

D. JOSÉ MIGUEL LACOSTA BERNA  
*Laboratorio de Control de Calidad  
 Construcciones y Auxiliar de  
 Ferrocarriles, S.A. (CAF)*

# Los cables eléctricos y el fuego



**L**OS cables eléctricos son unos elementos que, en servicio normal, no producen arcos, ni chispas, ni temperaturas elevadas. Únicamente pueden darse estas circunstancias en caso de defecto, ya sea propio del cable o provocado desde el exterior.

Sin embargo, como se dijo en un reciente Simposio sobre Investigación en Siniestros de Incendio: "es muy común atribuir a la electricidad la causa de los incendios en todos aquellos siniestros en que haya involucrado equipo o conducciones eléctricas y cuyo proceso de inicio no está claramente definido" (1), sucediendo a menudo que los síntomas de los fallos eléctricos son resultado del fuego y no su causa.

No obstante, se han producido casos de incendios graves en varios países, en particulares condiciones ambientales, tales como centrales eléctricas y locales de pública concurrencia, en los que independientemente de la causa inicial, los cables han tenido importantes efectos, tanto en la propagación del incendio, como en la creación de unas condiciones de peligro debidas al desprendimiento de humos y gases tóxicos y corrosivos.

Si nos planteamos la causa de incendios tan aparatosos, que sólo se han producido recientemente, en algún caso se puede dar una explicación: las centrales eléctricas tenían hasta hace pocos años potencias unitarias de algunos cientos de MW, con controles y mandos reducidos. En la actualidad las potencias medias se han incrementado considerablemen-



*Actualmente se valora correctamente el riesgo de incendio en cables eléctricos comprendiendo dos aspectos básicos: la propagación del fuego y la generación de gases.*

*Estado final de dos muestras de cables distintos, una de cable normal y otra de cable no propagador del incendio.*



te y se han complicado los equipos de maniobra y control debido a las actuales exigencias de automatización y centralización de mandos.

Como consecuencia existen hoy, en las centrales eléctricas y otras muchas industrias de todo tipo, grandes canalizaciones de cables no colocadas en el interior de tubos (cosa ya inconcebible) sino dispuestas en haces, bien sea en el interior de canales o posadas sobre bandejas metálicas. Tales canalizaciones son puntos privilegiados para propagar incendios de un lugar a otro, tanto horizontal como verticalmente. Además la toxicidad y opacidad de los gases emitidos en un fuego son causa de accidentes y dificultan las tareas de socorro. En estos casos los circuitos de alarma y seguridad han de trabajar aún en condiciones límite y sus cables deben asegurar el funcionamiento incluso expuestos directamente a la llama.

La intervención directa en un incendio de este tipo, es únicamente posible en el exterior o en ambientes amplios en los que se puede emplear agua. Pero estas condiciones no suelen concurrir donde existe equipo eléctrico y se recurre por una parte, a barreras cortafuegos de tipos muy variados, y por otra, a emplear cables con buenas características frente al fuego.

El presente trabajo intenta dar a conocer las actuales exigencias a los cables eléctricos, en relación a su comportamiento con el fuego, indicando, de modo no exhaustivo, los métodos de ensayo existentes; lo que nos permitirá valorarlos y seleccionarlos en función de las necesida-

des de seguridad y de las condiciones de instalación.

#### ACTUALIZACION DEL PROBLEMA

Hoy día se acepta, correctamente, que la consideración del riesgo de incendio en cables eléctricos, comprende dos aspectos básicos: la PROPAGACION DEL FUEGO y la GENERACION DE GASES, con los consecuentes riesgos de TOXICIDAD, DENSIDAD DE HUMOS y CORROSION, todo lo cual puede causar pánico y problemas de evacuación.

Cuando comenzaron a estudiarse esos riesgos, la primera preocupación fue obtener cables con la simple exigencia de reducir o limitar la propagación de la llama o del incendio; inicialmente, considerados de modo individual y más tarde, al mejorar el conocimiento del problema, en forma de capas o haces.

En relación con la generación de gases se comprobó que en algunos casos los humos que se desprenden durante la combustión pueden ser sofocantes y, también, tener una relativamente elevada toxicidad. Por otra parte, la simple emisión de humos, si es particularmente de elevada opacidad y en gran cantidad, puede producir en determinadas condiciones ambientales, como galerías de instalaciones, S.E.T. subterráneas, locales de pública concurrencia, etc., consecuencias verdaderamente dramáticas, sobre todo para las personas.

Profundizando en el tema, se difundió la preocupación respecto a la cantidad de ácido clorhídrico que po-

drían producir los cables durante su combustión. Tal gas, especialmente si se emite en gran cantidad, puede dejar fuera de uso o averiar seriamente aparellajes delicados que pudieran encontrarse en el ambiente en el cual se hubiera desarrollado, aunque limitadamente, un incendio (2).

Todos estos aspectos han determinado una serie de exigencias de "buen comportamiento ante el fuego", de las que hablaremos más adelante y que han conducido a que en la actualidad existan cables que reúnan todas o parte de las características antes referidas, e incluso que también puedan asegurar su propio servicio durante el incendio, al menos por un determinado período de tiempo, para poder garantizar el funcionamiento de los dispositivos de emergencia y de alarma.

#### NORMATIVA

La normativa española específica referente a instalaciones eléctricas es el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado en 1973, así como sus Instrucciones Técnicas Complementarias (MI-BT). En lo referente a los cables conviene destacar las denominadas como MI-BT 025 y 026, cuyos contenidos se recogen en el Cuadro I.

La primera citada se refiere a los locales de espectáculos, reunión y sanitarios, así como a los alumbrados especiales de emergencia, de señalización y de reemplazamiento. En estos locales un eventual incendio pue-

*Aunque no existen datos exactos sobre las verdaderas causas de todas las muertes debidas al fuego, se reconoce que los fallecimientos producidos por los gases son mucho más numerosos que el total de muertes debidas a todos los demás agentes en conjunto.*



de poner en peligro la integridad o seguridad de un gran número de personas, de ahí la necesidad de que la instalación eléctrica en general, y los sistemas contra incendios en particular, tengan asegurado su servicio y funcionamiento.

Si bien la Instrucción no es demasiado concreta, sí distingue entre el empleo obligado de conductores rígidos aislados bajo tubo o conductores rígidos aislados con cubierta de protección o armados, y en este caso al aire o directamente empotrados.

La segunda Instrucción se refiere a locales en los que la posibilidad de incendio es mucho más elevada. También distingue entre conductores bajo tubo blindado o flexible, con empleo de cortafuegos, o cable con aislamiento mineral o funda de aluminio.

Citaremos también, como normativa de rango nacional no específica y por orden cronológico, la siguiente:

- La Orden Ministerial de 25 de septiembre de 1979, sobre Prevención de Incendios en establecimientos hoteleros, y a continuación el Real Decreto de 7 de diciembre del mismo año que aprueba el III Plan de Modernización Hotelera, entre cuyos objetivos se incluye el adaptar las instalaciones a las normas de Seguridad contra Incendios.
- La Orden Ministerial de 24 de octubre de 1979, sobre protección anti-incendios en los establecimientos sanitarios, con una finalidad similar a la anterior en lo referente a las instalaciones eléctricas.
- La Norma Básica, NBE-CPI 82, aprobada por Real Decreto de 25 de junio de 1982 que, en su Apéndice III, incluye las instalaciones eléctricas en su relación de instalaciones susceptibles de iniciar o propagar un incendio, citando y remitiendo a su normativa particular.
- El Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas, aprobado por Real Decreto de 27 de agosto de 1982, en su Artículo 14.3. permite los cables volantes recubiertos por material aislante incombustible e impermeable.
- El todavía no aparecido Reglamento de Protección contra Incendios en los Establecimientos Industriales, parece que en una de sus Instrucciones (MIE-PCI) permitirá que la alimentación eléctrica a las instalaciones de detección automática se haga mediante conductores "resistentes a altas temperaturas"

Por último resulta interesante incluir en esta relación no exhaustiva, por su gran divulgación, la Regla Técnica R.T. 3.-DET sobre instalaciones de detección automática de incendios, del CEPREVEN. Esta Regla indica que: "el cableado debe ser de un tipo resistente a cualquier daño..." (4.2.2), y asimismo que: "los cables deben estar protegidos y colocados de tal manera que en caso de incendio, el daño sea el más pequeño posible..." (4.2.7).

## MATERIALES

Los materiales utilizados en cubiertas y aislamientos de cables eléctricos pueden dividirse, según la terminología técnica, en termoplásticos y termoestables.

Los primeros se moldean dándoles la forma deseada por calor y permaneciendo con esa forma simplemente por enfriamiento. Si deseamos darle otra forma sólo es necesario volver a aplicar calor. Los materiales termoestables se moldean también aportando calor, pero una vez moldeados se les aplica un tratamiento térmico y/o presión (vulcanización o reticulación) que no permite modificar nuevamente su forma.

En el Cuadro II se indican los principales materiales base utilizados normalmente, clasificados según su forma de moldeo e indicando la temperatura máxima admisible en régimen permanente, que es aquella que puede ser soportada por el cable permanentemente sin que ello suponga

un envejecimiento acelerado de los aislantes.

Estos materiales bases, en general, no se emplean solos sino formulados con otros ingredientes (cargas, plastificantes, reticulantes, etc.) para conseguir determinadas características. Existen diversas formulaciones con un mismo polímero base para conseguir distintas cualidades.

El Reglamento Electrotécnico antes citado establece unas tensiones nominales para instalaciones interiores y de enlace no inferiores a 440 ó 750 V, según el tipo de conductor, flexible o rígido. Los cables de uso común para esas aplicaciones llevan, generalmente, cubierta o cubierta y aislamiento en PVC. Las mezclas de PVC para cables se obtienen añadiendo plastificantes al material base, que en la mayoría de los casos son aceites. Estos tienden a evaporarse de la mezcla cuando se calienta. Si la temperatura es elevada la evaporación es rápida y, en presencia de una chispa o de llama abierta, los vapores se inflaman generando nuevo calor. Por encima de una cierta temperatura el PVC arde también. Si los humos calientes que se forman están en condiciones de transmitir a otra zona contigua del cable una temperatura suficiente, los vapores que en ella se generan a su vez se inflaman y el PVC sigue descomponiéndose; en consecuencia la llama se propaga.

Confirma este hecho el dato de que las formulaciones rígidas de PVC tienen índices de Oxígeno de 45 mien-

### CUADRO I; LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES RECOGIDOS EN EL R.E. de B.T.

*Definiciones de acuerdo con el Reglamento.*

**Locales de pública concurrencia (MI BT 026).**

**a) Locales de espectáculos.**

*Todos aquellos destinados a espectáculos cualquiera que sea su capacidad.*

**b) Locales de reunión.**

*Se incluyen en este grupo los centros de enseñanza con elevado número de alumnos, iglesias, salas de conferencias, salas de baile, hoteles, restaurantes, cafés, bibliotecas, museos, casinos, aeropuertos, estaciones de viajeros y, en general, todos los locales con gran afluencia de público.*

**c) Establecimientos sanitarios.**

*Se incluyen en el grupo los hospitales, sanatorios, ambulatorios y, en general, todo local destinado a fines análogos.*

**Locales con riesgo de incendios o explosión (MI BT 026).**

*Son aquellos en los que se fabriquen, manipulen, traten o almacenen cantidades peligrosas de materias sólidas, líquidas o gaseosas susceptibles de inflamación o explosión.*

**CUADRO II; MATERIALES PARA CUBIERTAS Y AISLAMIENTOS DE CABLES ELECTRICOS**

TERMOPLASTICOS		TERMOESTABLES	
MATERIAL	LIMITES UTILIZACION (° C)	MATERIAL	LIMITES UTILIZACION (° C)
PE	- 40 + 70	GOMA NATURAL	70
PVC	- 40 + 70/105	GOMA NITRILICA	80
PUR	80	NEOPRENO (PCP)	- 40 + 80
ETPE	- 200 + 155	CSPE	- 40 + 90
FEP	- 200 + 200	EPR-EPDM	- 40 + 90
PFA	- 200 + 260	XLPE	- 40 + 100
PI	- 200 + 260	EVA	- 40 + 120
PTFE	- 200 + 350	SILICONA	- 50 + 180

*Las canalizaciones eléctricas son puntos privilegiados para propagar el incendio de un lugar a otro, tanto en horizontal como en vertical.*

tras que la adición de plastificantes rebaja ese valor hasta 28-30. Recordemos que el Índice de Oxígeno, tal como lo define ASTM, es el mínimo porcentaje de volumen de oxígeno necesario para alimentar una combustión mínima en un ambiente mixto Oxígeno-Nitrógeno.

Asimismo, por cada kilo de mezcla de PVC, por ejemplo de aislamiento y cubierta, se forma aproximadamente un 30 por ciento de ácido clorhídrico. Esta gran cantidad de gas corrosivo tiene efectos devastadores sobre los paneles eléctricos y sobre las estructuras metálicas, e incluso las de hormigón armado.

Como se puede ver en el Cuadro II, un éxito importante ha sido el empleo de fluoropolímeros (PTFE, ETFE, PFA, etc.), materiales en los que el cloro es sustituido por el flúor. La razón de ello es que el enlace C-F es más estable que el C-C1 y de este modo la temperatura máxima de servicio puede llegar hasta los 260°C y su Índice de Oxígeno hasta 95, como en el caso del PTFE.

**VALORACION DE COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO**

Como en otros muchos aspectos relacionados con la Seguridad contra Incendios hemos podido comprobar, durante la revisión que se ha hecho de la normativa, que hay un vacío en lo referente a la utilización de cables eléctricos que presenten un comportamiento mejorado respecto al fuego.

Para encontrar algo en esta materia podemos recurrir a la legislación francesa (3), ya abundantemente empleada en nuestro país, y que establece las categorías C1, C2 y C3, desde un punto de vista de reacción y las CR1 y CR2 para la resistencia al fuego.

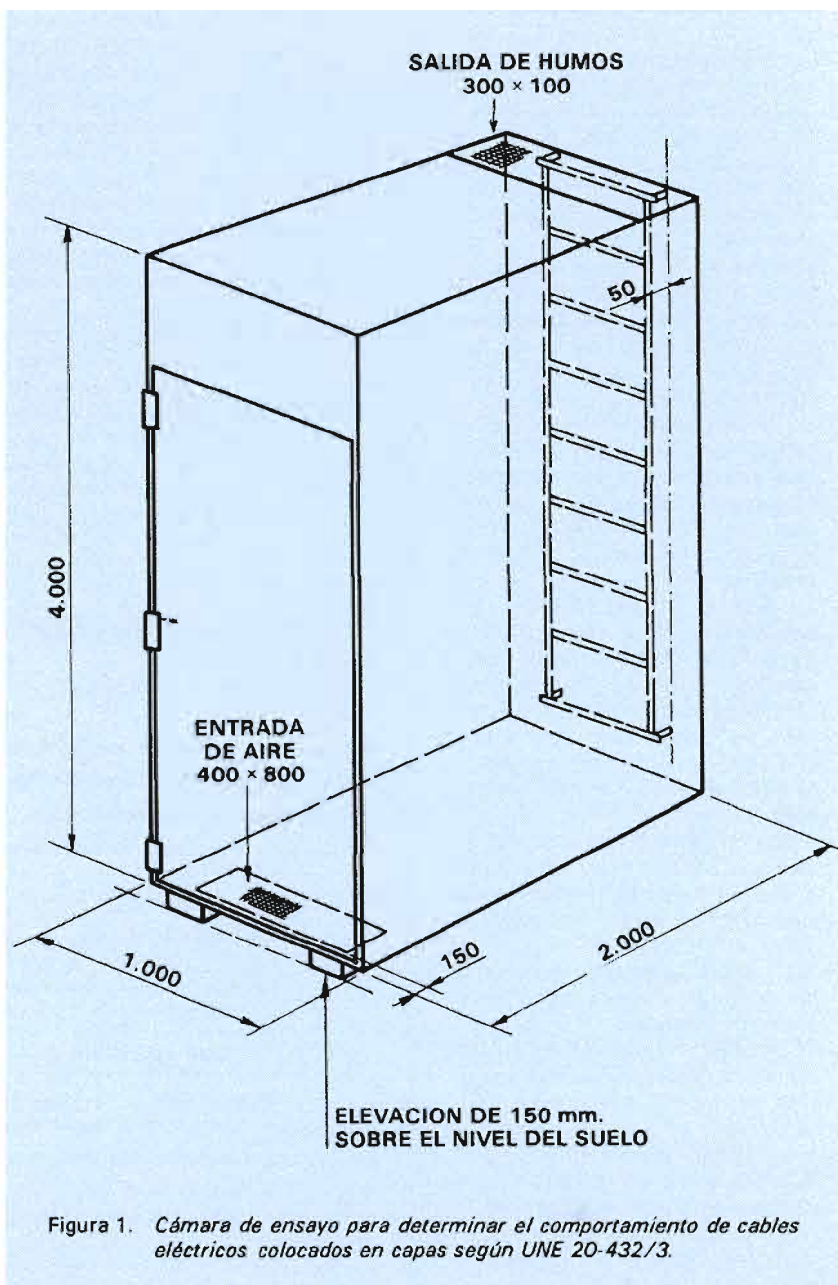


Figura 1. Cámara de ensayo para determinar el comportamiento de cables eléctricos colocados en capas según UNE 20-432/3.



Aplicada a los cables eléctricos, la reacción al fuego sería la aptitud de un cable para alimentar el fuego y, de este modo, contribuir a su desarrollo, mientras que la resistencia al fuego se correspondería con la capacidad del cable para continuar en servicio a pesar de la acción del incendio.

Ya que las categorías C3 y CR2 son cables "ordinarios", esto es, sin exigencias específicas; nos quedan las C1, C2 y CR1 que corresponden a las denominaciones "clásicas" de: NO PROPAGACION DE LA LLAMA, NO PROPAGACION DEL INCENDIO y RESISTENTE AL FUEGO.

La industria privada ha elaborado un interesante trabajo preparado por FACEL (4), que propone una clasificación frente al fuego en las categorías FA, FB y FC, que representan tipos de cables que responden aproximadamente a las tres denominaciones que acabamos de citar, indicando incluso las zonas o lugares donde podrían aplicarse.

A continuación analizaremos una serie de normas UNE, de las que afortunadamente si disponemos, que recogen unos ensayos capaces de valorar los cables en los tres tipos de los que venimos hablando. No debemos olvidar, sin embargo, que las normas UNE no tienen carácter de obligatorias, ya que para ello es necesario que sea expresamente recogido su texto o, al menos, se cite en una disposición de la Administración Pública, de cualquier rango, y sólo entonces se hace de obligado cumplimiento en el ámbito en que aquella disposición lo es también. Este todavía no es el caso de las que pasamos a comentar:

#### A. No propagación de la llama (Flame retardant cables)

Estos cables cuando se ensayan individualmente, se autoextinguen en un breve período de tiempo.

El ensayo lo recoge la norma UNE 20-432/1 "Ensayo de los cables eléctricos sometidos al fuego. Ensayo de un conductor aislado o de un cable expuesto a la llama". Consiste en someter una muestra de cable, situada en posición vertical, a la acción de una llama por su parte inferior. Una vez retirada aquélla, el cable no puede continuar quemando más allá de una longitud establecida. En estas condiciones el cable quema dentro de la convección del aire que el propio foco calorífico crea.

cable de diferentes materiales como ya hemos indicado, algunos de ellos volátiles a altas temperaturas, se desprendan gases. Si estos gases son combustibles pueden reproducir el incendio en un punto alejado del foco primario iniciándose de esta forma un mecanismo en cadena que llevaría a la completa destrucción de los cables y de la instalación.

Cabe señalar, en este mecanismo de propagación del incendio, dos efectos importantes:

1. La atmósfera de elementos volátiles en el entorno del foco primario de llama se genera por la gran cantidad de cables agrupados (lo que no ocurría en el ensayo anterior).



Figura 2. Dispositivo de ensayo para determinar la resistencia al fuego de cables eléctricos según UNE 20-431.

#### B. No propagación del incendio (Reduced propagating cables)

El ensayo anterior no sería en absoluto representativo de un incendio que se iniciase en una instalación donde se encontraran gran cantidad de cables agrupados. Estas instalaciones las tenemos fielmente reflejadas en las bandejas de cables y, como casos especialmente peligrosos, en Centrales Térmicas y Nucleares.

En efecto, aunque un cable sea autoextinguible, individualmente considerado, pueden darse dos efectos que contribuyan a la propagación del incendio. En primer lugar, en un haz de cables la mayor cantidad de materia orgánica presente puede hacer que el conjunto propague el fuego. En segundo lugar puede suceder que al ser los materiales aislantes del

2. El incendio progresa en cadena porque al incendiarse los gases formados por dichos elementos volátiles combustibles se crea un foco secundario.

Para ambos efectos existen pruebas que permiten comprobar la NO PROPAGACION DEL INCENDIO por el cable. En el primero de los casos la descrita en la norma UNE 20-432/3 "Ensayo de los cables eléctricos sometidos al fuego. Ensayo de cables colocados en capas" (ver Figura 1), y en el segundo caso la UNE 20-427 "Ensayo de cables sometidos a condiciones propias de un incendio".

La UNE 20-432/3 es similar al Ensayo a la llama (Vertical Tray Flame Test) contenido en la norma IEEE 383. Parte 2.5, ensayo que se exige para los cables tipo 1E destinados a Centrales Nucleares.

*Para determinar el efecto tóxico de un material no es suficiente con conocer la toxicidad de los productos de su combustión; también hay que saber su concentración en la atmósfera y el tiempo de exposición.*

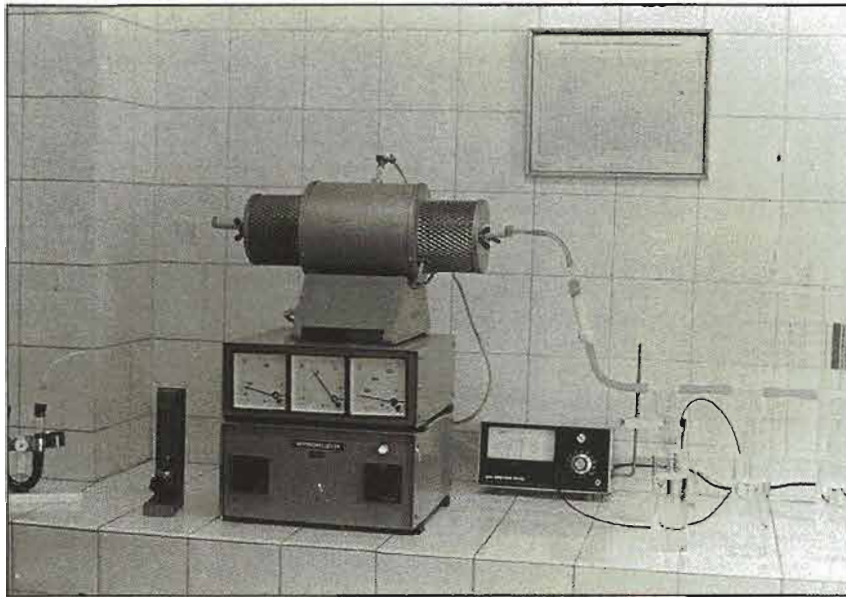
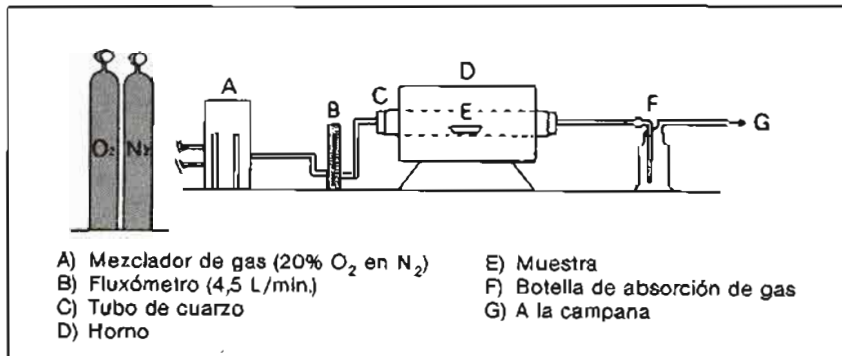


Figura 3. Dispositivo de ensayo para valorar el contenido de gases ácidos durante la combustión de cables eléctricos según UNE 21-147/1.



Esquema del aparato para la determinación del ácido clorhídrico en la combustión de mezcla cromada.

### C. Resistencia al fuego (Fire resistant cables)

Los circuitos de alarma y seguridad deben garantizar la continuidad de su servicio, especialmente en caso de incendio y estando el cable sometido directamente a las llamas.

Sin embargo la mayoría de los materiales habitualmente empleados en la fabricación de cables eléctricos arden, en mayor o menor grado, cuando se inflaman y no suelen impedir el desarrollo del incendio. Últimamente ha sido posible producir elastómeros retardados de la llama, como el neopreno, o plásticos autoextinguibles, como el PVC, pese a ello, sus cenizas, el residuo resultante de la goma o de los plásticos quemados, contiene una considerable cantidad de materia carbonosa y es conductor de la electricidad. Por tanto, para producir cables que continúan prestando servicio cuando sean sometidos a la acción de la llama abierta

deben aislarse con materiales que permanezcan aislantes después de haberse quemado.

Cables de este tipo ya han aparecido en España y suelen estar compuestos de aislamiento mineral y funda exterior metálica. La prueba, recogida en la norma UNE 20-431 "Características de los cables eléctricos resistentes al fuego" consiste, como puede verse en la Figura 2, en someter una muestra del cable a una llama de 800°C durante 3 horas, estando el cable bajo tensión. Si se produce cortocircuito el cable no supera la prueba. Esta categoría de cables permite garantizar el servicio durante el incendio, pero después de éste deben ser cambiados.

### EL PROBLEMA DE LOS GASES

Paralelamente a la exigencia de un buen comportamiento ante el fuego, el diseño de un cable de seguridad contra incendios debe considerar el problema de los humos y gases emitidos durante un incendio.

Aunque no existen datos exactos sobre las verdaderas causas de todas las muertes debidas al fuego se reconoce que, en los incendios, los fallecimientos producidos por inhalación de gases son mucho más numerosos que el total de muertes debidas al resto de los demás agentes en conjunto.

En efecto, desde el punto de vista de la seguridad del personal, humos y gases son factores determinantes de la gravedad del incendio provocando pánico o desorientación, así como dificultando el acceso y localización del foco del incendio e impidiendo combatirlo eficazmente.

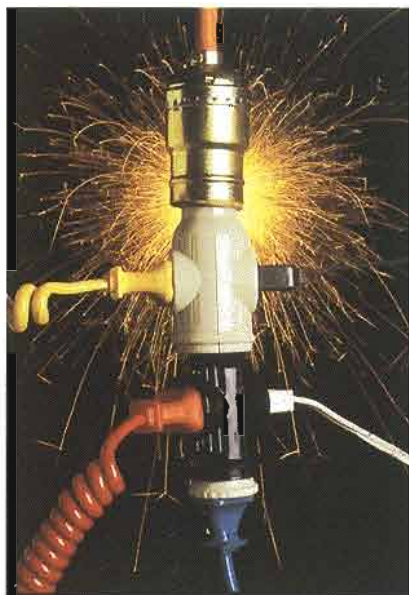
Enunciado así, de modo tan general, la expresión GASES no pone de manifiesto la complejidad de aspectos que encierra y que trataremos de aclarar a continuación; pero antes de entrar en detalle convendría precisar

CUADRO III; METODOS DE ANALISIS PARA DETERMINAR OTROS GASES IMPORTANTES EN SINIESTROS DE INCENDIO	
GASES	METODOS DE ANALISIS
OXIDOS DE CARBONO CO <sub>x</sub> (CO y CO <sub>2</sub> )	Espectroscopia de absorción IR. Cromatografía de gases (GC).
HALOGENOS xH (FH, ClH, BrH) CNH	Barboteo en soluciones absorbentes y titulaciones selectivas por potenciometría o espectrofotometría.
DIOXIDO DE AZUFRE SO <sub>2</sub>	Barboteo, oxidación a ion SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> y titulación acidimétrica.
OXIDOS DE NITROGENO NO <sub>x</sub> (NO y NO <sub>2</sub> )	Barboteo y colorimetría, según el Método de Saltzman.



*Como dice el profesor Herpol:  
"Toda substancia orgánica  
puede convertirse en muy  
peligrosa por su toxicidad en  
determinadas condiciones."*

*Vista del conjunto de la instalación  
durante la realización de prueba de  
incendio.*



requisitos de limitada o reducida emisión de gases tóxicos o corrosivos, a causa de la propia naturaleza del polímero utilizado en la mezcla.

Evidentemente hay otros elementos componentes de los humos que también pueden resultar nocivos como son: CO, CO<sub>2</sub>, ácido cianhídrico, etcétera, que tienen sus procedimientos químicos de determinación cuantitativa. (Ver Cuadro III).

Una vez efectuadas esas determinaciones, la valoración de la toxicidad se presta a controversia ya que incide en gran manera el ambiente en que se produce el siniestro. El volumen del local, las posibilidades de ventilación y su caudal, temperaturas alcanzadas, sinergismos y reacciones secundarias son factores que hacen aventurado adoptar posiciones tajantes sobre esa cuestión (6).

Hubo un intento legal de limitación

algunos puntos que deben ser tenidos en cuenta para estimar la contribución real de los materiales e instalaciones eléctricas a los riesgos derivados de un incendio.

- En el momento actual es indispensable el empleo de materiales sintéticos en aplicaciones específicamente eléctricas.
- Humos y gases se desprenden en combustión o pirólisis de TODAS las substancias orgánicas, entre las que se encuentran los materiales empleados en aislamientos y cubiertas de cables.
- La cantidad de material combustible que aportan las instalaciones eléctricas en un edificio o local, suele ser muy baja, con relación a la cantidad total de tales materiales.

## 1. TOXICIDAD

Podemos definir la toxicidad como la capacidad de una substancia de producir efectos nocivos en organismos vivos por mecanismos bioquímicos. Cuando por su emplazamiento se requiera que un cable, en su combustión, no desprenda gases tóxicos, la valoración de ese riesgo se realiza en dos etapas (5):

- identificación y cuantificación de gases
- valoración del riesgo tóxico propiamente dicho.

El ensayo propiamente dicho consiste en quemar los materiales en un horno tubular a una temperatura de 800°C (ver Figura 3). Los gases desprendidos son absorbidos por una solución apropiada o almacenados en un muestreador para su análisis.

En algunos casos se solicita simplemente información sobre la canti-

CUADRO IV; CUADRO-RESUMEN DE NORMAS PARA ENSAYOS RELACIONADOS CON EL FUEGO DE CABLES ELECTRICOS					
	UNE	IEC	AFNOR/UTE	BS	OTRAS
NO PROPAGACION DE LA LLAMA	20-43/1	332/1	C 32-070/1	4066/1	CEI 20-20
NO PROPAGACION DEL INCENDIO	20-427 20-432/3	332/3	C 32-070/2		CEI 20-22 IEEE 383
RESISTENCIA AL FUEGO	20-431	331	C 32-070/3	6387	NBN-C-30004 MIL-C-2194
GASES ACIDOS TOXICIDAD	21-147/1	332/5	C-20-454		DIN 53.436
CORROSION			C-20-453		ASTM-D-2671
DENSIDAD DE HUMOS	23-705 (en estudio)	332/10	C-20-452	5111	ASTM-D-662 (NBS) ASTM-D-2843

dad de gas ácido emitido durante la combustión de los materiales empleados en la fabricación del cable. Así por ejemplo, la norma UNE 21-147/1 "Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de los cables eléctricos" describe un método, sin establecer límites, para determinar la cantidad de gas ácido halógeno desprendido durante la combustión de mezclas a base de polímeros halogenados y de mezclas que contengan aditivos halogenados.

Esa exigencia es buena muestra de que satisfacer varias características simultáneamente puede resultar de difícil solución, ya sea desde un punto de vista técnico o económico. Así tenemos que cables aislados con PVC, con formulaciones especiales que permiten superar las más severas pruebas de incendios, dan un ejemplo característico de esa dificultad ya que no será nunca posible satisfacer los

toxicológica en nuestro país que recojo por ser único hasta el momento, aunque no esté relacionado con los cables. La NBE-CPI, en su edición inicial de abril de 1981, contenía unas limitaciones cuantitativas de los contenidos de cloro y nitrógeno, para materiales de decoración empleados en locales de pública concurrencia y que estaba extraído de la legislación francesa (7).

Esta medida fue efímera, ya que la edición definitiva, por el momento, de junio de 1982 reducía todo el problema de la toxicidad al siguiente enunciado: "Los materiales, cuya combustión o pirólisis produzcan la emisión de humos o gases potencialmente tóxicos, se utilizarán en la forma y cantidad que reduzca su efecto nocivo en caso de incendio... (2.3.1.)", lo que, como el lector comprenderá, no pasa de ser una declaración de buenas intenciones y aclara muy poco

sobre la materia, porque como dice el profesor Herpol: "Toda substancia orgánica puede convertirse en muy peligrosa por su toxicidad en determinadas condiciones. No se puede clasificar a los materiales como "buenos" o "malos" según sus efectos tóxicos, porque el comportamiento de un material presenta características diametralmente opuestas según las condiciones de los ensayos" (8).

Si bien los organismos de normalización parecen mantener una prudente espera, hay una norma de la RATP (Regie Autonome des Transports Parisiens) (9) que define un Índice de Toxicidad Convencional (ITC), mediante la expresión:

$$ITC = \frac{100}{m} \sum \frac{Mx}{CCx}$$

siendo:

m: peso de la muestra ensayada, en g.

Mx: peso del gas x producido por la combustión de la muestra ensayada, en mg.

CCx: concentración crítica para una exposición de 30 minutos relativa al gas x, en mg/m<sup>3</sup>.

Las concentraciones críticas CC corresponden a los índices IDLH (Immediate Dangerous for Life or Health) publicados por el NIOSH norteamericano.

## 2. CORROSIVIDAD

Si definiáramos la Toxicidad como capacidad para dañar a organismos vivos, la Corrosividad sería la capacidad equivalente respecto a otros materiales.

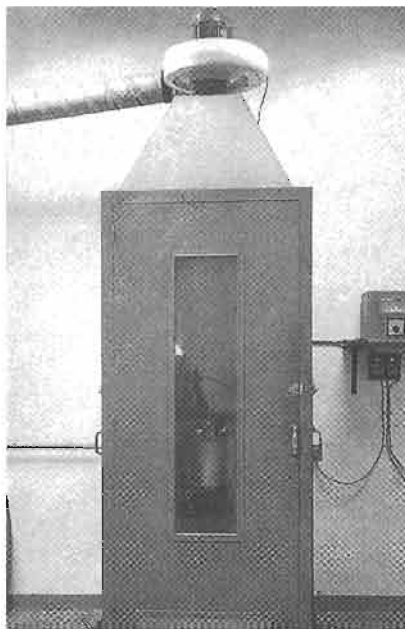
Los procedimientos de ensayo para determinar el poder corrosivo de los gases desprendidos por un cable en combustión están basados en los siguientes métodos:

- Visuales: variación de la transparencia de un espejo metálico.
- Eléctricos: variación de la resistencia de un hilo metálico.
- Químicos: determinación del porcentaje en peso de gases corrosivos mediante determinación del pH o por valoraciones volumétricas.

En el Cuadro IV se expresan dos normas que valoran ese efecto, por un método visual (ASTM) y otro eléctrico (AFNOR).

## 3. DENSIDAD DE HUMOS

Otro aspecto del síndrome del incendio es el humo, que se produce al someter cualquier material orgánico a un proceso de degradación térmica. Cuando la energía aplicada llega a un nivel susceptible de descomponer el



material, se produce una rotura de los enlaces más débiles, hay emisión de productos de bajo peso molecular por la acción conjunta del calor y la oxidación y, al mismo tiempo, se produce la emisión de partículas sólidas. Todos esos productos se mezclan formando una fase gaseosa que llamamos HUMO, y al que la norma UNE 23-026 define como: "Conjunto visible de partículas sólidas y líquidas en suspensión en el aire, o en los productos volátiles, resultantes de una combustión o pirólisis."

En los ensayos para evaluar la cantidad de humo, se han empleado dos técnicas de medida distintas: gravimétrica y óptica. La primera se basa en la determinación del peso de las partículas sólidas que se depositan, en condiciones dadas, en un filtro, por ejemplo ASTM E 162. La segunda mide la fracción de luz absorbida al pasar a través del humo, la opacidad, y es empleada en los ensayos más conocidos (10) (ver Cuadro IV) y en la que se basará una futura norma española.

El ensayo más difundido es la Cámara NBS, cuyo principio es: en un recinto de dimensiones dadas se provoca la pirólisis, con o sin llama, de la muestra a ensayar, acumulándose los humos en el interior de la cámara y determinando por medio de un proceso físico, como es la absorción de una radiación, la disminución de transmisión luminosa por un sistema fotométrico. Los resultados se expresan en términos de Densidad Óptica Específica, obtenida a partir de la Densidad Óptica medida, de la geometría del material, del volumen de la cámara y de la longitud del recorrido óptico.

*En investigación de siniestros de incendio debe tenerse en cuenta que los síntomas aparentes de fallos eléctricos pueden ser a menudo los resultados del fuego y no la causa.*

Un aspecto que generalmente no se aborda en estos ensayos es el color de los humos. Los humos pueden ser clasificados en dos grandes familias: los ligeramente coloreados y los humos muy negros. En el primer caso se puede tener una buena luminosidad pero mala visibilidad debida a la dispersión de la luz por las partículas finas en suspensión en esos humos. Ejemplo: las partículas de agua que forman la niebla. Para los humos negros hay, por el contrario, una disminución mayor de luminosidad que de visibilidad.

Las señales suministradas por sistemas de células fotoeléctricas están en buena correlación con la visibilidad de las atmósferas constituidas por humos oscuros y menos con la de las atmósferas de humos blancos o ligeramente coloreados.

## CONCLUSIONES

Las instalaciones eléctricas son el origen de numerosos incendios, raramente en razón de su concepción, sino casi siempre a causa de una ejecución defectuosa: cortocircuitos, calentamientos, defectos de puesta a tierra, etcétera.

En las industrias, por su adaptabilidad, las instalaciones eléctricas son, a menudo, modificadas de acuerdo con las necesidades de fabricación. Toda instalación manipulada es una fuente de graves peligros.

Para evitar incendios conviene:

- Estudiar las instalaciones de forma que las intensidades admisibles no sean sobrepasadas, en función de las condiciones de instalación.



- Escoger un material de protección eléctrica; fusibles, magnetotérmicos, etc., fiable y prever ensayos de funcionamiento regularmente.
- Controlar la fijación o los caminos de los cables, una arista viva, por ejemplo, puede dañar al cable y producir un cortocircuito.

Si se produce un incendio de, o con presencia de, cables eléctricos, los equipos de intervención deben tener cuidado con los productos de descomposición (ácidos, humos, gases, etcétera), que pueden ser muy tóxicos. Es esencial proteger las vías respiratorias. La extinción de un incendio de este tipo se hará con espuma de alta expansión después del corte completo de la corriente.

La mejora del comportamiento al fuego de los cables eléctricos necesita, no sólo de buenos resultados de los materiales a nivel de laboratorio, sino también la realización de ensayos a gran escala para comprobar la validez de los ensayos sobre probetas y estudiar ambientes y condiciones concretas como, por ejemplo, el caso de una galería de cables.

Los resultados de los ensayos a que se han sometido los cables eléctricos y sus materiales constituyentes, en los aspectos físico, químico, térmico, etcétera, deberían servir de base para la redacción de una ficha técnica por cada tipo.

Estos puntos anteriores deberían ser incluidos en los programas de investigación y trabajo de las Entidades relacionadas con la Seguridad de la Industria Eléctrica.

La efectividad de la Seguridad contra Incendios, es el producto de los funcionamientos correctos de todos los dispositivos preparados a tal fin. Las cadenas suelen romperse por su eslabón más débil: las líneas que transmiten la información y las órdenes de seguridad no deben ser ese eslabón y debe preverse un camino diferenciado del de los cables de potencia si es posible, o en otros casos, emplear cables de mejor comportamiento al fuego. ■

#### BIBLIOGRAFIA

1. LABRADOR, JULIAN: *Investigación de cables eléctricos*. Simposio Internacional de Investigación y Salvamento en Siniestros de Incendio. Fundación MAPFRE, 1984.

2. GOEBELL, J.: *Cable plugs and their use in fire protection*. Fire International. Vol. II, nº 103. 1987.

3. Clasificación, según Arrête du 4-Juin-1973, modificada por Arrête du 19-Décembre-1973. Ensayos según Arrête de 1-Février-1963.

4. Asociación Española de Fabricantes de Conductores Eléctricos Aislados (FACEL). Comportamiento de los cables aislados frente al fuego.

5. Organización Internacional de Normalización (ISO): *Desarrollo de los ensayos encaminados a medir la toxicidad de los incendios*. Informe Técnico ISO 6543 (1979).

6. DE LA ROSA, TOMAS: *Evaluación de la toxicidad en incendios*. Revista MAPFRE-SEGURIDAD, 5, 1982.

7. Arrête du 4-Novembre-1975, complementada con la Instrucción de 1-Décembre-1976.

8. HERPOL, M. C.: *Fire and Materials*, Vol. I, 1976.

9. Specification Technique K-20 de la RATP (agosto de 1981).

10. LACOSTA BERNA, J. M.: *Ensayos de control de humo*. Comunicación de la III Conferencia Nacional de Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo Zaragoza, 1981.

#### BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Colección normas UNE de las Comisiones 20/21 y 23 (IRANOR).
- Manual NFPA 70 *National Electrical Code*.
- Documentación técnica de varios fabricantes de cables y materiales: Pirelli, Saenger, Du Pont, etcétera.