

RESOLUCION A.653(16)

*Aprobada 19 octubre 1989
Punto 10 del orden del día*

RECOMENDACION SOBRE MEJORES PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE EXPOSICION AL FUEGO PARA DETERMINAR LA INFLAMABILIDAD DE LA SUPERFICIE DE LOS MATERIALES DE ACABADO DE LOS MAMPAROS, TECHOS Y CUBIERTAS

LA ASAMBLEA,

RECORDANDO el artículo 15 j) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones de la Asamblea por lo que respecta a las reglas y directrices relativas a la seguridad marítima,

RECORDANDO ASIMISMO que, mediante la resolución A.564(14), aprobó la Recomendación revisada sobre procedimientos de ensayo de exposición al fuego para determinar la inflamabilidad de la superficie de los materiales de acabado de los mamparos y cubiertas, con referencia a la expresión "débil propagación de la llama" que figura en las reglas II-2/3.8, II-2/34.3 y II-2/49.1 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, en su forma enmendada,

RECONOCIENDO la necesidad de mejorar esos procedimientos de ensayo a la luz de la experiencia adquirida,

HABIENDO EXAMINADO la recomendación hecha por el Comité de Seguridad Marítima en su 57º periodo de sesiones,

1. APRUEBA la Recomendación sobre mejores procedimientos de ensayo de exposición al fuego para determinar la inflamabilidad de la superficie de los materiales de acabado de los mamparos, techos y cubiertas, la cual constituye el anexo de la presente resolución y reemplaza a la Recomendación revisada adjunta a la resolución A.564(14);
2. RECOMIENDA a los Gobiernos interesados que apliquen la Recomendación sobre mejores procedimientos de ensayo de exposición al fuego que figura en el anexo, en lugar de lo dispuesto en la Recomendación revisada adjunta a la resolución A.564(14), junto con las Directrices sobre la evaluación de las propiedades de los materiales desde el punto de vista del riesgo de incendio, que figuran en la resolución A.166(ES.IV).

ANEXO

RECOMENDACION SOBRE MEJORES PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE EXPOSICION AL FUEGO PARA DETERMINAR LA INFLAMABILIDAD DE LA SUPERFICIE DE LOS MATERIALES DE ACABADO DE LOS MAMPAROS, TECHOS Y CUBIERTAS

1 AMBITO DE APLICACION

En la presente Recomendación se establece un procedimiento para medir las características de comportamiento al fuego de los materiales de acabado de los mamparos, techos y cubiertas como base para determinar su inflamabilidad y de este modo su idoneidad para ser utilizados en la construcción naval.

2 ADVERTENCIA

2.1 Riesgos de ignición

El uso de este método de ensayo entraña la generación de niveles muy elevados de flujo calorífico susceptibles de ocasionar la ignición de algunos materiales, como los de las prendas de vestir, tras exposiciones incluso breves. Deberán tomarse precauciones para evitar toda ignición accidental de este tipo.

2.2 Riesgos de exposición a humos tóxicos

Se advierte a quien realice este ensayo que en los humos procedentes de los materiales en combustión suele haber monóxido de carbono. En muchos casos pueden producirse otras materias más tóxicas. Deberán tomarse precauciones adecuadas para evitar toda exposición prolongada a dichos humos.

3 DEFINICIONES

Algunos de los términos utilizados en la presente Recomendación han sido definidos para mayor claridad. Se utilizan también términos relativos a características de comportamiento al fuego; éstos se definen a continuación, pero sólo guardan relación con los resultados de las mediciones efectuadas mediante este método de ensayo.

3.1 Termopar compensador

Termopar destinado a generar una señal eléctrica indicadora de cambios de temperatura que durante un tiempo prolongado experimente el metal del conducto de humos. De la señal producida por los termopares de los gases de la combustión en dicho conducto se deduce una fracción de la señal generada.

3.2 Flujo crítico en el punto de extinción

Nivel de flujo en la superficie de la muestra, correspondiente a la distancia de máximo avance de la llama y ulterior autoextinción de ésta en el eje de una muestra en combustión. El flujo indicado se basa en pruebas de calibración efectuadas con una muestra simulada.

3.3 Muestra simulada

Muestra utilizada para normalizar las condiciones de funcionamiento del equipo. Debe tener aproximadamente 20 mm de espesor y una densidad de $800 \pm 100 \text{ kg/m}^3$, y cumplir con lo prescrito en la resolución A.472(XII) en cuanto a incombustibilidad.

3.4 Muestra simulada para calibración especial

Muestra simulada, como la que se define en la figura 14, para ser utilizada únicamente en la calibración del gradiente de flujo calorífico junto con la muestra.

3.5 Conducto de humos

Conducto en forma de caja, dotado de termopares y deflectores, por el cual pasan las llamas y los humos calientes procedentes de una muestra en combustión. Su finalidad es permitir la medición del desprendimiento de calor de la muestra en combustión.

3.6 Calor de ignición

Producto resultante de multiplicar el tiempo transcurrido desde la exposición inicial de la muestra hasta que el frente de la llama haya recorrido una distancia de 150 mm por el nivel de flujo en dicho punto; este último se obtiene mediante calibración previa del aparato.

3.7 Desprendimiento de calor de la muestra

Desprendimiento de calor observado cuando se somete la muestra al campo de flujo variable, medido éste como se determine en el método de ensayo.

3.8 Calor de combustión continua

Producto resultante de multiplicar el tiempo transcurrido desde la exposición inicial de la muestra hasta la llegada del frente de la llama a determinado punto por el nivel de flujo incidente en ese mismo punto, medido con una muestra simulada durante la calibración. El tiempo más largo utilizado en este cálculo corresponderá a la llegada de la llama a un punto situado por lo menos a 30 mm del punto de máxima propagación de la llama en el eje de la muestra.

3.9 Alambres reverberatorios

Tela metálica situada frente a la superficie radiante del panel fuente de calor, pero cerca de dicha superficie, que sirve para acrecentar la eficacia de la combustión y la radiación del panel.

3.10 Rejillas de observación

Conjunto de barras y alambres dispuestos a intervalos de 50 mm, cuyo objeto es aumentar la precisión de la cronomedición de la marcha del frente de la llama a lo largo de la muestra.

4 PRINCIPIO RECTOR DEL ENSAYO

Este ensayo depara métodos con los que evaluar las características de inflamabilidad de muestras de 155 mm x 800 mm orientadas en sentido vertical. Las muestras se exponen a un campo de flujo radiante graduado que emana de un panel radiante caldeado con gas. Se proporcionan medios para observar los tiempos de ignición, propagación y extinción de la llama a lo largo de la muestra y para medir en milivoltios la señal compensada de los termopares de los gases de la combustión conforme ésta se va produciendo. Los resultados del experimento se consignan por lo que respecta a: calor de ignición, calor de combustión continua, flujo crítico en el punto de extinción y desprendimiento de calor de la muestra durante la combustión.

5 INSTALACION Y APARATOS NECESARIOS

5.1 Generalidades

En el apéndice se da una descripción pormenorizada de la instalación y los aparatos necesarios para efectuar este ensayo. Es requisito esencial del método de ensayo ajustarse a lo dispuesto en el apéndice. Cabe resumir el equipo necesario del siguiente modo:

5.1.1 Una sala especial para ensayos dotada de un sistema de extracción de humos y admisión de aire puro.

5.1.2 Un bastidor de panel radiante dotado de un soplador o de otra fuente abastecedora de aire para la combustión, un sistema de suministro de gas metano* o natural con mandos de seguridad adecuados y un panel radiante, provisto de hilos de reverberación, ajustado para dirigir la radiación sobre una muestra vertical. De igual modo, se podrá utilizar una fuente eléctrica de calor radiante de idénticas dimensiones, a condición de que la muestra quede expuesta a un flujo de calor distribuido como se indica en la tabla 1. La temperatura efectiva de la fuente del panel radiante no deberá exceder de 1 000°C.

5.1.3 Un bastidor de portamuestras, tres portamuestras, dos pares de quemadores piloto, guías de los portamuestras, rejillas de observación y un espejo de observación.

5.1.4 Un conducto de humos de la muestra con termopares compensadores de las temperaturas de los gases de la combustión y del conducto junto con un dispositivo para ajustar la magnitud de la señal de compensación.

5.1.5 Un conjunto de instrumentos constituido por un cronógrafo, un reloj eléctrico digital o de segundero central, un milivoltímetro digital, un registrador de milivoltios de dos canales, un medidor del flujo gaseoso, medidores del flujo calorífico, un pirómetro de radiación total de gran ángulo y un cronómetro. El empleo de un sistema de adquisición de datos para registrar durante el ensayo el flujo radiante del panel y la señal de desprendimiento de calor procedente del conducto facilitará la reducción de datos.

6 CALIBRACION

Se efectuarán calibraciones mecánicas, eléctricas y térmicas conforme a lo expuesto en el apéndice. Tales ajustes y calibraciones deberán efectuarse terminada la instalación inicial del aparato y en todo momento en que sea necesario.

6.1 Verificación mensual

La calibración de la distribución del flujo sobre la muestra y el correcto funcionamiento del conducto de humos, con su sistema de termopares, habrán de verificarse mediante pruebas mensuales o más frecuentes si se estima necesario (véanse 4.3.1 y 4.6 en el apéndice).

6.2 Verificación diaria

Con miras a garantizar que el aparato esté siempre debidamente ajustado se efectuarán a diario, o más a menudo si la naturaleza de las muestras lo hace necesario, las siguientes pruebas:

* No se recomienda el uso de gases que no sean metano o gas natural, si bien se ha informado que efectuando modificaciones en el espaciado panel-muestra resulta posible utilizar el equipo con propano hasta niveles de flujo de 50 kW/m².

6.2.1 *Ajuste del quemador piloto*

El suministro de acetileno y de aire se ajustará de modo que la longitud de la llama sea de unos 230 mm*. Una vez hecho esto, se observará que la longitud de la llama, vista en un laboratorio a oscuras, se extiende unos 40 mm aproximadamente por encima de la brida de retención superior del portamuestras. La separación existente entre el quemador y la muestra se ajusta mientras funciona la fuente de radiación utilizando lengüetas de madera blanda de 3 mm de espesor y 10 y 12 mm de anchura. Cuando esas lengüetas se muevan durante dos segundos a lo largo de la llama del quemador piloto, entre ésta y la superficie de una muestra simulada, la lengüeta de 10 mm no deberá chamuscarse, en tanto que la de 12 mm sí. Con la muestra en posición vertical, por lo menos 40 mm de la lengüeta de 12 mm deberán chamuscarse en sentido vertical desde el borde superior expuesto de la muestra (véase la figura 9 del apéndice).

6.2.2 Los termopares de los gases de combustión se limpiarán cepillándolos ligeramente por lo menos una vez al día. Puede ser preciso efectuar esta limpieza más a menudo, incluso antes de cada prueba en algunos casos, cuando se sometan a ensayo materiales que produzcan densas nubes de hollín. Cada termopar será sometido también a una comprobación de continuidad eléctrica para garantizar la existencia de una termounión eficaz. Tras la limpieza diaria de los termopares de los gases de combustión conectados en paralelo, tanto los termopares como la termounión compensadora se comprobarán para verificar que la resistencia entre ellos y el metal del conducto de humos excede de 10^6 ohmios.

6.3 Vigilancia continua del funcionamiento

Se dejará colocada una muestra simulada en la posición normalmente ocupada por la muestra cuando el equipo esté en posición de espera. Esta es una condición necesaria del procedimiento de vigilancia continua que se lleva a cabo mediante la medición de:

- .1 las señales en milivoltios procedentes tanto de los termopares del conducto de humos como del pirómetro de radiación total, montado firmemente sobre el bastidor del portamuestras frente a la superficie del panel radiante; o
- .2 las señales en milivoltios procedentes tanto de los termopares del conducto de humos como de un medidor del flujo calorífico colocado a 350 mm del extremo caliente expuesto de una tabla de muestra, de las empleadas en la construcción naval, de unos 20 mm de espesor (véase el párrafo 4.3.2 del apéndice).

Cualquiera de estos dos métodos de medición es bueno para determinar que se ha obtenido un nivel de funcionamiento térmico adecuado. Es preferible utilizar el pirómetro de radiación puesto que permite la vigilancia continua del nivel de funcionamiento del panel, incluso durante la realización de los ensayos. Ambas señales deberán mantenerse esencialmente constantes durante tres minutos antes de iniciar el ensayo. El nivel de funcionamiento observado, bien en el pirómetro de radiación bien en el medidor de flujo, deberá corresponder, dentro de un margen del 2%, al del nivel análogo prescrito que se indica en la tabla 1 y a que se hace referencia en el procedimiento de calibración que se menciona en 6.1 (*supra*).

* A fin de aumentar el grado de precisión, se recomienda utilizar acetileno, en la medida de lo posible, en lugar de otros gases.

7 MUESTRAS

7.1 Número necesario

Se someterán a ensayo tres muestras para cada una de las distintas superficies expuestas del producto evaluado y aplicado.

7.2 Dimensiones

Las muestras tendrán 155 ± 0 mm de anchura por 800 ± 0 mm de longitud, y habrán de ser representativas del producto de que se trate.

7.2.1 *Espesor de la muestra*

Los materiales, sean o no compuestos, de espesor normal igual o inferior a 50 mm, serán sometidos a ensayo utilizando una muestra de todo ese espesor unida, con adhesivo si es necesario, al sustrato al que los materiales irán unidos en la práctica. Si se trata de materiales, compuestos o no, cuyo espesor normal excede de 50 mm, las muestras requeridas se obtendrán cortando la cara no expuesta para reducir su espesor a 50 ± 0 mm.

7.3 Materiales compuestos

Los conjuntos deberán ajustarse a lo especificado en 7.2. Sin embargo, cuando se utilicen materiales delgados, compuestos o no, para formar un conjunto, la presencia de un espacio de aire y la naturaleza de cualquier estructura subyacente pueden afectar considerablemente las características de inflamabilidad de la superficie expuesta. Se debe tener en cuenta la influencia de las capas subyacentes y cuidar de que los resultados obtenidos en el ensayo de cualquier conjunto correspondan con su utilización en la práctica.

7.4 Caras metálicas

Si se ha de someter a ensayo una muestra que presente caras metálicas brillantes, se le aplicará una delgada capa de pintura negra mate antes de acondicionarla para el ensayo.

7.5 Marcado de las muestras

Se marcará una línea central a lo largo de la cara sometida a ensayo de cada muestra. Se evitará cuidadosamente utilizar una línea que pueda influir en el comportamiento de la muestra.

7.6 Acondicionamiento de las muestras

Antes del ensayo, las muestras se acondicionarán de modo que tengan un contenido de humedad constante, a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $50 \pm 10\%$. Se considera que se ha logrado un contenido de humedad constante cuando, tras dos pesadas sucesivas efectuadas con un intervalo de 24 horas, las masas medidas no difieren en más de 0,1% de la masa de la muestra.

8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

8.1 Consideraciones generales

En la aplicación del método de ensayo hay que colocar muestras acondicionadas en un campo de flujo bien definido y medir el tiempo de ignición, la propagación de la llama, la extinción final de ésta y la señal emitida por el termopar del conducto de humos como indicación del desprendimiento de calor de la muestra durante su combustión.

8.1.1 Se preparará una muestra debidamente acondicionada para ensayo en un portamuestras frío alejado del calor del panel radiante. Antes de introducir la muestra en el portamuestras se envolverán el dorso y los bordes de la misma en una hoja simple de papel de aluminio de 0,02 mm de espesor y cuyas dimensiones sean $(175 + a)$ mm x $(800 + a)$ mm, siendo "a" un espesor doble del espesor de la muestra. Al introducirlas en el portamuestras, cada muestra irá reforzada por un tablero frío de 10 ± 2 mm de material aislante, refractario e incombustible, cuyas dimensiones laterales y densidad sean iguales a las de la muestra simulada. Si se colocan muestras no rígidas en el portamuestras habrá que poner calces entre éstas y la brida de soporte para que la cara expuesta de la muestra permanezca a igual distancia de la llama piloto que la muestra rígida. Con frecuencia, sólo se necesitarán calces para tales materiales a lo largo de 100 mm en la extremidad caliente de la muestra.

8.1.2 La muestra simulada se colocará en un portamuestras, frente al panel radiante, y se pondrá en marcha el sistema de extracción de humos del equipo.

8.1.3 Se pondrá en funcionamiento el panel radiante de modo que satisfaga las condiciones de ensayo especificadas en 6.3. Se pondrá en marcha el registrador de tensión (milivoltios) que registra la señal de salida de los termopares del conducto de humos y la señal del pirómetro de radiación total o del medidor de flujo calorífico, colocado como se indica en 6.3.2.

8.1.4 Cuando las señales del panel radiante y del conducto de humos hayan alcanzado el equilibrio después del periodo de precalentamiento, se encenderá la llama piloto, se ajustará el caudal de combustible y se observarán ambas señales durante tres minutos por lo menos para comprobar la estabilidad de la señal.

8.1.5 Una vez que ambas señales hayan alcanzado un nivel estable, se retirará el portamuestras de la muestra simulada y se colocará la muestra en la posición de ensayo 10 segundos después. Se pondrán inmediatamente en marcha el cronómetro y el cronógrafo.

8.1.6 Se hará funcionar el marcador de sucesos del cronógrafo para que indique el momento de ignición y el de llegada del frente de la llama durante la rápida fase inicial del ensayo. La llegada de la llama a un punto dado deberá contarse en el momento en que se observe que el frente de la llama en el eje longitudinal de la muestra coincide con la posición de dos alambres correspondientes de las rejillas de observación. Estos tiempos se registrarán manualmente a partir tanto de las mediciones indicadas en el gráfico del cronógrafo como de las observaciones del cronómetro. En la medida de lo posible se registrará la llegada del frente de la llama cada 50 mm a lo largo de la muestra. Se registrarán el tiempo y el punto de la muestra en que cese el avance de la combustión llameante. Las señales de nivel de funcionamiento del panel y del conducto de humos se registrarán durante todo el ensayo y hasta que éste finalice.

8.1.7 Mientras dure el ensayo no se efectuará ningún cambio en el régimen de suministro de combustible al panel radiante para compensar variaciones de su nivel de funcionamiento.

8.2 Duración del ensayo

Se dará fin al ensayo, se retirará la muestra y se introducirá nuevamente la muestra simulada en su portamuestras cuando se dé una cualquiera de las siguientes circunstancias:

- .1 la muestra no se inflama después de una exposición de 10 minutos;
- .2 han transcurrido 3 minutos desde que se apagaron las llamas de la muestra;
- .3 la llama ha llegado al extremo de la muestra o se ha extinguido y ha dejado por tanto de avanzar a lo largo de la muestra. Este criterio se utilizará únicamente cuando no se efectúen mediciones del desprendimiento de calor.

8.2.1 Las operaciones 8.1.1 a 8.1.7 se repetirán con dos muestras más (véase 8.3).

8.3 Condiciones de repetición de ensayo

Si durante el ensayo de una o más muestras no se logran tiempos completos de propagación de la llama, o una curva significativa de desprendimiento de calor, habrá que descartar dichos datos y proceder de nuevo a uno o varios ensayos. Tales insuficiencias pueden estar relacionadas, aunque no exclusivamente, con datos de observación incompletos o con el funcionamiento insatisfactorio del equipo de registro de datos. La variación excesiva de la línea base de la señal del conducto de humos exigirá asimismo estabilizar de nuevo el equipo y efectuar otro ensayo.

8.3.1 Si las dos o tres primeras muestras no se inflaman tras 10 minutos de exposición, por lo menos una muestra será sometida a ensayo orientando la llama piloto de modo que incida en la mitad superior de la muestra. Si esa muestra se inflama, se efectuarán otros dos ensayos más en las mismas condiciones.

8.3.2 Si una muestra experimenta una gran pérdida de material quemado de modo incompleto en el ensayo, se someterá a prueba por lo menos una muestra más, sujeta en el bastidor de ensayos por una malla metálica, y los datos así obtenidos se anotarán por separado.

8.4 Observaciones

Además de efectuar el registro de los datos experimentales, se harán y se registrarán observaciones sobre el comportamiento general de la muestra a saber: incandescencia, carbonización, fusión, desprendimiento de partículas inflamadas, desintegración de la muestra, etc.

9 CARACTERISTICAS DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO DEDUCIDAS

Los resultados experimentales se indicarán en función de las mediciones térmicas del flujo incidente que se efectúen con una muestra simulada y no serán ajustados para compensar las variaciones que puedan producirse en el rendimiento térmico del panel radiante durante la realización del ensayo. Los datos enumerados a continuación se deducirán de los resultados del ensayo.

9.1 Calor de ignición

El definido en el párrafo 3.6.

9.2 Calor de combustión continua

Una lista de los valores correspondientes a esta característica, según lo definido en el párrafo 3.8.

9.3 Calor medio de combustión continua

Un promedio de los valores correspondientes a esta característica, según lo definido en el párrafo 3.8, medidos en distintos puntos; el primero de ellos a 150 mm y los siguientes a intervalos de 50 mm, hasta el último punto o hasta un punto situado a 400 mm, si este valor es inferior.

9.4 Flujo crítico en el punto de extinción

Una lista de los valores correspondientes a esta característica para las muestras sometidas a ensayo y el promedio de dichos valores.

9.5 Desprendimiento de calor de la muestra

De los datos experimentales podrá obtenerse una curva de desprendimiento de calor en función del tiempo, e igualmente una serie de valores máximos y de desprendimiento total integrado de calor, que deberán corregirse para tener en cuenta que la curva de calibración del desprendimiento de calor no es lineal.

La curva de la señal en milivoltios de los termopares del conducto de humos deberá abarcar el menos una fracción de 30 segundos del periodo inicial de 3 minutos para la verificación del estado estable, y también la fluctuación transitoria inicial, inmediatamente antes y después de colocar la muestra. Al convertir las señales en milivoltios en régimen de desprendimiento de calor, el nivel cero de desprendimiento de calor de la curva de calibración deberá fijarse en el nivel de estabilidad inicial inmediatamente anterior al ensayo de la muestra en cuestión (véase la figura 13).

9.5.1 *Desprendimiento total de calor*

El desprendimiento total de calor se obtiene integrando la parte positiva del régimen de desprendimiento de calor durante el periodo de ensayo (véase la figura 13).

9.5.2 *Régimen máximo de desprendimiento de calor*

El régimen máximo de desprendimiento de calor es el valor máximo de dicho régimen durante el periodo de ensayo (véase la figura 13).

10 CLASIFICACION

Se considerará que los materiales que den como resultado valores medios para todos los criterios de inflamabilidad de la superficie, que no excedan los enumerados en el cuadro siguiente, satisfacen la prescripción relativa a la débil propagación de la llama, de conformidad con las reglas II-2/3.8, II-2/34 y II-2/49 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, en su forma enmendada.

CRITERIOS DE INFLAMABILIDAD DE LA SUPERFICIE

Revestimientos de mamparos, paredes y techos				Revestimientos de pisos			
CFE kW/m ²	Q _{sb} MJ/m ²	Q _t MJ	Q _p kW	CFE kW/m ²	Q _{sb} MJ/m ²	Q _t MJ	Q _p kW
≥ 20,0	≥ 1,5	≤ 0,7	≤ 4,0	≥ 7,0	≥ 0,25	≤ 1,5	≤ 10,0

donde CFE = Flujo crítico en el punto de extinción;
 Q_{sb} = Calores medios para la combustión continuada;
 Q_t = Desprendimiento total de calor;
 Q_p = Régimen máximo de desprendimiento de calor.

11 INFORME SOBRE EL ENSAYO

En el informe sobre el ensayo constarán tanto los datos originales como las observaciones efectuadas con respecto a cada muestra sometida a ensayo y las características de comportamiento al fuego deducidas del mismo. Se facilitará la siguiente información:

- .1 Nombre y dirección del laboratorio que efectuó el ensayo.
- .2 Nombre y dirección del patrocinador.
- .3 Nombre y dirección del fabricante/proveedor.
- .4 Descripción completa del producto sometido a ensayo, incluido el nombre comercial, junto con los datos relativos a su construcción, orientación, espesor y densidad y, cuando proceda, la cara sometida a ensayo. En el caso de muestras que hayan sido pintadas o barnizadas, los datos registrados comprenderán la cantidad y el número de las capas aplicadas y la naturaleza de los materiales de sustentación.
- .5 Datos del ensayo, a saber:
 - .5.1 número de muestras sometidas a ensayo;
 - .5.2 tipo de llama piloto utilizada;
 - .5.3 duración de cada ensayo;
 - .5.4 observaciones registradas de conformidad con la sección 8 *supra*;
 - .5.5 otras observaciones pertinentes efectuadas durante el ensayo, tales como llamaradas, inestabilidad del frente de la llama, desprendimiento de fragmentos del material en combustión, separaciones, hendiduras, chispas, fusiones, cambios de forma;
 - .5.6 características de comportamiento al fuego deducidas según lo expuesto en 9 *supra*;
 - .5.7 clasificación del material;
- .6 declaración sobre limitaciones del ensayo.

Nota: Los resultados del ensayo sólo guardan relación con el comportamiento de las muestras de un producto en las condiciones concretas en que se someten a ensayo y no se pretende que constituyan el único criterio para evaluar el riesgo de incendio que pueda entrañar el producto al ser utilizado.

APENDICE

En el presente apéndice se da información técnica encaminada a posibilitar la construcción, instalación, alineación y calibración del equipo necesario para efectuar ensayos por este procedimiento.

1 FABRICACION DEL EQUIPO DE ENSAYO

Las figuras 1 a 5 muestran fotografías del equipo montado y listo para efectuar ensayos. La Secretaría de la OMI puede facilitar planos detallados y una lista de componentes, con la información tecnológica necesaria para fabricar el armazón principal, los portamuestras, el conducto de humos y otras partes indispensables del equipo.

1.1 La lista breve de los componentes necesarios para montar el equipo de ensayo comprende:

- .1 El armazón principal (figura 1), constituido por dos secciones separadas, a saber, el bastidor del quemador y el del portamuestras. Estas dos unidades van empernadas con vástagos roscados que permiten flexibilidad de alineación mecánica.
- .2 Portamuestras, que sostienen las muestras durante el ensayo. Se necesitan por lo menos dos; con tres se evitan las demoras que impone el tener que enfriar los portamuestras antes de colocar las muestras.
- .3 Un conducto de humos de la muestra fabricado con chapa de acero inoxidable de $0,5 \pm 0,05$ mm de espesor con termopares compensadores para los gases y el metal del conducto.
- .4 El panel radiante, cuya superficie radiante mide 280 mm x 483 mm, ha sido especialmente fabricado para ser utilizado con este equipo, haciendo uso de losetas porosas refractarias que se pueden adquirir en el comercio.
- .5 El soplante alimentador de aire para la combustión, el panel radiante, el dispositivo medidor de la corriente de aire, las válvulas reguladoras del gas, el reductor de presión y los dispositivos de seguridad están todos montados en el bastidor del quemador (figura 3). A continuación se resumen los elementos y condiciones necesarios:
 - .5.1 Un suministro de aire de unos 30 m³/h a una presión suficiente para superar las pérdidas producidas por fricción a través de la tubería, el dispositivo medidor y el panel radiante. La caída de presión en el panel radiante equivale únicamente a unos pocos milímetros de agua.
 - .5.2 El gas que se use podrá ser gas natural o metano. No se recomienda el uso de gases que no sean metano o gas natural*, si bien efectuando modificaciones del espaciamiento panel-muestra resulta posible utilizar el equipo con propano a niveles de flujo de 50 kW/m². Se proveerá un regulador de presión para mantener el suministro de gas a una presión constante. El gas está regulado por una válvula de aguja ajustada manualmente. No hace falta un mezclador de tipo Venturi. Entre los dispositivos de seguridad figura una válvula de seccionamiento electroaccionada para impedir que fluya gas en caso de fallo del suministro de energía eléctrica, caída de la presión del aire y pérdida de calor en la superficie del quemador. El flujo de gas requerido es de 1,0 a 3,7 m³/h aproximadamente tratándose de gas natural o de gas metano a una presión adecuada para superar las pérdidas de presión en la tubería.
- .6 El portamuestras, el portallamas piloto, el conducto de humos, las rejillas de observación del frente de la llama, el pirómetro de radiación y el espejo van montados en el bastidor del portamuestras. La disposición de las partes integrantes en este bastidor puede verse en las figuras 1 y 2.
- .7 En el aparato habrá continuamente una muestra simulada de 20 mm aproximadamente de espesor, hecha con tablero de material refractario incombustible de una densidad de 800 ± 100 kg/m³, colocada en la posición de una muestra durante la utilización del equipo. Esa muestra simulada sólo se retirará cuando haya que introducir una muestra de ensayo.

* El retorno de la llama limita el nivel máximo de funcionamiento con propano.

2 INSTRUMENTOS

2.1 Pirómetro de radiación total

Habrà de tener una sensibilidad prácticamente constante entre las longitudes de onda térmica de $1\ \mu\text{m}$ y $9\ \mu\text{m}$ y estar frente a una zona de unos $150\ \text{mm} \times 300\ \text{mm}$ situada en el centro del panel. El instrumento irá montado en el bastidor de sostén de la muestra de modo que pueda quedar frente a la superficie del panel.

2.2 Flujómetros de calor

Para aplicar este método de ensayo es aconsejable contar con dos flujómetros por lo menos. Deberán ser de termopila con una gama nominal de 0 a $50\ \text{kW/m}^2$ y ser capaces de funcionar con seguridad al triple de este régimen. Uno de ellos se conservará como elemento normal de referencia en el laboratorio. Se calibrarán con un grado de precisión igual o superior al $\pm 5\%$. El blanco sensor del flujo aplicado ocupará un área de no más de $80\ \text{mm}^2$ e irá colocado en el mismo plano y en el centro del extremo metálico circular expuesto del flujómetro, el cual medirá $25\ \text{mm}$ de diámetro y estará enfriado con agua. Si se utilizan flujómetros de menor diámetro, se introducirán en un manguito de cobre de $25\ \text{mm}$ de diámetro exterior de manera que se mantenga un buen contacto térmico entre el manguito y el cuerpo del flujómetro enfriado con agua. El extremo del manguito y la superficie expuesta del flujómetro estarán en el mismo plano. La radiación no atravesará ninguna ventana antes de llegar al blanco.

2.3 Dispositivos cronomedidores

Se proveerán un cronógrafo y bien un cronómetro eléctrico de segundero central bien un reloj digital para medir los tiempos de ignición y de avance de la llama. El cronógrafo para medir el tiempo de ignición y de avance inicial de la llama podrá comprender un registrador de papel continuo cuya velocidad será de $5\ \text{mm/s}$, como mínimo, y un estilete marcador de sucesos. Tanto el mecanismo impulsor del papel del cronógrafo como el cronómetro eléctrico se manejarán por medio de un interruptor común para que comiencen a funcionar simultáneamente al quedar la muestra expuesta. El interruptor podrá ser de accionamiento manual o automático como resultado de la inserción completa de la muestra.

2.4 Milivoltímetro registrador

Se utilizará un milivoltímetro registrador de papel continuo en dos canales provisto de una resistencia de entrada de $1\ \text{megaohmio}$ cuando menos para registrar tanto las señales de los termopares del conducto de humos como la tensión de salida del pirómetro de radiación. La señal procedente del conducto de humos será en la mayor parte de los casos de menos de $15\ \text{mV}$, pero en algunas ocasiones puede exceder ligeramente de esa magnitud. La sensibilidad del otro canal se seleccionará de modo que no haga falta desviación de escala completa con el pirómetro de radiación o el flujómetro elegidos. La temperatura de funcionamiento efectiva del panel radiante no excederá normalmente de 935°C .

2.5 Voltímetro digital

Conviene utilizar un pequeño milivoltímetro digital para vigilar los cambios de las condiciones de funcionamiento del panel radiante. Deberá ser capaz de indicar cambios de señales de $10\ \mu\text{V}$ o menos.

3 ESPACIO PARA EFECTUAR LOS ENSAYOS

3.1 Sala especial

Se habilitará una sala especial para efectuar el ensayo. No es indispensable que se ajuste a dimensiones determinadas, pero podrá tener una capacidad cúbica de 45 m³ aproximadamente y una altura hasta el techo no inferior a 2,5 m.

3.2 Sistema de extracción de humos

Por encima del techo se instalará un sistema de extracción de humos que tenga capacidad para hacer circular el aire y los productos de la combustión a razón de 30 m³/min. El enrejado de la abertura del techo que dé a este sistema de extracción estará rodeado de una faldilla de tejido de fibra refractaria de 1,3 m x 1,3 m, la cual colgará del techo hasta una distancia de $1,7 \pm 0,1$ m del piso de la sala. El bastidor del portamuestras y el panel radiante estarán situados debajo de esa campana a fin de que todos los humos de la combustión sean extraídos de la sala.

3.3 Aparato

El aparato se emplazará de modo que haya un espacio de por lo menos 1 m entre él y las paredes de la sala de ensayos. Ningún material combustible que se utilice para el acabado del techo, el piso o las paredes quedará situado a menos de 2 m de la fuente de calor radiante.

3.4 Suministro de aire

Se necesita acceso a un suministro exterior de aire para reemplazar el expulsado por el sistema de extracción. Se dispondrá ese acceso de modo que la temperatura ambiente se mantenga razonablemente estable (por ejemplo, cabría tomar el aire de un edificio contiguo que esté caldeado).

3.5 Corrientes de aire en la sala

Se efectuarán mediciones de las velocidades del aire en las proximidades de una muestra simulada estando el sistema de extracción de humos en funcionamiento, pero con el panel radiante y su suministro de aire desconectados. A 100 mm en sentido vertical, del borde inferior y de la muestra, a la mitad de la longitud de ésta, la circulación de aire no excederá de 0,2 m/s en ninguna dirección.

4 MONTAJE Y AJUSTE

4.1 Generalidades

Las condiciones del ensayo se definen esencialmente por el flujo calorífico incidente en una muestra simulada, medido durante la calibración. Predomina la transferencia por radiación, pero también interviene la transferencia por convección. El nivel de flujo incidente en la superficie de la muestra es resultado de la configuración geométrica del panel radiante y la muestra, así como del rendimiento térmico del panel.

4.1.1 Tanto en el ajuste inicial de las condiciones operacionales del ensayo como en la verificación periódica de dicho ajuste, el criterio regulador es el flujo calorífico medido en la superficie de la muestra. Este flujo calorífico se mide con un flujómetro (véase 2.2) montado en una muestra simulada especial (figura 14).

4.1.2 Entre ensayos consecutivos se verificará el nivel de funcionamiento haciendo uso de un flujómetro montado en una muestra simulada, según se define ésta en las "Definiciones" del párrafo 3.3 de la Recomendación, o preferentemente de un pirómetro de radiación que antes haya sido objeto de una calibración periódica basada en las lecturas del flujómetro. Dicho pirómetro de radiación irá sujeto de modo rígido al bastidor del portamuestras de modo que constantemente esté frente a la superficie del panel radiante (véase 2.1).

4.2 Alineación mecánica

La mayor parte de los ajustes de los componentes del aparato de ensayo podrá efectuarse en frío. La posición de la superficie refractaria del panel radiante con respecto a la muestra habrá de corresponder con las dimensiones indicadas en la figura 6. Esta relación podrá lograrse haciendo el debido uso de cuñas introducidas entre el panel y su soporte y ajustando correctamente la separación entre los dos bastidores principales y la posición de las guías del portamuestras. En la sección 5 se indican procedimientos detallados para llevar a cabo esos ajustes.

4.2.1 El conducto de humos en el que se realizan las mediciones de desprendimiento de calor irá montado por medios mecánicos sobre el bastidor del portamuestras, en la posición que indica la figura 7. El método de montaje permitirá obtener las posiciones relativas indicadas, así como retirar el conducto con facilidad para limpiarlo o repararlo. El termopar compensador se colocará de modo que dé buen contacto térmico a la vez que garantice una resistencia eléctrica superior a 1 megohmio con la pared metálica del conducto de humos.

4.3 Ajuste térmico del nivel de funcionamiento del panel

Este ajuste térmico se consigue estableciendo primeramente una corriente de aire de aproximadamente 30 m³/h a través del panel. A continuación se suministra gas, se prende y se deja que el panel alcance el equilibrio térmico con una muestra simulada montada ante él. En las debidas condiciones de funcionamiento no deberán verse llamas en la superficie del panel, salvo que se mire desde un lado, paralelamente al plano de dicha superficie. Desde esa posición se observará una tenue llama de color azul muy próxima a la superficie del panel. Observando el panel en sentido oblicuo tras un tiempo de calentamiento de 15 minutos, deberá verse una superficie radiante de color anaranjado brillante.

4.3.1 Si se monta un flujómetro enfriado con agua* en una muestra simulada especial, el flujo incidente en la muestra deberá corresponder a los valores indicados en la tabla 1. Se consigue esto ajustando el flujo de gas. Si es necesario, cabe hacer ligeros cambios en la corriente de aire para que no haya llamas observables en la superficie del panel. La obtención precisa, mediante la calibración del flujómetro, de las medidas de flujo especificadas en la tabla 1 para las posiciones correspondientes a 50 mm y 350 mm significará que el flujo en las otras posiciones se ajustará sobradamente a los límites requeridos. Esto no significa que todos los demás niveles de flujo sean correctos, pero garantiza que se ha logrado una configuración o disposición geométrica permanente entre el panel y la muestra. Para satisfacer estas condiciones puede ser necesario efectuar ligeros cambios en la posición longitudinal

* El enfriamiento del flujómetro con agua es necesario para evitar señales erróneas a bajos niveles de flujo. La temperatura del agua de enfriamiento se regulará de modo que la temperatura del cuerpo del flujómetro se mantenga a pocos grados de la temperatura ambiente. Si no se hace esto, habrá que efectuar una corrección de la medición del flujo para tener en cuenta las diferencias de temperatura entre el cuerpo del flujómetro y la temperatura ambiente. La ausencia del enfriamiento con agua puede originar deterioros térmicos de la superficie sensible al calor y pérdida de calibración del flujómetro. En algunos casos será posible efectuar reparaciones y volver a calibrar el flujómetro.

de la muestra indicada en la figura 6. Se obtendrá el gráfico de una curva continua basada en las ocho mediciones del flujo requeridas. La forma de la curva será análoga a la determinada por los datos típicos consignados en la tabla 1. Dichas mediciones son importantes puesto que la presentación de los resultados de los experimentos se fundamenta en ellas. Si se utiliza un pirómetro de radiación total para vigilar el funcionamiento del panel, se mantendrá un registro de la señal una vez aplicado con éxito este procedimiento de calibración. Si es necesario modificar la posición axial del panel y la muestra para obtener el flujo prescrito en las posiciones correspondientes a 50 mm y 350 mm, se ajustarán los tornillos que conectan ambos bastidores. De esta manera, la posición de la llama piloto con respecto a la muestra no sufrirá ningún cambio. El ajuste del tornillo de retención de la muestra podrá modificarse para satisfacer las necesidades de flujo conforme a la norma establecida, en cuyo caso puede ser necesario ajustar la posición del soporte del quemador piloto para mantener la separación de 10 ± 2 mm.

4.3.2 Una vez establecidas estas condiciones operacionales, todo funcionamiento ulterior del panel se realizará con la corriente de aire estipulada y haciendo uso del suministro de gas como factor variable para alcanzar en la muestra el nivel de flujo requerido conforme a la calibración efectuada. Ese nivel se vigilará utilizando un pirómetro de radiación fijado frente a una zona de la superficie de la fuente, o un flujómetro montado en la muestra simulada según se define ésta en el párrafo 3.3 de las "Definiciones", en la posición correspondiente a 350 mm. Si se utiliza este último método, el conjunto muestra simulada y flujómetro deberá permanecer emplazado en posición en los intervalos que medien entre ensayos.

4.4 Ajustes y calibraciones – Consideraciones generales

Los siguientes ajustes y calibraciones habrán de realizarse quemando gas metano a través de una fuente de calor tubular colocada paralelamente a la línea central de una muestra simulada situada en posición y en el mismo plano que ella, y sin flujómetros. Tal quemador tubular está constituido por un conducto de 2 m de longitud y 9,1 mm de diámetro interior. Uno de sus extremos está cerrado con un tapón y la pared de la tubería presenta una serie de 15 orificios de 3 mm practicados a intervalos de 16 mm. El gas se quema a medida que fluye a través de esa serie de orificios dispuestos en posición vertical y las llamas ascienden por el conducto de humos. El caudal medido y el valor calorífico neto o inferior de la combustión del gas sirven para producir un régimen de desprendimiento de calor conocido que puede observarse como cambio de la señal compensada del conducto de humos en milivoltios. Antes de realizar ensayos de calibración se efectuarán mediciones para verificar que la compensación de los termopares del conducto se ha ajustado correctamente.

4.5 Ajuste de compensación

La fracción de la señal del termopar compensador que se resta de la que dan los termopares del conducto de humos se ajustará variando la resistencia de una de las ramas del divisor de potencial que muestra la figura 10. El objeto de este ajuste es, en la medida de lo posible, eliminar de la señal del conducto los cambios de larga duración que puedan producir en la señal las variaciones relativamente lentas de la temperatura del metal del conducto. En la figura 11 se ven las curvas resultantes de una compensación baja, correcta y alta. Estas curvas se obtuvieron colocando bruscamente el quemador de calibración de gas encendido, junto al extremo caliente de una muestra simulada y luego apagándolo. Para efectuar dicho ajuste habrá que regular el régimen de calibración del suministro de gas de modo que el rendimiento térmico sea de 1 kW. El divisor de potencial compensador se ajustará de modo que dé curvas en las que se aprecie un rápido ascenso hasta llegar a una señal estable, esencialmente constante durante los 5 minutos siguientes al primer minuto de aumento de la señal transitoria. Cuando se cierre el quemador de calibración, la señal deberá decrecer rápidamente y llegar a un valor estable en 2 minutos. Después de esto no deberá producirse ningún ascenso ni descenso duradero de la señal. La experiencia ha demostrado

que entre el 40% y el 50% de la señal de compensación del termopar deberá incluirse en la señal de salida para lograr este estado. Una vez efectuado el ajuste correcto, el impulso térmico de onda cuadrada de 7 kW no deberá registrar un sobreimpulso de más del 7% poco después de haberse aplicado la llama de calibración (véase la figura 11).

4.6 Calibración del conducto de humos

Una vez hecho el ajuste indicado en 4.5 y establecida la señal básica estable, la calibración del conducto se hará con el panel en funcionamiento a un nivel de flujo de 50,5 kW/m² y con el quemador piloto apagado. La calibración de aumento de la señal de conducto en milivoltios se efectuará introduciendo y retirando el quemador tubular que se describe en 4.4. Se hará que el volumen de gas metano, que habrá de tener una pureza del 95% por lo menos, varíe de 0,004 a 0,02 m³/min aproximadamente, con incrementos suficientes para posibilitar la representación gráfica de los datos mediante una curva bien definida que relacione el aumento de la señal de conducto compensada en milivoltios con el régimen neto o inferior de gasto calorífico. Se efectuará una calibración análoga con el quemador de calibración situado en el extremo frío de la muestra. Las dos curvas deberán coincidir en cuanto al régimen de desprendimiento de calor indicado, dentro de un margen del 15% aproximadamente. En la figura 12 se representa una curva típica. La curva correspondiente al quemador de calibración en el extremo caliente de la muestra deberá ser la que se utilice para presentar todas las mediciones de desprendimiento de calor. Con esto concluyen las operaciones de calibración, y el equipo de ensayo queda listo para ser utilizado.

5 MONTAJE Y AJUSTE MECANICO DEL APARATO DE ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD

En las siguientes instrucciones se da por sentado que los componentes del aparato de ensayos de inflamabilidad han sido fabricados de conformidad con los planos. El subconjunto formado por el panel radiante queda terminado con excepción de los soportes y la pantalla reverberatoria. El equipo puede montarse de modo que permita realizar ensayos de muestras de hasta 50 mm o 75 mm de espesor. A menos que haya verdadera necesidad de efectuar ensayos con muestras más gruesas, es preferible montarlo para muestras de 50 mm de espesor.

5.1 El bastidor del panel se colocará derecho sobre un piso plano y preferiblemente en el mismo lugar en que se utilizará el equipo.

5.2 El anillo giratorio irá montado en sus tres cojinetes de guía.

5.3 El bastidor de montaje del panel estará empernado e irá unido al anillo por medio de cuatro pernos.

5.4 Se comprobará que el anillo se encuentra en un plano vertical. Si se aprecia un desvío grande, puede ser necesario un ajuste en el emplazamiento del cojinete de apoyo superior del anillo. Antes de efectuar tal ajuste se habrá de determinar si el desvío obedece a un huelgo excesivo entre el anillo y los rodillos de apoyo. Si así es, es posible que el problema pueda resolverse con rodillos de mayor diámetro.

5.5 Los cuatro soportes del panel radiante se sujetarán a las cuatro esquinas del panel sin aplicar demasiada fuerza al empernarlos. Antes de montar dichos soportes se introducirá un tornillo de cabeza M9 de 35 mm en el agujero que más diste del extremo del panel. Estos tornillos constituyen un medio para montar el panel.

5.6 Se colocarán cuatro arandelas en cada uno de los tornillos de montaje del panel y se armará éste sobre el soporte de montaje.

5.7 Se comprobará la angularidad de la superficie del panel radiante con respecto al plano del anillo de montaje, lo cual podrá efectuarse utilizando una escuadra de carpintero y midiendo la distancia que haya hasta la superficie de las losetas refractarias desde ambos extremos del panel. Cualquier desviación con relación al ángulo de 15° requerido podrá corregirse aumentando o disminuyendo el número de arandelas en los tornillos de montaje.

5.8 Se hará girar el panel radiante para encararlo con una muestra montada en un plano vertical.

5.9 Se comprobará con un nivel si la superficie del panel también está en un plano vertical.

5.10 El bastidor de la muestra, con los carriles de sostén lateral e inferior y los portaque-
madores piloto montados en posición aproximada, se acercará al bastidor del quemador y se unirán ambos bastidores asegurándolos con dos pernos y seis tuercas o dos vástagos roscados y ocho tuercas. La separación entre los dos bastidores será de unos 100 mm.

5.11 La separación entre los dos lados de dichos bastidores se ajustará para hacer que los elementos longitudinales del bastidor de sostén de la muestra estén a un ángulo de 15° con respecto a la superficie del panel radiante.

5.12 El carril de guía lateral del portamuestras utilizado para dar orientación vertical a la muestra se ajustará a modo que presente el ángulo de 15° requerido con respecto a la superficie del panel radiante.

5.13 Se colocará en posición un portamuestras vacío en el carril y se ajustará la posición de la horquilla de guía superior para hacer que, cuando la muestra se inserte en el portamuestras, su superficie esté en un plano vertical.

5.14 Se ajustará el tornillo limitador que determina la posición axial del portamuestras con objeto de que el eje del quemador piloto quede a 10 ± 2 mm del más próximo de los bordes expuestos de la muestra. Se repetirá este ajuste haciendo uso de un portamuestras vacío y sustituyendo el tubo de cerámica del quemador piloto por un vástago de acero de 6 mm de diámetro por 250 mm de longitud. Mirando por la parte posterior del portamuestras, la separación entre el eje del vástago y el borde de la brida del portamuestras que retiene la muestra habrá de ser entonces de 10 ± 2 mm.

5.15 Con el portamuestras colocado todavía contra el tornillo limitador, se ajustará la separación entre el panel y los bastidores de apoyo de la muestra de modo que la dimensión B, figura 6, sea de unos 125 mm. Este ajuste se efectúa con los dos tornillos que unen los dos bastidores. Al efectuarlo es importante realizar ajustes idénticos a cada lado para mantener la relación angular requerida en los ajustes indicados en 5.11 y 5.12.

5.16 Las tuercas que sostienen el carril de guía lateral del portamuestras se ajustarán para que la dimensión A, figura 6, sea de 125 ± 2 mm. Como antes, será necesario realizar ajustes idénticos en los dos puntos de montaje. Al hacerlo se comprobará que el carril de guía y el borde del portamuestras estén en un plano horizontal. En la realización de este ajuste es importante mantener la dimensión de 45 mm de la posición del conducto que se indica en la figura 7. También cabe ajustar la dimensión A variando el número de arandelas mencionadas en 5.6.

5.17 Si es necesario se repetirá el procedimiento indicado en 5.13.

5.18 La pantalla reverberatoria se montará sobre el panel radiante de manera que pueda dilatarse libremente al calentarse durante el ensayo.

5.19 La rejilla de observación dotada de pasadores de 50 mm se monta sobre un ángulo sujeto al carril de guía del portamuestras. Se ajustará su posición de modo que los pasadores estén situados a distancias que sean múltiplos de 50 mm, a partir del extremo más próximo de la muestra expuesto al panel, e irá sujeta en esa posición.

TABLA 1

CALIBRACION DEL FLUJO QUE LLEGA A LA MUESTRA

Flujo típico incidente en la muestra y posiciones de la muestra en que deberán efectuarse las mediciones de calibración. Habrá que obtener valores iguales a los del flujo correspondiente a las posiciones relativas a 50 y 350 mm. Los datos de calibración obtenidos en otras posiciones deberán coincidir con los valores típicos dentro de un margen del 10%.

Distancia desde el extremo expuesto de la muestra	Niveles típicos de flujo en la muestra	Posición adecuada de calibración
0 mm	49,5 kW/m ²	
50	50,5	50,5 kW/m ²
100	49,5	
150	47,1	X
200	43,1	
250	37,8	X
300	30,9	
350	23,9	23,9
400	18,2	
450	13,2	X
500	9,2	
550	6,2	X
600	4,3	
650	3,1	X
700	2,2	
750	1,5	X

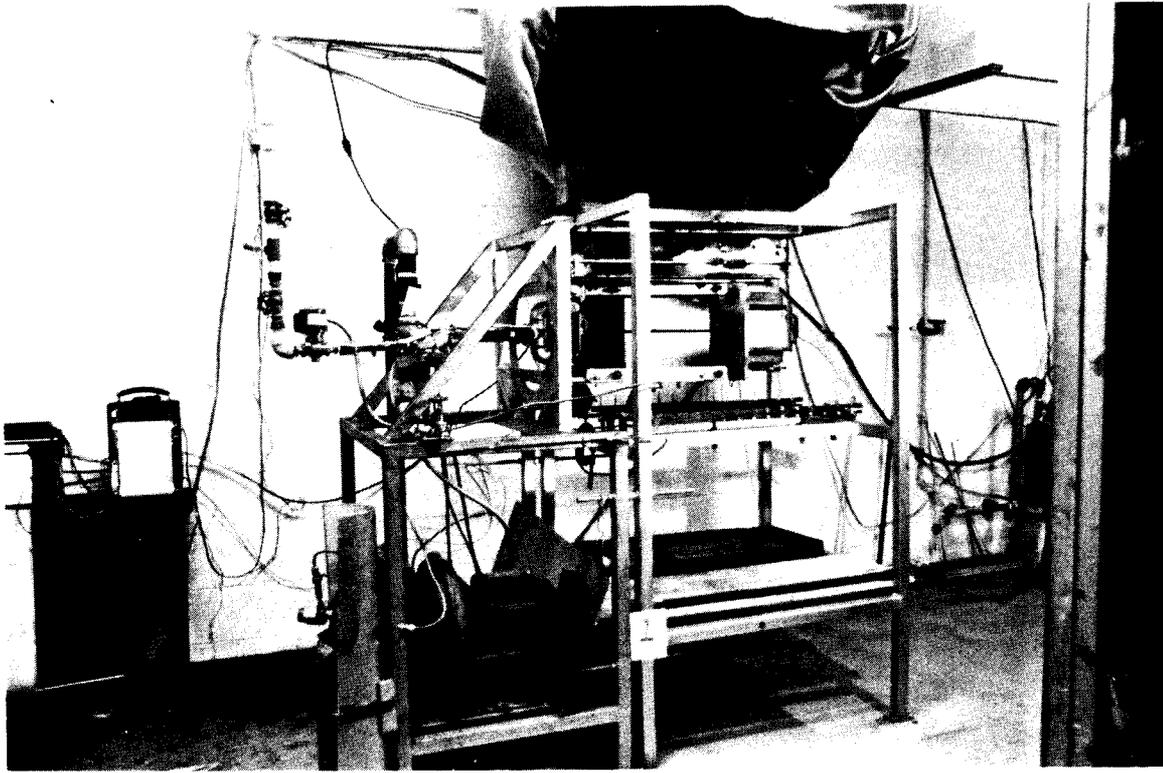


Figura 1 - *Vista general del aparato*

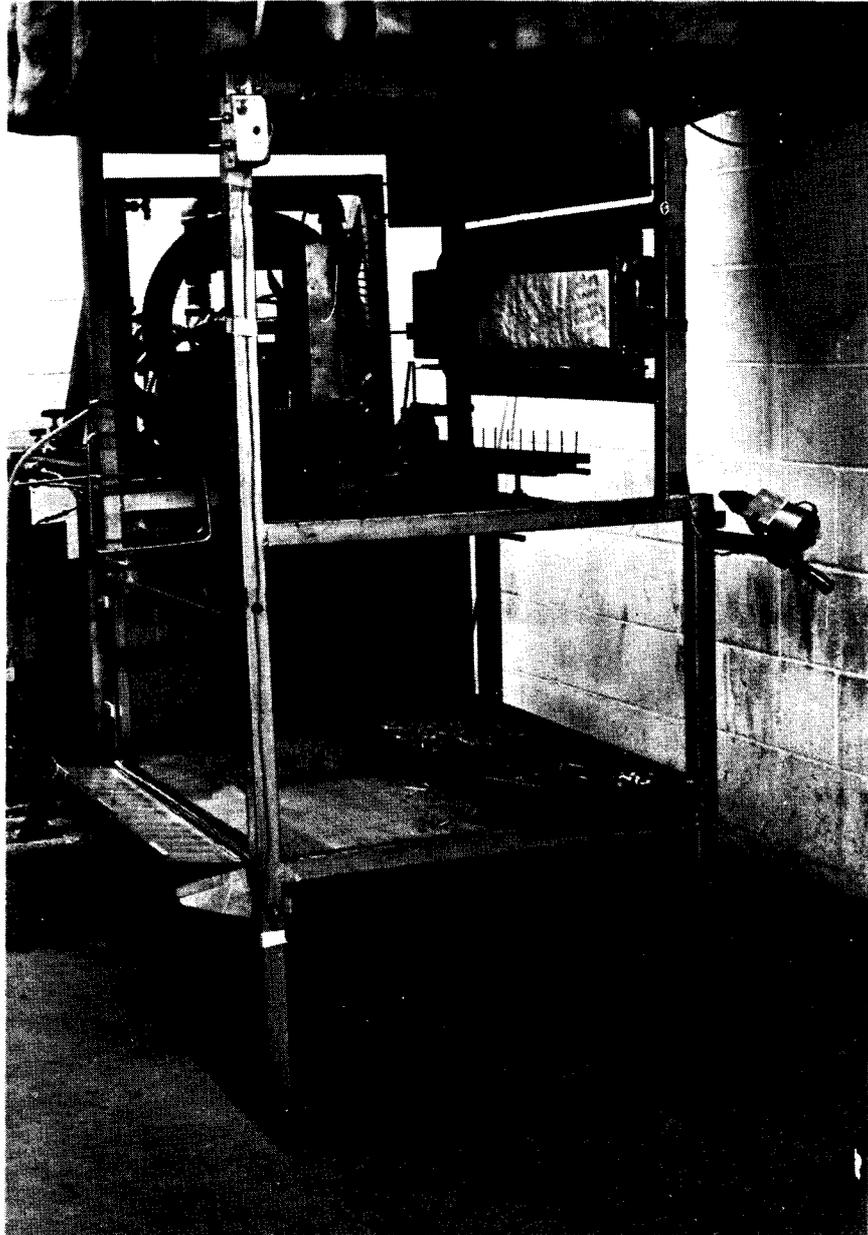


Figura 2 - *Vista desde el extremo de la muestra*

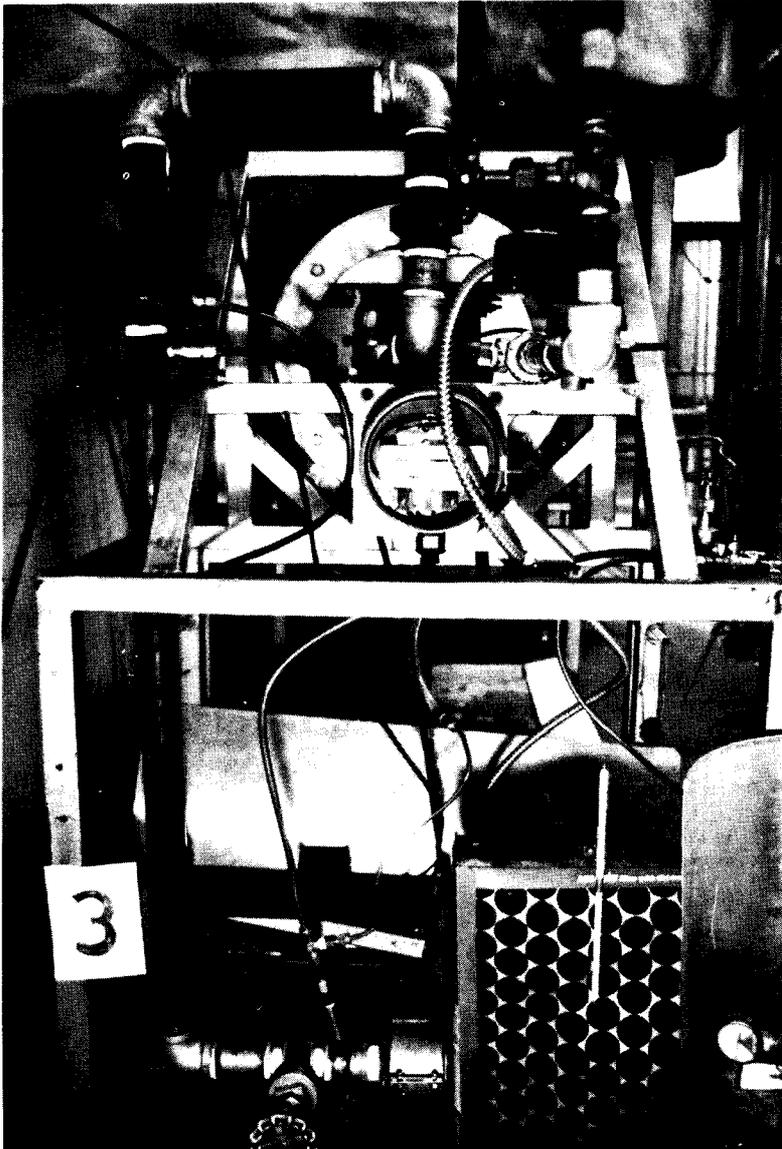


Figura 3 *Vista desde el extremo del panel radiante*

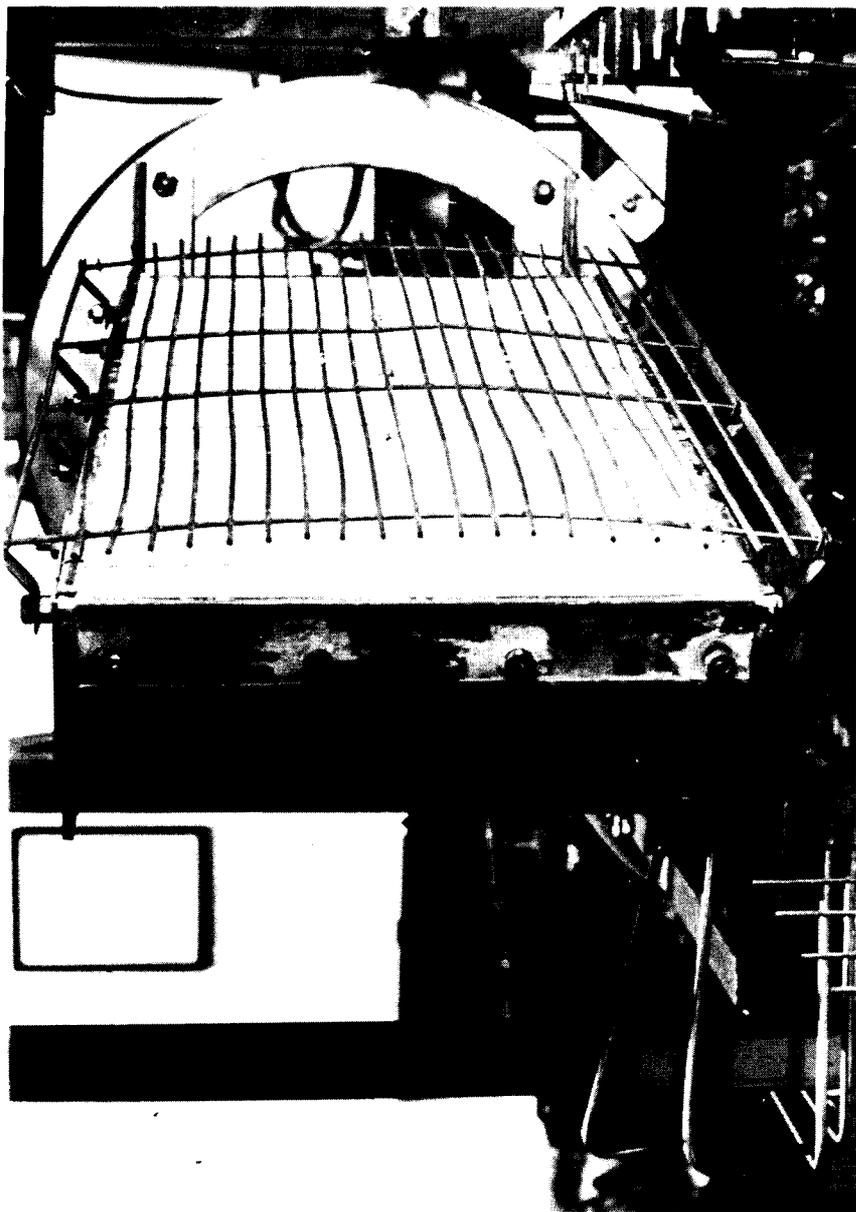


Figura 4 — *Panel radiante y alambres reverberatorios vistos a través del bastidor del portamuestras*



Figura 5 – *Quemador piloto y montura*

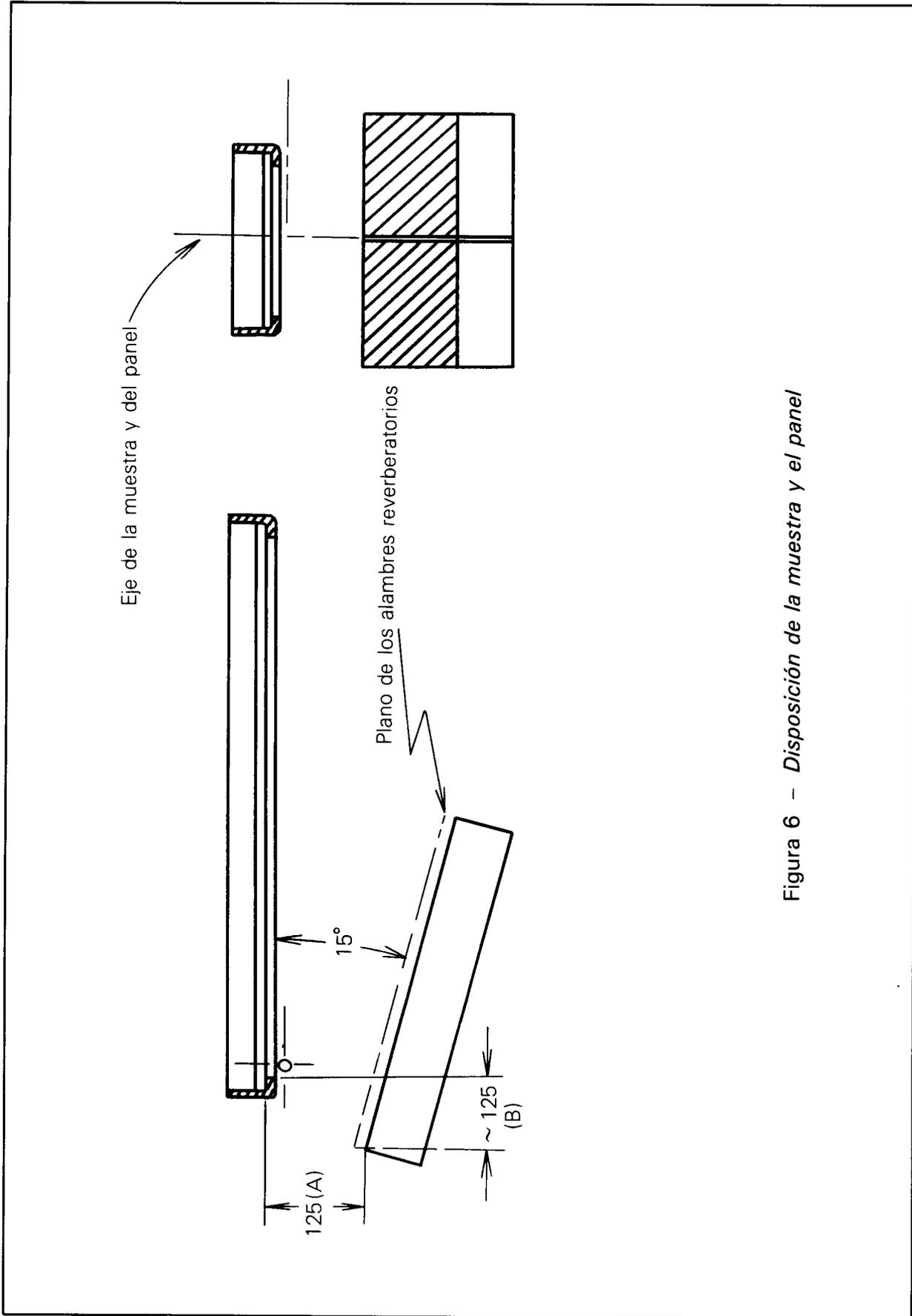


Figura 6 - Disposición de la muestra y el panel

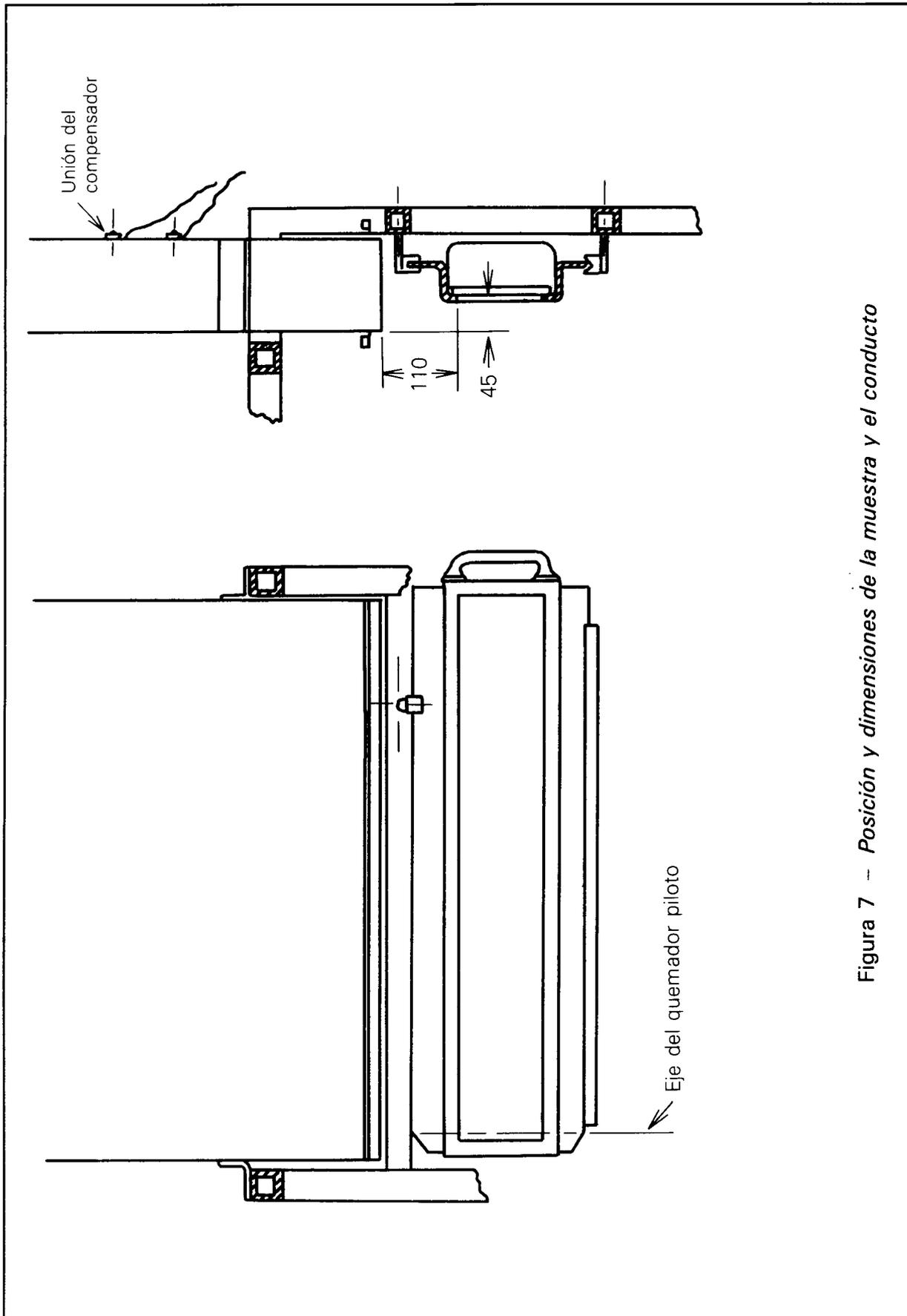


Figura 7 - Posición y dimensiones de la muestra y el conducto

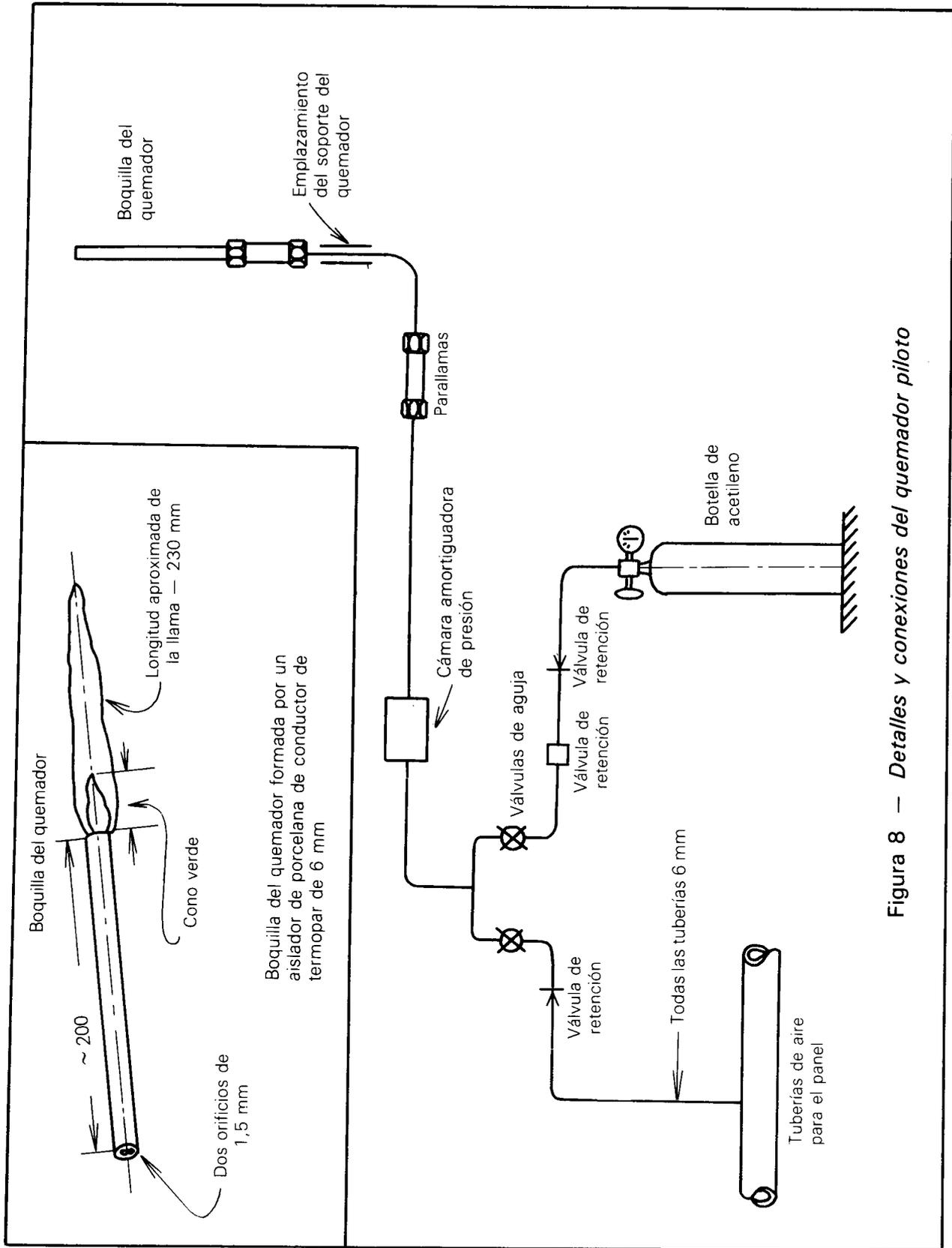


Figura 8 — Detalles y conexiones del quemador piloto

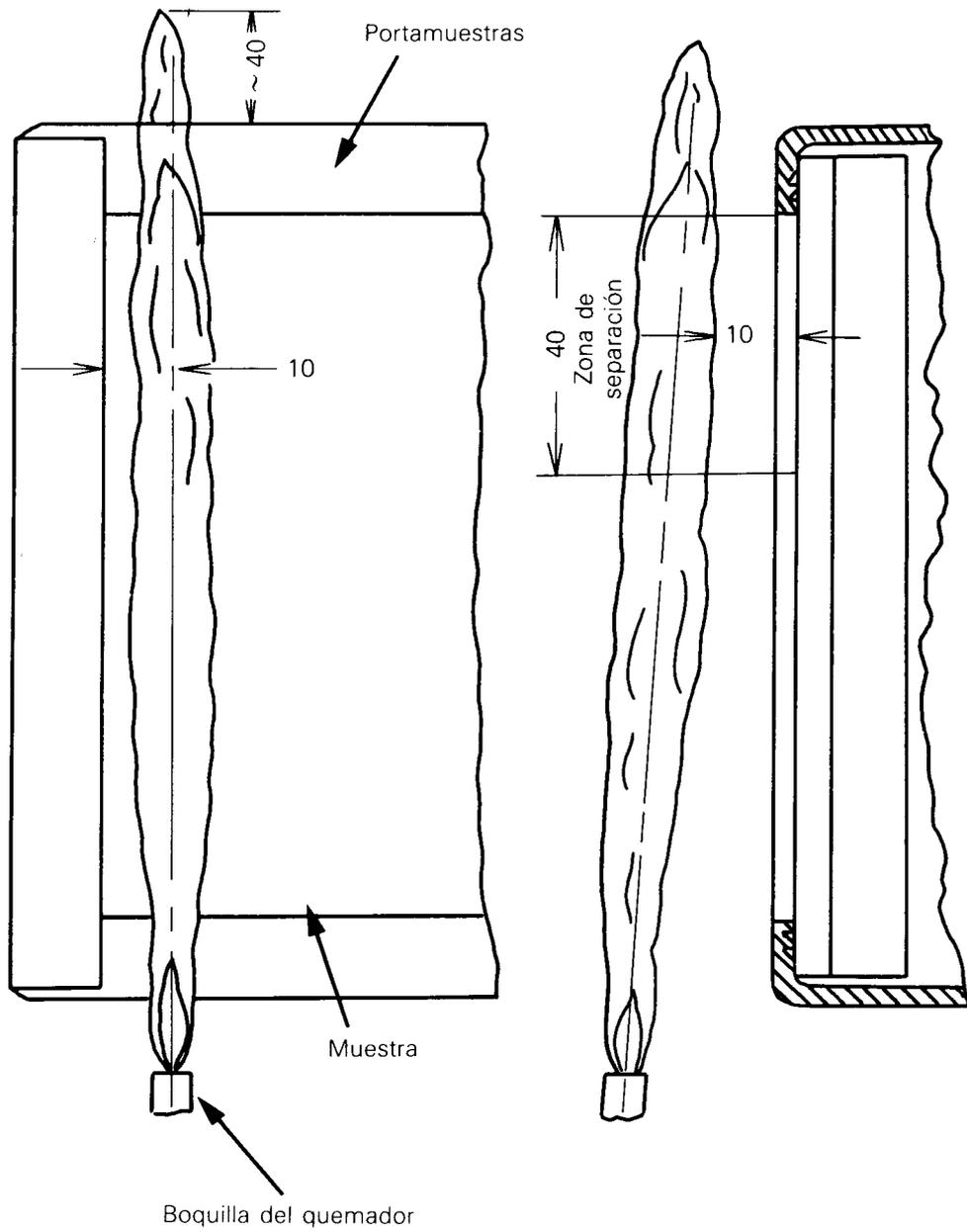


Figura 9 - Posición de la llama piloto

Se necesitan dos conjuntos de temporales e hilos conductores. Los diámetros y las longitudes de estos conductores dentro del grupo de temporales del conducto de humos deben ser idénticos para obtener el debido promedio de señal. La conexión de los temporales en paralelo podrá efectuarse en la caja de mezcla por si hay conexión de clavija de los conductores. Esto permite retirarlos con rapidez y efectuar comprobaciones si hay problemas de continuidad y puesta a tierra. No se utilizarán uniones frías, pero la caja de mezcla de señales habrá de estar protegida de la radiación del panel.

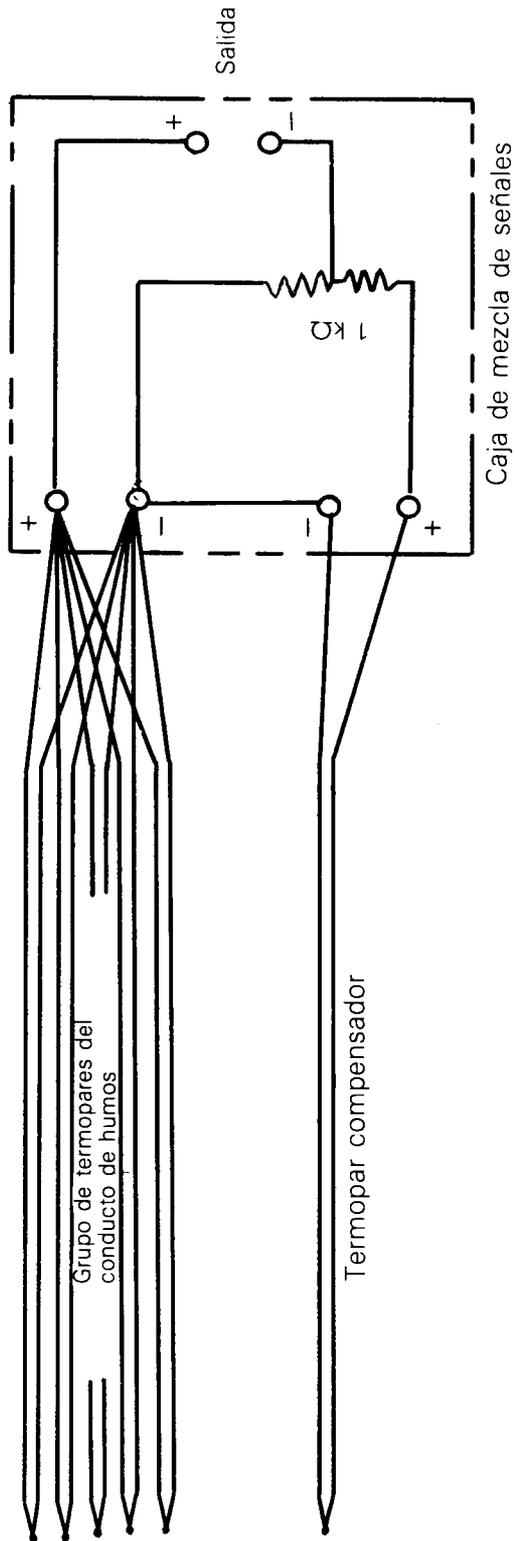
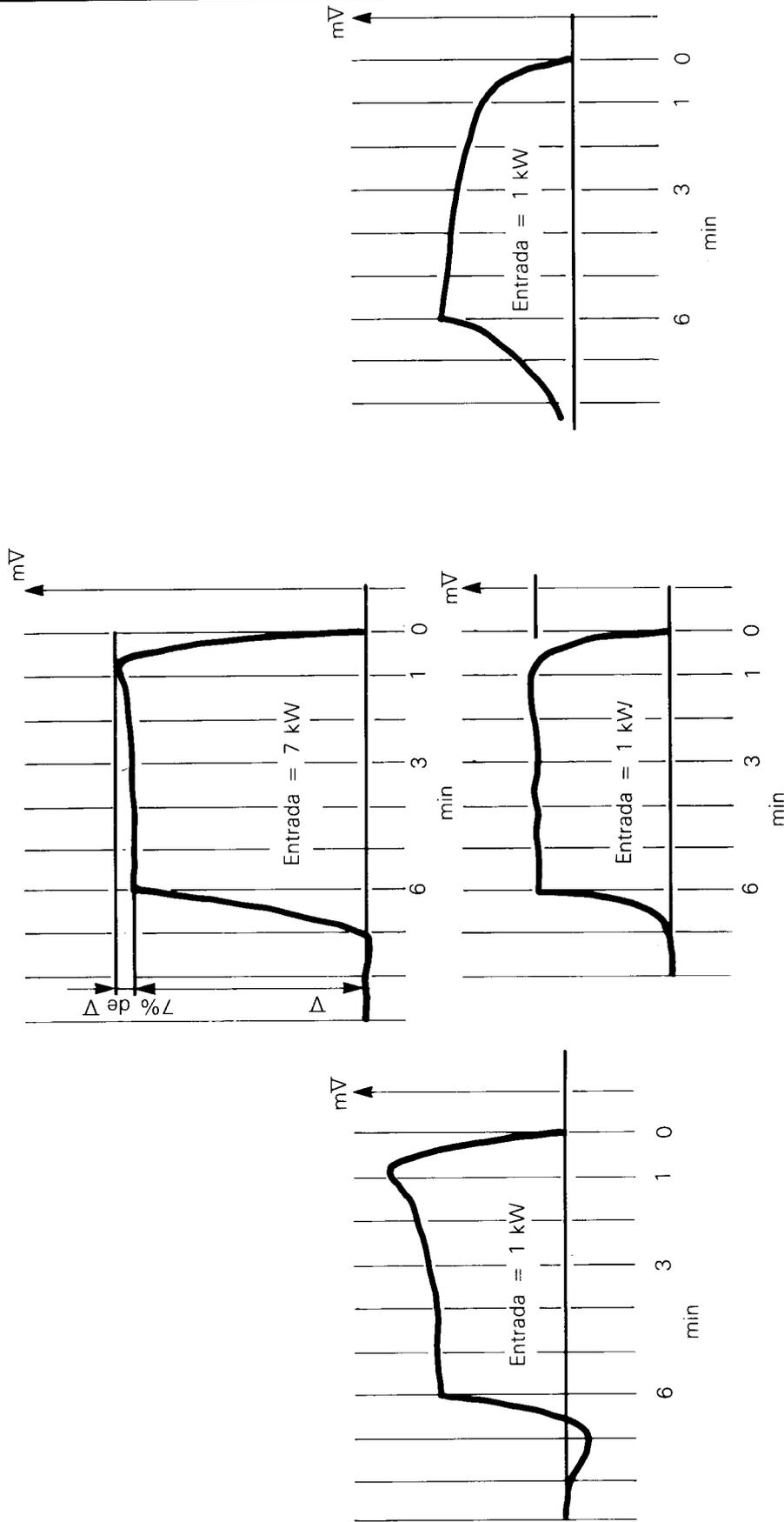


Figura 10 — Diagrama de un circuito de termopares

Las cuatro curvas que se muestran ilustran los cambios del aumento de la señal en mV indicada con relación a tres niveles distintos de reacción inversa o de señal de compensación



Compensación demasiado alta

Compensación correcta

Compensación demasiado baja

Figura 11 — *Reacción de la señal de desprendimiento de calor ante un impulso térmico de onda cuadrada*

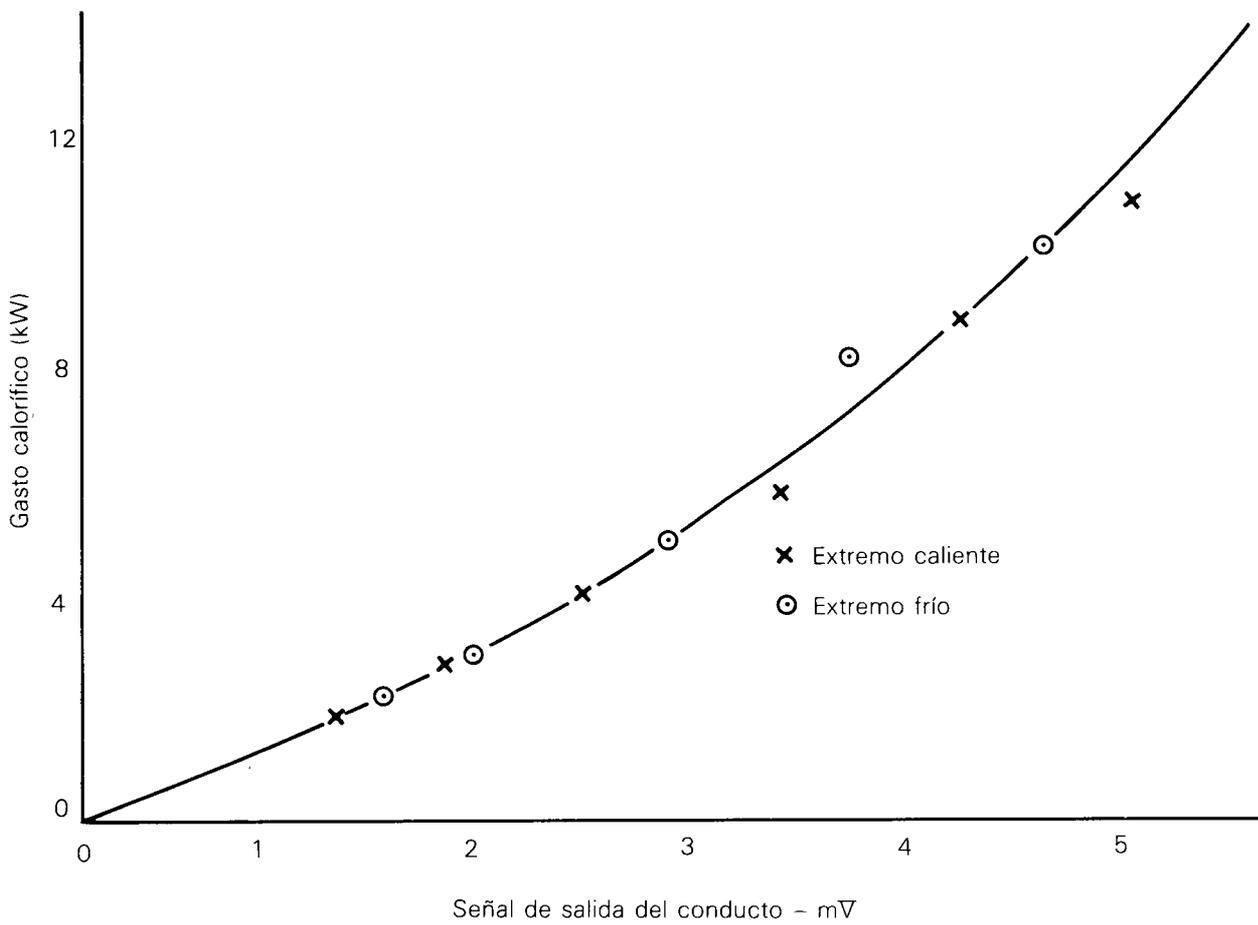


Figura 12 - *Calibración típica del conducto*

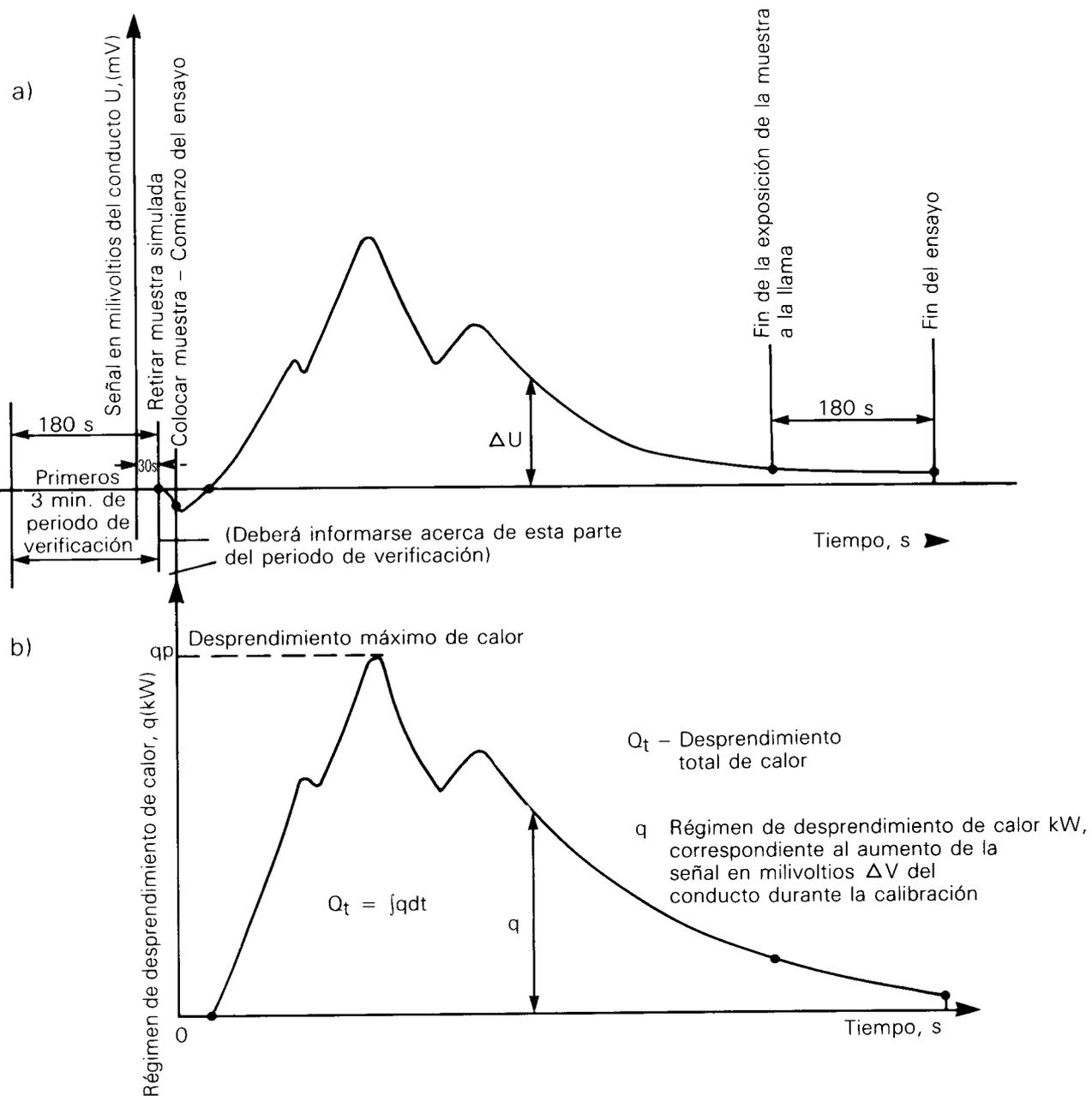


Figura 13 – Conversión del incremento de la señal en milivoltios ΔU en régimen de desprendimiento de calor de la muestra

- a) cambio de la señal en milivoltios registrado durante el ensayo
- b) señal en milivoltios convertida en curva de régimen de desprendimiento de calor

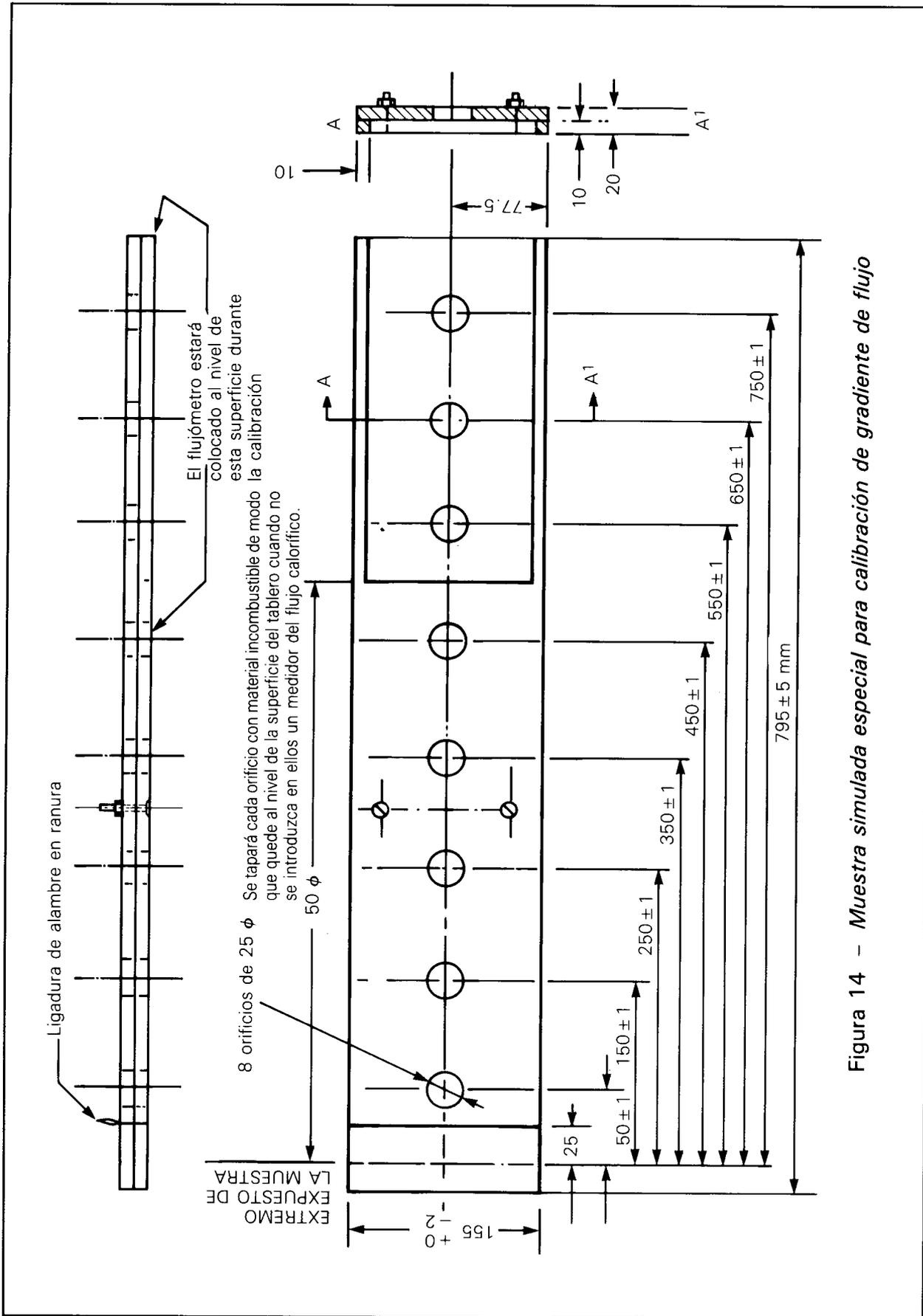


Figura 14 - Muestra simulada especial para calibración de gradiente de flujo