

JOSE MIGUEL LACOSTA BERNA  
*Construcciones y Auxiliar de  
Ferrocarriles, S. A. (CAF)*

# Valoración del riesgo de incendio de los materiales plásticos utilizados en aplicaciones eléctricas

## SUMARIO

Los materiales plásticos son casi contemporáneos de la utilización generalizada de la electricidad, y el empleo de aquéllos en la difusión de ésta ha producido enormes ventajas. Tales materiales tienen, sin embargo, sus limitaciones, entre las que se encuentran las relacionadas con el calor y la temperatura; de manera que la resultante de esa combinación —materiales plásticos y electricidad— presenta, y así se ha declarado a veces, un importante riesgo de incendio. El presente trabajo trata de los ensayos nacionales e internacionales destinados a valorar tales riesgos.

**Palabras clave:** materiales plásticos, electricidad, ensayos.

## INTRODUCCION

Entre las iniciales aplicaciones industriales de los materiales plásticos destaca la electrotécnica, cuyas primeras utilizaciones a gran escala —alumbrado público por arcos de carbón (hacia 1860); inversión de la lámpara eléctrica (en 1879, con filamento de bambú, y en 1903, con filamento de wolframio)— son casi coincidentes en el tiempo con el desarrollo industrial de los plásticos (obtención de la baquelita en 1909).

A partir de ahí, tanto la electrotécnica original como la electrónica han experimentado un desarrollo coinci-

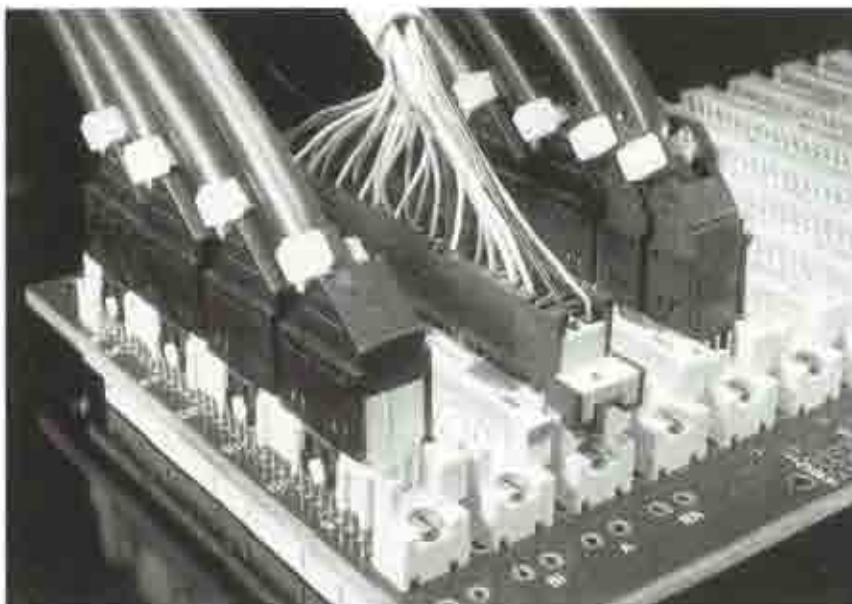
dente con el de los plásticos, sin los cuales no pueden concebirse características como la miniaturización o la expansión industrial, con carácter mundial, de esos equipos en aplicaciones como las telecomunicaciones o la informática (Fig. 1).

Sin embargo, estos materiales tienen sus limitaciones, bien conocidas, entre las que se encuentran las referentes al calor y a la temperatura. Las aplicaciones eléctrico/electrónicas de los materiales plásticos reúnen, junto a una forma de energía enormemente activa, unos materiales de limitadas características térmicas, de manera que el resultado de tal combinación presenta un importante riesgo de incendio, que en numerosas ocasiones se ha declarado efectivamente.

A la vista de tales problemas, la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), fundada en 1906 y que es el equivalente de ISO en los ámbitos electrotécnico y electrónico, ha establecido una serie de normas de ensayo para valorar el riesgo de incendio de los materiales empleados en aparatos y equipos. En España, país miembro, disponemos de unas normas UNE, de las Comisiones Técnicas de Normalización 20/21 y 53, que son equivalentes a esas CEI.

Por otro lado, este sector de aplicaciones eléctricas de los plásticos tiene, como otros muchos, una enorme dependencia del mercado y de la normativa de los EE UU, país donde los Underwriters Laboratories, Laboratorios Asociados (UL), fundados en 1894, tienen como objeto establecer pruebas de seguridad para los aparatos eléctricos. Los UL han desarro-

FIGURA 1. La progresiva miniaturización de los equipos electrónicos ofrece muchas oportunidades para los nuevos materiales plásticos. (Cortesía de AMP.)



llado un sistema de homologación de materiales, difundidos por todo el mundo y conocido como **la tarjeta amarilla**, en el que se recogen resultados, entre otros ensayos, de varios empleados para valorar también el riesgo de incendio.

En este trabajo se trata de dar a conocer a los técnicos en general, y a los que trabajan en seguridad en particular, las exigencias y ensayos a que se someten los materiales plásticos en sus aplicaciones eléctricas, en relación a su riesgo de incendio, y que tienen unas clasificaciones particulares, propias, tan difundidas a nivel internacional como lo está la propia energía eléctrica, y distintas de otras, por ejemplo, de la ya conocida clasificación de los M. de aplicación general a los materiales de construcción.

## 1. RIESGOS DE MATERIALES Y COMPONENTES

La aplicación de los ensayos relacionados con los riesgos de incendio a los materiales y componentes electrotécnicos/electrónicos está influenciada por las siguientes consideraciones:

- Estos materiales y componentes están constituidos, a su vez, por diversos materiales en cantidades relativamente pequeñas, dispuestos en una construcción compleja tal que los efectos sinérgicos pueden ser variables y generalmente imprevisibles.
- El funcionamiento de los mate-

riales y componentes implica una alimentación de energía eléctrica; en funcionamiento normal, la disipación térmica es baja, si bien pueden producirse chispas (por ejemplo, los relés), pero cuando el componente trabaja en condiciones de fallo o anormales, puede liberar una gran cantidad de energía en forma de calor.

— Generalmente, en los equipos electrotécnicos/electrónicos se reúnen materiales y componentes de varias clases en cantidades importantes y con diversas aplicaciones (Fig. 2), de manera que cada tipo de material tiene que satisfacer una gran variedad de situaciones y no es posible definir una situación típica. Solamente en casos excepcionales, en los que algunos componentes puedan ser particularmente peligrosos o llegar a ser peligrosos por lo que respecta a los riesgos de incendio, puede ser útil un estudio de la situación real, precisando entonces una especificación de los requisitos.

### 1.1. Conceptos de riesgo

Un material o componente puede, por fallo o por sobrecarga motivada por un fallo externo, disipar un exceso de calor tal que puede dar lugar a que se inicie un incendio, motivando las siguientes causas:

- Autoencendido del material o componente.
- Calentamiento de la superficie externa del material o componente

*Sin los materiales plásticos no pueden concebirse características como la miniaturización o la expansión industrial de los equipos electrónicos y electrónicas.*



suficiente para inflamar otras piezas en contacto con o en las proximidades de él.

— Explosión del material o componente y/o proyección de partículas o materias inflamadas, provocando la inflamación de otras piezas.

— Emisión, por el material o componente, de gases inflamables que pueden arder espontáneamente o por la acción de chispas próximas cuando se alcance en el aire una concentración inflamable, contribuyendo así a la del componente o de otras piezas.

Si el fuego ya está declarado, su propagación viene determinada por:

— La cantidad de energía disponible en el material o componente incendiado.

— La velocidad con que es liberada esa energía.

— La duración de la combustión.

— La facilidad con que se inflamen los materiales y componentes próximos.

— Las características de diseño del producto en el que se monta el material, tales como separación entre elementos, la ventilación, etc.

## 1.2. Prevención

Ante todo, el fabricante del equipo, mediante un diseño apropiado, deberá tomar todas las precauciones para que los defectos internos o las condiciones de sobrecarga no incrementen los riesgos de incendio.

Esto se puede alcanzar tomando una o más de las siguientes medidas:

a) Eligiendo los materiales y componentes par que:

— Tengan una potencia nominal (especialmente las resistencias) que sea más alta que la necesaria en condiciones normales;

— en condiciones de sobrecarga, queden en situación de circuito abierto, y

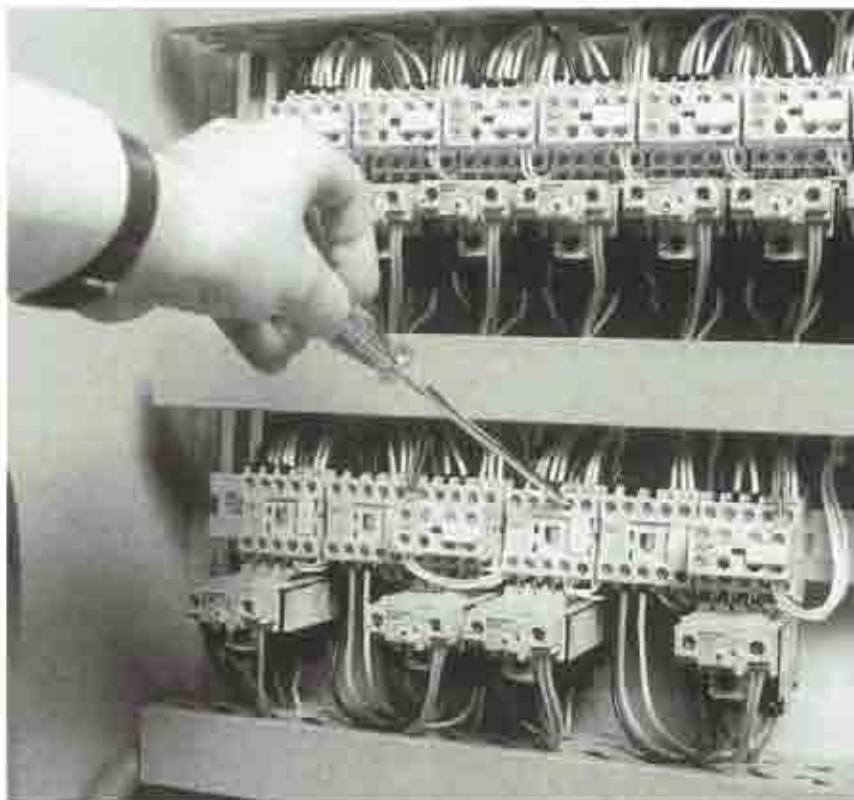
— posean unas características de autoinflamación determinadas, teniendo en cuenta la potencia máxima que el circuito puede suministrar en caso de fallo.

b) Protegiendo los componentes críticos mediante una pantalla térmica.

c) Protegiendo los circuitos críticos mediante elementos suplementarios; por ejemplo, limitadores de tensión o corriente, fusibles, etc.

d) Previendo distancias suficientemente grandes alrededor de los componentes que puedan disipar ex-

**FIGURA 2.** En los equipos eléctricos se reúnen materiales y componentes de varias clases en cantidades importantes y con diversas aplicaciones, de manera que cada tipo de material tiene que satisfacer una gran variedad de situaciones. (Cortesía de Du Pont.)



cesivo calor o utilizar pantallas térmicas.

En casos excepcionales, en los que no se puedan emplear los métodos anteriores, los materiales o componentes en situación peligrosa deberán satisfacer las exigencias específicas relativas a estos riesgos.

Para ello es necesario obtener in-

*Ante todo, el fabricante del equipo, mediante un diseño apropiado, deberá tomar todas las precauciones para que los defectos internos o las condiciones de sobrecarga no incrementen los riesgos de incendio.*

formación sobre dos características distintas, a fin de establecer el riesgo potencial de incendio de un componente eléctrico/electrónico, mediante:

— Un ensayo de autoinflamación para establecer si un componente defectuoso o sobrecargado puede inflamarse y arder con una intensidad y durante un tiempo tales que pueda propagar el fuego.

— Un ensayo de inflamación inducida para establecer la facilidad con que se puede inflamar un material o componente expuesto a una llama o a una fuente de calor próxima, y pueda, a su vez, arder con una intensidad y durante un tiempo tales que pueda propagar el fuego.

## 1.3 Valoración de los riesgos de incendio

El método detallado de valoración del riesgo de incendio variará de un componente a otro. No obstante, daremos aquí un ejemplo de recomendación que se puede seguir cuando se prepare un método para un material o componente determinado.



## Autoinflamación

Se empleará un ensayo de sobrecarga eléctrica progresiva hasta el fallo. El ensayo se continuará hasta que o bien el material o componente quede totalmente destruido, o bien aparezca un fallo, suprimiendo de una manera efectiva la fuente de sobrecarga, o que el nivel de sobrecarga alcance un nivel práctico (en cuyo caso se mantendrá constante durante un periodo de tiempo suplementario hasta alcanzar el equilibrio térmico con el entorno). Se tomará nota de la naturaleza y los niveles de sobrecarga, así como el tiempo hasta que se produce el fallo.

Se observará el comportamiento del material o componente y se tomará nota de informaciones adicionales, tales como:

- Temperatura superficial de los ejemplares no inflamados.
- Altura de la llama de los ejemplares inflamados.
- Duración de la presencia de llama en los ejemplares inflamados.
- Presencia de desprendimientos de materiales y llamas.
- Efecto de la orientación.

## Inflamación provocada

El grado de riesgo de incendio está asociado a la facilidad de inflamación del material o componente, a su velocidad de combustión y a su contribución al desarrollo del fuego por su aporte de combustible.

Así pues, los riesgos asociados con la inflamación provocada se valorarán en función de:

- La facilidad con la que el componente puede ser inflamado.
- La contribución que el material inflamado puede tener sobre la propagación.
- La altura de la llama en los ejemplares inflamados.

## Otros efectos

Durante los ensayos para establecer las características de combustión debidas a la autoinflamación y a la inflamación provocada se observarán y registrarán otros efectos, tales como desprendimiento de materiales fundidos, inflamados y/o partículas incandescentes, explosiones, producción de humos y gases tóxicos y/o corrosivos, que pueden tener su importancia para ciertas aplicaciones y llegar a ser

más perjudiciales que el fuego en sí mismo.

## 2. ENSAYOS NORMALIZADOS ESPAÑOLES

Dos comisiones de AENOR (AEN/CTN) se reparten la publicación en España, como normas UNE, de las normas CEI que vamos a ver en detalle.

Conviene recordar aquí que las normas UNE, como las que analizamos a continuación, no tienen carácter obligatorio, ya que para ello es necesario que su texto sea expresamente recogido, o al menos citado, en una disposición de la Administración Pública de cualquier rango; sólo entonces se hacen de obligado cumplimiento en el ámbito en que aquella disposición lo es también.

### 2.1. AEN/CTN 20/21. Electrotécnica y electrónica

*UNE 20-672. Ensayos relativos a los riesgos de incendio*

#### Parte 2-1. Ensayo del hilo incandescente

A consecuencia de un funcionamiento anormal o en condiciones de sobrecarga, los componentes pueden alcanzar una temperatura tal que les afecte excesivamente o que provoque la ignición de otras partes próximas. El ensayo del hilo incandescente está pensado para simular los esfuerzos térmicos que pueden ser producidos por tales fuentes de calor o de ignición, como elementos incandescentes o resistencias sobrecargadas, durante periodos cortos, con objeto de evaluar el riesgo de incendio mediante una técnica de simulación.

Este ensayo, que coincide con NF C 20-455, CEI 695 2-1, DIN 57.471 y VDE 0471/2 (Fig. 3), puede ser inapropiado para componentes pequeños. Si la muestra se inflama por este método, el riesgo de incendio suscitado puede imponer la realidad de ensayos adicionales utilizando otras fuentes de ignición, tales como la llama de aguja (Parte 2-2) o un elemento de calefacción que simule una conexión defectuosa (Parte 2-3).

#### Parte 2-2. Ensayo de la llama de aguja

Las partes de material aislante pue-

den ser inflamadas por las llamas producidas por un componente defectuoso. Bajo ciertas condiciones, por ejemplo, por una corriente de fuga que circule por un tramo carbonizado, por la sobrecarga de componentes o por conexiones defectuosas, también se pueden originar llamas que incidan sobre partes combustibles próximas. El ensayo de llama de aguja se utiliza para simular el efecto de llamas pequeñas que puedan producirse en un funcionamiento anormal del equipo (Fig. 4).

El ensayo, que coincide con CEI 695 2-2, se efectúa para verificar que:

- en determinadas condiciones, la llama de ensayo no produce la inflamación de partes, o
- una parte combustible, que pueda resultar inflamada por la llama de ensayo en las condiciones determinadas, sólo arde durante un tiempo y con un alcance limitado, sin la propagación de fuego mediante llamas o partículas inflamadas o incandescentes que se desprenden de la muestra.

#### Parte 2-3. Ensayo de mal contacto mediante hilos de caldeo

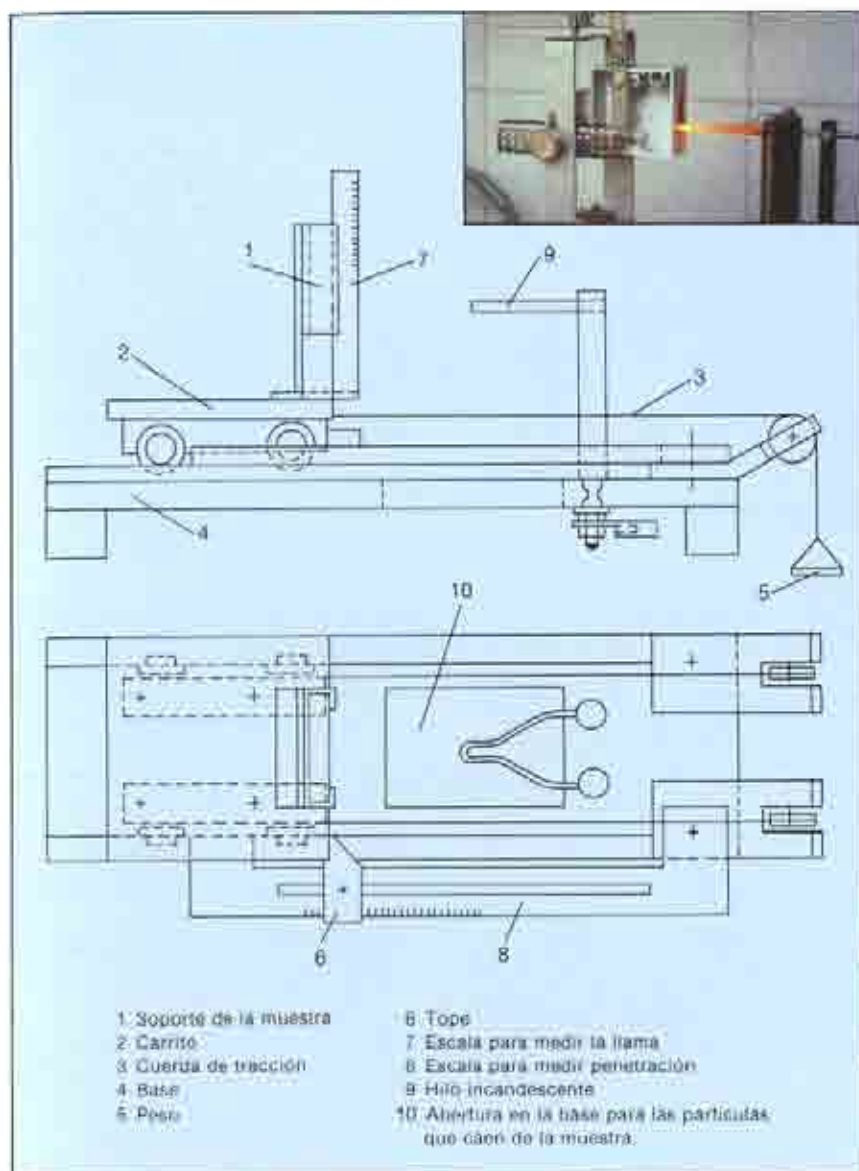
En ciertas condiciones, las conexiones pueden constituir una fuente de calor tal que, después de un largo periodo, las piezas de material aislante de fijación de estas conexiones pueden verse afectadas negativamente.

Un mal contacto es un defecto en un terminal o en una conexión que puede dar lugar a la producción anor-

*En ciertas condiciones, las conexiones pueden constituir una fuente de calor tal que, después de un largo periodo de tiempo, las piezas de material aislante de fijación de estas conexiones pueden verse afectadas negativamente. Un mal contacto es un defecto en un terminal, o en una conexión, que puede dar lugar a la producción anormal de calor.*



**FIGURA 3. Dispositivo para el ensayo del hilo incandescente, de acuerdo con UNE 20-672, Parte 2-1.**



mal de calor. El ensayo de mal contacto mediante hilos de caldeo es un ensayo destinado a simular el sobrecalentamiento de una conexión, teniendo en cuenta el diseño de la conexión y la corriente que la atraviesa en condiciones normales de funcionamiento, para valorar de manera simulada el riesgo de incendio.

El ensayo está destinado a ser aplicado únicamente a las conexiones mediante terminales con tornillo que el usuario o el instalador deberá realizar durante la instalación, el mantenimiento o la reparación del equipo y que, por consiguiente, escapan al control del fabricante. El ensayo es aplicable a los terminales con tornillo previstos para una corriente nominal inferior o igual a 63 A.

## 2.2. AEN/CTN 53 Plásticos y caucho

*UNE 53-035. Comportamiento de los materiales plásticos rígidos frente a una varilla incandescente*

Esta norma tiene por objeto describir un método de ensayo para determinar la resistencia a la incandescencia de los materiales plásticos rígidos.

Una probeta de 120 × 10 mm, sujeta por uno de sus extremos, se coloca en posición horizontal. El extremo libre se pone en contacto con una fuente de calor constituida por una varilla de carburo de silicio calentada eléctricamente a 995 °C (Fig. 5).

En función de su resistencia a la

**FIGURA 4. Ensayo del quemador de llama de aguja, de acuerdo con UNE 20-672, Parte 2-2.**



ignición, los materiales se clasifican en tres grados: 1, 2 y 3. Esta norma de ensayo coincide con DIN 53.459 y con NF T 51-015.

*UNE 53-315. Parte 1. Plásticos. Métodos de ensayo para determinar la inflamabilidad de los materiales aislantes eléctricos sólidos al exponerlos a una fuente de encendido*

Estos métodos de ensayo se aplican a los materiales aislantes eléctricos y están destinados a obtener una primera indicación del comportamiento de los mismos cuando se someten a una fuente de encendido.

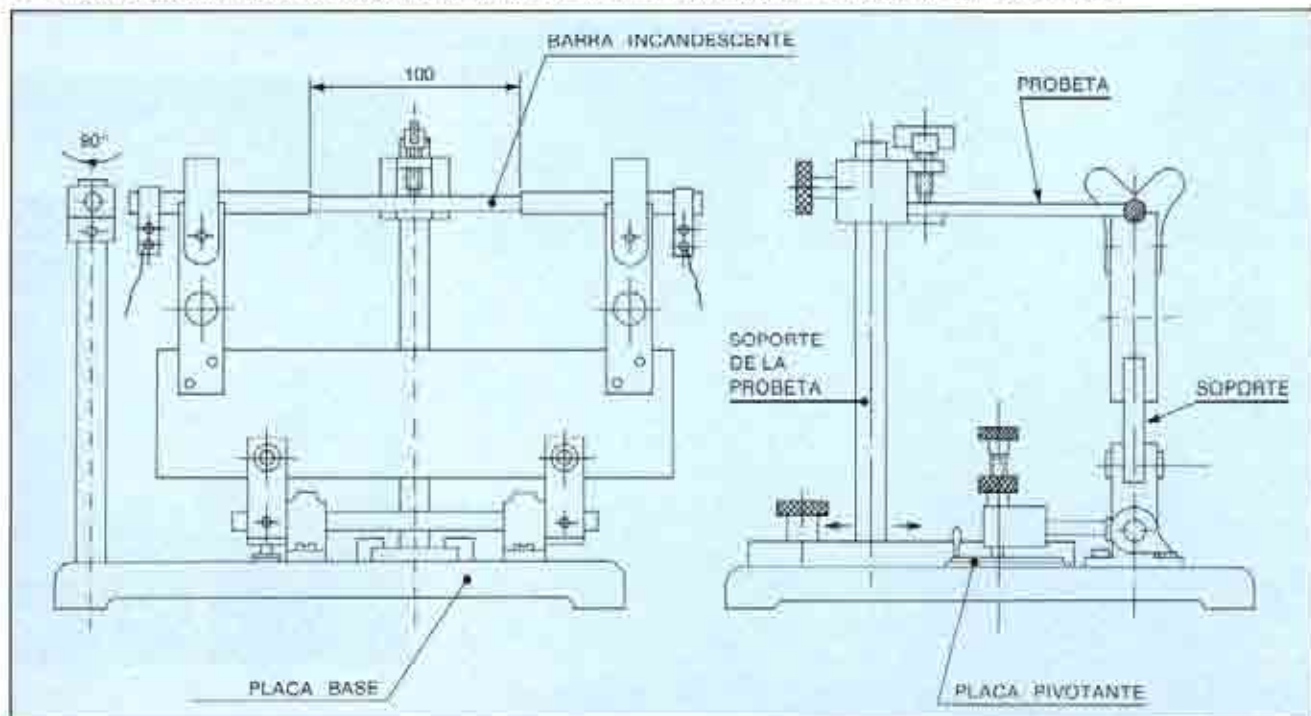
El carácter particular de los tres métodos descritos en esta norma está en la forma de colocar las probetas de ensayo. Las distintas posiciones permiten clasificar diferentes grados de inflamabilidad de los materiales.

La posición horizontal de las probetas (métodos BH y FH) permite valorar, primordialmente, la extensión y/o velocidad de propagación de la llama. La posición vertical de las probetas (método FV) permite valorar esencialmente la extensión y duración del quemado después de la extinción de la llama.

*Método BH:* Probeta horizontal de 125 × 10 mm. El aparato de ensayo es el de la varilla incandescente descrito en UNE 53-035. El material se clasifica en tres categorías: BH 1, BH 2 y BH 3.

*Método FH:* Probeta horizontal de 125 × 13 mm. La probeta, por uno

FIGURA 5. Dispositivo para el ensayo de la varilla o de la barra incandescente, de acuerdo con UNE 53-035.



de sus extremos, se somete a la acción de un mechero de gas tipo Bunsen (Fig. 6). El material se presenta en tres categorías: FH 1, FH 2 y FH 3.

**Método FV.** Probeta vertical de 125 x 13 mm. La probeta, por su parte inferior, se somete a la acción de un mechero de gas tipo Bunsen. Tres son las categorías del material: FV 1, FV 2 y FV 3.

Esta norma de ensayo coincide con ISO 707 y con VDE 0304, T3.

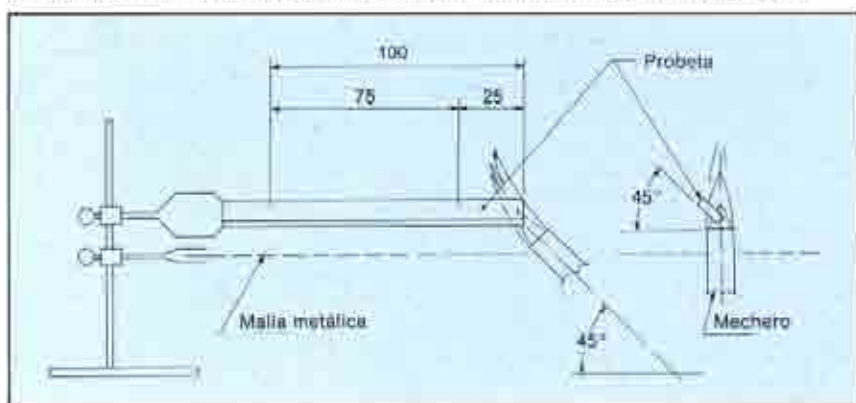
**UNE 53-349. Plásticos. Canales ranurados de poli(cloruro de vinilo) no plastificado para cableado**

**Punto 8.10 Determinación del comportamiento a la llama**

Se ensayan tres probetas de 300 mm de longitud, cortadas de tres canales distintos.

El aparato necesario es un mechero Bunsen de 10 mm de diámetro. La longitud de la llama debe ajustarse verticalmente al eje de la boquilla, como se indica en la figura 7, y su temperatura será la correcta cuando un hilo de cobre electrolítico de 0.7 mm de diámetro funda en un tiempo comprendido entre 4 y 6 s. Para cada ensayo hay que medir nuevamente la longitud de la llama y de su núcleo interno.

FIGURA 6. Ensayo para determinar la inflamabilidad con probeta horizontal (método FH) de materiales aislantes eléctricos sólidos, de acuerdo con UNE 53-315 (1).



El procedimiento operativo consiste, con aire ambiente en calma, en dirigir la llama con una inclinación de 45° hacia la probeta hasta que la extremidad del núcleo entre en contacto con la superficie a ensayar, colocada verticalmente, a una distancia de aproximadamente 100 mm de su extremidad inferior.

La duración del ensayo será de 60 s. para espesores inferiores o iguales a 3 mm, y de 120 s. para espesores superiores. Una vez transcurrido dicho tiempo, la llama debe apartarse inmediatamente de la probeta, pero sin causar movimiento sensible de aire. En la primera probeta la llama se dirige a la tapa; en la segunda, a

una pared lateral, y en la tercera, al fondo del canal.

### 3. LA TARJETA AMARILLA

Los Underwriters Laboratories (UL) —organismo privado cuya creación se remonta a 1894— tienen por objeto establecer pruebas de seguridad para los aparatos eléctricos. Mundialmente conocidos, los UL efectúan pruebas con materiales que conducen a una homologación, que se plasma en:

— La inscripción en una lista oficial, publicada en el libro amarillo, cuyos extractos lo constituyen las tarjetas amarillas (Fig. 8)



— La posible utilización de una marca distintiva (UL Mark) en los embalajes y documentos diversos.

El reconocimiento UL es, en general, obligatorio para poder vender material en Estados Unidos. Pero el empleo de materiales aprobados por UL, es decir, que figuran en las tarjetas amarillas, puede facilitar considerablemente la operación. Esta es la razón por la que los productores de plásticos, para una mejor colaboración con los transformadores, mandan homologar un número creciente de materiales.

No se incluye ningún producto en una de sus listas hasta que UL ha completado con éxito todas sus investigaciones, llegando a un acuerdo sobre los términos y condiciones del servicio post-venta. Inspectores de UL en más de 200 ciudades norteamericanas y 53 países vigilan todos los dispositivos y materiales incluidos en las listas UL, tanto en su

FIGURA 7. Procedimientos de ajuste de la temperatura y de determinación del comportamiento a la llama de canales ranurados de PVC, de acuerdo con UNE 53-349.

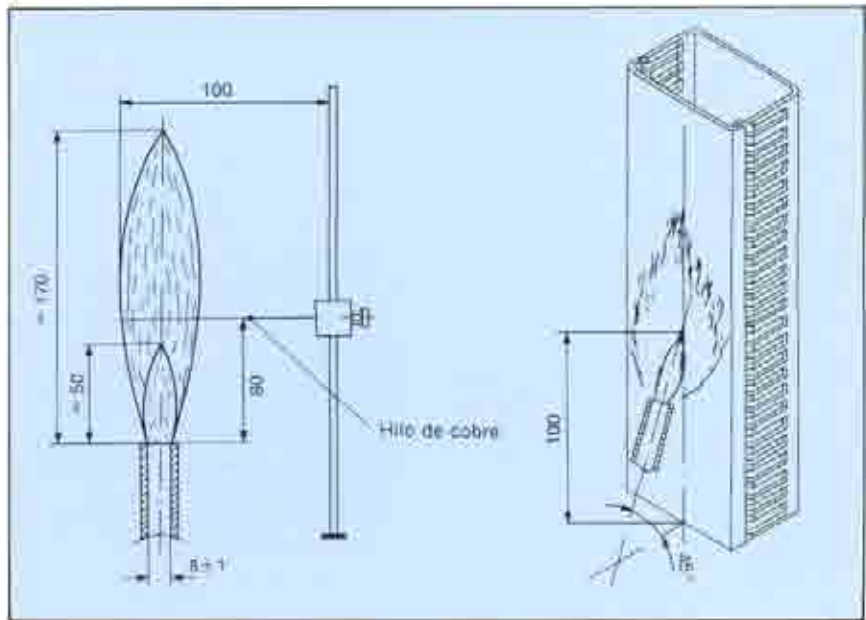


FIGURA 8. La tarjeta amarilla de Underwriters Laboratories. Es un compendio de características y propiedades de materiales plásticos para ser utilizados en la industria eléctrica. (Cortesía de Du Pont.)

QMFZ2  
Component — Plastics

December 3, 1986

**E I DUPONT DE NEMOURS & CO INC**  
POLYMER PRODS DEPT, ENGR POLYMERS DIV  
POLYESTER RESINS  
WILMINGTON DE 19898

**E69578 (M)**  
(A card)

Mfr Dsg	Col	Min Thk mm	UL 94 Flame Class	Elec	RTI		H W I	H A I	H V T R	D 4 9 5	C T I
					with Imp	w/o Imp					
Polyethylene terephthalate (PETP), glass reinforced, designated Rynite, furnished in the form of pellets											
520	NC,BK	0.79	94HB	140	140	140	4	3	2	—	—
		1.57	94HB	140	140	140	1	3	2	—	—
		3.18	94HB	140	140	140	0	2	3	6	3
5093	All	0.81	94HB	140	140	140	2	1	—	—	—
		1.57	94HB	140	140	140	1	1	—	—	—
		3.18	94HB	140	140	140	0	1	2	5	2
		6.35	94HB	140	140	140	0	1	—	—	—
RE-5093, ERE-5093L, 531F	All	0.81	94HB	75	75	75	2	1	—	—	—
		1.57	94HB	75	75	75	1	1	—	—	—
		3.18	94HB	75	75	75	0	1	2	5	2
		6.35	94HB	75	75	75	0	1	—	—	—

Reports November 15, 1982; May 24, 1979; November 25, 1986.  
Replaces E69578A dated October 27, 1986. (Cont. on A1 card)

783013001 H7047 Underwriters Laboratories Inc.® D11/0019049

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

lugar de fabricación como en el mercado. Para realizar el control de los materiales, los UL toman muestras de manera sistemática, aunque aleatoria, de todos los materiales homologados, que son de este modo sometidos a pruebas de forma regular. En caso de no conformidad, la homologación es suprimida.

La homologación UL referida a materiales plásticos puede descomponerse en tres partes:

- Los índices de temperatura, de acuerdo con la norma UL 746B (Fig. 8, columnas 5, 6 y 7);
- las propiedades eléctricas de base, de acuerdo con UL 746A (Fig. 8, columnas 8 a 12). y
- la inflamabilidad, de acuerdo con UL 94 (Fig. 8, columna 4).

Los resultados vienen dados para cada material en función de los colores y de un espesor dado que corresponde al espesor de la probeta sometida a ensayo (Fig. 8, columnas 1, 2 y 3).

Toda comparación entre materiales no será, pues, válida, a menos que sea hecha con un espesor comparable.

### 3.1. Índices de Temperatura (Relative Temperature Index, RTI)

Un Índice de Temperatura Relativa UL indica que, sometido el material de la tarjeta en tipo, espesor y color dados durante 60.000 horas (siete años) a esa temperatura, el valor de ensayo de la propiedad crítica que se considere ha disminuido a un nivel del 50 por 100 del inicial.

Los Índices de Temperatura UL son tres, expresados en °C:

- Índice de temperatura eléctrica.
- Índice de temperatura mecánica sin choque.
- Índice de temperatura mecánica con choque.

Y habitualmente el ensayo corresponde a tales propiedades críticas, con las que a su vez se determinan tales índices, son respectivamente:

- Rigidez dieléctrica.
- Resistencia a la tracción.
- Resistencia al impacto.

En cada caso, la clasificación se refiere a un espesor de pared mínimo para el material en cuestión. Cuanto más alto sea el índice, más larga puede ser la duración de la utilización.

La preocupación principal de UL, reflejada en sus antecedentes y desarrollo, es el rendimiento de materiales poliméricos: bien estén en for-

ma de caja o envoltorio o como componentes, dando apoyo directo o indirecto a piezas con corriente.

En el caso de que un material no cumpla con los requisitos mínimos aceptables de UL para un cierto uso eléctrico puede que el material sea aún aceptable, con tal que se tomen medidas en el diseño para compensar sus deficiencias, y de que se hagan pruebas con el producto final en sí.

Es importante no confundir los Índices de Temperatura de la tarjeta amarilla UL con las temperaturas límite de las clases de aislamiento térmico. En efecto, los Índices de Temperatura se refieren a los *materiales*, mientras que las clases, generalmente empleadas en la industria eléctrica, no se aplican más que a *sistemas*, en el sentido de equipos (productos finales); por ejemplo, los sistemas de aislamiento normalizados en la CEI 85 o sus equivalentes UNE 21-304, DIN 53.466 e ISO 2578.

### 3.2. Las propiedades eléctricas de base

La tarjeta amarilla de UL muestra los índices de propiedades eléctricas de los materiales bajo cinco aspectos principales, cada uno con un índice de clasificación vinculado a espesores mínimos de pared. En la literatura complementaria de UL se dan recomendaciones para cada propiedad, vinculadas a la aplicación de apoyo directo o indirecto de componentes que lleven corriente y a las clasificaciones de inflamabilidad.

A continuación citamos descripciones breves de los cinco índices de propiedades eléctricas que se indican en la tarjeta UL:

#### a) Ignición por alambre caliente (Hot wire ignition, HWI)

Mide el número de segundos necesarios para prender fuego a muestras normales envueltas en resistencias de alambre que disipa un cierto nivel especificado de energía eléctrica. La clasificación indica la resistencia de un material a las temperaturas anormalmente altas que podrían resultar del fallo de un componente, tal como un conductor que llevase una corriente muy superior a la de régimen (Fig. 9).

#### b) Ignición por arco de gran intensidad (High current arc ignition, HAI)

Mide el número de rupturas por arco necesarias para prender fuego al

FIGURA 9. Dispositivo para el ensayo de ignición por hilo caliente (HWI), de acuerdo con UL 746A.



material al ser aplicadas de una cierta forma a la superficie o cerca de la superficie del material. La clasificación refleja la capacidad del material para soportar la formación de arcos en su superficie a niveles de alta intensidad/baja tensión, como se puede encontrar en el montaje de contactos o al interrumpir una conexión interna.

#### c) Tasa de conducción eléctrica superficial con alta tensión (High voltage arc tracking rate, HVTR)

La velocidad, expresada en pulgadas por minuto, a la cual se puede producir un camino de conducción sobre la superficie del material en condiciones normalizadas de comprobación. Este requisito sólo es necesario para aplicaciones en las que la potencia sea superior a 15 vatios.

#### d) Resistencia al arco en seco con baja intensidad y alta tensión

El número de segundos que un material resistirá la formación de un camino de conducción superficial al estar sometido, intermitentemente primero y en continuo después, a un arco con características de alta tensión y baja intensidad. Este ensayo corresponde a la norma ASTM D-495.

#### e) Índice de conducción eléctrica comparativa (Comparative tracking index, CTI)

La tensión que resiste la conducción eléctrica en un material después



de haber caído 50 gotas de una solución de cloruro amónico 0,1 N sobre la superficie de una muestra de comprobación entre dos electrodos (Fig. 10). La prueba indica la susceptibilidad de cualquier material usado para aislamiento a una solución contaminante mientras está bajo tensión eléctrica. El valor CTI indicado en la tarjeta se establece en UL sobre la base de que el producto final está conectado a una fuente de 120 V y está ubicado en un área sujeta a los efectos de contaminación solamente moderada.

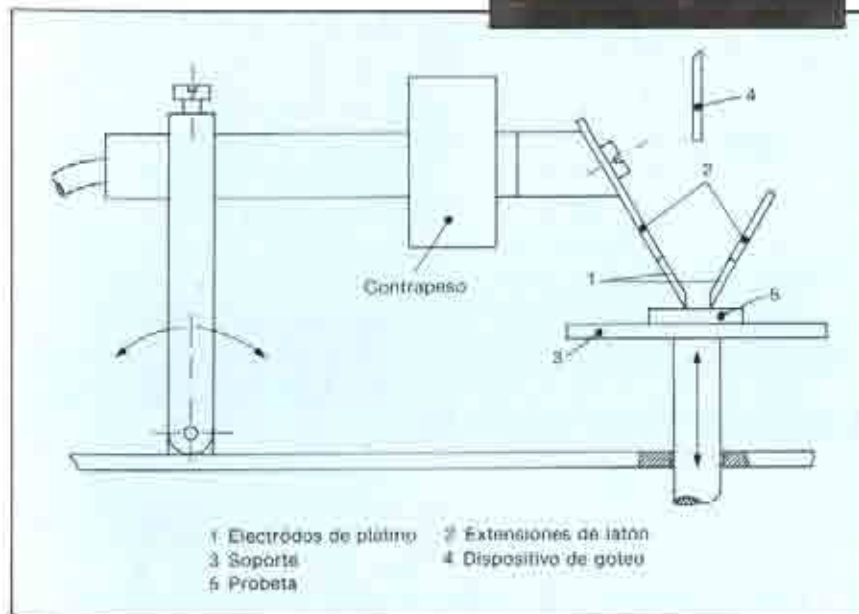
Valores de CTI superiores a los que UL muestra serían necesarios para aplicaciones, involucrando un grado mayor de contaminación y/o tensiones mayores.

Cada clasificación se indica en la tarjeta amarilla UL en relación con el espesor del material. Si algunos de los valores que se muestran son inferiores a los que se requieren para cualquier aplicación específica, el material quizá aún puede considerarse aceptable si una sección más gruesa tiene un valor aceptable y si se usa el material con este espesor superior. La tarjeta amarilla también indica si hay algún color abarcado por las clasificaciones de índices indicados.

### 3.3. Inflamabilidad

Las listas UL ofrecen siete clasificaciones de inflamabilidad, relacionadas, como siempre, con el espesor

**FIGURA 10.** Dispositivo para la determinación del índice de conducción eléctrica comparativa (CTI), de acuerdo con UL 746A.



del material. La clasificación UL 94 HB (Horizontal Burning), basada sobre pruebas de combustión horizontal, indica las características de combustión lenta de un material; mientras existen seis clasificaciones V (Vertical Burning), basadas en pruebas de combustión vertical y que indican niveles de inflamabilidad.

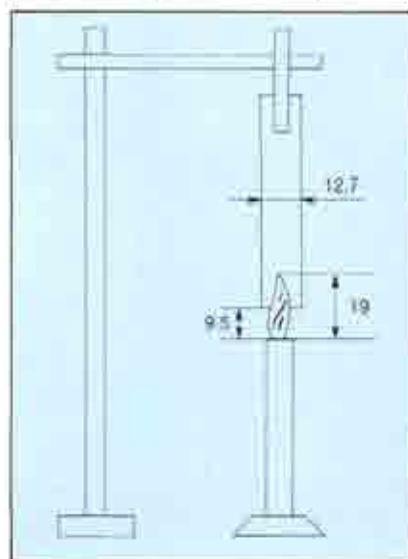
Tres de estas clasificaciones (UL 94 V-2, UL 94 V-1 y UL 94 V-0, en orden ascendente de severidad de las pruebas) se refieren al rendimiento en la combustión de materiales usados en componentes y piezas de dispositivos y artefactos portátiles. Las otras tres restantes (UL 94-5V, UL 94-5VA y UL 94-5VB) están ideadas para servir de indicación de las características de inflamabilidad de materiales usados en piezas con una gran superficie, tales como cajas y envolturas.

Las pruebas se caracterizan en el caso de:

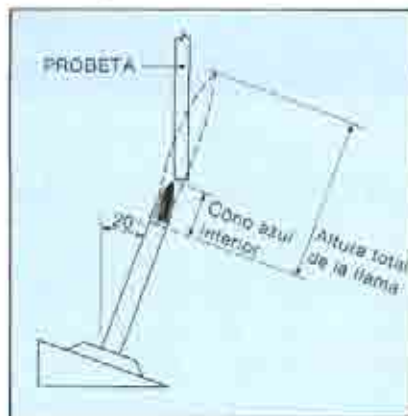
- Clasificación horizontal por la velocidad de combustión, y
- Las clasificaciones verticales (figs 11 y 12) por diferentes criterios, entre los que figuran el tiempo de combustión, la caída de gotas o partículas

que inflaman un algodón y la duración máxima de la incandescencia.

**FIGURA 11.** Determinación de la inflamabilidad con probeta vertical, de acuerdo con UL 94 (Clasificación V).



**FIGURA 12.** Determinación de la inflamabilidad con probeta vertical y mechero inclinado, de acuerdo con UL 94 (Clasificación 5V).



Los ensayos son relativamente sencillos y se efectúan con un mechero Bunsen de 10 mm de diámetro.

El rendimiento comparativo de los distintos materiales en pruebas de muestras fijas es, en general, una indicación de su rendimiento comparativo en una situación de incorporación en un producto final. Sin embargo, como UL recalca, el comportamiento en una situación real de ignición también dependerá de la forma y el tamaño de la plaza, de los efectos de transferencia de calor y de la duración y persistencia del origen de la ignición.