticos, *Plastics Handbook.* New York: McGraw-Hill, 1986-1987.

Restatement of the Law, Second Torts, 402A, American Law Institute, Philadelphia, PA.

Severy, D. M., D. M. Blaisdell, and J. F. Kerkhoff. Incendios por choques de vehículos, *Automobile Collision Fires,* SAE, 741180. Society of Automotive Engineers, 1974.

Tan, S. H. "Diseño de sistemas de bengalas", *"Flare System Design Simplified,"* Procesado de hidrocarburos, Hydrocarbon Processing, 1967, 172-176.

Wood, P. G. Fire Research Note #953, Building Research Establishment, Boreham Wood, UK, 1973.

UNOCAL Lub Oils and Greases Div.

Apéndice A Material explicativo

Este Apéndice no forma parte de las recomendaciones de este documento de la NFPA, y se incluye únicamente a efectos informativos. Contiene material explicativo, numerado para corresponderse con los párrafos del texto aplicable.

A.1.3.10 Aprobado. La National Fire Protection Association no aprueba, inspecciona ni certifica instalaciones, procedimientos, equipos ni materiales ni aprueba o evalúa laboratorios de ensayos. Para determinar la aceptabilidad de instalaciones, procedimientos, equipos o materiales, la autoridad competente puede basarse en normas de aceptación de la NFPA u otras normas. En ausencia de ellas, dicha autoridad puede pedir pruebas de la buena instalación, procedimiento o uso. La autoridad competente puede consultar también las listas o prácticas de etiquetado de cualquier organismo que trate de la evaluación de productos y que esté en situación de determinar si se cumplen las normas en vigor en la fabricación de determinados productos.

A.1.3.17 Calentamiento espontáneo. Proceso resultante de la oxidación, normalmente con la ayuda de la acción bacteriana donde hay involucrados productos agrícolas.

A.1.3.18 Calor. El calor se mide en julios, calorías o unidades térmicas británicas (Btu's). El calor no se mide en grados Centígrados o Farenheit, la unidad preferida es el julio. Un julio/segundo es un watio *(ver 1.3.132).*

A.1.3.19 Calor de ignición. La energía calorífica surge de varios modos y normalmente de un objeto o fuente específica. Por lo tanto, el calor de ignición se divide en dos partes: (a) equipo involucrado en la ignición y (b) forma del calor de ignición.

A.1.3.30 Ciencia del fuego. Ver fuentes en la sección B.2.

A.1.3.31 Código. La decisión para designar un estándar como un "código" se basa en factores tales como el tamaño y alcance del documento, su uso previsto y la forma de adopción, y si contiene sustanciales provisiones administrativas y obligatorias. Hay otros organismos que elaboran estándares y que definen la palabra código de forma diferente.

A.1.3.48 Dilatación térmica. La cantidad de este incremento por grado de temperatura, denominado coeficiente de dilatación térmica, es diferente para cada sustancia.

A.1.3.49 Dinámica del fuego. Ver fuentes en la sección B.1.

A.1.3.52 Estándar. Hay otros organismos que elaboran estándares y que definen la palabra estándar de forma diferente.

A.1.3.70 Guía. Hay otros organismos que elaboran estándares y que definen la palabra guía de forma diferente.

A.1.3.105 Incendio provocado. Las definiciones legales precisas varían entre jurisdicciones, donde se definen por decisiones judiciales y estatutos.

A.1.3.75 Indicador de gases combustibles. Muchas unidades pueden indicar el porcentaje del límite inferior de explosividad en una mezcla aire-gas.

A.1.3.99 Plástico. Los plásticos suelen estar hechos de resinas, polímeros, derivados de la celulosa, caseínas, y proteínas. Los tipos principales son termoestables y termoplásticos.

A.1.3.101 Práctica recomendada. Hay otros organismos que elaboran estándares y que definen la palabra práctica recomendada de forma diferente.

A.1.3.115 Sobrecarga. Una avería, como un cortocircuito o fallo de conexión a tierra, no es una sobrecarga *(ver también 1.3.87).*

A.1.3.118 Tasa de liberación de calor (HRR). La velocidad de liberación de calor de un combustible está relacionado con su química, forma física, y disponibilidad de oxidante, y suele expresarse como Btu/s o kilowatios (kW).

A.1.3.119 Temperatura. La menor temperatura posible es el cero absoluto en la escala de temperaturas Kelvin (-273 grados en la escala Celsius). En el cero absoluto de temperatura, un cuerpo no puede liberar energía alguna.

A.1.3.119.1 Temperatura absoluta. Las escalas Celsius y Fahrenheit son escalas relativas que utilizan "grados". Las escalas Kelvin y Rankine son escalas absolutas que no utilizan el término grado.

A.1.3.119.3 Temperatura de Ignición. Los datos suministrados se obtienen bajo condiciones de prueba específicas y puede que no reflejen una medida en la superficie de la substancia. Se conoce como temperatura de ignición pilotada a la ignición por la aplicación de una llama piloto sobre la superficie calentada. La ignición sin una fuente de energía pilotada también ha sido denominada temperatura de autoignición, temperatura propia de ignición, o temperatura de ignición espontánea. La temperatura de ignición determinada en las pruebas estándar suele ser menor que la temperatura de ignición en una situación de incendio real.

A.1.4 En el Manual NFPA de protección contra incendios, Fire Protection Handbook, o en ASTM E 380, Standard for Metric Practice, hay una lista completa de factores de conversión.

A.3.1.1.2 Para más información sobre límites de inflamabilidad, véase USBM Características de inflamabilidad de vapores y gases combustibles, *Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors.*

A.3.3 Para más información, véase Ohlemiller, "Combustión incandescente", "Smoldering Combustion."

A.3.5.4.1 Para más información sobre combustión súbita generalizada en habitaciones, véase Babrauskas, "Estimación sobre posibilidad de combustión súbita generalizada en habitaciones", *"Estimating Room Flashover Potential."*

A.3.5.5 Hay más información sobre altura de llama en SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Sección 1, Capítulo 18.

A.4.2.2.1 Para más información, véase las fuentes listadas en la Sección B.3.

A.4.5.2 Para más información, véase Drysdale, Introducción a la dinámica del fuego, *An Introduction to Fire Dynamics.*

A.4.6.1 Para más información, véase Smith, "Fragmentos de hormigón: revisión y pruebas de incendios controlados", *"Concrete Spalling: Controlled Fire Tests and Review."*

A.4.12.1 La profundidad de la carbonización en tableros de yeso es parecido a la profundidad de carbonización en la madera y muchas de las técnicas son las mismas. Véanse las secciones 4.5. y B.4. para más información.

A.4.13.1 Para más información, véanse las siguientes fuentes.

Skelly, Investigación experimental sobre rotura de cristales en fuegos confinados, *An Experimental Investigation of Glass Breakage in Compartment Fires.*

Lentini et al., "Características de las plantas bajas en edificios residenciales que se han quemado completamente: la experiencia Oakland"; *"Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion: The Oakland Experience."*

Para más información sobre la liberación de presiones durante los incendios, véase Fang y Breese, Desarrollo de incendios en sótanos; *Fire Development in Basement Rooms.*

Para más información sobre explosiones y cristales, véase Harris, Investigación y control de explosiones de gas en edificios y plantas térmicas; *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants.*

A.4.13.2 Para más información, véase Cooke e Ide, Principios de la investigación de incendios, *Principles of Fire Investigation.*

A.4.14 Para más información sobre muelles de muebles desplomados, véase Tobin y Monson, "Muelles desplomados en las investigaciones de incendios provocados: evaluación metalúrgica crítica"; *"Collapsed Springs in Arson Investigations: A Critical Metallurgical Evaluation."*

A.4.16.1.4 Para más información sobre flujo crítico radiante de recubrimientos de suelos, véase NFPA 253, Método de prueba estándar para flujo radiante crítico en sistemas de recubrimiento de suelos, utilizando una fuente de energía de calor radiante *(Standard Method of Test for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source)*, Capítulo 2, así como el Manual NFPA de protección contra incendios (NFPA Fire Protection Handbook), 18ª edición, Sección 7, Capítulo 3.

Véase también Fang y Breese, Desarrollo de incendios en sótanos; *Fire Development in Basement Rooms.*

A.4.17 Para más información véanse las fuentes en la Sección B.5.

A.6.3.1 Para más información véase NFPA 70, Código Nacional Eléctrico *(National Electrical Code)*, o la NFPA Manual del código eléctrico nacional *(National Electrical Code Handbook)*

A.6.7.4 Véase la figura 6.10.6.2(f) de una fotografía de un conductor de aluminio fundido solidificado.

A.6.9.4.4 Hay más información sobre Huella de arco en *Campbell, Flashover Failures from Wet-Wire Arcing and Tracking*, y en *Cahill and Dailey, Aircraft Electrical Wet-Wire Arc Tracking.*

A.6.10.2 Para más información, véase Beland, "Consideraciones sobre el arco como causa de incendio" *(Considerations on Arcing as a Fire Cause)*, y Beland, "Daños eléctricos - ¿Causa o consecuencia?" *(Electrical Damages - Cause or Consequence?).*

A.6.10.3 Para más información, véase Beland, "Consideraciones sobre el arco como causa de incendio" *(Considerations on Arcing as a Fire Cause)*, y Beland, "Daños eléctricos - ¿Causa o consecuencia?" *(Electrical Damages - Cause or Consequence?).*

A.6.10.4 Para más información, véase Ettling, "Conexiones incandescentes", *"Glowing Connections."*

A.6.10.5 Para más información, véase Beland, "Examen de conductores eléctricos tras un incendio", *"Examination of Electrical Conductors Following Fire."*

A.6.10.6.3 Para más información, véase Beland et al., "Interacciones Cobre-Aluminio en situaciones de incendio", *"Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments."*

A.6.10.6.4 Para más información, véase Ettling, "Marcas de arcos y muescas en cables y calentamiento en muescas", *"Arc Marks and Gouges in Wires and Heating at Gouges."*

A.6.11.8 Para más información, véase Ettling, "Grapas en contacto con el conductor como causa del incendio" *(The Overdriven Staple as a Fire Cause)*, y Ettling, "Inflamabilidad del aislamiento eléctrico de PVC por arco" *(Ignitability of PVC Electrical Insulation by Arcing).*

A.6.12.2.1 Para más información sobre estática en líquidos inflamables, véase API RP 2003 Protección contra igniciones resultantes de corrientes estáticas, fugas de corriente y rayos; *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents.*

A.6.12.2.3 Para más información sobre carga por transferencia, véase 5.6.10., edición 1996 de la NFPA 30 Código de líquidos inflamables y combustibles *(Flammable and Combustible Liquids Code)*; apéndice B de NFPA 385, Estándar para vehículos cisterna de líquidos inflamables y combustibles *(Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids)*; API RP 1004 Llenado inferior y recuperación de vapor en los tanques MC-306 de vehículos a motor *(Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 Tank Motor Vehicles)*; y API RP 2013, Limpieza de tanques móviles en servicios de líquidos combustibles o inflamables *(Cleaning Mobile Tanks*

in Flammable or Combustible Liquid Service).

A.6.12.3 Para más información, véase NFPA 77, Práctica recomendada sobre electricidad estática, *Recommended Practice on Static Electricity.*

A.6.12.4 Para más información, véase NFPA 77, Práctica recomendada sobre electricidad estática, *Recommended Practice on Static Electricity.*

A.6.12.8 Para más información, véase NFPA Manual de protección contra incendios, *Fire Protection Handbook*, Sección 3, capítulo 5.

A.7.2 Se puede encontrar información asicional sobre las propiedades de los gases combustibles en NFPA Manual de gases licuados del petróleo *(Liquefied Petroleum Gases Handbook)* y en NFPA Manual del código nacional de gases combustibles *(National Fuel Gas Code Handbook).*

A.7.3.1 Para más información, véase el Título 49, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations,* Parte 178.

A.7.4.1.1 Para más información, véase ASME Código sobre calderas y aparatos a presión, *Boiler and Pressure Vessel Code.*

A.7.4.1.2 Para más información, véase ASME Código sobre calderas y aparatos a presión, *Boiler and Pressure Vessel Code.*

A.7.7.1.3 Para más información, véase *U.S. Consumer Products Safety Commission Working Group on Gas Voluntary Standards.* Colocación de papel en los calentadores a gas de agua, para prevenir la ignición de vapores inflamables *(Position Paper on Gas Water Heaters to Prevent Ignition of Flammable Vapors).*

A.7.8 Para más información, véase el Manual de ingenieros del gas *(Gas Engineers Handbook)*, de la American Gas Association.

A.7.9.3.8 Para más información, véase Kennedy and Kennedy, Análisis e investigación de explosiones, *Explosion Investigation and Analysis.*

A.7.9.4.2 Para más información, véase NFPA Manual de gases licuados del petróleo, *Liquefied Petroleum Gases Handbook,* y NFPA Manual del código nacional de gases combustibles, *National Fuel Gas Code Handbook.*

A.7.9.7 Para más información, véase el Manual de ingenieros del gas *(Gas Engineers Handbook),* de la American Gas Association.

A.7.9.7.1 Véanse las fuentes listadas en la Sección B.6.

A.8.3.2.1 Véase *Latine and Darley, Journal of Person Soc. Psych.*

A.8.3.2.2 Véase Bryan, "Estudio de los informes de supervivientes al pánico en el incendio de Arundel Park Hall, Brooklyn, Maryland, el 29 de enero de 1956." *(A Study of the Survivor's Reports on the Panic in the Fire at Arundel Park Hall,* Brooklyn, Maryland, on January 29, 1956).

A.8.3.3.4 Para más información, véase NFPA Manual de protección contra incendios, *Fire Protection Handbook,* 18ª edición, Sección 8, Capítulo 1, por J. L. Bryan.

A.9.1 Aunque muchos de los conceptos y normas legales básicas son parecidas en Canadá, también hay importantes diferencias. El investigador debe ser cuidadoso en la aplicación de las normas legales esbozadas en este capítulo para investigaciones bajo control de las leyes canadienses. Véase Hewitt, "Pleitos sobre pérdidas por incendios en Canadá: una guía practica" *(Fire Loss Litigation in Canada: A Practical Guide)* para explicaciones sobre las reglas referidas a temas legales, procedimientos y pruebas, explicadas en este capítulo.

A.10.1 Para más información en relación a las exigencias de seguridad o entrenamiento, véanse las regulaciones de seguridad y salud ocupacional locales, estatales o federales, y J. W. Munday, Seguridad en los lugares del incendio e incidentes relacionados, *Safety at Scenes of Fire and Related Incidents.*

A.11.1 Para formularios pertinentes que se pueden utilizar para recoger declaraciones de testigos e información del seguro, y para conseguir otros registros y documentos relevantes para la investigación del fuego, véase NFPA 906, Guía para las notas de campo en un incendio *(Guide for Fire Incident Field Notes)*, Formulario 906.6 (declaraciones de testigos); formulario 906.10 (información del seguro); y formulario 906.11 (registros / documentos).

A.12.6 Para un formulario pertinente que se puede utilizar para recoger datos de supervisión del caso, véase NFPA 906, Guía para las notas de campo en un incendio *(Guide for Fire Incident Field Notes),* Formulario 906.0 (supervisión del caso). Este formulario ayudará al investigador a seguir la pista del avance de la investigación, incluyendo qué se ha hecho, qué se necesita hacer, así como designaciones, fechas, y otra información pertinente para la gestión del caso.

Para más información, véase Icove et al., Lucha contra incendios provocados con ánimo de lucro, *Combatting Arson for Profit.*

A.13.1 Para formularios pertinentes que se pueden utilizar para registrar las fotografías tomadas y hacer un diagrama del lugar de los hechos, véase NFPA 906 Guía para las notas de campo en un incendio *(Guide for Fire Incident Field Notes)*, Formulario 906.8 (Fotografías) y formulario 906.9 (esquemas). NFPA 170, Estándar para símbolos de seguridad contra incendios, Standard for Fire Safety Symbols, proporciona útiles símbolos para la realización de diagramas de lugares donde se han producido incendios o explosiones. También se puede encontrar información útil en la Sección 11 del Capítulo 14 de "Formatos para inspección, valoración y cartografía del peligro de incendio" *(Formats for Fire Hazard Inspecting, Surveying, and Mapping)*, del NFPA Manual de protección contra incendios, Fire Protection Handbook.

A.13.4.4 Muchas referencias, como la NFPA 170, Estándar para símbolos de seguridad contra incendios *(Standard for Fire Safety Symbols)* están disponibles y se pueden utilizar como ayuda.

A.13.6 Se puede obtener más informacion contactando con organizaciones específicas como la Construction Specifications Institute (CSI), 601 Madison St., Alexandria, VA 22314-1791.

A.14.1 Para formularios pertinentes que se pueden utilizar para documentar las pruebas físicas, véase NFPA 906 Guía para las notas de campo en un incendio *(Guide for Fire Incident Field Notes),* Formularios 906.2a, 2b y 2c (fuego en edificios); formulario 906.3 (vehículos a motor); formulario 906.4 (incendios en la naturaleza); y formulario 906.5 (fallecimientos).

A.14.3 Para más información, véase Smith, "Papel y responsabilidad

de los bomberos en la conservación del lugar de los hechos y pruebas físicas" *(Firefighters Role and Responsibility in Preserving the Fire Scene and Physical Evidence).*

A.14.4.2 Para más información, véase Massachusetts Chapter of International Association of Arson Investigators, Guía de bolsillo para recogida de pruebas acelerantes *(A Pocket Guide to Accelerant Evidence Collection.)*

A.14.5.1 Hay guías útiles para el investigador en ASTM E 1188, Práctica estándar para recogida y conservación de información y objetos por parte de un investigador técnico *(Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator);* ASTM E 1459, Guía estándar para etiquetado de pruebas físicas y documentación relacionada *(Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation);* y ASTM E 860, Práctica estándar para examen y prueba de objeto que están o pueden verse afectados en pleitos por resposabilidad civil *(Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Product Liability Litigation).*

A.14.5.3.4 Para más información, véase IAAI Forensic Science Committee, "Position on Comparison Samples."

A.14.5.3.5 Para más información, véase Kurz et al., "Evaluación de perros para la detección de aceletantes en los lugares del incendio" *(Evaluation of Canines for Accelerant Detection at Fire Scenes);* DeHaan, "Equipos de perros detectores de acelerantes: validación y certificación" *(Canine Accelerant Detection Teams: Validation and Certification)*; y Tindall and Lothridge, "Evaluación de 42 equipos de perros detectores de acelerantes" *(An Evaluation of 42 Accelerant Detection Canine Teams).*

A.15.2.3 Hay una detallada explicación del proceso de creación de diagramas en las páginas 51-56 de "Pruebas de la USFA sobre marcas de incendio– Programa para el estudio de las marcas de incendio" *(USFA Fire Burn Pattern Tests - Program for the Study of Fire Patterns).*

A.17.3.1 Para más información sobre árboles de fallo, véase NFPA Manual de protección contra incendios *(Fire Protection Handbook),* 18ª edición, páginas 37-41; NFPA 550, Guía para el árbol de conceptos de seguridad contra incendios *(Guide to the Fire Safety Concepts Tree)*, App. C; y Kimamoto and Henley, Valoración y gestión de la probabilidad del riesgo para ingenieros y científicos *(Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists),* Capítulo. 4.

A.17.4.6 Para más información sobre el análisis de las vías evacuación, véase Sección B.7.

A.17.4.7
Hay exposiciones más extensas sobre módelos y análisis de dinámica del fuego en NFPA Manual de protección contra el fuego *(Fire Protection Handbook),* y en el SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios *(SFPE Handbook of Fire Protection Engineering).*

A.17.5.2 La figura A.17.5.2. muestra ejemplos sobre los formularios que se pueden utilizar para la recogida de datos para el modelado de fuegos en habitaciones.

A.18.1 Las referencias de la Sección B.8. son valiosas al considerar información técnica adicional sobre explosiones que afectan a edificios o recipientes.

A.18.2 Para más información, véase el NFPA Manual de protección contra el fuego *(Fire Protection Handbook)*, 18ª edición, Sección 1, Capítulo 6.

A.18.2.1 Para más información sobre BLEVEs, véase Walls, "¿Exactamente qué es una BLEVE?" *(Just What Is a BLEVE?)*, y Best and Walls "BLEVEs en calentadores de agua caliente en escuelas de niños de siete años" *(Hot Water Heater BLEVE in School Kills Seven).*

A.18.2.3 Para más información, véase el NFPA Manual de protección contra el fuego *(Fire Protection Handbook)*, 18ª edición, Sección 1, Capítulo 6.

A.18.3.2 Para más información, véase Kennedy and Kennedy, "Análisis e investigación de explosiones" *(Explosion Investigation and Analysis).*

A.18.7.3 Se puede encontrar más información en Yallop, Investigación de explosiones *(Explosion Investigation).*

A.18.8.1 Para más información, véase NFPA 77, Práctica recomendada sobre electricidad estática, Recommended Practice on Static Electricity.

A.18.8.2.1 Las siguientes referencias dan información adicional sobre velocidades de llama:

Harris, La investigación y el control de las explosiones de gas en edificios y plantas térmicas *(The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants)*

NFPA 68, Guía para el venteo de deflagraciones *(Guide for Venting of Deflagrations).*

A.18.8.2.2 Para más información, véanse las siguientes publicaciones:

Kennedy and Kennedy, Fuegos y explosiones - determinación de la causa y el origen *(Fires and Explosions - Determining Cause and Origin).*

O'Loughlin and Yokomoto, "Cálculo por ordenador de la propagación en una dimensión de gas inflamable fugando" *(Computation of One-Dimensional Spread of Leaking Flammable Gas).*

Rabinkov, "Distribución de concentraciones de gas inflamable en habitaciones" *(The Distribution of Flammable Gas Concentrations in Rooms).*

A.18.8.2.4 Para más información, véanse las siguientes publicaciones:

Bartknecht, Explosions - Course Prevention Protection.

NFPA 68, Guía para el venteo de deflagraciones *(Guide for Venting of Deflagrations).*

Zalosh, "Protección contra explosiones" *(Explosion Protection).*

A.18.8.2.5 Para más información, véase NFPA 68, Guía para el venteo de deflagraciones *(Guide for Venting of Deflagrations).*

A.18.8.4 Para más información, véase Harris, La investigación y el control de las explosiones de gas en edificios y plantas térmicas *(The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants)*

FIGURA A.17.5.2 Hoja de recogida de datos para el modelado de fuegos en habitaciones

FORMULARIO EJEMPLO PARA DATOS DE MODELADO DE INCENDIOS EN RECINTOS

Habitación número _____ Uso _____

Tamaño (usar planos si es posible) Pared/suelo/techo

Construcción

Longitud _____ _____

Ancho _____ _____

Altura _____ _____

Materiales de recubrimiento (que representan más del 10% del recubrimiento de la habitación)
(Incluir espesor, densidad, y otras características conocidas del material)

Material de la pared Porcentaje de paredes o área afectada

_____ _____

_____ _____

_____ _____

Material del techo

_____ _____

_____ _____

Suelo o material recubriendo el suelo

_____ _____

_____ _____

Puertas, Ventanas, y otras aperturas [Introducir todas las alturas como distancia al suelo. Si el umbral de la puerta está en el suelo, introducir cero (0)]

Aperturas	Al techo	Al umbral	Ancho	Cambios durante el incendio (¿Cómo?)[1]

[1] Por ejemplo: "Ventana rota a las 10:33" o "La puerta estuvo cerrada hasta que la abrió el ocupante que huía, permaneciendo abierta desde ese momento - hora de salida 10.30."

(Página 1 of 2)

FIGURA A.17.5.2 Continuación

DATOS PARA MODELADO DE INCENDIOS EN RECINTOS

Calefacción, Ventilación y aire acondicionado (HVAC). Incluir caudales de aire de estos sistemas.

Dar las velocidades y posiciones de entrada y salida de aire en esta habitación. También los tamaños y tipos de conductos y difusores

Espesor de las paredes, ventanas cerradas, ajustes de las puertas, etc (a no ser que el ajuste esté muy mal, clasificarlo como estrecho, medio o perdido. Si es así, intentar dar el tamaño, número y ubicación de grietas, etc).

Puertas

Ventanas

Paredes interiores

Paredes exteriores

Desarrollo del incendio (lista de eventos significativos relacionados con el desarrollo del incendio)

Tiempo (fijo o relativo)	Evento
E.j. 1:10 am	Sofá afectado, llamas de 5 pies de alto
1:17 am	Combustión súbita generalizada de la habitación
1:19 am	Grandes llamas en el pasillo
1:23 am	Salida de humos en la ventana del tercer piso

Descripción elementos combustibles iniciales

Descripción	Tamaño	Material
E.j. Sofá	Grande	Poliuretano, con recubrimiento de algodón

Supuesta fuente de ignición (listar fuentes de ignición conocidas con estimación de su probabilidad)

Fuente de ignición E.j. cigarrillo

Probabilidad Probable

(Página 2 de 2)

A.18.9.1 Para más información, véase Hertzberg and Cashdollar, "Dominios de inflamabilidad y facilidad de ignición térmica del carbón pulverizado y otros polvos: dependencia del tamaño de partícula y análisis de residuos microscópicos" *(Domains of Flammability and Thermal Ignitibility for Pulverized Coals and Other Dusts: Particle Size Dependence and Microscopic Residue Analyses)*, y USBM, "Explosividad e inflamabilidad de medios abrasivos plásticos" *(Explosibility and Ignitibility of Plastic Abrasive Media)*.

A.18.9.2 Para más información, véase USBM Liberación de presión en explosiones de polvo en laboratorio *(Pressure Development in Laboratory Dust Explosions)*.

A.18.9.4 Para más información, véase USBM Prevención de la ignición de polvos en dispersión por inertización *(Preventing Ignition of Dust Dispersion by Inerting)*.

A.18.12 Para más información, véase Institute of Makers of Explosives, Glosario sobre términos industriales de explosivos comerciales *(Glossary of Commercial Explosives Industry Terms)*.

A.18.17.3 Para explosivos de fase condensada, se puede utilizar una metodología similar a la existente en el ejército de los EEUU, "Edificios para resistir los efectos de explosiones accidentales" *(Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions)* para valorar la cantidad y configuración de explosivos necesarios para causar el daño.

Los efectos grandes de campo vienen asociados con los daños por explosión que resultan del frente aéreo de explosión y fragmentos volantes. Se puede deducir la energía equivalente de TNT del sistema explosivo por el peso del proyectil, distancia y daño resultante. Se pueden encontrar más detalles en *National Fire Academy, Fire Dynamics Course Guide/Reader, Unit 4 - Explosions.*

A.19.2.4 Ver Carman, "Acelerantes de alta temperatura, estudio de los informes de incendio por estos acelerantes en los Estados Unidos y Canadá entre enero de 1981 y agosto de 1991" *(High Temperature Accelerants, A Study of HTA Fires Reported in the United States and Canada Between January 1981 and August 1991)*.

A.19.4.1.1 Para más información, ver Icove, Investigación y análisis de fuegos provocados *(Incendiary Fire Analysis and Investigation)*.

A.19.4.8 Ver Manual de clasificación del crimen *(Crime Classification Manual)*, p. 165.

A.19.4.8.2 Ver Sapp et al., "Análisis de incendiarios en serie motivados por ofensas" *(A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist)*, páginas 4 y 71.

A continuación están las clasificaciones numéricas de los incendiatios, utilizados por el Manual de clasificación del crimen *(Crime Classification Manual)*.

Vandalismo (200)
Daños intencionados y maliciosos (201)
Presión / aceptación del grupo o camaradas (202)
y otros – no clasificados (209)
Excitación (210)1
Busca aterrorizar (211)
Busca atención (212)
Reconocimiento (213)
Perversión o recompensa sexual (214)
Venganza (220)
Desquite personal (221)
Desquite social (222)
Desquite contra las instituciones (223)
Desquite en grupo (224)
Intimidación (225)
Otro (229)
Ocultación del crimen (230)
Asesinato (231)
Suicidio (232)
Destrozos y asalto o robo con allanamiento de morad (233)
Malversación (234)
Hurto (235)
Destrucción de registros o documentos (236)
y otros (239)
Beneficio (240)
Incendios fraudulentos (241)
Fraude para cobrar el seguro (241.01)
Fraude para liquidar una propiedad (241.02)
Fraude para disolver un negocio (241.03)
Fraude para ocultar una pérdida o liquidar las existencias (241.04)
Empleo (242)
Evacuación de propiedades y parcelas (243)
Competencia (244)
Otro (249)
Extremistas (250)
Terrorismo (251)
Disturbios civiles / alborotos (253)

A.19.4.8.2.2 Ver DeHaan, Investigación de incendios de Kirk *(Kirk's Fire Investigation)*, página 400.

A.19.4.8.2.3 Ver Sapp et al., "Análisis de incendiarios en serie motivados por ofensas" *(A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist)*, páginas 7-8, 28, 31, 38, 41. Ver también DeHaan, Investigación de incendios de Kirk *(Kirk's Fire Investigation)*, página 402.

A.19.4.8.2.4 Ver DeHaan, Investigación de incendios de Kirk *(Kirk's Fire Investigation)*, página 402.

A.19.4.8.2.5 Ver DeHaan, Investigación de incendios de Kirk *(Kirk's Fire Investigation)*, página 396-398.

A.19.4.8.2.6 Ver DeHaan, Investigación de incendios de Kirk *(Kirk's Fire Investigation)*, página 403.

A.20.3.5 Para más información, ver Spitz, Investigación medicolegal de Spitz y Fisher sobre muertes *(Spitz and Fisher's Medicolegal Investigation of Death)*, Capítulo 2, Heridas térmicas.

A.20.4.2 Para más información, ver Sección B.9.

A.20.5.1 Para más información, ver Sección B.10.

A.20.7.1.4 Se suelen utilizar posters para recordar a las personas que la ley exige informar sobre heridas por quemadura. Se muestra un ejemplo en la figura A.20.7.1.4.

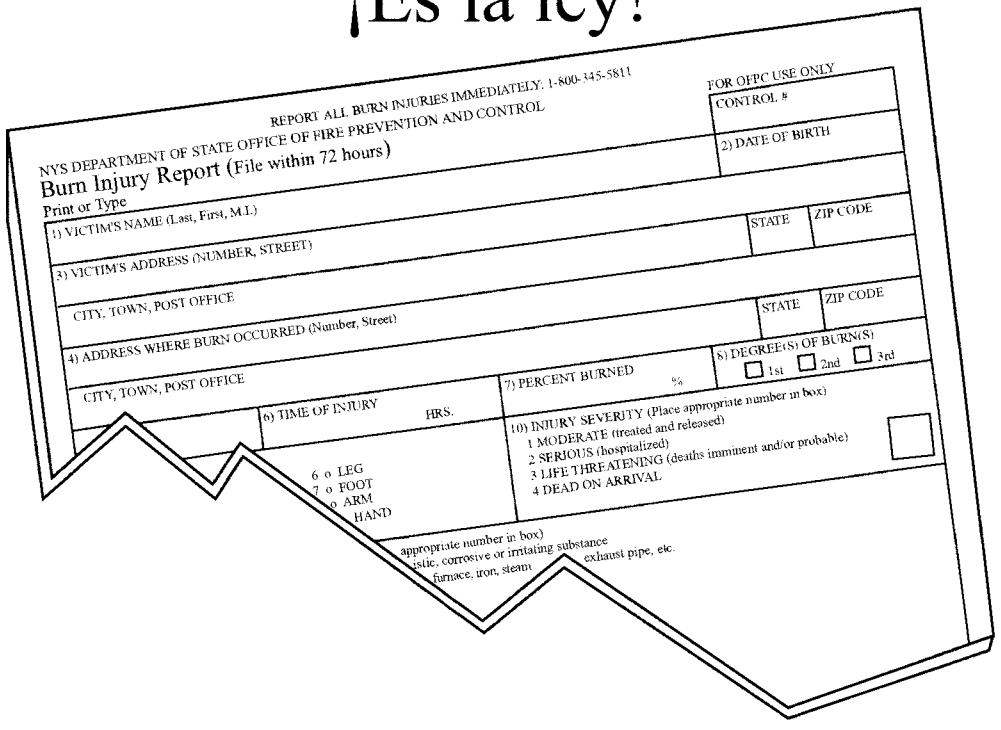
A.21.5.1.1 Para información adicional sobre el acero y el efecto del fuego en él, ver Lentini et al., "Características de las plantas bajas de los edificios residenciales que se han quemado completamente: la experiencia Oakland" *(Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion: The Oakland Experience.)*

FIGURA A.20.7.1.4 Ejemplo de un poster para recordar a las personas que la ley exige informar sobre heridas por quemadura.

(Divulgar, por favor)

¡COMUNIQUE TODOS LOS INCENDIOS INMEDIATAMENTE!

¡Es la ley!*



Llamar a la oficina NYS de control y prevención de incendios
Línea gratuita de atención 24 horas:
1-800-345-5811

- Quemaduras de 2° y 3° grado 5% O MÁS S.B.A.
- Quemaduras en el TRACTO SUPERIOR RESPIRATORIO
- EDEMA EN LA LARINGE por inhalación de aire muy caliente
- Cualquier quemadura que pueda llevar a la muerte

*Section 265.28 of the New York State Penal Law

Department of State
Gail S. Shalfer, Secretary of State

STATE OF NEW YORK
Mario M. Cuomo, Governor

Office of Fire Prevention and Control
Francis A. McGarry, State Fire Administrator

Para más información sobre las aleaciones de metales durante un incendio, ver Beland, "Daños eléctricos - ¿Causa o consecuencia?" *(Electrical Damages - Cause or Consequence?")*, y Beland et al., "Interacciones Cobre-Aluminio en situaciones de incendio", *"Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments."*

A.22.3.1 Para más información, ver API PUBL 2216, Riesgo de ignición de vapores de hidrocarburos por superficies calientes al aire libre *(Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air)*.

A.22.4.2.3 Para más información, ver Severy er al., Incendios por choque de automóviles *(Automobile Collision Fires)*.

A.22.4.3 Para más información, ver Cole, Investigación de los incendios en vehículos a motor: guía para el cumplimiento de la ley, para bomberos y personal de compañías de seguros *(The Investigation of Motor Vehicle Fires: A Guide for Law Enforcement,*

Fire Department and Insurance Personnel). Ver también API PUBL 2216, Riesgo de ignición de vapores de hidrocarburos por superficies calientes al aire libre *(Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air)*.

A.22.4.4 Para más información, ver Severy er al., Incendios por choque de automóviles *(Automobile Collision Fires)* y API PUBL 2216, Riesgo de ignición de vapores de hidrocarburos por superficies calientes al aire libre *(Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air)*.

Para más información sobre chispas mecánicas como fuente de ignición, ver Campell, Valoración de los peligros de ignición por chispas de rozamiento en los incendios de aviones estrellados *(Appraisal of the Hazards of Friction-Spark Ignition of Aircraft Crash Fires)*, y API PUBL 2214 Propiedades de ignición por chispas de herramientas manuales *(Spark Ignition Properties of Hand Tools)*.

A.22.5.1.2 Para más información sobre sifonado en la línea de combustible, ver SAE Paper 980561, "Sifonado en la línea de combustible de automóviles" *(Automotive Fuel Line Siphoning)*, por T. Green.

A.24.8 Podría ser apropiado considerar el Incident Command System (ICS) o Sistema de Mando como la herramienta de gestión para las investigaciones de fuegos importantes, ya que está obteniendo un amplio uso entre las agencias públicas con responsabilidades en la investigación de incendios. La información del Sistema de mano está disponible en la NFPA, en la Federal Emergency Management Agency/U.S. Fire Administration, agencias estatales de incendio, y muchos colegios.

Apéndice B Bibliografía

Este apéndice no es parte de las recomendaciones de este documento NFPA, y se incluye únicamente a efectos informativos

B.1 Dinámica del fuego. Para información sobre dinámica del fuego, veánse los siguientes:

Drysdale, D. Introducción a la dinámica del fuego, An *Introduction to Fire Dynamics*. 2ª ed., capítulo 1, p. 1, mitad del tercer párrafo, 1999.

Friedman, R. Principios de física y química de la protección contra el fuego, *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, 3ª edición, capítulo 6, p. 75, 1998.

B.2 Ciencia del fuego. Para más información sobre ciencia del fuego, véase lo siguiente.

NFPA Manual de protección contra incendios, Fire Protection Handbook, 18ª ed., Sección 1, 1997.

Quintere, J. G. Principios de comportamiento del fuego, *Principles of Fire Behavior.* Delmar, 1997.

Drysdale, D. Introducción a la dinámica del fuego, *An Introduction to Fire Dynamics*. 2ª ed., 1999.

Friedman, R. Principios de física y química de la protección contra el fuego, *Principles of Fire Protection Chemistry and Physics*, 3ª ed., 1998.

B.3 Efectos de la ventilación de la sala en la magnitud y localización de la marca Véanse las siguientes fuentes.

Kennedy, P., and J. Shanley. "Informe del programa de la Administración Estadounidense contra el fuego (USFA) para el estudio de las marcas del fuego" *(Report on the United States Fire Administration (USFA) Program for the Study of Fire Patterns)*. Proceedings, InterFlam 96, Interscience Ltd., London, 1966.

Shanley, J. "Pruebas de marca de fuego de la USFA" *(USFA Fire Burn Pattern Tests)*, United States Fire Administration, Emmitsburg, MD, FA 178, 1997.

B.4 Calcinación. Véanse las siguientes fuentes.

Kennedy, P., and J. Shanley. "Informe del programa de la Administración Estadounidense contra el fuego (USFA) para el estudio de las marcas del fuego" (Report on the United States Fire Administration (USFA) Program for the Study of Fire Patterns). Proceedings, InterFlam 96, Interscience Ltd., London, 1966.

Lawson, J. R. "Evaluación de las propiedades contra incendios de los productos genéricos de tablero de yeso" (An Evaluation of Fire Properties of Generic Gypsum Board Products). NBSIR 771265, U. S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, August, 1977.

Shanley, J. "Pruebas de marca de fuego de la USFA" (USFA Fire Burn Pattern Tests), United States Fire Administration, Emmitsburg, MD, FA 178, July 1997.

B.5 Geometría de las marcas. Véanse las siguientes fuentes.

Putroti, Anthony, D. Jr. (NIST), "Estudio de marcas de fuego en habitaciones a escala real" (Full Scale Room Burn Pattern Study), NIJ Report 601-97, Publication #169 281, National Institute of Justice, National Criminal Justice Reference Service, Washington, DC, 1997.

Stanley, J.H. Jr.; Alletto, W.C.; Corry, R.; Herndon, J.; Kennedy, P.M.; Ward, J.; Federal Emergency Management USFA Fire Burn Pattern Tests. Report of the United States Fire Administration Program for the Study of Fire Patterns. FA 178; 221 p. July 1997

B.6 Retirada del odorante del gas.

B.6.1 Véase lo siguiente para una exposición de la tecnología existente sobre la odorización del gas:

Manual de odorización del gas, *The Gas Odorization Manual,* American Gas Association, 1996. Es una versión actualizada de la sección odorización del gas en el Manual de Ingenieros del gas, Gas Engineers Handbook.

B.6.2 Para una comprensión mayor de los aspectos de la odorización del gas, véase lo siguiente:

Wilson, G. G., and A. A. Attari. eds. *Odorization III*, Institute of Gas Technology, Chicago, IL (1993).

B.6.3 Véase también lo siguiente.

Jacobus, O. J., and J. S. Roberts. "¿Qué es una odorización adecuada de gases combustibles?" (What Constitutes Adequate Odorization of Fuel Gases?) IGT Odorization Symposium 1995, IGT, 1995.

Andreen, B. H., and R. L. Kroencke. "Estabilidad de mercaptanos en situaciones de sistemas de distribución de gas" (Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions.) *American Gas J.* 48 (5/65).

Andreen, B. H., and R. L. Kroencke. "Estabilidad de mercaptanos en situaciones de sistemas de distribución de gas" (Stability of Mercaptans Under Gas Distribution System Conditions). Proc. Am. Gas Assoc., 136, 1964.

Campbell, I. D., N. A. Chambers, and O. J. Jacobus. "La oxidación química del etil mercaptano en recipientes de acero" (The Chemical Oxidation of Ethyl Mercaptan in Steel Vessels). IGT Odorization Symposium 1994, IGT, 1994.

Campbell, I. D. "Factores que afectan a la reducción del odorante

en los LPG" (Factors Affecting Odorant Depletion in LPG. Proc. Symp. on LP-Gas Odorization, 28, 1989.

Campbell, I. D. "Reducción del odorante en los cilindros portátiles" (Odorant Depletion in Portable Cylinders). Proc. Symposium on LP-Gas Odorization, 1990.

Holmes, S. A., P. B. Van Benthuysen, D. C. Lancaster, and M. A. Tiller. "Experiencias de campo y de laboratorio con el odorante etil mercaptano en el propano" (Laboratory and Field Experience with Ethyl Mercaptan Odorant in Propane). Proc. Symposium on LP-Gas Odorization, 1990.

Kopidlansky, R. "Acondicionamiento del odorante en sistemas nuevos de distribución" (Odorant Conditioning of New Distribution Systems). IGT Odorization Symposium 1995, IGT, 1995.

Sanders, R. "Regulaciones OSHA y DOT sobre odorización" (OSHA and DOT Odorization Regulations). IGT Odorization Symposium 1995, IGT, 1995.

Johnson, J. L. "Informe 1965 sobre el proyecto PB-48, Estabilidad de los componentes odorantes" (1965 Report on Project PB-48, Stability of Odorant Compounds). Proc. 1966 AGA Distribution Conference, American Gas Association, 1966.

Johnson, S. J. "Estabilidad del odorante Etil mercaptano en el propano líquido almacenado" (Ethyl Mercaptan Odorant Stability in Stored Liquid Propane). Proc. Symposium on LP-Gas Odorization, 1989.

McHenry, W. B., and H. M. Faulconer. "Informe resumen de las investigaciones de odorantes" (Summary Report on Odorant Investigations). Proc. Symp. on LP-Gas Odorization, 1, 1990.

Roberts, J. S., and D. W. Kelly, "Selección y manipulación de los odorantes del gas natural" (Selection and Handling of Natural Gas Odorants). In Wilson and Attari, eds. Odorization III, 29, IGT, 1993.

B.6.4 Sobre pruebas de tubos manchados para LPG y muestreo, ver lo siguiente:

"Prueba estándar para la determinación del Etil Mercaptano en los vapores de LPG" (Standard Test for Determination of Ethyl Mercaptan in LP-Gas Vapor). ASTM Method D 5305-92, ASTM.

"Prueba estándar para muestreo de gases licuados del petróleo" (Standard Method for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases). ASTM D 1265-82, ASTM.

B.6.5 Para una compresión actual de la mayoría de los aspectos relacionados con la odorización del LPG, ver lo siguiente:

Proceedings of the Symposium of LP-Gas Odorization, 1989 and 1990. Hay copias disponibles en la National Propane Gas Association o en la Gas Processors Association.

B.6.6 Para análisis de la adsorción de odorantes en el suelo, véase lo siguiente:

Nomura, K., and R. Organ. "Reacción de los suelos y odorantes de los LPG" (Reaction of LP-Gas Odorants and Soils). Proc. Symposium on LP-Gas Odorization, 76, 1990.

Parlman, R. M., and R. P. Williams. "Penetrabilidad de los componentes odorantes del gas en los suelos naturales" (Penetrabilities of Gas Odorant Compounds in Natural Soils). Proc. AGA Distribution Conference, 5/6/79.

Sullivan, F. "Nuevos odorantes para el gas" (New Gas Odorants.) *In Wilson and Attari, eds., Odorization III.* 209, IGT, 1993.

Tarman, P. B., and H. R. Linden. "Adsorción del suelo de componentes odorantes" (Soil Adsorption of Odorant Compounds). IGT Research Bulletin #33, 7/1/61.

Williams, R. P. "Penetrabilidad de los odorantes del gas natural" (Soil Penetrabilities of Natural Gas Odorants). *Pipeline & Gas J.* Mar, 1976.

B.7 Análisis de las vías de evacuación. Véanse las siguientes fuentes:

Bryan, J. L. "Examen y análisis de la dinámica del comportamiento humano en el incendio del MGM Gran Hotel" *(An Examination and Analysis of the Dynamics of Human Behavior in MGM Grand Hotel Fire),* NFPA, Quincy, 1983.

"Informe de investigación de la policía del estado de Kentucky para el gobernador, incendio en el Beverly Hills Supper Club" (Kentucky State Police Investigative Report to the Governor, Beverly Hills Supper Club Fire). Kentucky State Police, Frankfurt, 1977.

SPFE Manual de ingeniería de protección contra incendios (SFPE Handbook of Fire Protection Engineering), Sección 3, Capítulo 1, "Comportamiento de respuesta al incendio y el humo" (Behavioral Response to Fire and Smoke), 2ª ed., 1995.

B.8 Explosiones. Para más información sobre explosiones que afectan a edificios o recipientes, ver lo siguiente:

Baker, Evaluaciones y peligros de explosión, Explosion Hazards and Evaluations.

Baker and Tang, Explosiones de gas, polvo e híbridas; Gas, Dust, and Hybrid Explosions.

Bartknecht, Explosiones de polvo, Dust Explosions.

Bodurtha, Protección y prevención de explosiones industriales, Industrial Explosion Prevention and Protection.

Center for Chemical Process Safety, Guías para evaluar las características de las explosiones de nubes de vapor, incendios por combustión súbita generalizada, y BLEVEs; *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs.*

Chemical Propulsion Information Agency, Peligros de propelentes y reactivos químicos, *Hazards of Chemical Reactants and Propellants.*

Eckhoff, Explosiones de polvo en los procesos industriales, Dust Explosions in the Process Industries.

Gugan, Explosiones de nubes de vapor no confinadas, Unconfined Vapor Cloud Explosions.

Harris, Investigación y control de explosiones de gas en edificios y plantas térmicas, *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants.*

Nettleton, Detonaciones gaseosas; su naturaleza, causas y control (Gaseous Detonations; Their Nature, Causes and Control)

NFPA 68, Guía de venteo de deflagraciones, Guide for Venting of Deflagrations.

NFPA 69, Estándar sobre sistemas de prevención de explosiones, Standard on Explosion Prevention Systems.

Prugh, "Evaluación cuantitativa de los peligros de la BLEVE" (Quantitative Evaluation of 'BLEVE' Hazards).

Stull, Fundamentos de fuegos y explosiones, *Fundamentals of Fire and Explosion.*

U. S. Army, "Estructuras resistentes a los efectos de explosiones accidentales" (Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions).

USBM, Manual de fuego y explosión para investigación de accidentes aéreos, *Fire and Explosion Manual for Aircraft Accident Investigations.*

USBM, Investigación de accidentes de fuego y explosión en la minería química e industrias relacionadas con los combustibles – Manual *(Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical Mining and Fuel-Related Industries - A Manual).*

B.9 Identificación de las víctimas. Para información sobre iden-

tificación de las víctimas, ver lo siguiente:

Ambach, E., W. Paarson, K. Zehethofer, and R. Scheithauer. Sexto simposio internacional sobre identificación humana, *Sixth International Symposium on Human Identification.* Institute for Forensic Medicine, University of Innsbruck, Austria, 1995.

DiZinno, J., et al. "El incidente de Waco, Texas: Utilización del análisis del ADN para identificar los restos humanos" (The Waco, Texas Incident: The Use of DNA Analysis to Identify Human Remains). Quinto simposio internacioal sobre identificación humana, *Fifth International Symposium on Human Identification,* 1994.

B.10 Monóxido de carbono. Para más información sobre el monóxido de carbono, ver lo siguiente:

Gottuk, D. T., and R. J. Roby. "Efecto de las situaciones de combustión en la producción de especies" (Effect of Combustion Conditions on Species Production), Sección 2/Capítulo 7, SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios, *Handbook of Fire Protection Engineering,* 2ª ed. Editado por P. J. DiNenno et al. NFPA, Quincy, MA, 1995.

Tewarson, A. "Generación de calor y componentes químicos" (Generation of Heat and Chemical Compounds), Sección 3, Ch. 4, SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios, *Handbook of Fire Protection Engineering,* 2ª ed. Editado por P. J. DiNenno et al. NFPA, Quincy, MA, 1995.

Purser, D. A. "Valoración de la toxicidad de productos de combustión" (Toxicity Assessment of Combustion Products), Sección 2, Ch. 8, SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios, *Handbook of Fire Protection Engineering,* 2ª ed. Editado por P. J. DiNenno et al. NFPA, Quincy, MA, 1995.

Nelson, G. L. "Toxicidad del fuego y el Monóxido de carbono: revisión y análisis de los trabajos más recientes" (Carbon Monoxide and Fire Toxicity: A Review and Analysis of Recent Work), *Fire Technology,* 34(1), 1998.

Hirschler, M. M., S. M. Debanne, J. B. Larsen, and G. L. Nelson, eds. Monóxido de carbono y mortalidad humana: estudios por incendio u otras situaciones *(Carbon Monoxide and Human Lethality: Fire and Non-Fire Studies).* New York: Elsevier Applied Science, 1993.

Hall, J. R., and B. Harwood. "El humo o las quemaduras - ¿Qué es más letal?" (Smoke or Burns - Which Is Deadlier?) NFPA *Journal.* January/February 1995.

Gann, R. J., V. Babrauskas, and R. D. Peacock. "Condiciones de incendio para medida de la toxicidad del humo" (Fire Conditions for Smoke Toxicity Measurements). Incendio y materiales, *Fire and Materials,* 18(3), May/June 1994.

DeHaan, J. "La dinámica de los incendios por combustión súbita generalizada que afectan a líquidos inflamables de hidrocarburos" (The Dynamics of Flash Fires Involving Flammable Hydrocarbon Liquids). Revista americana de medicina forense y patología, *American Journal of Forensic Medicine and Pathology,* 7(1), 1996, 24-31.

DeHaan, J. D., Campbell, S. J., and Nurbaksh, S. "Combustión de la grasa animal y sus implicaciones para la destrucción de los cuerpos humanos en los incendios" (Combustion of Animal Fat and Its Implications for the Consumption of Human Bodies in Fires), Ciencia y justicia, *Science and Justice,* 39 (1), 1999, 27-38.

B.11 Incendios destructivos. Para información sobre incendios destructivos, ver lo siguiente:

Ford, R. T. Investigación de incendios destructivos, *Investigation of Wildfires.* Bend, OR: Maverick Publication, 1995.

International Fire Service Training Association. Fundamentos de lucha contra incendios en la naturaleza, *Fundamentals of Wildland Firefighting.* 3rd ed. Stillwater, OK: IFSTA, 1998.

Teie, W. C. Manual de bomberos sobre seguridad, tácticas y estrategias de lucha contra incendios en la naturaleza; *Firefighters Handbook on Wildland Firefighting Strategy, Tactics & Safety.* Rescue, CA: Deer Valley Press, 1994.

Apéndice C Publicaciones de referencia

C.1 En esta Guía se han tenido en cuenta los siguientes documentos o partes de los mismos como referencia informativa únicamente, por lo que no se deben considerar parte de las recomendaciones de la misma. La edición indicada en cada referencia es la última en la fecha de publicación de esta Guía.

C.1.1 Publicaciones NFPA. National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101.

NFPA 30, Código de líquidos inflamables y combustibles, *Flammable and Combustible Liquids Code*, edición 2000.

NFPA 68, Guía para el venteo de deflagraciones, *Guide for Venting of Deflagrations,* edición 1998.

NFPA 69, Estándar sobre sistemas de prevención de explosiones, *Standard on Explosion Prevention Systems*, edición 1997.

NFPA 70, Código eléctrico nacional, National Electrical Code®, edición 1999.

NFPA 77, Práctica recomendada sobre electricidad estática, *Recommended Practice on Static Electricity,* edición 2000.

NFPA 170, Estándar sobre símbolos de seguridad contra incendios, *Standard for Fire Safety Symbols,* edición 1999.

NFPA 253, Método estándar de prueba para flujo radiante crítico de los sistemas de recubrimiento de suelos, utilizando una fuente de energía de calor radiante *(Standard Method of Test for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source),* edición 2000.

NFPA 385, Estándar para vehículos cisterna de líquidos inflamables y combustibles, *Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids,* edición 2000.

NFPA 550, Guía para el árbol de conceptos de seguridad contra incendios, *Guide to the Fire Safety Concepts Tree,* edición 1995.

NFPA 906, Guía para la toma de notas en los incendios, *Guide for Fire Incident Field Notes,* edición 1998.

Manual de protección contra incendios, *Fire Protection Handbook,* ediciones 15ª (1981), 17ª (1991), y 18ª (1997).

Manual sobre gases licuados del petróleo, *Liquefied Petroleum Gases Handbook,* 2ª (1989) edición.

Manual del código eléctrico nacional, *National Electrical Code Handbook,* 1999.

Manual del código nacional de gases combustibles, *National Fuel Gas Code Handbook,* 1ª (1988) edición.

SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios, *Handbook of Fire Protection Engineering,* 1995.

C.1.2 Otras Publicaciones.

C.1.2.1 Publicaciones API. American Petroleum Institute, 1200 L Street, NW, Washington, DC 2005.

API PUBL 2214, Propiedades de ignición de chispas de herramientas manuales, *Spark Ignition Properties of Hand Tools,* 1989.

API PUBL 2216, Riesgo de ignición de vapores de hidrocarburos por superficies calientes al aire libre, *Ignition Risk of Hydrocarbon Vapors by Hot Surfaces in the Open Air,* 2ª edición, 1991.

API RP 1004, Llenado desde la parte inferior y recuperación de vapor en tanques MC-306 de vehículos a motor, *Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 Tank Motor Vehicles,* 1988.

API RP 2003, Protección contra igniciones resultantes de corrientes estáticas, fugas de corriente y rayos; *Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents,* 1991.

API RP 2013, Limpieza de tanques móviles en el servicio de líquidos inflamables o combustibles, *Cleaning Mobile Tanks in Flammable or Combustible Liquid Service*, 1991.

C.1.2.2 Publicación ASME. American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990.

Código sobre calderas y recipientes a presión, *Boiler and Pressure Vessel Code,* Sección VIII, 1995.

C.1.2.3 Publicaciones ASTM. American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM S1-10, Estándar IEEE para el uso del sistema internacional de unidades (SI). El sistema métrico moderno; *IEEE Standard for Use of International System of Units (SI). The Modern Metric System,* 1991.

ASTM E 860, Práctica estándar para el examen y prueba de elementos que están o pueden verse involucrados en pleitos por responsabilidad de productos; *Standard Practice for Examining and Testing Items That Are or May Become Involved in Product Liability Litigation,* 1997.

ASTM E 1188, Práctica estándar para recogida y conservación de la información y objetos por parte de un investigador técnico, *Standard Practice for Collection and Preservation of Information and Physical Items by a Technical Investigator,* 1995.

ASTM E 1459, Guía estándar para el etiquetado de pruebas físicas y documentación relacionada, *Standard Guide for Physical Evidence Labeling and Related Documentation,* 1992.

C.1.2.4 Publicaciones IAAI. International Association of Arson Investigators, 300 S. Broadway, Suite 100, St. Louis, MO 63102.

Guía de bolsillo para recogida de pruebas de acelerantes, *A Pocket Guide to Accelerant Evidence Collection.* Massachusetts Chapter, 1992.

IAAI Forensic Science Committee. *"Position on Comparison Samples." The Fire and Arson Investigator* 41, No. 2 (December 1990).

C.1.2.5 Publicación SAE. Society of Automotive Engineers, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096.

SAE Paper 980561, "Sifonado en líneas de combustible de automóviles" (Automotive Fuel Line Siphoning), T. Green.

C.1.2.6 Publicaciones USBM. U.S. Bureau of Mines, Columbia Plaza, 2401 E Street, NW, Washington, DC 20241.

Explosividad e inflamabilidad de los medios abrasivos plásticos, *Explosibility and Ignitibility of Plastic Abrasive Media.* Internal Report No. 4657, K. Cashdollar and M. Hertzberg, Junio 1987.

Manual de explosión e incendio en investigaciones de accidentes aéreos, *Fire and Explosion Manual for Aircraft Accident Investigations,* AD-771191, Agosto 1973.

Características de inflamabilidad de los vapores y gases combustibles, *Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors,* Bulletin 627, M. G. Zabetakis, 1965.

Investigación de accidentes de fuego y explosión en la minería química e industrias relacionadas con los combustibles - Manual *(Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical Mining and Fuel-Related Industries - A Manual)*, Report 680, Kuchta, 1985.

Liberación de presión en las explosiones de polvo en laboratorios, *Pressure Development in Laboratory Dust Explosions.*

Prevención de la ignición en dispersiones de polvo por inertización, *Preventing Ignition of Dust Dispersion by Inerting,* Informe de investigaciones, Report of Investigations 6543, 1964, p. 12.

C.1.2.7 Publicación USFA. U.S. Fire Administration, Emmitsburg, MD 21727.

FA 178 Kennedy, P., and J. Shanley. "Pruebas sobre marcas de combustión en los EEUU - Programa para el estudio de las marcas de incendio" (USFA Fire Burn Pattern Tests - Program for the Study of Fire Patterns). 7/97.

C.1.2.8 Publicaciones del gobierno de los Estados Unidos. U.S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

Título 49, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations,* part 178.

Manual técnico del ejército de los EEUU, *U.S. Army Technical Manual,* TM 5-1300, Revisión 1. "Estructuras resistentes a los efectos de explosiones accidentales" (Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions).

U.S. Consumer Products Safety Commission Working Group on Gas Voluntary Standards. Colocación de papel en los calentadores a gas de agua, para prevenir la ignición de vapores inflamables; *Position Paper on Gas Water Heaters to Prevent Ignition of Flammable Vapors.*

C.1.2.9 Otras Publicaciones. American Gas Association. Manual de ingenieros de gas, Gas Engineers Handbook. New York: Industrial Press, 1965.

Babrauskas, V. "Estimación de la posibilidad de combustión súbita generalizada en habitaciones" (Estimating Room Flashover Potential). Tecnología del fuego, *Fire Technology* 16, No. 2 (Mayo 1980): 94-103.

Baker, W. E. Peligros por explosión y evaluaciones, *Explosion Hazards and Evaluations*. Amsterdam-New York: Elsevier Publishers, 1983.

Baker, W. E., and M. J. Tang. Explosiones por gas, polvo e híbridas; *Gas, Dust, and Hybrid Explosions.* Amsterdam-New York: Elsevier Publishers, 1991.

Bartknecht, W. Explosiones de polvo, *Dust Explosions.* Berlin-New York: Springer-Verlag, 1989.

Bartknecht, W. *Explosions - Course Prevention Protection.* New York: Springer-Verlag, 1980.

Beland, B. "Consideraciones del arco como causa del incendio" (Considerations on Arcing as a Fire Cause.) Tecnología del fuego, *Fire Technology* 18, No. 2 (1982): 188-202.

Beland, B. "Daños eléctricos - ¿Causa o consecuencia?" (Electrical Damages - Cause or Consequence?) Revista de Ciencia forense, *Journal of Forensic Science* 29 (3) (July 1984):747-761.

Beland, B. "Examen de conductores eléctricos tras el incendio" (Examination of Electrical Conductors Following Fire). Tecnología del fuego, *Fire Technology* 16, No. 4 (1980): 252-258.

Beland, B., C. Roy, and M. Tremblay. "Interacciones cobre-aluminio en los ambientes de incendio" (Copper-Aluminum Interactions in Fire Environments). Tecnología del fuego, *Fire Technology* 19, No. 1 (Febrero 1983): 22-30.

Best, R., and W. L. Walls. "BLEVE en calentadores de agua en las escuelas de niños de siete años" (Hot Water Heater BLEVE in School Kills Seven). *Fire Journal* 76, No. 5 (Septiembre 1982): 20-24 y 104-105.

Bodurtha, F. T. Protección y prevención de las explosiones industriales, *Industrial Explosion Prevention and Protection.* New York: McGraw Hill, 1980.

Brannigan, F. L., Construcción de edificios para el servicio de incendios, *Building Construction for the Fire Service*, 3ª Ed., NFPA, 1992.

Bryan, J. L. "Estudio de los informes de supervivientes al pánico en el incendio de Arundel Park Hall, Brooklyn, Maryland, el 29 de enero de 1956." (A Study of the Survivors' Reports on the Panic in the Fire at Arundel Park Hall, Brooklyn, Maryland, on January 29, 1956). Fire Protection Curriculum, University of Maryland, College Park, MD, 1957.

Cahill, P. L., and J. H. Dailey, U.S. Department of Transportation. *Aircraft Electrical* Wet-Wire Arc Tracking, DOT/FAA/CT-88/4. Washington, DC: Federal Aviation Administration, August 1988.

Campbell, F. J. *Flashover Failures from Wet-Wire Arcing and Tracking.* NRL Memorandum Report 5508. Washington, DC: Naval Research Laboratory, December 17, 1984.

Campbell, J. A., National Advisory Committee for Aeronautics. Valoración de los peligros de ignición por chispas de fricción en incendios por accidentes aéreos *(Appraisal of the Hazards of Friction-Spark Ignition of Aircraft Crash Fires)*, Technical Note 4024. Cleveland, OH: Lewis Flight Propulsion Laboratory, May 1957.

Carman, S. "Acelerantes de alta temperatura, estudio de informes de incendios en los Estados Unidos y Canadá entre enero de 1981 y agosto de 1991" (High Temperature Accelerants, A Study of HTA Fires Reported in the United States and Canada Between January 1981 and August 1991), Sacramento, CA: U.S. Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, October 1994.

Center for Chemical Process Safety. Guías para la evaluación de las características de las explosiones de nubes de vapor, fuegos por combustión súbita generalizada, y BLEVEs *(Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs)*. Washington, DC: American Institute of Chemical Engineers, 1994.

Chemical Propulsion Information Agency. Peligros de los reactivos y propelentes químicos, *Hazards of Chemical Reactants and Propellants,* CPIA 394, September 1984.

Cole, L. Investigación de los incendios en vehículos a motor: guía para el cumplimiento de la ley, para bomberos y personal de compañías de seguros *(The Investigation of Motor Vehicle Fires: A Guide for Law Enforcement, Fire Department and Insurance Personnel)*, 3ª ed. Lee Books, 1992.

Cooke, R. A. and R. H. Ide. Principios de investigación de incendios, *Principles of Fire Investigation. Institution of Fire Engineers,* 1985, pp. 135-137.

DeHaan, J. "Equipos de perros detectores de acelerantes: validación y certificación" (Canine Accelerant Detection Teams: Validation and Certification). *CAC News,* California Association of Criminalists, July 1994.

DeHaan, J. D. Investigación de incendios de Kirk *(Kirk's Fire Investigation)*. 4ª ed. Upper Saddle River, NJ: Brady/Prentice-Hall, Inc., 1997.

Douglas, J. E., A. W. Burgess, A. G. Burgess, and R. K. Ressler. Manual de clasificación del crimen, *Crime Classification Manual.* New York: Lexington Books, 1992.

Drysdale, D. Introducción a la dinámica del fuego, *An Introduction to Fire Dynamics.* New York: John Wiley and Sons, 1985.

Eckhoff, R. K. Explosiones de polvo en los procesos industriales, *Dust Explosions in the Process Industries.* Butterworth-Heineman, 1997.

Ettling, B. "Inflamabilidad de los aislamientos eléctricos de PVC por arco" (Ignitability of PVC Electrical Insulation by Arcing). *IAAI Oregon Chapter Newsletter* 1, No. 4 (March 1997).

Ettling, B. "Grapas en contacto con el conductor como causa del incendio" (The Overdriven Staple as a Fire Cause). Investigador de fuegos e incendios provocados, *Fire and Arson Investigator,* March 1994.

Ettling, B. "Marcas de arcos y muescas en cables y calentamiento en muescas" (Arc Marks and Gouges in Wires and Heating at Gouges). Tecnología del fuego, *Fire Technology* 17, No. 1 (1981): 61-68.

Ettling, B. "Conexiones incandescentes" (Glowing Connections). Tecnología del fuego, *Fire Technology* 18, No. 4 (1982): 344-349.

Fang, J., and N. Breese, National Bureau of Standards. Desarrollo de incendios en las habitaciones de sótanos, *Fire Development in Basement Rooms,* NBSIR 80-2120. Washington, DC: U.S. Department of Commerce, October 1980.

Gugan, K. Explosiones de nubes de vapor no confinadas, *Unconfined Vapor Cloud Explosions.* Houston, TX: Gulf Publishing, 1978.

Harris, R. J. Investigación y control de explosiones de gas en edificios y plantas térmicas, *The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plants.* London and New York: E&FN Spoon, Ltd., 1983.

Hertzberg, M., and K. Cashdollar. "Dominios de inflamabilidad y capacidad de ignición térmica en carbón pulverizado y otros polvos; dependencia con el tamaño de partícula y análisis de residuos microscópicos" (Domains of Flammability and Thermal Ignitibility for Pulverized Coals and Other Dusts; Particle Size Dependence and Microscopic Residue Analyses). *19th Symposium on Combustion.* Combustion Institute, 1982, pp. 1169-1180.

Hewitt, T. D. Pleitos de pérdidas por incendio en Canadá: guía práctica *(Fire Loss Litigation in Canada: A Practical Guide)* Toronto: Carswell, edición actual.

Icove, D. J. Investigación y análisis de incendios provocados, *Incendiary Fire Analysis and Investigation.* Open Learning Fire Science Program Course. Lexington, MA: Ginn Custom Publishing, 1983.

Icove, D. J., V. B. Wherry, and J. D. Schroeder. Lucha contra incendios provocados con ánimo de lucro, *Combatting Arson for Profit.* Columbus, OH: Battelle Press, 1980.

Institute of Makers of Explosives. Glosario de términos industriales de explosivos comerciales, *Glossary of Commercial Explosives Industry Terms.* Safety Library Publications No. 12. Washington, DC, 1985.

Kennedy, P., and J. Kennedy. Análisis e investigación de explosiones, *Explosion Investigation and Analysis.* Chicago, IL: Investigations Institute, 1990.

Kennedy, J., and P. Kennedy. Fuegos y explosiones – determinación de la causa y el origen *(Fires and Explosions — Determining Cause and Origin)*. Chicago, IL: Investigations Institute, 1985.

Kimamoto, H., and E. J. Henley. Valoración de la probabilidad del riesgo y gestión para ingenieros y científicos *(Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists).* IEEE Press, 1996.

Kurz, M., et al. "Evaluación de los perros para detección de acelerantes en los lugares de los incendios" (Evaluation of Canines for Accelerant Detection at Fire Scenes). Revista de ciencias forenses, *Journal of Forensic Sciences* 39, No. 6 (Noviembre 1994): 1528-1536.

Latine, R., and J. M. Darley. J. *Person Soc. Psych.* 10, 215, 1968.

Lentini, J. J., D. M. Smith, and R. W. Henderson. "Características de las plantas bajas de edificios residenciales que han ardido en su totalida: la experiencia Oakland" (Baseline Characteristics of Residential Structures Which Have Burned to Completion: The Oakland Experience). Tecnología del fuego, *Fire Technology* 28, No. 3 (Agosto 1992): 195-214.

Munday, J. W. Seguridad en los lugares del incendio e incidentes

relacionados, Safety at Scenes of Fire and Related Incidents. London: Fire Protection Association, 1994.

National Fire Academy, Open Learning Fire Service Program. *Fire Dynamics Course Guide/Reader,* Unit 4 — Explosions. Emmitsburg, MD: National Emergency Training Center.

Nettleton, M. A. Detonaciones gaseosas; su naturaleza, causas y control *(Gaseous Detonations; Their Nature, Causes and Control).* New York: Routledge, Chapman and Hall, 1987.

Ohlemiller, T. J. "Combustión incandescente" (Smoldering Combustion.) SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios, *Handbook of Fire Protection Engineering.* Quincy, MA: Society of Fire Protection Engineers, 1995, Sección 2, Chapter 11.

O'Loughlin, J. R., and C. F. Yokomoto. "Cálculo por ordenador de la propagación en una dimensión de fugas de gas inflamable" (Computation of One-Dimensional Spread of Leaking Flammable Gas). Tecnología del fuego, *Fire Technology* 25, No. 4 (Noviembre 1989): 308-316.

Prugh, R. W. "Evaluación cuantitativa de los peligros de la BLEVE" (Quantitative Evaluation of 'BLEVE' Hazards). Revista de ingeniería de protección contra incendios, *Journal of Fire Protection Engineering* 3, No. 1 (Marzo 1981).

Rabinkov, V. A. "La distribución de concentraciones de gas inflamable en habitaciones" (The Distribution of Flammable Gas Concentrations in Rooms). Revista de seguridad contra incendios, *Fire Safety Journal* 13 (1988): 211-217.

Sapp, A. D., T. G. Huff, G. P. Gary, and D. J. Icove. "Análisis de incendiarios en serie motivados por ofensas" (A Motive-Based Offender Analysis of Serial Arsonist), Department of Justice/Federal Bureau of Investigation/Federal Emergency Management Agency.

Severy, D. M., D. M. Blaisdell, and J. F. Kerkhoff. Incendios por choque de automóviles, *Automobile Collision Fires.* SAE 741180, 1974.

Skelly, M. J. Investigación experimental de rotura de cristales en habitaciones incendiadas, *An Experimental Investigation of Glass Breakage in Compartment Fires*, NIST-GCR-90-578, 1990.

Smith, D. W. "Papel y responsabilidad de los bomberos en la conservación del lugar de los hechos y pruebas físicas" (Firefighters Role and Responsibility in Preserving the Fire Scene and Physical Evidence). *The Times*, NFPA Fire Service Sección (3), September 1995, p. 6.

Smith, F. P. "Fragmentos de hormigón: revisión y pruebas de incendios controlados" (Concrete Spalling: Controlled Fire Tests and Review). Revista de ciencia forense, *Journal of Forensic Science* 31 (1991): 67-75.

Spitz, W. U. Investigación medicolegal de Spitz y Fisher sobre muertes, *Spitz and Fisher's Medicolegal Investigation of Death.* 3ª ed. Springfield, IL: Charles C Thomas, 1993.

Stull, D. R. Fundamentos de fuegos y explosiones, *Fundamentals of Fire and Explosion,* AIChE Monograph Series No. 10, Vol. 73. New York: American Institute of Chemical Engineers, NY, 1977.

Tindall, R., and K. Lothridge, "Evaluación de 42 equipos de perros detectores de acelerantes" (An Evaluation of 42 Accelerant Detection Canine Teams). Revista de ciencia forense, *Journal of Forensic Sciences* 40, No. 4 (Julio 1995): 561-564.

Título 49, Código de regulaciones federales, *Code of Federal Regulations,* Parte 178, "Especificación para empaquetados" (Specification for Packagings). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Tobin, W. A., and K. L. Monson. "Muelles desplomados en las investigaciones de incendios provocados: evaluación metalúrgica crítica" (Collapsed Springs in Arson Investigations: A Critical Metallurgical Evaluation). Tecnología del fuego, *Fire Technology* 25, No. 4 (Noviembre 1989): 317-335.

Walls, W. J. "¿Exactamente qué es una BLEVE?" (Just What Is a BLEVE?) Revista de incendio, *Fire Journal* 72, No. 6 (Noviembre 1978): 46-47.

Yallop, J. Investigación de explosión, *Explosion Investigation.* Harrogate, UK: Forensic Science Society Press, 1980.

Zalosh, R. "Protección contra explosiones" (Explosion Protection). SFPE Manual de ingeniería de protección contra incendios, *Handbook of Fire Protection Engineering.* Quincy, MA: Society of Fire Protection Engineers, 1995, Sección 2, Chapter 5.

Índice

© 2001 National Fire Protecction Association, reservados todos los derechos.

El copyright de este índice es independiente y distinto del copyright del documento indexado. Las disposiciones de licencia previstas para el documento no son aplicables a este índice. Este índice no puede ser reproducido total o parcialmente por ningún medio sin el permiso escrito expreso de la National Fire Protecction Association.

-A-

Aberturas, ventilación 3.5.4.1, 15.5.5
Abeto (madera) ..... Tabla 3.3.1
Abogados 9.1, 9.2.2, 9.5, 12.5.7
Abono ..... Tabla 3.3.5
Abrelatas eléctricos 21.6.4
Absorción atómica (AA) 14.10.2.4
Acabado de los interiores
Estructura 5.2.1, 5.3.1.3, 5.3.1.5
Vehículos 22.6.1
Acceso ..... *ver Entrada*
Acceso de los ocupantes al lugar del incendio 24.7
Accidente (definición) 1.3.1
Aceites animales y vegetales 3.3.5
Acelerantes
Absorbidos por materiales sólidos 14.5.3.2
Definición 1.3.2
Evidencias del uso de
Agujeros en el suelo como pruebas de 4.16.1.4
Apariencia carbonizada de la superficie 4.5.5
Exfoliación 4.6, A.4.6.1
Manchas en los cristales 4.13.3
Marcas irregulares 4.17.7.2, 4.17.8
Recogida para pruebas 14.4.2, 14.5.3, 14.6.1, A.14.4.2
Suelos y recubrimientos de suelos 4.16.1.4, 4.17.7.2
Exóticos 19.2.4, A.19.2.4
Líquidos 4.6.1, 4.13.3,14.5.3,14.6.1,19.2.2, 19.2.7.3, A.4.6.1
Pruebas 14.5.3
Sólidos ..... 14.5.3.3 a 14.5.3.4, 14.6.1, A.14.5.3.4
Acero
Aleaciones de 4.8.2
Arcos eléctricos 6.9.5
Armarios para instalaciones 21.5.1.1, A.21.5.1.1
Construcción residencial, con armazón de acero 5.3.1.6.3
Deformación del 4.20.2
Fusión 4.8
Herramientas ..... Tabla 3.3
Oxidación 4.7
Terminales 6.10.4, A.6.10.4
Vigas, reblandecimiento de 4.9
Acero inoxidable 4.7
Acetileno ..... Tabla 3.3.4, Tabla 18.8
Acetona ..... Tabla 3.3.4
Acometida eléctrica ..... Fig. 6.3.3
Conductores 6.10.3, A.6.10.3
Sobrecarga en la 6.10.5, A.6.10.5
Acondicionadores de aire, ventana 21.6.10
Acta de Libertad de Información 11.2.1
Actos delictivos, incendio consecuencia de ..... 10.3; *ver también* Incendio provocado
Acto. stas, incendios provocados por 10.3, 19.4.8.2.6, A.19.4.8.2.6
Acuerdo de Entendimiento (ejemplo) 24.3
Acuerdo entre las partes 24.3
Acuerdo entre las partes 24.2
Administración contra Incendios de EE.UU 11.5.4.14
Advertencias
Desatención o ignorancia de las ..... 8.4.1.3, 8.4.1.6 a 8.4.1.8
Inadecuadas 9.6.4
Advertencias inadecuadas 9.6.4
Aerosoles, inflamabilidad de 14.10.2.17
Agencias del gobierno de los EE.UU. 11.2.1, 11.5.4
Agencias federales 11.5.4, 15.2.1
Agencias gubernamentales 11.2.1, 11.5, 22.7.3
Agentes oxidantes 3.1.1.2
Agua
Corriente 12.2.5
Estancada 10.2.5
Agujeros por barra 7.9.5.3
Aislamiento eléctrico 6.1, 6.3.4, 6.7.5, 6.10.2.a 6.10.3, 6.10.5, 6.10.6.1, 6.11.5, 6.11.7, A.6.10.3, A.6.10.5
Alargaderas 6.10.5, A.6.10.5
Alarmas 3.5.3.1, 8.3.3.4
Alarmas de incendio ..... *ver Alarmas*
Albañilería 4.6, 5.3.4.2
Alcohol 3.6
Aleación cobre-níquel ..... Tabla 3.3
Aleaciones 19.2.3
Aleaciones de Metales 4.8.2, 6.10.6.3, 21.5.1.1, A.6.10.6.3, A.21.5.1.1
Aleaciones de metales 22.3.3
Alerce ..... Tabla 3.3.1
Alfombra de nylon 4.17.7.2
Alfombrado 4.2.4, 4.16.1.4, 4.17.7.2, 5.2.3.7, 14.10.2.16
Alteraciones en el lugar 15.3.4
Alteraciones en el lugar 15.3.4
Altura del techo 3.5.3.1, 3.5.4.2, 5.2.2.2, 17.6.1
Aluminio 6.9.5
Aleaciones 4.8.2, 6.10.6.3, A.6.10.6.3
Chispas 22.4.4, A.22.4.4
Conductores/cables ..... 6.2.12, 6.5, 6.7.1 a 6.7.2, 6.7.4, 6.9.2.1, 6.10.4 a 6.10.5, 6.10.6.2, A.6.10.4 a A.6.10.5
En la carcasa de los aparatos eléctricos ..... 21.5.1.1 a 21.5.1.2
Polvo ..... Tabla 3.3.4
Temperaturas de fusión ..... Tabla 4.8
Ambiente (definición) 1.3.4
American Society for Testing and Materials (ASTM) 11.6.3
Métodos de Prueba ..... 14.10.1 a 14.10.2, 14.10.4
Amonio anhidro ..... Tabla 18.8
Amperaje 6.2.11
Definición 1.3.5
Amperios 6.2.5, 6.2.11

Cálculo del total 6.2.16
Definición 1.3.6
Ampolla
Barniz ..... Fig. 4.19.2
Carbonizado 4.5.5
Definición 1.3.23
Pintura 18.8.2.2
Ampollas en el barniz de la puerta ..... Fig. 4.19.2
Ampollas producidas por carbonizado 6.10.3, 6.11.10, 6.10.3
Definición 1.3.7
Análisis de fallos ..... 2.4.5, Capítulo 17, A.17
Análisis del sistema 17.3, A.17.3.1
Definición 1.3.8
Líneas de tiempo 17.2
Modelización matemática ..... 17.4, A.17.4.6 a A.17.4.7
Análisis de la salida 17.4.6, A.17.4.6, B.7
Análisis de los sistemas 17.3, A.17.3.1
Análisis de modos de fallos y efectos (FMEA) 17.3.2
Análisis del incendio (definición) 1.3.9
Análisis dinámico de explosiones 18.14
Análisis químico 18.15
Aparatos electrónicos 21.6.14
Aparatos electrónicos 21.6.14
Aprobado (definición) 1.3.10, A.1.3.10
Aproximaciones sucesivas ..... *ver Método científico*
Árboles ..... 22.2.3, 23.2.2.5 a 23.2.2.7, 23.3.5, 23.4.4.2, 23.4.5, 23.7.3.1, 23.9.1
Árboles de fallo 17.3.1, A.17.3.1
Árboles de Navidad ..... Tabla 3.4
Arco de soldadura 6.9.4.3, 6.9.5
Arco eléctrico a través de un material carbonizado 6.10.3, A.6.10.3
Definición 1.3.8
Arcos eléctricos 6.9.4, A.6.9.4.4
Alta Tensión 6.9.4.1
Chispas provocadas por 6.9.5
Cordones eléctricos de aparatos, daño a 21.5.2.1
Definiciones 1.3.11
Derivación a tierra 6.10.2, A.6.10.2
En superficies de materiales no conductores 6.9.4.4, A.4.9.4.4
Estáticos 6.9.4.2, 6.12, A.6.12.3
Fuente de incendio en vehículos de motor 22.4.2.2, 22.5.3
Fusión causada por 6.11.1
Incendiarios 6.12.3, 6.12.7, A.6.12.3
Producción de ..... 6.9.4.3, 6.10.2, 6.11.8 a 6.11.9, A.6.10.2, A.6.11.4, A.6.11.8
Arcos eléctricos incendiarios 6.12.3, 6.12.7, A.6.12.3
Área de las marcas de fuego 4.19
Área de origen ..... *ver Origen*
Áreas de acampada 23.7.2.1
Áreas de carga, vehículos 22.6.2, 22.7.4
Áreas de demarcación 4.3.1
Armarios 19.2.3
Arrastre 3.5.1, 3.5.3.1, 5.2.3.2
Definición 1.3.13
Artefactos ..... 14.3.2 a 14.3.3, 14.3.4.1
Asbestos 10.2.7
Aseos ..... 7.8(g), A.7.8
Asesores del Gobierno 11.5.1.2, 11.5.2.3
Asociación Internacional de Investigadores de Incendios Provocados 11.6.5
Asociación Nacional de Investigadores de Incendios .. 11.6.4
ASTM ..... *ver American Society for Testing and Materials*
Áticos 19.2.3
Atmósferas
Lugar del incendio 10.2.7
Oxígeno para iniciar la combustión en 3.1.1.2
Atmósferas ricas en oxígeno 3.1.1.2, 20.8.1
Atrios 5.2.2
Aumento de presión, tasa de ... 14.10.2.25, 18.3, 18.4.1.4, 18.5, 18.7, 18.8.2.5, 18.9.1, 18.9.3, A.18.3.2, A.18.7.3, A.18.8.2.5, A.18.9.1
Auto Safety Hotline 22.7.3
Autocalentamiento 3.3.5, 3.3.6
Definición 1.3.14
Autoignición ..... *ver* Ignición
Autoignición (definición) 1.3.75.1
Autoridad que dirige la investigación 9.2.1
Autoridades de la zona 15.9
Aviones, combustibles gaseosos en 4.18.3, 18.17.5
Azulejos 3.6, 4.3.2, 4.16.1.4

-B-

Backdraft (explosiones) ... 18.2.4(4), 18.7.4, 18.10, Tabla 18.13.2
Definición 1.3.12
Baldosines de vinilo 4.16.1.4
Barreras 4.2.1, 5.2.2.3, 5.3.1.1, 5.3.4.2
Barreras cortafuego ..... *ver* Barreras
Barreras cortafuego 5.3.1.2
Barreras de humo 5.4.2
Baterías
De aparatos eléctricos 21.5.2.3
Vehículos 22.3.2, 22.4.2, 22.5.3
Benceno ..... Tabla 3.3, Tabla 3.3.4
Bengalas 7.1.2
Bibliografía ..... Apéndice B
BLEVE´s ... 18.2.2, 18.4.3, 18.6, 18.6.4, Tabla 18.13.2, 18.17.5, A.18.2.1
Definición 1.3.16
Bocetos ..... *ver* Dibujos
Bocetos de arquitectura 13.5
Bolas de fuego 18.4.3, 18.17.5
Bolsas de basura ..... Tabla 3.4
Bomba de calor 14.10.2.12
Bombas .. 18.13.1.4, 19.2.7.1; *ver también* Explosiones; Explosivos
Bombas incendiarias 19.2.7.1
Bomberos
Contaminación de pruebas por 14.4.3
Incendios forestales, observación del origen de ..... 23.5.1.2 a 23.5 1.3
Preservación del lugar del incendio por 14.3.4
Brasas 4.2.2, 23.3.9.1
Bronce ..... Tabla 4.8
Búsqueda de marcas
En el lugar de la explosión 18.13.1.3
En investigación de incendios importantes 24.21
Butano ..... 7.2.3.1, Tabla 18.8, 18.15

-C-

Cabecera del incendio 23.3.3
Cable quebradizo 4.8.2
Cableado ..... 6.1; *ver también* Conductores
Aislamiento ..... *ver* Aislamiento, eléctrico
Aleaciones 4.8.2
Como fuente de ignición 6.9, 19.2.7.1, A.6.9.4.4

Energizados, en el lugar del suceso 15.7.1
Cables
Acometida de servicio/lateral 6.3.2.1
Acometidas 6.9.5
Cajetín y contador, acometida al 6.3.3
Protección contra sobrecorrientes 6.3.4
Cables, de energía eléctrica 6.11.7, 21.5.2.1, 22.4.2.4
Cadena de custodia de pruebas 9.3.2.1, 14.9
Cajas eléctricas 6.8.3
Calcinación 4.12, A.4.12.1
Bibliografía B.4
Indicadores de 4.12.1, A.4.12.1
Profundidad de la
Análisis 4.12.3
Diagrama 4.12.2
Medida 4.12.4
Calentadores 21.6.8
Calentamiento espontáneo 23.7.1.2
Definición 1.3.18, A.1.3.18
Calentamiento por fricción 22.3.3
Calentamiento por resistencia 6.9.2
Calidad del aire ..... 24.12; *ver también* atmósferas
Calor 3.1.1.3
Capacidad calorífica 3.2.1
De combustión 5.2.3.2, 5.2.4, 14.10.2.12
De conducción ..... *ver* Conducción
De ignición 16.3
Definición 1.3.19
Definición 1.3.18
Distorsión de materiales causada por 4.20
Fuente de 15.2.3, A.15.2.3
Marcas de incendio causadas por 4.4.2
Radiado 4.11, 4.15.1
Radiante ..... *ver* Calor radiante
Ratio de liberación de .. 3.3, 3.5.3.2, 4.16.1.4, 14.10.2.20, A.4.16.1.4
Definición 1.3.108
Sombra de 4.15.1
Transferencia de (conductividad térmica) ..... 3.2 a 3.3, 5.2.3.4, A.3.3
Calor radiado 4.11, 4.15.1
Calor radiante 3.2.3, 3.3.1, 3.5.3.2, 5.2.2, 14.10.2.20
Definición 1.3.20
Penetraciones causadas por el 4.3.3
Quemaduras causadas por el 20.7.2.4
Caloría (definición) 1.3.21
Calorímetro 14.10.2.26
Cámaras 13.2.2, 21.6.14
Cámaras de vídeo 21.6.14
Cambios de color 4.3.2, 4.7
Conductores 6.10.6.1
Paneles de yeso 4.12
Canada, consideraciones legales en A.9.1
Canadian Automobile Theft Bureau 22.7.1
Cantidad máxima de calor liberado ..... Tabla 3.4
Capa a nivel de techo ..... 3.5.3.1 a 3.5.3.2, 3.5.4.2 a 3.5.4.3
Definición 1.3.22
Capa de óxido 6.9.2.3
Capas de gas en el techo ..... *ver* Capa de techo
Capas de gases en el techo 5.2.2, 5.2.2.2
Características del emplazamiento del incendio, y conducta asociada 8.3.3
Características del incendio, efecto en el comportamiento humano de las 8.3.4, A.8.3.4.4
Carbón vegetal ..... Tabla 3.3.5
Carbonizado 4.5
Ampollas producidas por el 4.5.5
Definición 1.3.7
Arco a través del ..... *ver* Arcos eléctricos a través del carbonizado
Definición 1.3.24
Duración del incendio y 4.5.5
Elementos estructurales de madera 4.16.1.3, 4.17.6
Interpretación de 4.5.5
Madera 4.5.1, 23.4.5.1
Mobiliario 4.2.4, 4.14
Muro de yeso/pladur 4.12, A.4.12.1
Oxidación y 3.3, 3.3.5, 4.7
Profundidad del 4.5.3
Análisis 4.5.3.2
Con gases combustibles 4.5.4
Diagrama 4.5.3.1, 15.2.4
Duración del incendio y 4.5.5
Marcas circulares 4.17.7.1
Medida 4.5.3.3, 15.2.4
Pruebas de la explosión 15.5.4
Puertas 4.2.2, A.4.2.2.1
Tasa de carbonización 4.5.2, A.4.5.2
Tronco de árbol 23.4.5.1
Carbonizado en piel de cocodrilo 4.5.5
Carbono 3.6, 18.9
Carburadores 22.5.1.1
Carencia de oxígeno 3.1.1.2, 3.5.3.2, 8.3.4.3, 10.2.7, 20.7.3.1.1
Carga de fuego 3.4, 5.2.1, 5.2.2.2, 5.2.4, 15.6.1
Como indicador de incendio provocado 19.2.3, 19.2.5
Definición 1.3.25
Carga de materiales 4.6
Carga por transferencia 6.12.2.3, A.6.12.2.3
Cargas de construcción 5.2.2.1
Cargas en edificios 5.2.2.1
Cargas removibles en edificios 5.2.2.1
Carne de pescado ..... Tabla 3.3.5
Casa móviles ..... *ver* Casas prefabricadas
Casas modulares 5.3.1.6.2
Casas prefabricadas 5.3.1.6.1
Causa ..... *ver también* Explosiones, causas de
Clasificación de la causa 16.2
Definición 1.3.26
Determinación de la ..... Capítulo 16
Determinación del origen 15.8
Explosiones ..... *ver* Explosiones, causas de
Factor de Inflamabilidad 16.5
Incendio provocado 19.4.1, A.19.4.1
Incendios en la naturaleza 23.7
Primer material susceptible de arder 16.4
Responsabilidad, determinación de la 16.6
Veracidad de las opiniones 16.2.5, 16.7
Explosión ..... *ver* Explosiones, causas de
Incendio ..... *ver* Causa
Instalaciones, análisis que implique a las 21.4
Legal o inmediata 9.6.1
Presunción de la 2.3.6.1
Causa accidental de incendio ..... 16.2.1, 16.2.4 a 16.2.5, 16.5, 16.6.3
Causa de incendio desconocida 2.3.6
Causa de incendio natural 16.2.2, 16.6.3, 23.7.1
Causa de incendio no determinada ..... 16.2.4 a 16.2.5, 16.6.3, 16.7

Causa del incendio ..... *ver* Causa
Causa inmediata 9.6.1
Definición 1.3.28
Causa probable 9.2.3.3
Ceniza 3.6, 23.4.4.1
Centro de Información de la Policía de Canadá (CPIC) 22.7.1
Cera ..... Tabla 4.8
Cerámica
Azulejos 3.6
Cajas de instalaciones de 21.5.1.7
Cerillas 19.2.7.1
Cerramientos cortafuego 19.3.5.1
Césped ..... Tabla 4.8, 4.8.2, 6.10.4, 6.10.6.3, 21.5.1.3, A.6.10.6.3
Césped (combustible en incendios forestales) 23.2.2.4, 23.3.5, 23.4.3, 23.4.4.2
Chamuscados 18.8.2.2
Chispas
Definición 1.3.29
Eléctricas 6.9.5
Definición 1.3.29.1
Mecánicas ..... Tabla 3.3, 22.4.4, A.22.4.4
Chispas mecánicas ..... Tabla 3.3, 22.4.4, A.22.4.4
Ciencia del fuego ..... Capítulo 3, A.3
Bibliografía B.2
Carga de combustible 3.4
Definición 1.3.30
Desarrollo del incendio 3.5
Expertos 12.5.5
Ignición por causa de la electricidad estática 3.3
Productos de la combustión 3.6
Química de la combustión 3.1
Transferencia de calor 3.2
Científicos 12.5.1
Cigarrillos, como fuente de ignición ..... Tabla 3.3
Alfombras, reacción al fuego 4.16.1.4
Incendio provocado 19.2.7.1
Incendios en la naturaleza 23.7.2.2
Incendios en vehículos a motor 22.4.5
Mobiliario, reacción al fuego ..... 4.10.2.14 a 4.10.2.15
Cilindros, de Gases Licuados del Petróleo .. 7.4.1 a 7.4.3, A.7.4.1
Cintas de vídeo 11.3.3, 11.6.14, 13.2, 13.2.4, 13.2.7.2, 21.4.4, 24.20
Lugar del fallecimiento 20.2.2
Circuitos de conexión 6.4, 6.7, 6.7.2
Arcos eléctricos en 6.9.5, 6.10.3, A.6.10.3
Cortocircuitos 6.11.9
Clasificación de la causa del incendio 16.2
Clavos y placas de clavos 3.2.1
Cloro 3.1.1.2
Cloruro de polivinilo (PVC) ..... 20.5.3, Tabla 3.2.1, Tabla 3.3.4, Tabla 3.4, 6.7.5.1, 6.7.5.3, 6.10.6.1
Cobre .. Tabla 3.2.1, Tabla 4.8; *ver también* Conductores de cobre
Aleaciones 4.8.2, 6.10.6.3, A.6.10.6.3
Arcos eléctricos 6.9.5, 6.10.2, A.6.10.2
Oxidación 4.7
Cócteles molotov 19.2.7.1
Códigos
Cumplimiento de 7.9.2
Definición 1.3.31, A.1.3.31
Incumplimiento de 8.4.4, 9.6.2, 19.4.4
Colchones ..... Tabla 3.4
Colchones de algodón ..... Tabla 3.4
Color del humo 3.6, 4.10
Columnas térmicas ..... *ver* Penachos
Combustible (definición) 1.3.33
Combustible en el ramaje 23.2.3.1, 23.3.5.5, 23.4.5.2
Combustible inicial 16.4
Combustible objetivo ..... *ver* Combustible
Combustibles
Alta relación superficie-masa 16.4
Combustión de 3.1.1.1
Definición 1.3.33
En incendios de vehículos 22.3, 22.5.1, 22.8.1, A.22.3.1, A.22.5.1.2
Gaseosos ..... *ver* Gases combustibles
Incendios forestales 23.2, 23.3.5, 23.4.6.1
Líquidos ..... 18.15, 22.3.1 a 22.3.2, A.22.3.1
Combustión de 3.1.1.1, 3.1.1.4
Propiedades de ..... Tabla 22.3.1
Propiedades de ..... Tablas 22.3.1 a 22.3.3
Sólidos 22.3.3
Susceptible de primera ignición 3.5.3.2
Definición 1.3.33.1
Tipo y configuración de 16.4, 18.5
Combustibles de aviación, fuegos forestales 22.2.3
Combustibles sobre el terreno 23.2.2, 23.3.5.5
Combustibles sólidos 22.3.3
Combustión de 3.1.1.1, 3.1.1.4
Proceso de gasificación 3.3
Propiedades de 22.3.3
Combustibles superficiales 23.3.5.5
Combustión 3.1.1.1
Auto-Sostenida 3.1.1.4
Calor de ..... *Ver* Calor, De combustión
De superficies 4.3.2
Ignición 3.3, A.3.3
Química de la 3.1
Combustión con llamas 3.1.12, 3.1.14, 3.3.6
Combustión en forma de silla de montar 4.17.10
Combustión incandescente 3.1.1.2, 3.1.1.4, 3.3, 4.3.3, 4.10, 4.14, A.3.3
Definición 1.3.34
Incendio forestal 23.9.1
Transición a combustión con llama 3.3.6
Combustión incompleta ..... 3.6, 18.2.4(4)
Combustión limpia 4.7, 4.11
Definición 1.3.35
Combustión súbita generalizada (Flashover) ..... .3.2.2, 3.5.3.2, Fig. 3.5.3.2(d), 3.5.4.1, 4.16.1.4, 4.17.7.2, A.3.5.4.1
Daño en aparatos y 21.3.3
Definición 1.3.37
Diseño de la habitación y tiempo transcurrido hasta la ... 5.2.2, 5.2.2.2
Localización del incendio y 3.5.4.3, 4.2.2.1
Marcas de fuego 4.16.1.4, 4.17.7.2, 4.19.1
Tasa de liberación de calor y 3.4, 3.5.4.1
Tasa de producción de humo 3.6
Temperatura de la capa de techo y 3.5.4.2
Combustión total 15.9
Comité de Jefes de Equipo 24.5, 24.9, 24.23
Compañías de seguros 9.5, 11.6.10, 15.9
Compañías financieras 11.6.8
Compañías inmobiliarias 11.6.7, 15.9
Compartimentación 5.2.2, 5.2.2.3
Complejidad del incidente ..... 12.2.4 *ver también* Investigaciones

de grandes incendios, dirección de
Compuertas cortafuego 19.3.5.1
Comunicaciones confidenciales 11.2.3
Comunicaciones reservadas 11.2.2
Comunicaciones, escena del incendio 24.27
Concentración de la onda expansiva 18.5.2
Condensados de humo 4.10
Definición 1.3.38
Condiciones ambientales 24.12
Condiciones climatológicas 11.6.14, 12.2.3, 15.3.2
Incendios forestales 23.3.2, 23.3.7, 23.9.1
Condiciones previas al Flash-Over ..... Fig. 3.5.3.2(c)
Condiciones previas al incendio 15.5.1, 15.6.1
Conducción 3.2.1, 3.3
Definición 1.3.39
Quemaduras causadas por 20.7.2.4
Sombra de calor 4.15.1
Conducta humana, incendios y ..... Capítulo 8, A.8; *ver también* Incendio provocado
Características individuales, influencia de las 8.3.1
Familiaridad con la localización del suceso 8.3.1.3
Limitaciones de comprensión 8.3.1.2
Limitaciones físicas, influencia de 8.3.1.1
Grupos ..... 8.3.2, A.8.3.2.1 a A.8.3.2.2
Desquite en grupo, incendios provocados como ..... 19.4.8.2.3(d)
Estructura de los grupos 8.3.2.2, A.8.3.2.2
Permanencia del grupo 8.3.2.3
Presión del grupo, incendios provocados por la ..... 19.4.8.2.1(b)
Roles y normas del grupo 8.3.2.4
Tamaño del grupo 8.3.2.1, A.8.3.2.1
Historia de la investigación 8.2, A.8.2
Incendio, influencia de las características del 8.3.4, A.8.3.4.4
Incendios forestales 23.7.2
Inicio del incendio, factores relacionados con el 8.4
Incendios accidentales 8.4.1
Niños e incendio 8.5
Incendios provocados ..... 8.5 a 8.6
Recordatorios 8.4.2
Incumplimiento de estándares y códigos de seguridad contra incendios 8.4.4
Localización del suceso, influencia de las características de la .. 8.3.1.3, 8.3.3
Propagación del fuego, factores relacionados con la 8.7
Reconocimiento y actuación en caso de incendio 8.8
Acción tomada 8.8.3
Decisión de actuar 8.8.2
Factores de huida 8.8.4
Percepción del peligro 8.8.1
Testigos, información de 8.8.5
Conductividad térmica ..... 3.2 a 3.3, 5.2.3.4, A.3.3
Conductores con marcas 6.10.2, 21.5.2.1, A.6.10.2
Conductores de cobre ... 6.2.12, 6.5, 6.7.1 a 6.7.3, 6.9.2.1, 6.10.2, 6.10.5, A.6.10.2, A.6.10.5
Aislamiento, cambios de color en el 6.10.6.1
Aluminio recubierto de cobre 6.7.4.1
Estiramiento de 6.11.5
Fundidos en el incendio 6.10.6.2
Recalentamiento de las conexiones 6.10.4, A.6.10.4
Conductores de Nichrome 6.10.5, A.6.10.5
Conductores de toma de tierra 6.3.2.1, 6.5, 6.7
Conductores eléctricos
Aislamiento 6.7.5, 6.11.7
Aleaciones 6.10.6.3, A.6.10.6.3
Amperaje de 6.2.11
Circuitos rama ..... *ver* Circuitos
Color de la superficie 6.10.6.1
Como fuente de ignición en un fuego forestal 23.7.3.1
Conductividad de materiales conductores . 6.2.12, 6.7.1 a 6.7.4
Daño por incendio (no eléctrico) 6.10.6, A.6.10.6
Daños mecánicos en 6.10.6.4, A.6.10.4
De sección reducida o estirados 6.11.5
De toma de tierra 6.3.2.1, 6.7, 6.9.5
Fundidos en el incendio 6.10.2, 6.11.4, A.6.10.2
Grapas en contacto con el conductor 6.11.8, A.6.11.8
Neutro flotante 6.5.1
Fundidos por el incendio ..... 6.10.2 a 6.10.5, 6.10.6.2, A.6.10.2 a A.6.10.5
Fusión de 6.11, A.6.11.8
Arco eléctrico, causada por 6.11.1
Incendio, causada por 6.11.2
Grapas en contacto con 6.11.8, A.6.11.8
Infradimensionados 6.11.4
No enterrados 6.3.2.1, 6.5, 6.7, 6.9.5, 6.10.2, 6.11.8, a.6.10.2
Pruebas de daño a, recogida de 6.11.6
Servicio ..... 6.10.3, .6.10.3
Monofásico 6.3.2.1
Trifásico 6.3.2.2
Sobrecarga ..... *ver* Sobrecarga
Sobrecargas 6.10.5, a.6.10.5
Sobrecorriente ..... *ver* Sobrecorriente
Tamaños 6.2.10, 6.7.2, 6.9.2.1
Trenzado 6.10.2, 6.10.6.2, 21.5.2.1, a.6.10.2
Conductores neutros ..... *ver* Conductores de puesta a tierra
Conductores sin toma de tierra .. 6.3.2.1, 6.5, 6.7, 6.9.5, 6.10.2, 6.11.8, A.6.10.2
Conductos de agua, utilización de 14.3.4.2.1
Conexión eléctrica 6.5, 6.12.5.2, 7.6.7
Conexiones
Calentamiento 6.11.4
Defectuosas 6.9.2.3
Sobrecalentamiento 6.10.4, A.6.10.4
Configuración del combustible 16.4
Conjuntos de construcción 5.4
Conjuntos de construcción de suelos 5.4.1
Conjuntos de construcción del tejado 5.4.1
Conjuntos de construcción resistentes al fuego 19.3.5.1
Conjuntos de techo 5.4.1
Consentimiento para acceder a la propiedad 9.2.3.1
Conservación (definición) 1.3.40
Consideraciones constitucionales, recogida de pruebas 9.3.4
Consideraciones legales ..... Capítulo 9, A.9.1
Acta de Libertad de Información 11.2.1
Canadá A.9.1
Comunicaciones confidenciales 11.2.3
Comunicaciones reservadas 11.2.2
Consejo legal 9.1, 9.2.2, 12.5.7, A.9.1
Escena del fallecimiento 20.2.3
Heridas por incendio/explosión 20.7.1.4, A.20.7.1.4
Litigios 9.6, 9.7.2
Normas sobre informes de incendios provocados 9.5
Persecución del delito 9.4, A.9.4.1.1
Preliminares 9.2
Pruebas 9.3

Pruebas de cargo 9.3.5
Testimonio de expertos 9.7
Construcción ..... *ver también* Diseño, edificio
Conjuntos de construcción 5.4
Daños por explosión, efecto de los 5.2.6
De hormigón o mampostería 5.3.4.2
Desarrollo del incendio y 5.2
En armazón de acero 5.3.1.6.3
En Carpintería 5.3.3
Materiales 5.2.3
Metal 5.3.4.1
No combustible 5.3.4
Ordinaria 5.3.2
Residencias alternativas 5.3.1.6.1
Tipos de 5.3
Construcción con armazón provisional 5.3.1.2
Construcción con pilares y armazón 5.3.1.4
Construcción con tablones y vigas 5.3.1.3
Construcción en estructuras de plataformas 5.3.1.1
Construcción en madera 5.3.3
Construcción no combustible 5.3.4
Construcciones metálicas 4.20.2, 5.3.4.1
Consultores técnicos 12.5
Consultores técnicos 12.5
Contador eléctrico 6.3.3
Contadores
De gas 7.3.4
Eléctricos 6.3.3
Contaminación
De pruebas 14.4, 14.5.3.1, A.14.4.2
En la escena del suceso 12.2.5
Contención, en la escena del suceso 12.2.5
Contenedores de Gases Licuados del Petróleo .. 7.4.1 a 7.4.3, A.7.4.1
Contenedores de pruebas
Acelerantes, líquidos y sólidos 14.6.1
Bolsas de Plástico 14.6.1.4
Bolsas especiales para pruebas 14.6.1.3
Contaminación de 14.4.1
Latas de metal 14.6.1.1
Marcado 14.7
Tarros de cristal 14.6.1.2
Tipos de 14.5.3.1, 14.6
Contenidos del edificio ..... *ver* Contenidos, edificio
Contenidos, edificio
Análisis de los 15.7.3, 15.9, 17.6.2, 18.13.3.3
Desplazamiento 15.7.3
Marcas de incendio 4.16.3, 15.7.3
Retirada o desplazamiento como indicador de incendio provocado 19.3.3
Retirada por las brigadas de extinción 15.7.2
Controladores de velocidad 21.5.9
Convección 3.2.2, 3.3, 3.3.1, 3.5.3.1, 4.2.2, 5.2.2
Definición 1.3.41
Sombra de calor y 4.15.1
Corriente (definición) 1.3.42
Corriente alterna ..... 6.2.5 a 6.2.6, 6.3.2.1 a 6.3.2.2
Corriente continua ..... 6.2.5 a 6.2.6
Corriente de aire ..... *ver* Ventilación
Corriente eléctrica ..... 6.2.5 a 6.2.6
Amperaje 6.2.11
Cálculo del amperaje 6.2.16
Sobrecorriente ..... *ver* Sobrecorriente
Corrosión en Tuberías de gas 7.9.3.7
Cortafuegos 23.3.8.1
Cortocircuitos ..... 6.2.16, 6.3.4, 6.9.4.3, 6.9.5, 6.10.2, 6.11.8 a 6.11.9, A.6.10.2, A.6.11.8
Definición 1.3.43
Cristal 4.8.1
Cajas de aparatos 21.5.1.6
Conductividad térmica del 3.2.1
Fusión y reblandecimiento de 4.8
Manchas en 4.13.3
Marcas en 4.13
Rotura de 4.13.1, 15.5.3, 18.3.1, A.4.13.1
Templado 4.13.2, A.4.13.2
Ventana 4.13, 15.5.3, 18.3.1, 18.13.3.2, 18.13.3.4
Cromatografía de gases 4.17.7.2, 14.10.2.1, 18.15
Cromo ..... Tabla 4.8
Cronómetros
Aparatos 21.5.9
Dispositivos incendiarios 19.2.7.2
Cuarzo ..... Tabla 4.8
Cubiertas del tejado, pruebas 14.10.2.19
Cuerpo de Bomberos, municipal 11.5.1.9
Su ausencia, como indicador de incendio provocado .. 19.4.7.3
Cuerpo humano, electricidad estática y 6.12.2.7
Curva de tiempos
Análisis 17.2, 18.17.1
Definición 1.3.44

-D-

Daño a la propiedad, explosiones ..... Tabla 18.13.3.1(b)
Daño previo al paso de la onda expansiva 18.13.3.2
Daños
Explosiones 18.8.2, 18.13.3.1, A.18.8.2
Análisis de marcas 18.17.2
Caracterización de 18.3, A.18.3.2
Fuegos forestales 23.4.2
Incendio provocado 19.2.8, 19.3.5
Negligencia, pérdidas debidas a 9.6.1
Valoración 12.2.6, 15.2, A.15.2.3
Daños causados por el paso de la onda expansiva 18.13.3.2
Daños mecánicos en conductores 6.10.6.4, A.6.10.6.4
Daños por sobrepresión ..... 18.13.3.1 a 18.13.3.2
Deber (negligencia) 9.6.1
Defectos de diseño 9.6.4
Definición del problema 2.3.2
Definiciones 1.3, A.1.3
Deflagraciones ... 18.1, 18.2.4, 18.7, Tabla 18.13.2, 18.13.3.1, A.18.7.3
Definición 1.3.45
Nube de vapores al aire libre 18.11
Reflexión del frente de onda expansiva 18.5.1
Temperaturas 18.4.3
Ventilación de 18.4.1.4
Deformación de materiales 4.20, 23.4.6.3
Deformación de materiales 4.9
Delitos graves 9.4.1.1
Demografía, departamento estatal de 11.5.3.3
Demolición
Documentación previa 13.2.1
Preservación y 14.3.6
Solicitud de mandato judicial contra 9.2.2
Densidad de materiales 3.2.1, 3.3.1, 4.17.7.2
Densidad de vapor 18.8.2.2, A.18.8.2.2

Definición 1.3.125.1
Departamento de Agricultura de los EE.UU. 11.5.4.1
Departamento de Comercio de los EE.UU. 11.5.4.2
Departamento de Defensa de los EE.UU. 11.5.4.3
Departamento de Energía de los EE.UU. 11.5.4.13
Departamento de Estado de los EE.UU. 11.5.4.8
Departamento de Hacienda del Estado 11.5.3.4
Departamento de Interior de los EE.UU. 11.5.4.6
Departamento de Justicia de los EE.UU. 11.5.4.11
Departamento de regulación del Estado 11.5.3.5
Departamento de Sanidad y Servicios Humanos de los EE.UU. 11.5.4.4
Departamento de Trabajo de los EE.UU. 11.5.4.7
Departamento de Transporte de los EE.UU. 11.5.4.9
Departamento de Transportes de Canadá 22.7.3
Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano 11.5, 4.5
Departamento del Sheriff 11.5.2.6
Departamento del Tesoro de los EE.UU. 11.5.4.10
Departamento Estatal de Recursos Naturales 11.5.3.7
Departamento municipal de construcción 11.5.1.5, 15.9
Departamento municipal de salud 11.5.1.6
Departamento municipal de urbanismo 11.5.1.4
Departamentos de policía 11.5.1.8, 11.5.2.6, 11.5.3.9, 20.2.3
Derecho a la entrada ..... *ver* Entrada, derecho de
Derrumbe del edificio 4.17.7.2
Desarrollo del escenario 15.4
Desarrollo del incendio ..... 3.5, 17.6.2, A.3.5; *ver también* Propagación del incendio
Aberturas de ventilación 3.5.4.1, 15.5.5
Altura de llamas y 3.5.5, A.3.5.5
Flashover 3.5.3.2, 3.5.4.1, A.3.5.4.1
Habitaciones, efecto de las 3.5.4
Incendio provocado 19.2.4, 19.2.8, A.19.2.4
Incendios confinados 3.5.3.2, 3.5.4.3
Incendios no confinados 3.5.2
Penacho 3.5.1
Sistemas de los edificios, efecto de los ..... 5.1 a 5.2
Techos, efecto de los 3.5.3, 3.5.4.2
Descargas aéreas 23.3.8.2
Desechos de lana ..... Tabla 3.3.5
Desechos de papel ..... Tabla 3.4
Desescombro 14.3.4.2.2
Desinhibición de la reacción en cadena 3.1.1.4
Desperdicios ..... Tabla 3.4, 15.6.1
Lana ..... Tabla 3.3.5
Detección (definición) 1.3.46
Detectores de humo ..... *ver* Detectores y Sistemas de detección
Detectores y sistemas de detección ..... 3.5.3.1 a 3.5.3.2, 15.6.1, 24.19
Determinación del origen .. Capítulo 15, A.15; *ver también* Origen
Aparatos en el área de 21.3
Combustión total 15.9
Condiciones previas al incendio 15.5.1, 15.6.1
Contenido, análisis de 15.7.3
Desarrollo preliminar del lugar del suceso 15.4
Escenario de la propagación del incendio 15.8
Examen estructural
Exterior 15.3.3, 15.5.5
Interior 15.3.4
Examen de superficies, detallado
Exterior 15.5
Interior 15.6
Explosiones ..... *ver* Explosiones, Origen (epicentro)
Instalaciones 15.4, 15.5.2, 15.6.2
Marcas de humo para 3.6
Propósito de la 11.1, A.11.1
Puertas y ventanas, estado de 15.5.3, 15.5.5
Reconstrucción del lugar del incendio ..... *ver* Reconstrucción del lugar del incendio
Retirada de escombros ..... 15.7.1 a 15.7.2
Valoración de daños 15.2, 15.5.5, A.15.2.3
Valoración preliminar del lugar del suceso ..... *ver* Valoración preliminar
Detonaciones ..... 18.2.4, 18.6, 18.8.2 5 a 18.8.2.6, 18.11, Tabla 18.13.2, 18.13.3.1
Definición 1.3.47
Temperaturas 18.4.3
Diagrama de fotos 13.2.3.3
Diagramas ..... 9.3.2.1.1, 14.5.1, A.14.5.1; *ver también* Dibujos
De contenidos previos al incendio ..... Fig. 13.4.2(c)
De fotografías 13.2.3.3
De vectores 15.2.3, A.15.2.3
Dinámica de la explosión 18.14
Estudio de la profundidad del carbonizado 4.5.3.1, 15.2.4
Incendios en aparatos eléctricos ..... 21.2.2 a 21.2.3
Incendios en vehículos de motor 22.7.4
Investigación de incendios de importancia 24.20
Isotermas 18.17.5
Lugar de la explosión 18.13.3, 18.13.3.4
Plano del piso 15.9, 24.19
Profundidad de calcinación 4.12.2
Víctimas
Lugar del fallecimiento 20.2.2
Quemaduras y heridas 20.6.10
Diagramas de isotermas 18.17.5
Diagramas de vectores 15.2.3, A.15.2.3
Dibujos 13.4
Arquitectónicos y de Ingeniería 13.4.6, 13.6
Bocetos 13.4.5, 14.5.1, A.14.5.1
Incendios en vehículos de motor 22.7.4
Investigación de incendios de importancia 24.19, 24.20
Lugar de la explosión 18.13.1.2
Lugar del fallecimiento 20.2.2
Selección de 13.4.3
Símbolos 13.4.4, A.13.4.4
Tipos de 13.4.2
Dibujos de Ingeniería 13.4.6
Diferenciales 6.6.2.3
Difusión de información 24.23
Dilatación térmica 4.9, 4.20.2
Definición 1.3.48
Dinámica del fuego ..... 17.4.7, A.17.4.7; *ver también* Ciencia del fuego
Análisis de la transferencia de calor 17.4.1
Análisis termodinámico del equilibrio químico 17.4.4
Bibliografía B.1
Definición 1.3.49
Marcas de incendio 4.2, A.4.2.2.1
Dióxido de carbono 3.1.1.1, 3.6, 20.5, A.20.5.1
Diseño de edificios 5.2
Comparación entre Planos de diseño y Planos "as-built" .. 5.2.2.5
Daños por explosión, efecto sobre 5.2.6
Estudio de modelización de incendios por ordenador 5.2.5
Materiales 5.2.3
Dispositivo incendiario de serrín-parafina 19.2.7.1
Dispositivos de alivio de presión, Gases Licuados del Petróleo . 7.4.2.1

Dispositivos de retardo 19.2.7.2
Dispositivos explosivos 10.3
Dispositivos incendiarios 10.3, 14.3.4, 16.3, 19.2.7
Dispositivos y sistemas de protección contra incendios 5.2.2, 15.4, 15.6.1, 24.19
Sabotaje de 19.3.5
Disturbios urbanos 19.4.7.2, 19.4.8.2.6
Documentación ..... ver también Diagramas; Fotografías; Grabación de la escena
Daños causados por el incendio 12.2.7, 15.2, A.15.2.3
Entrevistas 11.4.7
Incendios en aparatos eléctricos 21.2
Incendios en vehículos de motor 22.7, 22.9
Investigación de incendios de importancia ..... 24.19 a 24.23
Lugar de la explosión 18.13.1.2, 18.13.1.3, 18.13.3.4
Pruebas físicas, recogida de 14.5.1, A.14.5.1
Víctimas
Heridas por quemadura 20.7.2.3
Lugar del fallecimiento 20.2.2
Pruebas postmortem y exámenes 20.6
Duración de la combustión 4.11
Duración del incendio y profundidad del carbonizado .. 4.5.5
Efecto del aislamiento y autocalentamiento 3.3.5
Efecto del fuego en una esquina 3.5.4.3
Efecto metralla 18.4.2, 18.6, 18.13.3.1
Efecto sísmico 18.4.4, 18.13.3.1
Efecto superficial 4.3.2, 4.5
Efectos del calor 18.4.3, 18.13.3.1, 18.17.5, 20.5.2
Efectos personales de la víctima del incendio 20.6.8
Ejemplares ..... 14.10.4, 21.4.5 a 21.4.6
Electricidad ..... *Ver también* Electricidad estática
Básico 6.2
Como fuente de inflamación 6.1, 6.9, 16.3, A.6.9.4.4
Incendio provocado 19.3.2
Incendios en aparatos 16.3, 21.4.3
Incendios en vehículos a motor ... 22.4.2, 22.5.3, A.22.4.2.3
Incendios forestales 23.7.3.1
Edificios 6.3, A.6.3.1
Acometida ..... 6.3.3 a 6.3.4, Fig. 6.3.3
Cajetín y contador 6.3.3
Equipo de acometida ..... Fig. 6.3.3, 6.4 a 6.5
Planos 24.19
Requisitos de puesta a tierra 6.5
Servicio Monofásico 6.3.2.1
Servicio Trifásico 6.3.2.2
Incendio y ..... Capítulo 6, A.6
Electricidad estática 6.9.4.2, 6.12, A.6.12, A.18.8.1
Arcos incendiarios A.6.12.3
Como fuente de ignición 6.12.4, 6.12.6, A.6.12.4
Controlar las acumulaciones de 6.12.5
Generación de 6.12.2, A.6.12.2
Investigación de la ignición 6.12.7
Elementos cortafuego en vehículos 22.6
Elementos estructurales 4.16.1.3, 4.17.6, 18.3.2, A.18.3.2
Elementos estructurales fabricados en madera 5.3.1.7
Elevación, marcas que determinan la 4.16.4
Embolsamiento de gases combustibles ... 18.8.4, Tabla 18.13.2
Encendedores sin piloto 7.5.4.3
Enchufes y dispositivos antideflagrantes 6.8.3
Energía ..... 6.2.14 a 6.2.15
Energía de ignición 3.3
Arcos estáticos y 6.12.4, A.6.12.4
De gases 3.3.3
Definición 1.3.50
Materiales de construcción 5.2.3.1
Materiales finos y gruesos 3.3.1
Mínima ..... 7.1.1.2, 18.8.1, 18.9.5, Tabla 18.13.2, A.18.8.1
Energía eléctrica ..... 6.2.14 a 6.2.15
Ensanchamiento, fuegos forestales 23.4.4.2
Entrada
Bloqueda, obstruida 19.3.4
De ocupantes 24.7
Derecho de ..... 9.2.2 a 9.2.3, 12.2.7, 19.2.1
Forzada 15.5.3, 15.5.5
Investigación de incendios de importancia 24.5, 24.24
Limitada, para preservación del lugar de los hechos 14.3.4.2.6
Método de 9.2.3
Entradas forzadas 15.5.3, 15.5.5
Entrevistas 9.3.3, 11.4, 24.18
Equipo
Eléctrico ..... *ver* Equipo eléctrico y componentes
Escena del suceso 12.4.1
Especializado 12.2.6
Mantenimiento y manipulación incorrecta de 8.4.1.1
Protector ..... *ver* Ropa y equipo protector
Equipo de respiración autónomo 24.12
Equipo eléctrico y componentes .. *ver* también Aparatos eléctricos
Cableado, energía 6.11.7, 19.3.2, 21.5.2.1
Como fuente de ignición 6.1, 6.9, 19.3.2, A.6.9.4.4
Condiciones previas al incendio de 15.6.1
Equipos de gas, componentes eléctricos de 7.7.1.7
Examen y pruebas 14.10.4
Incendio provocado y 19.3.2
Recogida de pruebas ..... 14.5.5 a 14.5.6
Transformadores 21.5.2.2
Transporte de 14.8.2.1
Vehículos 22.4.2
Equipo para la acometida eléctrica ..... Fig.6.3.3, 6.4 a 6.5
Cables, acometida de servicio/lateral 6.3.2.1
Incendio provocado y 19.3.2
Equipos 12.1
Organización de 24.4, 24.8, A.24.8
Reuniones de 12.4, 24.9
Equipos de cocina ..... 7.8(c), 21.6.1, A.7.8
Equipos de sabuesos 12.5.9, 14.5.3, 14.5.3.5, A.14.5.3.5
Escaleras 19.2.3, 19.3.5.1
Escombros
Combustión total 15.9
Contención de 12.2.5
Explosiones
Análisis de 18.13.3, 18.14, 18.17.2.1, 18.17.4
Daños graves 18.3.2, A.18.3.2
Daños leves 18.3.1
Perímetro afectado y 18.13.1.1
Fuente de ignición en incendios forestales 23.7.2.3
Fuentes de ignición en vehículos de motor 22.4.5
Retirada de ..... 15.7.1 a 15.7.2, 24.22
Esfuerzo de los materiales y exfoliación 4.6
Espacios bajo muebles 19.2.3
Espacios intersticiales 5.2.2.4
Espacios ocultos 5.2.2.4, 5.4.4
Especificaciones arquitectónicas 13.6, A.13.6
Especificaciones de ingeniería 13.6, A.13.6
Especificaciones, de la arquitectura y la ingeniería 13.6, A.13.6
Espectadores, seguridad de 10.2.6

Espectrografía de masas 18.15
Espectrometría de masas 14.10.2.2
Espectrómetro infrarrojo 14.10.2.3
Espuma de látex ..... Tabla 3.3.5
Espuma de poliuretano 3.6
Espumas, extinción por 23.3.8.4
Esquinas, incendios en 3.3.1
Estabilidad estructural 10.2.2, 18.13.1.4, 24.12
Estándares
Cumplimiento de los 7.9.2
Definición 1.3.52
Incumplimiento de los 8.4.4, 9.6.2
Estireno 3.6
Estructuras ..... *ver también* Sistemas en edificios
Altura de las 8.3.3.3
Explosiones en 18.1, 18.3, A.18.1, A.18.3.2
Análisis del daño 18.17.2.2, 18.17.4
Condiciones de sobrepresión 18.13.2.1, 18.13.3.1
Desplazamiento de elementos estructurales 18.13.3.3
Efecto sísmico 18.4.4
Nivel de daño 18.8.2.2
Ventilación ..... *ver* Ventilación
Exteriores 15.3.3, 15.5, 15.5.5
Interiores 15.3.4, 15.6
Investigación en casos de combustión total 15.9
Sabotaje de 19.3.5
Tamaño de 17.6.1
Tipos y usos de 12.2.5
Vehículos quemados en 22.11
Ventilación 18.8.2.6, 18.14
Etano 18.15
Etanol ..... Tabla 3.3.4
Etileno ..... Tabla 18.8
Examen de pruebas en laboratorio 14.10.1
Examen por rayos X, víctimas del incendio 20.3.1, 20.4.2, 20.6.7, A.20.4.2
Exámenes médicos 11.5.2.5, 20.2.3
Exfoliación 4.2.2, 4.6, A.4.6.1
Definición 1.3.53
Interpretación de la 4.6.1, 4.11, A.4.6.1
Experimentos de incendio en una habitación 14.10.2.21
Expertos ..... 9.7, 12.3, 12.5; *ver también* Abogados
Expertos industriales 12.5.6
Explosiones ..... Capítulo 18, A.18; *ver también* Daño, Explosión; Lugar de la explosión; Explosivos
Back-Draft o de humo ..... 18.2.4(4), 18.7.4, 18.10
Bibliografía B.8
BLEVEs ..... *ver* BLEVEs
Caracterización de ..... 18.3, Tabla 18.13.2, A.18.3.2
Causas de 4.17.8, 4.19.2, 16.1
Análisis 18.17, A.18.17.3
Fuente de combustible 18.13.2.5, 18.13.2.7, 18.15
Fuente de inflamación 18.16
Origen ..... *ver* epígrafe: Origen (epicentro)
Con cráter ..... 18.6, Tabla 18.13.2, 18.13.2.3, 18.14
Definición 1.3.54.2
Cráter de 18.6
Definición 1.3.54.1
Criterios sobre daños a la propiedad ..... Tabla 18.13.3.1(b)
Criterios sobre daños personales ..... Tabla 18.13.3.1(a), 18.13.3.3
De combustión 18.2.4
De gases ..... *ver* Gase, explosiones de vapores
De Gases Combustibles ..... *ver* Gases combustibles, explosiones
De Gases y vapores condensados combustibles 18.6.3
De humo ..... *ver* Backdraft
De polvo ..... *ver* Polvo, Explosiones de
De vapores ..... *ver* Explosiones de gas/vapores
Definición 1.3.54, 18.1
Diseño y construcción del edificio, efecto de las 5.2.6
Efectos de ..... 18.4 a 18.5
Eléctricas 18.2.5
Graves ..... 18.3, Tabla 18.13.2, 18.13.2.2, A.18.3.2
Definición 1.3.54.4
Identificación 18.13.2.1
Incendios y ..... Tabla 18.13.2
Leves ..... 18.3, Tabla 18.13.2, 18.13.2.2, A.18.3.2
Definición 1.3.54.3
Líquidos combustibles o inflamables derramados 18.7.2, 18.13.1.4
Mecánicas 18.2.1, A.18.2.1
Muertes y heridos por ..... *ver* Víctimas
Múltiples ..... *ver* epígrafe: Secundarias
Nube de vapores al aire libre 18.11
Nucleares 18.2.6
Origen (epicentro) 15.6.3, 18.6, 18.13.1.3, 18.13.2.6, 18.14
Pruebas de ..... 15.5.4, 15.6.3, 18.13.1.2 a 18.13.1.3, 18.13.3.3
Químicas 18.2.3, 18.4.3, A.18.2.3
Recipiente a presión 18.6.2
Relación entre la fuerza de una explosión y los destrozos producidos 18.17.3, A.18.17.3
Responsabilidad por, daños por 16.6
Secundarias ..... 18.8.4, 18.9.6, 18.13.1.4, Tabla 18.13.2, 18.14
Definición 1.3.54.6
Sin cráter 18.7, 18.13.2.3, 18.14, A.18.7.3
Tipos de 18.2, 18.13.2.4, 18.13.2.7, A.18.2
Ventilación ..... *ver* Ventilación
Explosiones con cráter ..... *ver* Explosiones
Explosiones de baja potencia ..... *ver* Explosiones
Explosiones de gas/vapor 4.19.2, 18.2.4, 18.6.3, 18.8
Embolsamientos ..... 18.8.4, Tabla 18.13.2
Energía mínima de ignición ..... 18.8.1, Tabla 18.3.2, A.18.8.1
Explosiones múltiples 18.8.4
Interpretación de los daños 18.8.2, A.18.8.2
Migración subterránea de gases combustibles ..... 18.8.3, Tabla 18.13.2
Onda expansiva 18.17.3, A.18.17.3
Ventilación 18.8.2.6
Verificación de la odorización 7.2.4, 7.9.7.1, 18.8.3, A.18.8.4
Explosiones de gases y vapores de líquidos combustibles 18.6.3
Explosiones de humo ..... *ver* Backdraft
Explosiones de humo (Backdraft) ..... 18.2.4(4), 18.7.4, 18.10
Explosiones de nubes de vapor 18.11
Explosiones de recipientes a presión 18.6.2
Explosiones de vapores 18.6.2
Explosiones de vapores ..... *ver* Explosiones de Gas/vapor
Explosiones eléctricas 18.2.5
Explosiones en cascada ..... *ver* Explosiones, secundarias
Explosiones exteriores de nube de vapor 18.11
Explosiones mecánicas 18.2.1, A.18.2.1
Explosiones múltiples ..... *ver* Explosiones, secundarias
Explosiones nucleares 18.2.6
Explosiones por combustión 18.2.4, 18.4.3
Explosiones químicas 18.2.3, 18.4.3, A.18.2.3
Explosiones secundarias ..... *ver* Explosiones
Explosiones sin cráter 18.7, 18.13.2.3, 18.14, A.18.7.3

Explosivos ..... 18.6.1, 18.12, 18.13.1.2, Tabla 18.13.2, A.18.12
De alta potencia 18.6.1, 18.12.2
Definición 1.3.55.2
De baja potencia 18.12.1
Definición 1.3.55.1
Definición 1.3.55
Extinguir (definición) 1.3.58
Superficie expuesta (definición) 1.3.117
Onda expansiva 18.17.3, A.18.17.3
Valoración inicial del lugar de la explosión 18.13.2
Expolio (definición) 1.3.56
Extensión lateral del penacho 4.2.1
Extinción del incendio
Agujeros causados por 15.5.5
Comportamiento humano, efecto de los sistemas de extinción sobre el 8.3.3.5
Definición 1.3.57
Dispositivos 15.6.1
En el lugar del fallecimiento, influencia sobre las pruebas 20.2.1
Equipos pesados, sistemas de extinción en 22.13
Estado de la 10.2.1
Incendios forestales 23.2.8
Manual 5.2.1
Preservación del lugar por los bomberos 14.3.4

-F-

Fabricantes de café 21.6.2
Fabricantes, responsabilidad de los ..... 9.6.3 a 9.6.4
Fallo
Definición 1.3.60
Negligencia, como parte del 9.6.1
Odorizante 7.2.4, 7.9.7.1, 18.8.3, A.18.8.4
Fallo de puesta a tierra 6.3.4, 6.6, 6.9.4.3, 6.9.5, 6.10.2, 6.11.8, A.6.10.2
Definición 1.3.61
Fallos de corriente 6.3.4, 6.7, 6.9.5, 6.10.5, A.6.10.5
Fallos de alta resistencia 6.9.6, 22.4.2.1
Fase de presión negativa (explosión) 18.4.1.2
Fase de presión positiva (explosión) 18.4.1.1
Fecha del incidente 12.2.2
Fertilizante de Nitrato de Amonio 3.1.1.2
Fertilizantes 3.1.1.2
Fiabilidad de la información 11.1.2
Fibras y electricidad estática 6.12.2.6
Filamentos de bombillas, como fuente de ignición 22.4.2.3, A.22.4.2.3
Final del incendio 23.3.4, 23.5
Flexión, de vigas de acero/columnas 4.9
Flujo crítico radiante 14.10.2.20, A.4.16.1.4
Fluorescencia a los rayos X 14.10.2.5
Forense (definición) 1.3.64
Fotografía (técnica) ..... 13.2; *ver también* Fotografías; vídeos
Cámaras 13.2.2
Composición y técnicas 13.2.3
Filtros 13.2.2.5
Fotografías vs. Diapositivas 13.2.7.1
Iluminación 13.2.2, 13.2.2.6, 13.2.3.3
Lentes 13.2.2.4
Película 13.2.2.2
Pistas 13.2.6, 15.2.2
Tecnología digital 13.2.2.3
Tipos especiales de 13.2.2.7
Fotografías ..... 11.3.3, 11.6.7, 24.20; *ver también* Fotografía
Aéreas 13.2.5.11
Como documentación de la recogida de pruebas 14.5.1, A.14.5.1
De aparatos ..... 13.2.5.7, 21.2.1 a 21.2.4, 21.4.4
De instalaciones 13.2.5.7
De la estructura 13.2.5.5
De las actividades realizadas en el lugar del incendio 13.2.5
De personas o multitudes 13.2.5.2
De víctimas
Heridas por quemaduras 20.7.2.3
Lugar del fallecimiento 20.2.2
Examen postmortem 20.6.9
Del exterior 13.2.5.4
Del interior 13.2.5.6
Desde el punto de vista de los testigos 13.2.5.10
Diagramas de 13.2.3.3
Durante el incendio 13.2.5.1
Extinción del incendio 13.2.5.3
Incendios en vehículos de motor ..... 22.7.4 a 22.7.5
Lugar de la explosión 18.13.1.3, 18.13.3, 18.13.3.3, 18.13.3.4
Marcas de incendio 15.2.2
Mosaicos 13.2.3.2
Presentación de 13.2.7
Preservación del lugar del incendio 13.2.1
Pruebas 13.2.5.8
Secuenciales 13.2.3.1
Sugerencias de 12.2.7, 13.2.3, 13.2.5
Supervisión por el investigador del incendio 13.2.3.4
Tiempo correspondiente a 13.2.1, 13.2.3.3
Utilización en juicios ..... 9.3.2.1.1, 9.3.6.3, 9.3.6.5, 13.2.3.5, 13.2.5.8 a 13.2.5.10
Fotografías aéreas 13.2.5.11
Fotografías de las víctimas 13.2.5.9
Fotografías de multitudes 13.2.5.2
Frente de la onda expansiva 18.1, 18.2.3, 18.4.1, 18.5, 18.13.3.1
Definición 1.3.14
Forma de 18.4.1.3
Heridas causadas por 20.8.2.1
Frente de llama
Definición 1.3.65
Velocidad de traslación 18.8.2.1
Frigoríficos ..... 7.8(d), 21.6.5, A.7.8
Fuego
Definición 1.3.66
Incendio de ventilación controlada 3.1.1.2, 3.5.3.2, 3.6
Definición 1.3.66.2
Llamarada
Definición 1.3.66.1
Marca de fuego 4.19.2
Fuego controlado 23.7.2.6
Fuegos artificiales 23.7.2.10
Fuel oil 3.6
Fuente de combustible, explosión 18.13.2.5, 18.13.2.7, 18.15
Fuentes de ignición 3.3
Cigarrillos ..... *ver* Cigarrillos como fuente de ignición
Como indicador de incendio provocado 19.2.3
Comportamiento humano en la iniciación del incendio 8.4
Determinación de la causa 16.3
Durante la investigación del incendio 10.2.7
Eléctricas ..... *ver* Electricidad
Electricidad estática 6.12.4, 6.12.6, A.6.12.4

Equipos, mantenimiento y manipulación incorrecta de 8.4.1.1
Explosiones 18.5, 18.8.2.2, 18.13.2.8, 18.16, A.18.8.2.2
Lugar y magnitud de 18.8.2.5, A.18.8.2.5
Gases combustibles ..... 7.1.1.1 a 7.1.1.3
Heridas de incendio/explosión, causantes de 20.7.1.3
Incendios en vehículos de motor 22.4, A.22.4
Incendios forestales 23.5.2
Múltiples 18.16
Temperaturas de ignición de algunos materiales ..... Tabla 3.3
Fuentes de información visual 11.3.3
Fugas, gas 4.5.4, 7.1.1.1, 7.9.3, 7.9.5, 7.9.7, 18.13.1.4, 18.15, 22.5.1.3, A.7.9.3.8, A.7.9.7
Funcionarios, gobierno 11.5.1.1, 11.5.2.2
Fusibles 6.4, 6.6, 21.5.2.4,21.5.3.2.1
Aparatos 21.5.2.1
Fusible 7.4.2.5
Fusibles de cartucho 6.6.1.4
Fusibles de retardo 6.6.1.3
Fusibles de rosca 6.6.1.1
Fusibles tipo S 6.6.1.2
Fusión de materiales 4.3.2, 4.8, 4.17.8, 5.2.3.6
Conductores eléctricos
Arcos causados por 6.11.1
Incendios causados por 6.11.1
Metales ..... *ver* Metales, fusión

-G-

Garages, instalaciones en 7.7.1.3, A.7.7.1.3
Garantía de búsqueda administrativa 9.2.3.3
Garantías en la investigación
Administrativa 9.2.3.3
Criminal 9.2.3.4
Gas de altos hornos ..... Tabla 18.8
Gas de horno de coque ..... Tabla 18.8
Gas de las alcantarillas ..... Tabla 18.8, 18.15
Gas de los pantanos 18.15
Gas natural 3.6, 18.8, 18.8.2.2, 18.8.3, 18.15, A.18.8.2.2
Aparatos 7.7.1.2
Como combustible de vehículos 22.3.2, 22.5.1.4
Marcas de incendio de 4.17.2.2, 4.17.9
Propiedades de ignición del ..... Tabla 3.3.4
Quemadores 7.5.4, 7.9.3.3
Sistemas en edificios 7.2.1, 7.3, 7.5.1, 7.5.4, A.7.3.1
Gases ..... *ver también* Explosiones de Gas-Vapor
Acumulaciones de electricidad estática 6.12.25
Combustible inicial 16.4
Combustibles ..... *ver* Gases combustibles
Combustibles, en el lugar del incendio 10.2.7
Convección 3.2.2
Definición 1.3.68
Encendido de ..... 3.3.3, Tabla 3.3.4, 16.3
Explosividad 14.10.2.25
Fabricados 7.2.3.3
Fugas de ..... *ver* Fugas de gases
Inhalación de gases tóxicos/calientes por las víctimas del incendio 20.5.2.2, 20.7.3.1.1
Irritantes 20.7.3.1.2
Licuados del Petroleo ..... *ver* Gases Licuados de Petroleo
Marcas generadas por la capa de gases calientes 4.2.3
Medición de los gases presentes en un incendio 14.10.2.23
Muestras de 14.5.4
Narcóticos 20.7.3.1.1
Perforaciones, como fuente de ignición de incendios forestales 23.7.3.2
Propiedades de combustión de los gases inflamables más comunes ..... Tabla 18.8
Propiedades de los gases inflamables 18.8
Tóxicos 24.12
Ventilación de ..... *ver* Ventilación
Gases combustibles 15.6.2
Aparatos ..... 7.7 a 7.8, 7.9.3.5, A.7.8
Combustión de 3.1.1.1
Comerciales, marcas de fuego de 4.17.9
Como fuentes de ignición ..... 7.1.1.1 a 7.1.1.3
Componentes más comunes de los sistemas de 7.5
Confinados 18.6.3
Definición 1.3.69
Embolsamiento ..... 18.8.4, Tabla 18.3.2
En incendios de vehículos 22.3.2, 22.5.1.4
Explosiones 18.6.3, 18.7.1, 18.8, 18.14
Investigaciones, influencia sobre las 7.1.1
Explosiones secundarias 18.8.4, 18.13.1.4
Fugados ..... 7.1.1.1, 7.9.5.2 a 7.9.5.4, 7.9.7, 18.8.3, 18.14, 18.16, A.7.9.7
Fugas 7.1.1.1, 7.9.3, 7.9.5, 7.9.7, A.7.9.3.8, A.7.9.7
Investigación de incendios/explosiones, influencia sobre la .. 7.1.1
Investigación de sistemas de gas combustible 7.9, A.7.9
Marcas de profundidad del carbonizado de 4.5.4
Migración subterránea de gases ..... 7.9.7, 18.8.3, Tabla 18.13.2, A.7.9.7
Odorización de 7.2.4, 18.8.3, A.18.8.4
Quemadores 7.5.4, 7.9.3.3
Reactores 4.18.3, 18.17.5
Sistemas en edificios ..... Capítulo 7, A.7
Tipos de 7.2, 7.7.1.2, A.7.2
Tuberías y válvulas ..... 7.3, 7.5.2 a 7.5.3, 7.6, 7.9.3.1, A.7.3.1
Gases elaborados 7.2.3.3
Gases Licuados del Petróleo ... 7.2.2, 18.8.2.2, 18.15, A.18.8.2.2, A.18.8.4; *ver también* Propano
Contenedores de ..... 7.4.1 a 7.4.3, A.7.4.1
Marcas de incendio de 4.17.9
Sistemas en edificios 7.4, A.7.4
Gases tóxicos 8.3.4.3, 10.2.7, 24.12
Gasolina ..... Tabla 3.3, Tabla 3.3.4, tabla 3.4, 4.8.1, 22.1, 22.5.1.1, 22.5.4
Como acelerante 19.2.2
Gestión del caso 12.6, A.12.6
Glóbulos ..... 6.10.3, 6.10.6.1 a 6.10.6.3, A.6.10.6.3
Gobierno del Condado 11.5.2
Gobierno del estado 11.5.3
Gobierno municipal 11.5.1
Goma 6.7.5.2
Grabación del lugar ..... 12.2.7, Capítulo 13, 24.20, A.13; *ver también* Documentación
Grabaciones ..... *ver* Documentación
Grabadores de cassette 13.3
Grano ..... Tabla 3.3.4, Tabla 3.3.5
Granos de cebada ..... Tabla 3.3.5
Guardacostas de los EE.UU. 11.5.4.9
Guía (definición) 1.3.70

-H-

Heno ..... Tabla 3.3.5
Heridas ..... *ver* Víctimas

Heridas causadas por el calor 20.8.2.3
Heridas por efecto sísmico 20.8.2.4
Heridas por inhalación 20.7.3, 20.8
Heridas por metralla 20.8.2.2
Herramientas 10.3.4, 12.4.1
Herrumbre 3.1.1.4, 4.7
Hidrocarburos combustibles 3.6, 4.8.1, 14.10.2.12, 18.2.4
Hidrógeno ..... 3.1.1.1 a 3.1.1.2, Tabla 18.8, 22.3.2, 22.5.3
Hierro (metal) ..... 4.7, Tabla 4.8, 4.8.2; *ver también* Acero
Hierro fundido ..... Tabla 4.8
Hierro o Acero azul-gris 4.7, 21.5.1.1, A.21.5.1.1
Hipertermia 20.5.2.1
Hipótesis
Desarrollo de la 2.3.5
Determinación de la causa 16.2.5, 16.7
Prueba de 2.3.6
Hipoxia 20.5.5, 20.7.3.1.1
Hojas (de árboles) 23.2.2.3
Hollín 3.5.3.2, 3.6, 4.7
Definición 1.3.71
Incendios forestales 23.4.6.2
Marcas 4.10, 4.13.3
Víctima del incendio, exposición al hollín de la 20.3.4, 20.5.4
Hora del suceso 12.2.2
Incendios provocados 19.4.1.2, 19.4.7
Tiempo estimado o relativo 17.2
Tiempo real 17.2
Hormigón ..... Tabla 3.2.1
Acelerantes en 14.5.3.2
Construcciones de 5.4.3.2
Exfoliación 4.2.2, 4.6, A.4.6.1
Hornos 21.6.1, 21.6.7
Hornos ..... 7.8(c), 21.6.1, A.7.8
Hornos microondas 21.6.7
Huella de arco eléctrico 6.9.4.4, A.4.9.4.4
Huida 8.8.4
Humedad relativa 23.3.7.3
Humidificación 6.12.5.1
Humo 3.6
Color del 3.6
Comportamiento del 3.5.3.2, 3.6
Conducta humana, influencia en la 8.3.4.2
Definición 1.3.72
Víctima del incendio, exposición al humo de la 20.3.4, 20.5.4, 20.7.3.1.3
Humo negro 3.6

-I-

Identificación de pruebas 14.7
Ignición ..... 3.3, A.3.3; *ver también* Energía de ignición; Fuentes de ignición; Tiempo de ignición; Temperatura, ignición
Autoignición (definición) 1.3.73.1
Calor de 16.3
Definición 1.3.19
De gases 3.3.3, 16.3
De líquidos 3.3.2
De sólidos 3.3.1
Definición 1.3.73
Espontánea 3.3, 3.3.5
De madera 3.3.1
Definición 1.3.73.2
Incendios forestales 23.7.1.2
Materiales susceptibles de ..... Tabla 3.3.5
Factor de (causa) 16.5
Proceso de 16.3
Propiedades de algunos materiales ..... Tabla 3.3.4
Radiante ..... *ver* Ignición radiante
Secuencia de 16.5
Ignición espontánea ..... *ver* Ignición
Ignición radiante 3.5.1, 3.5.4.2, 4.16.1.4
Iluminación
Aparatos 21.5.5, 21.5.8
Bombillas deformadas 4.20.1
Circuitos 6.7
Filamentos de bombillas, como fuente de ignición 22.4.2.3, A.22.4.2.3
Fluorescentes 21.5.5, 21.6.15
Iluminación por gas combustible ..... 7.8(f), A.7.8
Interruptores 6.8.1
Luces fijas 6.8.3
Provisional 24.13
Residencial 21.6.15
Imágenes por satélite, de incendios forestales 23.5.1.5
Incendiarios juveniles 8.5, 23.7.2.9
Incendio de ventilación controlada ..... *ver* Incendio
Incendio dependiente del combustible 3.1.1.2, 3.5.3.2
Definición 1.3.74
Incendio provocado ..... 8.6, 9.4.1, 16.2.3 a 16.2.5, Capítulo 19, A.9.4.1.1, A.19; *ver también* Acelerantes
Análisis de 19.4.1, A.19.4.1
Definición 1.3.10, 9.4.1, A.1.3.10
Estatutos 9.4.1.1, 9.5, A.9.4.1.1
Fuegos forestales 23.7.2.5
Incendios en vahículos de motor 22.10
Indicadores 3.4, 14.3.4, 16.5, 19.2, A.19.2.4
No relacionados directamente con la combustión ..... 19.3 a 19.4
Informes 9.5
International Association of Arson Investigators 11.6.5
Localización del incendio ..... 19.3.1 a 19.3.2, 19.4.1.1
Medida del tiempo 19.4.1.2, 19.4.7
Motivo 19.4, 19.4.8, A.19.4
Clasificación del 19.4.8.2, A.19.4.8.2
Intención versus 19.4.8.1
Pirómanos juveniles 8.5, 23.7.2.9
Trailers ..... 4.18.1 a 4.18.2, 14.3.4, 19.2.2
Incendios autorizados 23.7.2.6
Incendios confinados 3.5.3
Incendios en lugares cerrados 3.1.12, 3.5.3, 5.2.2
Flashover 3.5.3.2
Marcas de humo creadas por la ventilación 4.2.2, A.4.2.2.1
Situación del fuego 3.5.4.3
Incendios en vehículos ..... *ver* Incendios en vehículos de motor
Incendios en vehículos de motor ..... Capítulo 22, A.22
Examen del vehículo 22.8
Combustibles en 22.3, 22.5.1, 22.8.1, A.22.3.1, A.22.5.1.2
Combustión total 22.9, 22.10.1
Equipos pesados 22.13
Estructuras, vehículos en 22.11
Fuentes de ignición 22.4, A.22.4, A.22.4.4
Fuentes de información 22.7.1, 22.7.3
Identificación y funciones del sistema ... 22.5, 22.8.1, A.22.5.1.2
Lugar del suceso, grabación del 22.7
Precauciones de seguridad 22.2
Vehículos recreativos 22.4.2, 22.4.2.4, 22.12

Vehículos robados 22.10
Incendios forestales ..... Capítulo 23
Animales, influencia sobre los 22.3.11
Bibliografía B.11
Combustibles 23.2, 23.3.5, 23.4.6.1
Consideraciones para la seguridad 23.9
Determinación de la causa del incendio 23.7
Determinación del origen 23.5
Zona inicial de investigación 23.5.1
Equipo de búsqueda 23.5.3
Técnicas de búsqueda 23.5.2
Extinción 23.3.8
Frontera entre el entorno urbano y la naturaleza 23.3.10
Fuentes de información 23.10
Indicadores 23.4
Propagación del incendio, factores que afectan a la 23.3, 23.5.2.3
Pruebas 23.5.2.2, 23.5.2.4, 23.8
Seguridad del área o punto de origen 23.5.2.1, 23.6
Incendios múltiples 14.3.4, 19.2.1, 19.3.5.2
Incendios no confinados 3.5.2
Incidentes con explosiones .... *ver también* Lugar de la explosión
Investigación de 18.12.3, 18.15
Seguridad 18.13.1.4
Incineradores ..... 7.8(g), A.7.8
Indicador de gas combustible 4.17.7.2
Definición 1.3.75, A.1.3.75
Inercia térmica ..... 3.2.1, 3.3, 5.2.3.3, 16.3(c)
Definición 1.3.76
Inflamabilidad de materiales de construcción 5.2.3.2
Inflamabilidad de tejidos 14.10.2.28
Inflamable (definición) 1.3.77
Información básica sobre el incidente 12.2
Información escrita ..... 11.3.2; *ver también* Documentación
Información, fuentes de ..... Capítulo 11, A.11.1
Acta sobre Libertad de Información 11.2.1
Consideraciones legales 11.2
Electrónicas 11.3.4
Entrevistas 11.4
Escrita 11.3.2
Fiabilidad de las 11.1.2
Formularios 11.3
Gubernamentales 11.5
Privadas 11.6
Propósito de la obtención de 11.1.1
Verbal 11.3.1
Visual 11.3.3
Información verbal 11.3.1
Información, difusión 24.23
Ingenieros 12.5
Ingenieros de materiales 12.5.1
Ingenieros de protección contra incendios 12.5.5.1
Ingenieros eléctricos 12.5.3
Ingenieros mecánicos 12.5.2
Ingenieros químicos 12.5.4
Inmunidad en los Incendios Provocados 9.5
Inspecciones de detectores de gas 7.9.5.2
Instalaciones ..... 15.4, Capítulo 21, A.21.5.1.1
Análisis de las causas que impliquen a 16.3, 21.4
Análisis del origen que impliquen a 21.3
Circuitos de conexión 6.7
Como fuente de ignición en un incendio forestal 23.7.3
Componentes 21.5, A.21.5
Controles ..... , 7.9.3.5
Cordones y cables 6.11.7, 21.5.2.1
Daño por causa de explosión 18.4.4
De Gas 7.9.3.5
De Gas Combustible ..... 7.7 a 7.8, A.7.8
Desmontaje de 21.4.4
Determinación del origen 15.4, 15.5.2, 15.6.2
Ejemplares ..... 21.4.5 a 21.4.6
Estado de las 10.2.3
Examen y prueba de ..... 14.5.6, 14.10.4, 21.2.5, 21.4.5 a 21.4.6
Fotografías 13.2.5.7, 15.6.2
Fotografías de ..... 13.2.5.7, 21.2.1 a 21.2.4, 21.4.4
Fuentes de energía 21.5.2
Grabación de la escena 21.2
Incendio provocado en 19.2.7.1, 19.3.2
Interruptores 21.5.3
Marcas de fuego 21.3.2, 21.4.1
Obra civil ..... 21.5.1, A. 21.5.1
Proveedores como fuente de información 11.6.12
Recogida como prueba 14.5.6
Reconstrucción 21.2.5, 21.3.4
Residenciales 21.6
Su estado antes del incendio 15.6.1
Instalaciones sanitarias 24.16
Interruptores 6.4, 6.6, 21.5.2.4, 21.5.3.2.1
Circuito 6.6.2.2
Desconectores principales 6.6.2.1
Interruptor en el circuito de tierra 6.6.2.3
Instituciones educativas 11.6.11
Instituciones financieras 11.6.9
Instrucciones, ignorancia o desatención a 8.4.1.3, 8.4.1.5, 8.4.1.8
Insurance Institute for Highway Safety 22.7.3
Interiores, estructura 5.2.1, 15.3.4, 15.6
Interruptor de encendido en vehículos 22.8.2
Interruptores 6.8.1
Aparatos 21.5.3
Equipos de intervención, desplazamiento por los 14.3.4.2.4
Principales 6.4
Vehículos 22.8.2
Interruptores de temperatura 21.5.3.2.2
Investigación criminal, escena del fallecimiento 20.2.3
Investigación de incendios
Autoridad que la dirige 9.2.1
Definición 1.3.78
Dirección de la 2.4.3
Equipos ..... *ver* Equipos
Funciones 12.3
Ignición por causa de la electricidad estática 6.12.7
Importantes ..... Capítulo 24, A.24
Método científico e ..... 2.2 a 2.4, 16.2.5, 16.6
Métodología básica 2.4
Naturaleza de la 2.1
Periodo de tiempo 9.2.3.2, 12.2.4, 12.2.6
Planificación ..... *ver* Planificación de la investigación
Procedimiento para elaborar informe sobre ... 2.5; *ver también* Documentación
Propósito de la 12.2.8
Recursos para la 24.10
Sistemas de gas combustible 7.9, A.7.9
Investigación de incendios de importancia, dirección de .... Capítulo 24, A.24
Investigación sólo del lugar de los hechos 10.1.1

Investigaciones ..... *ver* Investigación de incendios
Investigadores
Acceso al lugar del suceso ..... 24.5, 24.7, 24.14; *ver también* Entrada, Derecho a la
Asignación de los 2.4.1
Autoridad de los 9.2.1, 14.11
Compañía de seguros 9.5
Fatiga 10.1.5, 24.12
No acompañados 10.1.1
Preservación del lugar del suceso, responsabilidad en la 14.3.5
Responsabilidad del incendio/explosión, papel en la evaluación de la 16.6.2
Salud de los ..... 10.1.4, 10.2.7, 10.3.2 a 10.3.3
Seguridad de los ..... *ver* Seguridad en el lugar del incendio
Supervisión del fotógrafo por los ..... 13.2..3.4
Testimonio experto de 9.7
Isocarbonización ..... Fig. 13.4.2(f), 15.2.4
Definición 1.3.79

-J-

Jefes de equipo de lucha contra incendios 11.5.3.10, 24.23
JP-4 ..... Tabla 3.3
Juez / Médico forense 11.5.2.5, 20.2.3
Julio (definición) 1.3.80
Junta municipal de Educación 11.5.1.7
Junta Nacional de Certificación 11.6.4

-K-

Keroseno ..... Tabla 3.3, Tabla 3.3.4, Tabla 3.4
Kilowatio (definición) 1.3.81

-L-

Ladrillo ..... 4.3.2, 4.6, Fig. 4.20.2
Lana 3.6
Lata ..... Tabla 4.8
Latas de metal 14.6.1.1
Latas, para recogida de pruebas 14.6.1
Lavavajillas 21.6.6
Lecho de agujas de coníferas 23.2.2.3
Ley de Ohm ..... 6.2.9, 6.2.13, 6.2.15 a 6.2.16
Límite inferior de inflamabilidad/explosividad ... 4.19.2, 18.8.2.1
Límite superior de explosividad 18.8.2.1, 18.8.4
Límites de inflamabilidad 3.1.1.2, A.3.1.1.2
Definición 1.3.82
Productos químicos 14.10.2.22
Limpiadores sin agua 14.4.2
Limpiadores, uso de 14.4.2
Limpieza 8.4.1.2, 15.6.1
Lineas de combustible en vehículos 22.5.4.1
Líneas de marcado ..... 4.3.1 a 4.3.2, 4.3.4
Calcinación 4.12, A.4.12.1
Diagrama de la profundidad del carbonizado 4.5.3.1
Efecto del calor, causadas por 4.4.2
En forma de "V" 4.17.1
Entre zonas de combustión limpia y zonas oscurecidas 4.11
Incendios forestales 23.4.6.3
Marcas irregulares 4.17.7.2
Oxidación 4.7
Líquidos ..... ver también Acelerantes, Líquidos
Atomizados 3.3.2
Baja conductividad 6.12.2.1, A.6.12.2.1
Carga eléctrica en la superficie de 6.12.2.2
Combustibles ..... ver también Acelerantes, Líquidos
Definición 1.3.83.1
Electricidad estática y ..... 6.12.2.1 a 6.12.2.2, A.6.12.2.1
Pulverización de pinturas 6.12.2.4
Convección 3.2.2
Ignición de ..... 3.3.2, Tabla 3.3.4
Inflamables ..... ver también Acelerantes, Líquidos; Combustibles, Líquidos
Como fuente de calor secundario 15.2.3, A.15.2.3
Definición 1.3.83.2
Electricidad estática y ..... 6.12.2.1 a 6.12.2.2, A.6.12.2.1
En el lugar del incendio 10.2.7
Explosiones de vapores ..... *ver* Explosiones de gas/vapor
Marcas en forma de cono invertido y 4.17.2.1
Marcas en forma de rosquilla 4.17.7.3
Materiales fundidos, propagación del fuego por 5.2.3.6
Pulverización de pinturas 6.12.2.4
Pulverización de pinturas 6.12.2.4
Punto de inflamación de un líquido ..... 3.3, 3.3.2, 14.10.2.6 a 14.10.2.10
Definición 1.3.83.3
Sólidos fundidos 4.17.8
Líquidos atomizados 3.3.2
Líquidos combustibles ..... *Ver* Líquidos
Líquidos derramados 4.17.7.2, 18.7.2, 18.13.1.4
Líquidos inflamables ..... *ver* Líquidos
Listado de materiales, de arquitectos e ingenieros 13.5
Listados de ingeniería 13.5
Listones de madera en la pared 4.17.6, 4.20.2
Litigación civil ..... 9.6, 9.7.2; *ver también* Consideraciones legales
Litigios civiles 9.6, 9.7.2, 14.11
Llama premezclada ..... *ver* Llamas
Llamas
Altura de 3.5.5, A.3.5.5
Combustión limpia producida por 4.11
Comportamiento humano, efecto sobre el 8.3.4.1
Definición 1.3.84
Longitud 3.5.4.3
Penetraciones causadas por las 4.3.3
Premezcladas 1.3.84.1
Sombra de calor y 4.15.1
Temperatura 4.8.1
Llamas abiertas 4.10, 22.4.1
Luces piloto 7.5.4.2, 7.9.3.2
Lugar de la explosión
Análisis de la causa ..... *ver* Explosiones, causas de
Búsqueda de marcas en el 18.13.1.3
Investigación de 18.13
Perímetro del 18.13.1.1, 18.13.1.3
Procedimientos de identificación
Fuente de combustible 18.13.2.5, 18.13.2.7
Fuente de inflamación 18.13.2.8
Del incidente como explosión 18.13.2.1
Tipo de explosión 18.13.2.4, 18.13.2.7
Seguridad en el 18.13.1
Seguridad para la salud 18.13.1.4
Valoración detallada 18.13.3
Daños 18.13.3.1
Recogida de pruebas ..... 18.13.1.2 a 18.13.1.3, 18.13.3.3
Vectores de fuerza, identificación 18.13.3.4

Daños previos y posteriores a la onda expansiva 18.13.3.2
Valoración inicial 18.13.2
Lucha contra el fuego, efectos de 3.6
Lugar del incendio ..... *ver también* Lugar de la explosión
Alteraciones del 15.3.4
Búsqueda de marcas 24.21
Combustión completa 15.9
Comunicaciones en el 24.17
Exámenes ..... 24.24; *ver también* Determinación del origen
Grabación del ..... *ver* Grabación del lugar del incendio
Iluminación provisional 24.13
Incendios en aparatos 21.2
Incendios en vehículos de motor 22.7.4
Incendios forestales 23.5.2.1, 23.6
Necesidades de higiene y confort en 24.16
Preservación del 13.2.1, 14.3, A.14.3
Reconstrucción del ..... *ver* Reconstrucción del lugar del incendio
Seguridad 12.2.7, 14.3, 23.5.2.1, 23.6, 24.15, A.14.13
Seguridad para la salud en el ..... *ver* Seguridad para la salud en el lugar del incendio
Tamaño y complejidad del 12.2.4
Valoración preliminar 15.3, 24.11
Lugar del suceso 12.2.1
En compartimentos 3.5.4.3
Incendios provocados ..... 19.3.1 a 19.3.2, 19.4.1.1

-M-

Madera
Acroleína producida por 20.5.3
Cajas para instalaciones 21.5.1.5
Carbonizado 4.5.1
Carga de fuego 3.4
Como combustible en un incendio forestal ..... 22.2.3, 22.2.2.5 a 23.2.2.7, 23.3.5, 23.4.4.2, 23.4.5, 23.7.3.1
Como fuente de ignición ..... Tabla 3.3
Construcción con armazón de 5.3.1
Elementos estructurales fabricados en 5.3.1.7
Especies ..... Tabla 3.3.1
Humo 3.6
Listones en muros 4.17.6
Marcas de incendio en 4.3.4
Mezclas en 4.5.2
Productos de la combustión 3.6
Propiedades de ignición de la ..... Tabla 3.3.4
Serrín 3.4
Temperatura de la llama 4.8.1
Tiempo para la ignición 3.3.1
Madera blanda ..... Tabla 3.3.4
Madera noble ..... Tabla 3.3.4
Magnesio ..... Tabla 4.8, 18.9
Mala conducta 9.4.1.1
Maleza (Incendios forestales) ... 22.2.3.4, 23.2.2.7, 23.3.5.2, 23.4.4
Manómetros, propano ..... 7.4.2.3 a 7.4.2.4
Mantas eléctricas 21.6.9
Mantas eléctricas 21.6.9
Mantillo 23.2.2.1
Mapas 9.3.21.1, 18.13.3
Maquinaria, como fuente de ignición en fuegos forestales 23.7.2.7
Marca en "V" estrecha 4.2.1, 4.17.1
Marca en forma de "V" ancha 4.2.1, 4.17.1
Marcas
Búsqueda
Explosiones 18.13.1.3
Investigaciones de incendios de importancia 24.21
De incendio ..... *ver* Marcas de incendio
Marcas circulares ..... 4.17.7 a 4.17.8
Marcas de incendio ..... Capítulo 4, 14.3.1, 15.2, A.4; *ver también* Carbonizado
Aparatos 21.3.2, 21.4.1
Area 4.19
Calcinación 4.12, A.4.12.1
Combustión limpia 4.11
Definición 4.3
Dinámica de las 4.2, A.4.2.2.1
Distorsión de los materiales 4.20
Efecto superficial 4.3.2
En cristales ..... *ver* Cristales
En el contenido de los edificios 4.16.3, 15.7.3
En el cuerpo humano 20.3.6
En forma circular ..... 4.17.7 a 4.17.8
En forma de "U" ..... 4.2.1, 4.9, 4.17.4 a 4.17.5, 4.17.10
En forma de "V" 4.2.1, 4.9, 4.17.1, 4.17.3, 4.17.5, 23.4.1
En forma de cono invertido 4.17.2
En forma de cono truncado 4.2.2.1, 4.9, 4.17.5, A.4.2.2.1
En forma de flecha 4.3.4, 4.17.6
En forma de puntero ..... *ver* Marcas en forma de flecha
En forma de reloj de arena 4.2.1, 4.17.3
Exfoliación 4.6, A.4.6.1
Expansión térmica y deformación de materiales 4.9
Fotografías de 15.2.2
Fusión de los materiales 4.8
Gas combustible comercial 4.17.9
Generadas cuando se ve implicada toda la habitación 4.2.4
Generadas por la capa de gases calientes 4.2.3
Generadas por la ventilación 4.2.2, A.4.2.2.1, B.3
Geometría 4.17, A.4.17, B.5
Goteo 4.16.4.2
Heridas de las víctimas 4.3.5
Humo y hollín 4.10
Incendios en vehículos de motor 22.8
Incendios forestales 23.4.1, 23.4.4.3, 23.4.6.3
Intensidad de calor 4.4.2
Irregulares 4.17.7.2, 4.17.8, 19.2.7.3
Lineales 4.18
Lineas o áreas de demarcación 4.3.1
Localización de 4.16, B.3
localización del objeto y 4.15, 4.18.2
Marcas de apagado 23.4.4.3
Movimiento 4.4.1
Muelles rotos de los muebles 4.14, A.4.14
Oxidación 4.7
Parte inferior de las 4.16.4.1
Penacho generado 4.2.1
Pérdida de materiales 4.3.4
Retirada de escombros, importancia de la 15.7.2
Superficies horizontales
En la parte baja de 4.17.7.1
Penetración en las 4.3.3
Tamaño de B.3
Tipos de 4.4
Marcas de fuego de forma irregular .. 4.17.7.2, 4.17.8, 19.2.7.3
Marcas de humo 3.6, 4.10
Marcas de incendio en forma de cono invertido 4.17.2
Marcas de la intensidad del incendio 4.4.2

Marcas de movimiento 4.4.1
Marcas de quemado ..... *ver* Marcas de Incendio
Marcas en forma de cono
Invertido 4.17.2
Truncado 4.2.2.1, 4.9, 4.17.5, A.4.2.2.1
Marcas en forma de cono truncado ..... *ver* Marcas en forma de cono
Marcas en forma de flecha 4.3.4, 4.17.6
Definición 1.3.9
Marcas en forma de rosquilla 4.17.7.3
Marcas generadas por el penacho 4.2.1
Marcas lineales 4.18, 19.2.2
Material de fumadores .... ver Cigarrillos, como fuente de ignición
Material no combustible
Definición 1.3.87
Incendios forestales 23.4.6
Material primero en arder 3.5.3.2, 4.2, 16.4, A.4.2.2.1
Definición 1.3.88
Materiales de baja densidad 3.2.1, 3.3.1, 3.4
Materiales de construcción 5.2.3
Actitud, posición, y localización 5.2.3.7
Características de quemado superficial de 14.10.2.18
Conductividad térmica 5.2.3.4
Estado físico y resistencia al fuego 5.2.3.6
Inercia térmica 5.2.3.3
Inflamabilidad 5.2.3.2
Inflamabilidad 5.2.3.1
Toxicidad 5.2.3.5
Materiales de recubrimiento de suelos 4.16.1.4, 4.17.7.2, 4.18.2, 14.10.2.16, 14.10.2.20
Materiales explosivos (definición) 1.3.86
Materiales finos y gruesos 3.3.1
Materiales inflamables 5.2.3.1, 5.6.1
Materiales inorgánicos 3.1.1.1, 3.3.5
Materiales orgánicos 3.3.5
Materiales peligrosos
Como prueba 14.8.2.2
En el lugar del incendio 10.2.7, 15.7.2
Materiales, prueba de 17.6.2
Materias volátiles, como prueba 14.8.2.2
Medida (unidades de) 1.4, A.1.4
Membranas resistentes al fuego 5.3.1
Metal de soldadura ..... Tabla 4.8, 4.8.1
Metal de soldadura ..... 4.8.1, Tabla 4.8
Metales ..... *ver también* Conductores; Chispas mecánicas
Aleación de ..... *ver* Aleación de metales
Armarios eléctricos ..... 21.5.1.1 a 21.5.1.3
Cambios de color 4.3.2
Combustión de 4.8.1
Conductividad térmica de los 3.2.1
Deformación de 4.2.2, 4.3.2, 4.20.2
En incendios de vehículos 22.3.3, 22.4.4, A.22.4.4
Expertos en 12.5.1
Fusión de ..... 4.3.2, 4.8, .6.9.4.3, 6.95, 6.10.2 a 6.10.5, 6.10.6.2, 21.5.1.1 a 21.5.1.3, 22.3.3, A.6.10.2 a A.6.10.5
Marcas de combustión en armarios de metal 4.7
Oxidación de ..... *ver* Oxidación de metales
Polvo de 18.9
Metano ..... Tabla 3.3.4, 18.15
Metanol ..... Tabla 3.3, Tabla 3.3.4
Metil acetileno ..... Tabla 18.8
Metil etil cetona ..... Tabla 3.3.4
Método científico ..... 2.2 a 2.4, 16.2.5, 16.7
Definición 1.3.89
Método de entrada (cuando las circunstancias lo exijan) 9.2.3.2
Metodología de la investigación de incendios ..... Capítulo 2
Mezclas combustible-aire ..... 18.8.1 a 18.8.2
Mezclas termita 19.2.4, A.19.2.4
Michigan v. Clifford 9.2.3.3
Michigan v. Tyler 9.2.3.2
Migración subterránea de gases combustibles ..... 18.8.3, Tabla 18.13.2
Mínima energía de ignición 18.8.1, 18.9.5, A.18.8.1
Mobiliario ..... Tabla 3.4, 4.3.3, 4.16.1.4, 4.16.3, 14.10.2.14 a 14.10.2.15, 20.7.1.2
Modelización de incendios 15.7.4
Datos necesarios para la 17.6
Modelización matemática ..... 17.4, A.17.4.6 a A.17.4.7
Modelización matemática ..... 17.4, A:17.4.6 a A.17.4.7
Modelos, como prueba 9.3.2.1.1
Modelos de incendio 15.7.4
Datos necesarios para realizar 17.6
Modelización matemática ..... 17.4, A.17.4.6 a A.17.4.7
Monóxido de carbono ..... 3.5.3.2, 3.6, 20.5, Tabla 18.8, 20.3.2, 20.5.1, 20.7.3.1.1, 20.7.3.2, 20.8.1, A.20.5.1, B.10
Motores ..... 7.8(e), 16.3, A.7.8
Motores, aparatos 21.5.6
Muebles tapizados
Altura de la llama 3.5.5
Pruebas ..... 14.10.2.14 a 14.10.2.15
Muelles, en muebles 4.14, A.4.14
Muertes ..... *ver* Víctimas
Muertos y heridos causados por incendios ..... *ver* Víctimas
Muestras ..... *ver también* Pruebas, físicas
Aire 18.15
Aparatos 14.5.6
Cadena de custodia 9.3.2.1, 14.9
Comparación de 14.5.3.4, A.14.5.3.4
Contenedores para 14.6
Equipo eléctrico y componentes ..... 14.5.5 a 14.5.6
Gaseosas 14.5.4
Líquidas ..... 14.5.3.1 a 14.5.3.2, 14.5.3.4, A.14.5.3.4
Sólidas ..... 14.5.3.3 a 14.5.3.4, A.14.5.3.4
Suficiencia de, para pruebas 14.10.3
Muestras de aire 18.15
Muros ..... 4.12, 5.4.2, 17.6.1 a 17.6.2, 18.3.1 a 18.3.2, 18.8.2.2, 18.8.2.5, A.4.12.1, A.18.3.2, A.18.8.2.5; *ver también* Listones de madera en la pared
Barreras cortafuegos 5.4.2
Casas prefabricadas 5.3.1.6.1
Daños dentro de los 4.16.1.3
En relación al incendio 3.5.4.3
En vehículos 22.6
Influencia del fuego en los 3.5.3
Marcas de incendio en 4.10, 4.16.1
Resistencia al fuego de los 4.16.1.3

-N-

National Crime Information Center (NCIC) 22.7.1
National Fire Incident Reporting System (NFIRS) 11.5.4.14
National Fire Protection Association (NFPA) 11.6.1
National Highway Traffic Safety Administration 22.7.3
National Insurance Crime Bureau 22.7.1
National Oceanic and Atmospheric Administration ... 11.5.4.15

Negligencia 9.6.1
Nieblas 3.3.2
Nieve 12.2.3
Niños e incendio 8.5, 23.7.2.9
Níquel ..... Tabla 4.8
Nitrato de potasio 3.1.1.2
Nitrógeno 3.1.1.1, 3.6
No inflamable (definición) 1.3.91
Notas 13.3, 14.5.1, 15.2.1, 18.13.3
Incendios en aparatos 21.2.4
Incendios en vehículos de motor 22.7.4
Número de identificación del vehículo 22.7.1
Nylon, aislamiento 6.7.5.3

-O-

Objetivo de la documentación 1.1
Objetos candentes 15.6.3, 18.4.3, 23.3.9.1
Ocultación de delitos, incendio provocado y 19.4.2, 19.4.8.2.4, 22.10
Ocupación
Cambio en la 5.2.4
Naturaleza de la 5.2.1, 5.2.4, 15.3.3
Ocupantes, comportamiento de los ..... *ver* Comportamiento humano, en relación con el incendio
Odorización de gases ..... *ver* Odorante de gases
Odorización de gases 7.2.4, 7.9.7.1, 18.8.3, 18.15, A.18.8.4, B.6
Oficina del comisario de seguros del Estado 11.5.3.8
Ohmio (definición) 1.3.92
Orden de investigación judicial 9.2.3.4
Ordenadores
Fuentes de información ..... 11.3.3 a 11.3.4, 11.5.4.14
Modelización de incendios ... 15.7.4, 17.4, 17.6, A.17.4.6 a A.17.4.7
Personales 21.6.14
Presentaciones con fotografías 13.2.2.3, 13.2.7.3
Ordenadores personales 21.6.14
Organización de la investigación 12.3, 24.4
Organizaciones de comercio 11.6.13
Organizaciones para la investigación de incendios 11.6.4, 11.6.6
Organizaciones regionales de investigación de incendios 11.6.6
Origen ..... *ver también* Determinación del origen
Área de 4.2, 15.1, 15.8, 16.3, A.4.2.2.1
Acelerantes en el 19.2.7.3
Aparatos en el 21.2.1, 21.3.1
Combustión limpia y 4.11
Definición 1.94.2
Incendios forestales ..... 23.5 a 23.6
Punto de 4.2, 15.1, 16.3, A.4.2.2.1
Aparatos en el ..... 21.3.2 a 21.3.3
Áreas de daños importantes y 4.2.2
Definición 1.94.1
Depósito de productos de la pirólisis y 4.10
Explosión 18.4.1
Incendios forestales 23.6
Múltiple 19.2.1
Origen sospechoso ..... 9.5, 16.2.4 a 16.2.5, 16.7; *ver también* Incendio provocado
Oro ..... Tabla 4.8
Oxidación 3.3.5, 4.3.2, 4.7
Oxidación de metales 4.3.2, 4.7, 6.10.4, 6.10.6.3, 21.5.1.1, A.6.10.6.3, A.21.5.1.1
Oxidantes químicos 3.1.1.2
Oxidantes, en el lugar de la explosión 18.13.1.2
Oxidantes, líquidos 19.2.4, A.19.2.4
Óxido negro 4.7
Óxido rojo 4.7
Oxígeno ..... 3.1.1.1 a 3.1.1.2, 3.3.5, 22.3.2, 22.5.3

-P-

Paneles en el interior de vehículos 22.6
Papel pintado 4.3.2, 4.5
Papeleras ..... 3.3.5, Tabla 3.4
Parafina ..... Tabla 4.8
Parte inferior de las marcas de incendio 4.16.4.1
Parte inferior de superficies 4.17.7.1
Partes implicadas en la investigación ..... 24.2 a 24.4
Pasillos 19.2.3
Películas 9.3.2.1.1, 11.3.3, 13.2, 13.2.4
Peligro, percepción del 8.8.1
Penacho truncado 4.2.1
Penachos 3.5.1, 4.2.1
Definición 1.3.96
En fuegos confinados 3.5.3
Incendios no confinados 3.5.2
Situación del fuego en un compartimento y 3.5.4.3
Temperatura 3.5.4.3
Penetraciones
Como indicador de incendio provocado 19.3.5.1
Elementos de construcción en suelo y techos 5.4.1
Horizontales 4.3.3
Pérdida de resistencia de los muelles de los muebles 4.14, A.4.14
Pérdidas debidas a negligencia 9.6.1
Perforación para conducciones, como origen de incendios forestales 23.7.3.2
Periodo de tiempo razonable 9.2.3.2
Perito del seguro 12.5.8
Peróxido de Hidrógeno 3.1.1.2
Persecución del delito ..... 9.4, 14.11, A.9.4.1.1; *ver también* Incendio provocado
Personal especializado 12.3, 12.5
Personal especializado 12.5
Personas bajo custodia 9.3.4
Personas heridas y fallecidas ..... *ver* Víctimas
Pesos muertos 5.2.2.1
Picaduras en metales 6.10.4, 6.10.6.3, A.6.10.4, A.6.10.6.3
Picaportes, movimiento de los 14.3.4.2.4
Piedra 4.7
Pino ..... Tabla 3.2.1, Tabla 3.3.1
Pino alerce ..... Tabla 3.3.1
Pintura 4.3.2, 4.5, 4.7
Pulverizada 6.12.2.4
Pintura de pulverización 6.12.2.4
Pirólisis 3.5.3.2, 4.3.2, 4.17.7.2
Definición 1.3.98
Forzada 3.3
Planchas de ropa 21.6.12
Planchas de ropa 21.6.12
Planificación de la investigación ..... 2.4.2, Capítulo 12, A.12
Consultores técnicos y personal especializado ..... 12.3, 12.5; *ver también* Abogados
Dirección del caso 12.6, A.12.6
Escenarios preliminares 15.4, 24.11

Información básica sobre el suceso 12.2
Investigaciones principales ..... 24.4 a 24.6, 24.11, 24.25
Organización de las funciones de investigación 12.3, 24.4
Responsabilidades 12.1, 12.2.8, 12.4
Reunión del equipo de pre-investigación 12.4
Planos de arquitectura 13.4.6
Planos de suelos 15.9, 24.19
Planos, edificios 15.9, 24.19
Plásticos 3.4, 4.8.1
Bolsas ..... Tabla 3.4, 14.6.1.4
Bolsas de basura ..... Tabla 3.4
Carbonizado 4.5
Combustión de 4.17.7.2, 4.17.8
Conductividades térmicas de los 3.2.1
Definición 1.3.99
En aparatos 21.3.3, 21.5.1.4
En incendios de vehículos 22.3.3
Expertos en 12.5.1
Formación de hollín 4.10
Fusión de 4.8, 4.17.8
Ignición de 3.3.1, 14.10.2.27
Marcas en el suelo y 4.16.1.4
Materiales de construcción 5.2.3.6
Polvo 18.9
Productos de la combustión de 3.6
Sillas ..... Tabla 3.4
Termoendurecidos 3.3.1
Termoplásticos ..... *ver* Termoplásticos
Plásticos termoendurecidos
Definición 1.3.100
Ignición de 3.3.1
Plata ..... 6.2.12, Tabla 4.8
Platino ..... Tabla 4.8
Plomo ..... Tabla 4.8, 4.8.2
Poliestireno ..... Tabla 3.2.1, Tabla 3.3.4
Polietileno ..... 6.7.5.3, Tabla 3.2.1, Tabla 3.3.4
Poliolefinas 6.7.5.3
Poliuretano ..... 3.6, Tabla 3.2.1, Tabla 3.3.4, Tabla 3.4, 4.3.3
Polvo ..... *ver también* Serrín
Concentración 8.4.1.2, 18.9.2, A.18.9.2
Conductor 6.9.4.4
Electricidad estática y 6.12.2.6
Energía mínima de ignición ..... Tabla 3.3.4, 18.9.5
Explosiones ..... 18.2.4, 18.7.3, 18.8.2.6, 18.9, 18.13.1.4, Tabla 18.13.2, 18.14, A.18.7.3, A.18.9
Explosiones secundarias/múltiples 18.9.6, 18.13.1.4, 18.14
Explosividad 14.10.2.25
Mezcla de 18.9.4, A.18.9.4
Propiedades de ignición del ..... Tabla 3.3.4
Tamaño de partículas 18.9.1, A.18.9.1
Turbulencia 18.9.3
Polvo de Carbón ..... Tabla 3.3.4
Polvos metálicos 3.3.5
Porcelana ..... Tabla 4.8
Potenciómetros 21.5.9
Práctica recomendada (definición) 1.3.101
Presencia de agua 10.2.5
Preservación de pruebas 13.2.1, 14.3, A.14.3
Presión 4.13.1, 18.15, A.4.13.1
Presión máxima (explosión) 18.4.1.4, 18.5
Privilegio abogado-cliente 11.2.2
Problemas financieros como indicador de incendio provocado 19.4.3, 19.4.8.2.5
Procedimientos federales para admisión de pruebas ... 9.3.1
Procedimientos para la realización de información ..... 2.5; *ver también* Documentación
Proceso de gasificación 3.3
Proceso endotérmico 3.3
Productos
Etiquetas ..... 8.4.1.3 a 8.4.1.4, 8.4.1.6 a 8.4.1.8
Mal uso de ..... 8.4.1.6 a 8.4.1.8
Recordatorios 8.4.2
Productos de alquitrán 3.6
Productos de la combustión 3.6
Definición 1.3.102
Productos defectuosos, responsabilidad por 9.6.4
Productos petrolíferos ..... 4.10; *ver también* Gasolina; Gases Licuados del Petróleo
Productos químicos
Límites de inflamabilidad 14.10.2.22
Presentes en la escena del incendio 10.2.7, 10.3.2
Temperatura de autoignición de 14.10.2.11
Productos tóxicos, exposición de las víctimas a ..... 20.3.2 a 20.3.3, 20.5, 20.7.3.1.1, A.20.5.1
Profundidad de carbonizado ..... *ver* Carbonizado
Propagación del incendio ..... 15.2.3, 15.4, A.15.2.3; *ver también* Desarrollo del incendio
Conducción como mecanismo de 3.2.1
Definición 1.3.103
Dirección de la 4.11
Escenarios 15.8
Factores humanos relativos a la 8.7
Gases combustibles y 7.1.2
Incendios en vehículos de motor 22.7.4
Incendios forestales 23.3, 23.5.2.3
Marcas de humo para determinar la ..... 3.6, 4.10; *ver también* Marcas de incendio
Materiales de construcción, efecto de los 5.2.3.7
Sistemas del edificio, efecto de los 5.1
Tipos de construcción, efecto de ..... 5.3.1 a 5.3.2
Propagación del incendio por goteo (Fall-down) 4.16.4.2
Definición 1.3.59
Propano ..... Tabla 3.3.4, Tabla 18.8, 18.8.3, 18.15, 18.3.2
Aparatos 7.7.1.2
Como combustible en vehículos 22.3.2
HD5 ..... 7.2.3.2
Quemadores 7.5.4, 7.9.3.3
Sistemas en edificios ..... 7.2.2, 7.3 a 7.4, 7.5.1, 7.5.4, A.7.3 a A.7.4
Vaporizadores 7.4.4
Property Insurance Loss Register (PILR) 11.6.10
Propiedades térmicas de algunos materiales ..... Tabla 3.2.1
Propósito de la investigación 12.2.8
Propósito del documento 1.2
Protección contra sobrecorrientes ..... 6.3.4, 6.6, 6.10.5, 6.11.8 a 6.11.9, A.6.10.5, A.6.11.8
Aparatos en el área de 21.5.2.4, 21.5.3.2.1
Circuitos 6.7
Vehículos 22.4.2
Prueba de presión, tuberías de combustibles 7.9.4, 7.9.6, A.7.9.4.2
Prueba de resistencia del aislamiento 14.10.2.30
Pruebas ..... 9.3; *ver también* Testigos
Autentificación 9.3.2.1
Contenedores ..... *ver* Contenedores de pruebas
Destrucción, eliminación o traslado ..... 9.2.2, 9.3.6, 14.11, 15.7.2; *ver también* Demolición

Documentación sobre ..... *ver* Documentación
Documentales 9.3.2.2, 9.3.6.3, 9.3.6.5
Escena de un incendio importante 24.22
Expoliación de 9.3.6
Extinción del incendio, influencia sobre las 20.2.1
Físicas ..... 9.3.2.1, Capítulo 14, A.14
Acelerantes ..... *ver* Acelerantes
Almacenamiento 14.8.3
Aparatos 14.5.6
Artefactos ..... 14.3.2 a 14.3.3, 14.3.4.1
Cadena de custodia 9.3.2.1, 14.9
Conductores, daños a 6.11.6
Contaminación de 14.4, 14.5.3.1, A.14.4.2
Definición 14.2
Disposición de 14.11
Documentación 14.5.1, A.14.5.1
Entrega en mano de 14.8.1
Envío de 14.8.2
Equipo eléctrico y componentes ..... *ver* Equipo eléctrico y componentes
Examen y pruebas 14.10
Explosiones ..... *ver epígrafe*: Lugar de la Explosión
Identificación de 14.7
Incendio provocado 19.4, A.19.4
Líquidos 14.5.3
Marcas de incendio como ..... 14.3.1; *ver también* Marcas de incendio
Materias volátiles o peligrosas 14.8.2.2
Muestras comparativas 14.5.3.4, A.14.5.3.4
Muestras gaseosas 14.5.4
Preservación de 2.4.4, 14.3, A.14.3
Recogida de ..... *ver* Recogida de pruebas
Recogidas por los forenses 14.5.2
Transporte de 14.8
Fotografías 9.3.2.1.1, 9.3.6.3, 9.3.6.5, 13.2.5.8
Fuente de calor 15.2.3, A.15.2.3
Importancia de las pruebas 9.3.5
Incendios forestales 23.5.2.2, 23.5.2.4, 23.8
Investigaciones en incendios de combustión total 15.9
Lugar de la explosión ..... 15.5.4, 15.6.3, 18.13.1.2 a 18.13.1.3, 18.13.3.1, 18.13.3.3
Preservación de 9.3.6
Procedimiento de admisión de 9.3
Retirada de 9.2.2
Testimoniales 9.3.2.3, 9.7.2
Tipos de 9.3.2
Víctimas
Acceso a pruebas médicas 20.7.4
Heridas por quemadura 20.7.2
Inhalación 20.7.3
Lugar del fallecimiento ..... 20.2.1 a 20.2.2, 20.2.4
Pruebas y documentación postmortem 20.6
Pruebas comparativas 14.10.4
Pruebas demostrativas ..... *ver* Pruebas físicas
Pruebas documentales 9.3.2.2, 9.3.6.3, 9.3.6.5
Pruebas físicas ..... *ver* Pruebas, físicas
Publicaciones de referencia ..... Capítulo 25, Apto. C
Puertas 3.5.3.2, 4.2.2, 5.4.3, 11.5.3, 15.5.5, 17.6.2
Como indicador de incendio provocado 19.3.5.1, 19.3.6
Ventilación a través de 18.8.2.6
Puertas cortafuegos, sabotaje de 19.3.5.1
Punto de ignición 14.10.2.7, 14.10.2.9
Punto de inflamación de un líquido ..... *ver* Líquidos
Punto de origen ..... *ver* Origen
PVC ..... *ver* Cloruro de Polivinilo (PVC)

-Q-

Quemado
Altura de 4.16.4
Intensidad de 4.11
Quemadores de gas 7.5.4, 7.9.3.3
Quemadores de gases de extracción ..... 7.8(g), A.7.8
Quemadores de gases de extracción ..... 7.8(g), A.7.8
Quemaduras 4.3.5, 20.7.2
Antemortem ..... 20.7.3.5 a 20.3.6
Área de localización en el cuerpo 20.7.2.2
Documentación 20.7.2.3
Examen postmortem de 20.6.10
Explosiones ..... Tabla 18.13.3.1(a), 18.13.3.3
Grado de quemado 20.7.2.1
Incendio provocado 19.2.6
Mecanismos de 20.7.2.4
Química de la combustión 3.1
Químicos 12.5.4

-R-

Radiación ..... 3.2.2 a 3.2.3, 3.3, 3.5.3.1 a 3.5.3.2, 4.16.1.4, 12.2.5
Agujeros en suelos causados por 4.2.2
Definición 1.3.106
Radios 21.6.14
Raíces 23.2.2.2
Rango (horno) ..... 7.8(c), 21.6.1, A.7.8
Rango de inflamabilidad (explosión) 3.1.1.2
Definición 1.3.107
Razonamiento deductivo 2.3.6
Razonamiento inductivo 2.3.4
Reacción en cadena, inhibición de la 3.1.1.4
Reacciones de propagación 18.2.3, 18.4.1.3
Reacciones exotérmicas 3.3, 18.2.3
Reavivado (definición) 1.3.109
Recalentamiento de las conexiones 6.10.4, A.6.10.4
Receptáculos 6.8.2
Recintos y propagación del incendio 3.5.4, A.3.5.4.1
Recipiente de contención ..... 18.1, 18.5, 18.8.2.4 a 18.8.2.5, A.18.1, A.18.8.2.4
Aberturas de ventilación 18.4.1.3, 18.8.2.6
Recipientes de cristal, para recogida de pruebas 14.6.1.2
Recogida de pruebas 2.4.4, 14.4.2, 14.5, A.14.4.2, A.14.5.1
Lugar de la explosión ..... 18.13.1.2 a 18.13.1.3, 18.13.3.3
Muestras de comparación 14.5.3.4, A.14.5.3.4
Recogida de pruebas forenses 14.5.2
Recogida y análisis de datos ..... 2.3.3 a 2.3.4
Reconstrucción, de la escena del crimen ..... *ver* Lugar del incendio, reconstrucción
Recostrucción del lugar del incendio 11.7
Definición 1.3.110
Incendio provocado 19.2.1
Recubrimiento de yeso/pladur ..... Tabla 3.2.1, 4.5, 4.7, 4.12
Reflexión de la onda expansiva 18.5.1
Refracción, de la onda expansiva 18.5.2
Registro del condado 11.5.2.1
Regla de Miranda 9.3.4
Regulaciones, incumplimiento de 9.6.2
Reguladores de presión, gas 7.4.3, 7.5.1, 7.7.1.4, 7.9.3.6

Relación combustible-aire 3.1.1.2, 18.8.2.1, A.18.8.2.1
Relación de masas 3.3.1, 16.4
Relación estequiométrica 3.1.1.2, 18.8.2.2
Relación superficie-masa 16.4
Relámpagos 6.9.4.1, 6.12.8, 23.7.1.1, 23.9.1, A.6.12.8
Relámpagos, redes de detección de 11.6.15
Relés, aparatos 21.5.4
Reproductores de CD 21.6.14
Resinas 18.9
Resistencia de los muelles de los muebles, pérdida de 4.14, A.4.14
Responsabilidad ..... *ver también* Consideraciones legales
Estricta 9.6.4
Negligencia 9.6.1
Productos ..... 9.6.3 a 9.6.4
Responsabilidad (definición) 1.3.112
Responsabilidad en el incendio/explosión, determinación de la 16.6
Responsabilidad estricta 9.6.4
Responsabilidad sobre el producto ..... 9.6.3 a 9.6.4
Responsables de seguridad 24.12
Retroquemado 23.3.8.3
Reunión previa del equipo de investigación 12.4
Reuniones de equipos 12.4, 24.9
Riesgo (definición) 1.3.114
Riesgos
Definición 1.3.114
Lugar de la explosión 18.13.1.2
Lugar del incendio 10.1.3, 10.2, 12.2.5, 23.9.1, 24.12, A.10.1
Riesgos eléctricos ..... 10.2.3 a 10.2.4
Roble ..... Tabla 3.2.1, Tabla 3.3.1, 4.17.7.2
Roble rojo ..... Tabla 3.3.1
Rociadores ..... 3.5.3.1 a 3.5.3.2
Rociadores de respuesta rápida 3.5.3.2
Rollover 3.5.3.2
Definición 1.3.113
Ropa y equipo protector
En el lugar del suceso ... 10.1.2, 12.2.5, 12.4.1, 14.4.2, 24.12, A.10.1
Incendios forestales 23.9.2
Planificación ..... 12.2.5 a 12.2.6, 12.4.1
Ropas
De la víctima del incendio 20.6.8, 20.7.1.1
Electricidad estática y 6.12.2.8
Protectoras ..... *ver* Ropas y equipos de protección
Rotura de cristales 4.13.1, A.4.13.1

-S-

Sabotaje 19.3.5
Salidas ..... 8.3.3.1 a 8.3.3.2
Salud ..... 10.1.4, 10.2.7; *ver* Víctimas
Salvamento 14.3.4.2.3
Sangre
Pacientes heridos, pruebas a 20.7.3.2
Pruebas postmortem 20.6.1
Secadoras de ropa 21.6.13
Secadores
De pelo 21.6.11
De ropa 16.3, 21.6.13
Secadores de pelo/rizadores 21.6.11
Seccionadores de circuitos 6.6.2.2
Secoya ..... Tabla 3.3.1
Secretaría de Estado 11.5.3.1
Seda 3.6
Segundo elemento en comenzar a arder 3.5.3.2
Seguridad
En el lugar de la explosión 18.13.1
En el lugar del incendio 12.2.7, 14.3, 23.5.2.1, 23.6, 24.15, A.14.3
Seguridad en el lugar del incendio ..... Capítulo 10, A.10.1
Actos criminales o terroristas 10.3
Agua presente 10.2.5
Atmósferas peligrosas 10.2.7
Cansancio del investigador 10.1.5
Curiosos/paseantes 10.2.6
Estabilidad estructural 10.2.2, 18.13.1.4
Estado de la extinción 10.2.1
Herramientas y equipos, exposición de 10.3.4
Incendio en vehículos de motor 22.2
Incendios de consideración 24.12
Incendios forestales 23.9
Instalaciones 10.2.3
Lugar de la explosión 18.13.1.4
Peligros eléctricos ..... 10.2.3 a 10.2.4
Reconstrucción del lugar del suceso 15.7.1
Riesgos 10.1.3, 10.2
Ropa y equipo protector ..... *ver* Ropa y Equipo protector
Salud y ..... 10.1.4, 10.2.7, 10.3.2 a 10.3.3
Seguro, Agentes y peritos del 9.5, 12.5.8
Seguro, como prueba de incendio provocado 19.4.6, 19.4.8.2.5
Serrín ..... Tabla 3.3.5
Servicio Postal de los EE.UU. 11.5.4.12
Silicona 6.7.5.3
Sillas, tasa de liberación de calor en ..... Tabla 3.4
Símbolos 13.4.4, A.13.4.4
Sistema de control de emisiones en vehículos 22.5.2
Sistema de Control de Información sobre Incendios Provocados (AIMS 11.5.4.14
Sistema de Mando en caso de Siniestro (ICS) 24.8, A.24.8
Sistemas de acondicionamiento de aire ... *ver* Sistemas de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVCA Systems)
Sistemas de energía mecánica 22.5.6
Sistemas de energía mecánica, vehículos ..... 22.5.4 a 22.5.6
Sistemas de enfriamiento ..... *ver* también Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado
En vehículos ..... 22.5.4.2 a 22.5.4.3
Utilización de gas combustible ..... 7.8(d), A.7.8
Sistemas de escape de gases en vehículos 22.5.2.1
Sistemas de frenado en vehículos 22.5.7
Sistemas de inyección de combustibles 22.5.1.2, A.22.5.1.2
Sistemas de limpieza del parabrisas 22.5.8
Sistemas de lubricación en vehículos 22.5.4.1
Sistemas eléctricos ..... 15.4; *ver también* Cableado
Consideraciones y precauciones 6.10.6, 6.11.3, A.6.10.6
Enchufes y dispositivos 6.8
Interpretación del daño a ..... 6.10, A.6.10.2. A A.6.10.5
Vehículos 22.4.2, 22.5.3, A.22.4.2.3
Sistemas en edificios ..... Capítulo 5
Diseño, construcción, y elementos estructurales, efecto en el desarrollo del incendio de 5.2
Eléctricos ..... 6.3 a 6.5, 24.19, A.6.3.1
Elementos de construcción 5.4
Gas combustible ..... Capítulo 7, A.7
Tipos de construcción 5.3
Sobrecarga 6.2.16, 6.6, 6.9.3, 6.10.5, 6.11.9, A.6.10.5

Definición 1.3.115
Fuente de ignición en incendios de vehículos 22.4.2.1, 22.5.3
Sobrecargas, conductores 6.10.5, A.6.10.5
Sobrecorriente 6.9.3, 6.11.5, A.6.10.5
Definición 1.3.116
Sociedad de Ingenieros de Protección contra Incendios 11.6.2
Sofás ..... Tabla 3.4
Soldador ..... Tabla 4.8
Soldadura, arco 6.9.4.3, 6.9.5
Solenoides 21.5.4
Sólidos ..... *ver también* Combustibles sólidos
Animales y vegetales 3.3.5
Conducción 3.2.1
Fundidos, Líquidos vs. 4.17.8
Ignición de ..... 3.3.1, Tabla 3.3.4
Materiales de construcción, cambio en el estado físico de 2.3.6
Velocidad de propagación del fuego 3.5.1
Suceso, análisis del 2.4.5
Sucesos de una línea de tiempo 17.2
Suciedad por humo 15.5.4
Suelos ..... 17.6.1 a 17.6.2
Agujeros en 4.2.2, 4.2.4, 4.3.3, 4.16.1.4, 15.7.1
Casa prefabricadas 5.3.1.6.1
Grietas en 4.16.1.4
Marcas de incendio en 4.10, 4.16.1, 4.17.7.2, 4.18.2, A.4.16.1.4
Suministro de aire, utilización de equipos de gas 7.7.2
Superficie de paredes 4.5, 4.7, 4.12, A.4.12.1
Superficies 3.3.1, 4.3.2
Superficies enyesadas 4.3.2
Calcinación de 4.12, A.4.12.1
Expansión térmica de 4.9
Superficies exteriores, marcas de fuego en ... 4.16.2, Fig. 4.20.2
Superficies no combustibles 4.3.2
Combustión limpia en 4.11
Marcas de incendio en forma de cono invertido 4.17.2.1
Superficies, y exfoliación 4.6

-T-

Tamaño de la habitación 5.2.2.2, 17.6.1
Tamaño del incidente 12.2.4
Tanques
De Gas Licuado del Petróleo ..... 7.4.1 a 7.4.3, A.7.4.1
Electricidad estática y ..... 6.12.2.2 a 6.12.2.3
Tanques de combustible 22.8.1
Tapones fusibles 7.4.2.5
Tasa de carbonizado 4.5.2, A.4.5.2
Tasa de generación de calor 3.3.5
Tasa de incremento de presión ..... *ver* Incremento de presión, Velocidad de
Tasa de liberación de calor ... ver Velocidad de liberación de calor
Tasa de liberación de humo 14.10.2.24, 14.10.2.26
Tasa de liberación de humo 14.10.2.24, 14.10.2.26
Tasa de producción de humo 3.6
Tasa de producción de humo 3.6
Tasa de quemad..... *ver* Tasa de Liberación de Calor
Tasa de transferencia de calor 3.2.1, 3.3
Techos ..... 17.6.1 a 17.6.2
Daños en el interior de los 4.16.1.3
Diseño de 5.2.2
Efecto del incendio en 3.5.3, 3.5.4.2
Marcas del fuego en 4.16.1
Resistencia al fuego de los acabados 4.16.1.3
Técnicas y equipos de investigación, incendios forestales ..... 23.5.2 a 23.5.3
Técnicos de recogida de pruebas 24.22
Técnicos en ingeniería contra incendios 12.5.5.3
Tecnólogos en ingeniería contra incendios 12.5.5.2
Tejados ..... 4.3.3, 18.3.1 a 18.3.2, A.18.3.2
Casas prefabricadas 5.3.1.6.1
Televisiones ..... Tabla 3.4, 21.6.14
Televisiones locales 11.6.14
Temperatura
Absoluta 3.2.3
Definición 1.3.119.1, A.1.3.119.1
Ambiente 3.3, 3.3.2, 6.2.11, 23.3.7.2
Arcos 6.9.4
Calor y 3.2
De autoignición
De productos químicos 14.10.2.11
Definición 1.3.119.2
De la madera 3.3.1
De ignición 3.3
Materiales de construcción 5.2.3.1
Definición 1.3.119.3, A.1.3.119.3
Polvo 18.9.5
Gases combustibles 7.1.1.2
Líquidos 3.3.2
De fusión ..... *ver* Temperaturas de fusión
Definición 1.3.119
Del incendio 4.8.1
Determinación de la 4.8.1
Efectiva del fuego (definición) 1.3.119.5
Fuentes de ignición y chispas, Temperatura de algunas ..... 3.3, Tabla 3.3
Radiación y ..... Fig. 3.2.3
Víctima del incendio, temperatura corporal de la 20.6.6
Temperatura Absoluta ..... *ver* Temperatura(s)
Temperatura Ambiente 3.3, 3.3.2, 6.2.11, 23.3.7.2
Temperatura de autoignición ..... *ver* Temperatura
Temperatura de autoignición ..... *ver* Temperatura
Temperatura de fusión de materiales ..... Tabla 4.8
Temperatura de ignición ..... *ver* Temperaturas
Temperatura de ignición piloto ..... *ver* Temperaturas, ignición
Temperatura efectiva de fuego 1.3.119.5
Temperatura superficial 3.5.3.2
Temperaturas de fusión ..... 4.8, 21.5.1.1 a 21.5.1.3, 22.3.3
Tensión ..... 6.2.4; *ver también* Ley de Ohm
Caída de ..... 6.2.8 a 6.2.9, 6.2.13
Tensión de resistencia dieléctrica 14.10.2.29
Termopares 21.5.9
Termopila 21.5.9
Termoplásticos 4.17.7.2
Definición 1.3.121
Fusión de 4.8
Termostatos 6.8.3
Terrorismo biológico 10.3.3
Terrorismo radiológico 10.3.3
Tesoreros, gobierno 11.5.1.3, 11.5.2.4, 11.5.3.2
Test del Túnel de Steiner 5.2.3.7
Test en vaso cerrado tipo Tag 14.10.2.6
Testigos
Autentificación de pruebas por 9.3.2.1
Consideraciones constitucionales y 9.3.4

De explosiones 18.13.1.2
Entrevistas a ..... 9.3.3 a 9.3.4, 11.4
Expertos 9.7.2
Definición 9.7.2
Investigadores como 9.7
Investigación de incendios de consideración 24.18
Fotografías desde el punto de vista de 13.2.5.10
Afirmaciones de los 8.8.5, 9.3.2.2, 9.3.3
Pruebas testimoniales aportadas por 9.3.2.3
Incendios forestales ..... 23.5.1.1 a 23.5.1.4
Testimonio 9.3.2.3
De expertos 9.7
Tests 14.10, 17.5, A.17.5.2
Acelerantes 14.5.3, A.14.5.3.4
Aparatos ..... 21.2.5, 21.4.5 a 21.4.6
ASTM ..... 14.10.1 a 14.10.2
Comparativa 14.10.4
Datos necesarios para realizar 17.6
De combustibles explosivos 18.15
Factores que afectan a los resultados de los 14.10.1
Fugas 18.15
Limitaciones 17.5.3
Metodología 14.10.2, 17.5.2, A.17.5.2
Papel de la prueba del incendio 17.5.1
Pruebas físicas 14.10
Suficiencia de muestras para 14.10.3
Textiles 14.10.2.13, 14.10.2.16, 14.10.2.28
Tuberías de gases combustibles ..... 7.9.4 a 7.9.6, A.7.9.4.2
Tetraedro del fuego 3.1.1
Textiles 14.10.2.13, 14.10.2.16, 14.10.2.28
Tiempo de ignición ..... 3.3.1, Fig. 3.3.1(a) y (b)
Definición 1.3.122
Tiempo de ignifugado de los acabados 4.16.1.3
Definición 1.3.123
Textura de la superficie 4.3.2, 4.7
Tiempo de quemado 4.5.5, 4.11
Tiempo de respuesta del dispositivo de actuación contra incendios 3.5.3.1
Tiempo hasta el flashover 3.5.3.2
Tiempo para la ignición ..... Tabla 3.3.1
Tierra 4.7
Tilo americano ..... Tabla 3.3.1
Tipo de combustible potencial, identificación del 18.13.2.5, 18.13.2.7
Titanio 18.9
Tolueno ..... Tabla 3.3.4
Toma de tierra 6.5, 6.12.5.2, 7.6.7
Topografía, influencia sobre incendios forestales 23.3.6
Tormenta de fuego 23.3.9.2
Tornillos 3.2.1
Tostadoras 21.6.3
Toxicidad de materiales de construcción 5.2.3.5
Trailers ..... 4.18.1 a 4.18.2, 14.3.4, 19.2.2
Transformadores 6.3.4, 21.5.2.2, 21.5.5, 23.7.3.1
Transmisión (vehículos) 22.5.5
Transporte de pruebas 14.8
Transporte, Departamento estatal de 11.5.3.6
Trapos
Balas de ..... Tabla 3.3.5
Empapados en aceite ..... Tabla 3.3.5
Trapos empapados en aceite 3.3.5
Tuberías y conductos de gas ..... 7.3, 7.5, 7.9.3.1, 7.9.4 a 7.9.7, A.7.3.1, A.7.9.4.2
Agujeros de barra 7.9.5.3
Corrosión 7.9.3.7
No cubiertos 7.9.3.4
Turbinas 22.5.1.5
Turbocompresores 22.5.1.5
Turbulencia ..... 4.3.2, 18.8.2.3 a 18.8.2.4, 18.9.3, A.18.8.2.4
Turbulencias en la mezcla aire-combustible 18.8.2.3

-U-

Umbral de la puerta 4.2.2, 4.16.1.4
Underwriters Laboratories Inc. (UL) 14.10.4
Unidad Térmica Británica (Btu) 3.4
Definición 1.3.124
Utilización de herramientas automáticas en el lugar del incendio 14.3.4.2.5, 14.4.3

-V-

Valor constante 3.2.1
Valoración inicial ..... *ver* Valoración preliminar
Valoración preliminar
Lugar de la explosión 18.13.2
Lugar del incendio 15.3, 15.7, 24.11
Válvulas, en sistemas de gases combustibles 7.5.3, 7.6.5
Vandalismo 19.4.8.2.1
Vapores ..... 4.19.2; *ver también* Gas
Combustible inicial 16.4
Confinados 18.6.3
Definición 1.3.125
Ignición de 16.3
Inflamables, en el lugar del incendio 10.2.7
Instalaciones eléctricas en áreas donde existen vapores inflamables 7.7.1.3, A.7.7.1.3
Vapores de hidrocarburos 3.5.3.2, 4.17.7.2
Vaporizadores 7.4.4
Vaso abierto tipo Cleveland 14.10.2.7
Vaso cerrado de Pensky-Martens 14.10.2.8
Vaso cerrado Setaflash 14.10.2.10
Vaso cerrado tipo Tag 14.10.2.9
Vector (definición) 1.3.126
Vectores de fuerza 18.13.3.4, 18.14
Vehículos de motor, como fuente de ignición en incendios forestales 23.7.2.7
Vehículos impulsados por motor diesel 22.5.1.3
Vehículos recreativos 22.4.2, 22.4.2.4, 22.12
Velas 19.2.7.1
Velocidad de llama 18.8.2.1, A.18.8.2.1
Velocidad de quemado 18.8.2.1, A.18.8.2.1
Venganza 19.4.8.2.3, A.19.4.8.2.3
Ventanas 15.5.5, 17.6.2, 18.3.1
Abiertas, como indicador de incendio provocado 19.3.6
Cristales 4.13, 15.5.3, 18.13.3.2, 18.13.3.4
Depósitos de humo sobre 4.10
Rotas 15.5.3
Unidades de aire acondicionado 21.6.10
Ventilación a través de 4.2.2, 18.8.2.6
Venteo ..... 3.1.1.2, 7.7.2, 18.4.1.3 a 18.4.1.4, 18.5, 18.8.2.6
Ventilación 17.6.3
Aberturas 3.5.4.1, 15.5.5
Autoignición y autocalentamiento 3.3.5
Barreras para 3.5.4.3
Definición 1.3.128

Diseño del edificio y 5.2.2
Efecto sobre el incendio 15.5.5
Marcas generadas por 4.2.2, A.4.2.2.1
Ocupación, efecto sobre la 5.2.4
Sistema 24.12
Tamaño y localización de las marcas, influencia sobre el B.3
Velocidad de combustión, influencia en la ..... 4.5.3.2(c)
Vía del ferrocarril, como fuente de ignición de un incendio forestal 23.7.2.8
Víctimas ..... 4.3.5, Capítulo 20, A.20
Actividad realizada por la víctima antes/durante el incidente 20.4.5
Cambios postmortem 20.4.6
Causa de la muerte 20.4.3
Consideraciones en la escena de la muerte 20.2
Documentación 13.2.5.9, 20.2.2
Extinción del incendio, efecto en la 20.2.1
Notificación 20.2.3
Recuperación de cadáveres y recogida de pruebas 20.2.4
Examen patológico y toxicológico de las causas de la muerte 20.3, A.20.3.5
Explosiones ..... Tabla 18.13.3.1(a), 18.13.3.3
Forma de morir 20.4.4
Heridas 20.7.a 20.8
Causadas por el calor 20.8.2.3
Causadas por una explosión 20.8.2
Efecto sísmico 20.8.2.4
Inhalación 20.7.3, 20.8
Leyes para efectuar la notificación 20.7.1.4, A.20.7.1.4
Metralla 20.8.2.2
Pruebas físicas 20.7.1, A.20.7.1.4
Quemaduras 20.7.2
Identificación de la víctima 20.4.2, A.20.4.2, B.9
Identificación de los restos 20.4.1
Incendios provocados 19.2.6
Mecanismos de la muerte 20.5, A.20.5.1
Pruebas y documentación a recoger tras la muerte 20.3, 20.6, A.20.3.5
Víctimas fallecidas o heridas ..... *ver* Víctimas
Videos 21.6.14
Vinilo 4.5, 4.16.1.4
Virutas de pino 3.4
Voltio (definición) 1.3.129

-W-

Watio (W) ..... 6.2.14 a 6.2.15
Definición 1.3.130

-Z-

Zinc
Aleaciones de 4.8.2, 6.10.6.3, 21.5.1.1, A.6.10.6.3
Fusión del ..... Tabla 4.8.2, 21.5.1.3
Oxidación del 4.7, 21.5.1.1
Zona geográfica 19.4.1.1
Zonas circundantes ..... 15.3.1 a 15.3.2
Zonas protegidas 4.3.5, 4.15.2, 4.18.2

Secuencia de las Acciones que Conducen a la Publicación de un Documento de un Comité de NFPA

Se solicitan propuestas para modificar un documento ya existente o para recomendaciones de un nuevo documento.

▼

El Comité se reúne para trabajar en las propuestas, elaborar las suyas propias y preparar su informe.

▼

El Comité vota las propuestas por escrito. Si las dos terceras partes lo aprueban, el informe sigue adelante. Si carece de la aprobación de las dos terceras partes, el informe regresa al Comité.

▼

El informe —Informe sobre Propuestas, *Report on Proposals* (ROP)— se publica para revisión pública y comentarios.

▼

El comité se reúne para trabajar en cada comentario recibido.

▼

El Comité vota las propuestas por escrito. Si las dos terceras partes lo aprueban, el informe complementario sigue adelante. Si carece de la aprobación de las dos terceras partes, el informe complementario regresa al Comité.

▼

El informe complementario —Informe sobre Comentarios, *Report on Comments* (ROC)— se publica para revisión pública.

▼

Los miembros de NFPA se reúnen (Reunión Anual o de Otoño) y trabajan en el informe del comité (ROP o ROC).

▼

El Comité vota cualquier enmienda al informe aprobado en la Reunión Anual o de Otoño de NFPA.

▼

Las apelaciones al Consejo de Estándares por medio de la acción de la Asociación deben presentarse dentro de los 20 días de la Reunión Anual o de Otoño de NFPA.

▼

El Consejo de Estándares decide, basándose en todas las pruebas, si debe o no emitir el estándar o emprender otra acción, incluyendo el mantenimiento de las peticiones.

Clasificaciones de los Miembros del Comité

Las siguientes clasificaciones se aplican a los miembros de un Comité Técnico y representan su principal interés en la actividad de un comité.

M *Fabricante (Manufacturer):* Un representante de un fabricante o suministrador de un producto, conjunto, o sistema, o parte del mismo, al que le afecta el estándar.

U *Usuario (User):* Un representante de una entidad que se halla sujeto a las disposiciones del estándar, o que voluntariamente utiliza el estándar.

I/M *Instalador/Mantenedor (Installer/Maintainer):* Un representante de una entidad que dedica su actividad a la instalación o mantenimiento de un producto, conjunto o sistema afectado por el estándar.

L *Trabajador (labor):* Un representante de los trabajadores o empleado involucrado en la seguridad en el lugar de trabajo.

R/T *Investigación aplicada/Laboratorio de Ensayos (Applied Research/Testing Laboratory):* Un representante de un laboratorio de ensayos independiente u organización de investigación aplicada independiente que promulga y/o hace cumplir estándares.

E: *Autoridad que hace cumplir la ley (Enforcing Authority):* Un representante de una agencia u organización que promulga y/o hace cumplir estándares.

I *Seguro (Insurance):* Un representante de una compañía de seguros, corredor, agente, oficina o agencia de inspección.

C *Consumidor (Consumer):* Una persona que es o representa el último comprador de un producto, sistema o servicio afectado por el estándar, pero que no está incluido en la clasificación de Usuario.

SE *Experto especial (Special Expert):* Una persona que no representa a ninguna de las clasificaciones previas, pero que tiene una competencia especial en el ámbito del estándar o parte del mismo.

NOTA 1: "Estándar" tiene la connotación de código, estándar, práctica recomendada o guía.
NOTA 2: Un representante incluye un empleado.
NOTA 3: Mientras estas clasificaciones se utilicen por el Consejo de Estándares para conseguir un equilibrio para los Comités Técnicos, el Consejo de Estándares puede determinar que es necesaria una nueva clasificación de los miembros o un interés particular necesita representación, con el fin de promover lo mejor posible las deliberaciones del comité en cualquier proyecto. En este sentido, el Consejo de Estándares debe efectuar tantos nombramientos como considere apropiados por el interés público, tal como la clasificación de "Utilidades" en el Comité del Código Eléctrico Nacional.
NOTA 4: Generalmente se considera que los representantes de empresas filiales de cualquier grupo tienen la misma clasificación que la organización principal.

FORMULARIO PARA PROPUESTAS A DOCUMENTOS DE UN COMITÉ TÉCNICO DE NFPA

Dirigir a: Secretariado, Consejo de Estándares
National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02269-9101
Fax Nº: 617-770-3500

Nota: Todas las propuestas se deben recibir a las 5:00 p.m. EST/EDST en la fecha publicada de cierre de propuestas

Si necesita una mayor información sobre el proceso de realización de estándares, por favor contactar con Standards Çadministration Department en el 617-984-7249
Para asistencia técnica, por favor llamar a NFPA, teléfono 617-770-3000

Por favor, indique en qué formato desea recibir su ROP/ROC: ☐ papel ☐ electrónico ☐ descargar
(Nota: seleccionando la opción de descargar pretende ver el ROP/ROC desde nuestra página web, no se le enviarán copias)

Fecha _____ **Nombre** _____ **Tel.** _____

Empresa _____

Dirección _____

Por favor, indicar la organización a la que representa (si hay alguna) _____

1. a) Título del Documento NFPA _____ **NFPA nº y año** _____

b) Sección/Párrafo _____

2. Propuesta recomendada: (marcar una)
☐ **nuevo texto**
☐ **texto revisado**
☐ **texto eliminado**

SOLO PARA USO OFICIAL
Log # _____
Fecha Rec'd _____

3. Propuesta (incluye propuesta de redacción nueva o revisada, o identificación de redacción a eliminar): (Nota: El texto propuesto debería estar en un formato normalizado: p.ej., utilizar subrayado para marcar la redacción a intertar (redacción insertada) y tachado para marcar la redacción a eliminar (~~redacción a eliminar~~).

4. Comunicación de un problema y justificación para propuesta: (Nota: Plantear el problema que se resolverá con su recomendación; exponer la razón específica para su propuesta incluyendo copia de las pruebas, documentos de investigación, experiencia de incendio, etc. Si hay más de 200 palabras, se debe resumir para su publicación).

5. ☐ **Esta propuesta es material original:** (Nota: Se considera material original una idea propia del que lo presenta basada en o como resultado de su propia experiencia, pensamiento o investigación y a lo mejor de su conocimiento, si no se ha copiado de otra fuente).
☐ **Esta propuesta no es material original; su fuente (si la conoce) es la siguiente:** _____

Nota 1: Escribir a máquina o escribir de manera legible en negro.
Nota 2: Si se incluye material adicional (fotografías, diagramas, informes, etc.) se requiere presentar copias suficientes para todos los miembros y suplentes del comité técnico.

Yo, por la presente, concedo a la NFPA todos y cada uno de los derechos de copyright en esta propuesta, y entiendo que no adquiero derechos en ninguna publicación de NFPA en la que se utilice esta propuesta en esta u otra forma similar o análoga.

_____
Firma (necesaria)

POR FAVOR, UTILIZAR UN FORMULARIO DIFERENTE PARA CADA PROPUESTA

FORMULARIO PARA PROPUESTAS A DOCUMENTOS DE UN COMITÉ TÉCNICO DE NFPA

Dirigir a: Secretariado, Consejo de Estándares
National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, Quincy, Massachusetts 02269-9101
Fax Nº: 617-770-3500

Nota: Todas las propuestas se deben recibir a las 5:00 p.m. EST/EDST en la fecha publicada de cierre de propuestas

Si necesita una mayor información sobre el proceso de realización de estándares, por favor contactar con Standards Çadministration Department en el 617-984-7249
Para asistencia técnica, por favor llamar a NFPA, teléfono 617-770-3000

Por favor, indique en qué formato desea recibir su ROP/ROC: ☐ papel ☐ electrónico ☐ descargar
(Nota: seleccionando la opción de descargar pretende ver el ROP/ROC desde nuestra página web, no se le enviarán copias)

Fecha 18/9/93 **Nombre** John B. Smith **Tel.** 617-555-1212

Empresa

Dirección 9 Seattle St., Seattle, WA 02255

Por favor, indicar la organización a la que representa (si hay alguna) Fire Marshals Assn. of North America

1. a) Título del Documento NFPA Código Nacional de Alarma de Incendios **NFPA nº y año** NFPA 72, ed. 1993

b) Sección/Párrafo 1-5. 8.1 (Excepción nº 1)

2. Propuesta recomendada: (marcar una)
☐ **nuevo texto**
☐ **texto revisado**
☒ **texto eliminado**

SOLO PARA USO OFICIAL
Log #
Fecha Rec'd

3. Propuesta (incluye propuesta de redacción nueva o revisada, o identificación de redacción a eliminar): (Nota: El texto propuesto debería estar en un formato normalizado: p.ej., utilizar subrayado para marcar la redacción a intertar (redacción insertada) y tachado para marcar la redacción a eliminar (~~redacción a eliminar~~).

Borrar excepción

4. Comunicación de un problema y justificación para propuesta: (Nota: Plantear el problema que se resolverá con su recomendación; exponer la razón específica para su propuesta incluyendo copia de las pruebas, documentos de investigación, experiencia de incendio, etc. Si hay más de 200 palabras, se debe resumir para su publicación).

Un sistema correctamente instalado y mantenido debería estar libre de fallos a tierra. Una o más derivaciones a tierra debería producir una señal de "problema" ya que indica una condición que podría contribuir a un mal funcionamiento del sistema en el futuro. La protección contra derivaciones a tierra para estos sistemas ha estado disponible en el mercado durante 8 años, y su coste es despreciable. Pedirlo como requisito en todos los sistemas dedundará en mejores instalaciones, mantenimientos, y fiabilidad

5. ☒ **Esta propuesta es material original:** (Nota: Se considera material original una idea propia del que lo presenta basada en o como resultado de su propia experiencia, pensamiento o investigación y a lo mejor de su conocimiento, si no se ha copiado de otra fuente).
☐ **Esta propuesta no es material original; su fuente (si la conoce) es la siguiente:**

Nota 1: Escribir a máquina o escribir de manera legible en negro.
Nota 2: Si se incluye material adicional (fotografías, diagramas, informes, etc.) se requiere presentar copias suficientes para todos los miembros y suplentes del comité técnico.

Yo, por la presente, concedo a la NFPA todos y cada uno de los derechos de copyright en esta propuesta, y entiendo que no adquiero derechos en ninguna publicación de NFPA en la que se utilice esta propuesta en esta u otra forma similar o análoga.

John B. Smith
Firma (necesaria)

LIBROS, GUÍAS, CÓDIGOS Y ESTÁNDARES NFPA TRADUCIDOS AL ESPAÑOL POR CEPREVEN

LIBROS

ST-1 PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

\- PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y MANUAL DE ACOMPAÑAMIENTO

FPS-93 MANUAL NFPA PARA INSPECCIÓN, COMPROBACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS - 2ª EDICIÓN

IM-94 MANUAL DE INSPECCIONES NFPA

FPS-00 MANUAL NFPA PARA INSPECCIÓN, COMPROBACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS - 3ª EDICIÓN

GUÍAS, CÓDIGOS Y ESTÁNDARES

NFPA 69-1997	ESTÁNDAR SOBRE SISTEMAS DE PREVENCIÓN DE EXPLOSIONES
NFPA 88B-1997	ESTÁNDAR PARA TALLERES DE REPARACIÓN DE AUTOMÓVILES
NFPA 491-1997	GUÍA DE REACCIONES QUÍMICAS PELIGROSAS
NFPA 654-1997	ESTÁNDAR PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES DE POLVO EN LA FABRICACIÓN, PROCESO Y MANIPULACIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS COMBUSTIBLES
NFPA 30B-1998	CÓDIGO PARA LA FABRICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS AEROSOLES
NFPA 664-1998	ESTÁNDAR PARA PREVENCIÓN DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES EN INSTALACIONES DE PROCESADO Y MANIPULACIÓN DE MADERA
NFPA 230-1999	ESTÁNDAR PARA LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE ALMACENAMIENTOS
NFPA 33-2000	ESTÁNDAR PARA OPERACIONES DE PULVERIZACIÓN CON PRODUCTOS INFLAMABLES O COMBUSTIBLES
NFPA 51B-1999	ESTÁNDAR PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS DURANTE OPERACIONES DE SOLDADURA, CORTE Y OTROS TRABAJOS EN CALIENTE
NFPA R8-SFPE-2000	GUÍA DE INGENIERÍA SFPE DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS BASADA EN LA EFICACIA. - ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICIOS
NFPA 921-2001	GUÍA PARA LA INVESTIGACIÓN DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES
NFPA 2001-2000	ESTÁNDAR SOBRE SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS MEDIANTE AGENTES LIMPIOS
NFPA 550-2002	GUÍA PARA EL ÁRBOL DE DECISIONES PARA LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

Solicitud de Información

D. ..... D.N.I. n.° .....

Empresa o Entidad ..... ☐ Miembro ☐ No Miembro de Cepreven

Dirección ..... D.P. .....

Población ..... Teléf. ..... Telefax .....

E-mail ..... N.° de Identificación Fiscal .....

Solicita que le sea remitida información sobre las publicaciones que se especifican al dorso del presente boletín.

....., ... de ..... de .....

Firmado

Remitir a: **CEPREVEN**
Sagasta, 18 - 2.° - 28004 MADRID
Tels. 914 457 381 - 914 483 173 - Fax 914 457 136
e-mail: publicaciones@cepreven.com
Catálogo actualizado en internet: www.cepreven.com

Las publicaciones incluidas en la presente relación se encuentran también disponibles en:

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION
1 BATTERYMARCH PARK
PO BOX 9101
QUINCY MA 02269-9101
Att. Servicio Internacional

Solicitud de Información

REFERENCIA	CANTIDAD	REFERENCIA	CANTIDAD
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....

AVISOS

Toda pregunta o comunicado en relación a este documento y todas las peticiones de información sobre los procedimientos de NFPA para el desarrollo de los procesos de elaboración de los códigos y estándares, incluyendo información sobre los procedimientos para solicitar Interpretaciones Formales, para proponer Enmiendas Parciales Provisionales, y para proponer revisiones a los documentos de NFPA durante los ciclos regulares de revisión, deberá enviarse a la Sede Central de NFPA, dirigido a Secretaría, Consejo de Estándares, NFPA, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, MA 02269-9101.

Los usuarios de este documento deben estar advertidos que este documento puede ser enmendado regularmente a través de Enmiendas Parciales Provisionales y Fe de Erratas. Para determinar si este documento es la edición actual y si ha sido enmendado, consultar publicaciones NFPA como el Servicio de Subscripción a los National Fire Codes", visitar la página web de NFPA en www.nfpa.org, o contactar a través de la dirección dada arriba.

Toda declaración, verbal o escrita, que no se procese en conformidad con la sección 6 de las Regulaciones que Gobiernan los Proyectos del Comité, no será considerada posición oficial de NFPA ni de ninguno de sus Comités, y no se tomará como una Interpretación Formal.

NFPA no adopta ninguna postura respecto a la validez de derechos sobre patentes en relación con artículos que son mencionados o son objeto de este documento, y NFPA rechaza toda responsabilidad derivada del incumplimiento de patentes que resulte del uso o dependencia de este documento. Los usuarios de este documento son advertidos expresamente que la determinación de la validez de los derechos de tales patentes, y el riesgo de incumplimiento de dichos derechos, es únicamente responsabilidad suya.

Los usuarios de este documento deberán consultar las leyes y regulaciones aplicables de ámbito federal, estatal y local. NFPA no pretende, con la publicación de este documento, fomentar ninguna acción que no cumpla con las leyes aplicables, ni puede ser interpretado de esa manera.

Provisión de Licencia

Este documento está registrado como propiedad de NFPA. Al poner este documento disponible para su uso y adopción por autoridades públicas y otras, NFPA no renuncia a los derechos de copyright sobre el mismo.

1. **Adopción por Referencia -** Se insta a las autoridades públicas y otras a hacer referencia de este documento en leyes, ordenanzas, regulaciones, órdenes administrativas o instrumentos similares. Cualquier eliminación, incorporación y cambio deseado por la Autoridad que lo adopte debe ser indicado de forma independiente. A aquellos que utilicen este método se les solicita que lo notifiquen por escrito a NFPA (dirigiéndose a la Secretaría, Consejo de Estándares). El término "adopción por referencia" significa únicamente citar el título e información sobre la publicación.

2. **Adopción por transcripción – A.** A las autoridades públicas, con poderes para la elaboración de leyes o reglas, únicamente se les concederá, previa solicitud escrita a NFPA, (Secretaría, Consejo de Estándares), una licencia libre de regalías para imprimir y publicar este documento, en su totalidad o en parte, y con los cambios y ampliaciones, si existen, expresados separadamente, en leyes, ordenanzas, regulaciones, órdenes administrativas o instrumentos similares que tengan rango de ley; siempre que: (1) se indique debidamente la propiedad de los derechos intelectuales de NFPA en cada ley y en cada copia; y (2) que esta impresión y publicación se limite al número suficiente para satisfacer el proceso de elaboración de reglas o leyes de su jurisdicción. **B.** Una vez que este Código o Estándar de NFPA haya sido adoptado como ley, todas las ediciones del documento por parte de las autoridades públicas con poderes para la elaboración de normas o leyes o de cualesquiera otras personas que deseen reproducir el documento o sus contenidos como adoptado por la autoridad total o parcialmente, en cualquier formato, se les concederá, previa solicitud escrita a NFPA (Secretaría, Consejo de Estándares), una licencia no exclusiva para editar, publicar y vender este documento en su totalidad o parcialmente, con modificaciones e incorporaciones, si existen, indicadas separadamente, siempre que se indique debidamente la propiedad del derecho intelectual de NFPA en cada copia. Esta licencia sólo será concedida previo acuerdo de abonar a NFPA una regalía. Esta regalía se requiere para aportar fondos destinados a la investigación y desarrollo imprescindibles para continuar los trabajos de NFPA y para actualizar y revisar sus estándares. Bajo ciertas circunstancias, las autoridades públicas con poderes para la elaboración de reglas o leyes pueden solicitar y recibir un royalty especial cuando así convenga al interés del público.

3. **Alcance de la Concesión de Licencia –** Los términos y condiciones indicados anteriormente no incluyen el índice de este documento.

(Para una mayor información, consultar la política existente respecto a la adopción, edición y publicación de documentos de NFPA, disponible por parte de NFPA, previa solicitud).

Asociación de Investigación para la
Seguridad de Vidas y Bienes
Sagasta, 18 - 28004 Madrid

Petición de Publicaciones
Tel. 0034 91 448 31 73
Catálogo "on line": www.cepreven.com

National Fire Protection Association
1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101

Petición de Publicaciones
Tel. 1 800 344 3555
Catálogo "on line": http://catalog.nfpa.org