



NORMA MEXICANA

NMX-AA-041-SCFI-2006

RESIDUOS SÓLIDOS - DETERMINACIÓN DE INFLAMABILIDAD – MÉTODO DE PRUEBA

**SOLID WASTE – DETERMINATION OF IGNITABILITY – TEST
METHOD**

PREFACIO

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- ALS-INDEQUIM S.A. DE C.V.
- BUFETE QUÍMICO, S.A. DE C.V.
- CIATEC, A.C. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, S.C.
- CONCENTRADOS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.
- CONTROL QUÍMICO NOVAMANN INTERNACIONAL S.A. DE C.V.
- CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES S.A. DE C.V.
- EARTH TECH MÉXICO, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA DGCENICA
- INTERTEK TESTING SERVICES DE MÉXICO S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DEL GRUPO MICROANÁLISIS S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO QUÍMICO, INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA S.A. DE C.V.
- LABORATORIO SAS
- LABORATORIOS ABC, QUÍMICA, INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS Y SUMINISTROS INDUSTRIALES, QUANTUM S.A. DE C.V.
- MICROECOL, S.A. DE C.V.
- ON-SITE ANALÍTICA DE MÉXICO S.A. DE C.V.
- PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ECOLOGÍA, S.A. DE C.V.
- RESIDUOS INDUSTRIALES MULTIQUM, S.A. DE C.V.
- SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, I.P.D.
- LABORATORIO CENTRAL DE CALIDAD DE AGUAS

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número del capítulo		Página
0	INTRODUCCIÓN	1
1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	2
2	RESUMEN	2
3	REFERENCIAS	2
4	DEFINICIONES	2
5	INTERFERENCIAS	5
6	SEGURIDAD	4
7	EQUIPO Y MATERIALES	4
8	RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y MANEJO DE MUESTRAS	5
9	CONTROL DE CALIDAD	5
10	PROCEDIMIENTO	12
11	CÁLCULOS	14
12	DESEMPEÑO DEL MÉTODO	15
13	MANEJO DE RESIDUOS	16
14	VIGENCIA	16
15	BIBLIOGRAFÍA	16
16	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	16
17	TABLAS Y FIGURAS	16

NORMA MEXICANA

NMX-AA-041-SCFI-2006

RESIDUOS SÓLIDOS - DETERMINACIÓN DE INFLAMABILIDAD – MÉTODO DE PRUEBA

SOLID WASTE – DETERMINATION OF IGNITABILITY – TEST METHOD

0 INTRODUCCIÓN

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define como materiales peligrosos a los: “Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas”.

Los residuos inflamables son aquellos capaces de causar un incendio en diferentes condiciones tales como fricción, absorción de humedad, cambios químicos espontáneos, y que al incendiarse arden tan vigorosa y persistentemente que pueden representar un riesgo para los ecosistemas y medio ambiente en general.

El método establecido en esta norma mexicana, para la determinación de Inflamabilidad es considerado confiable debido a que durante su desarrollo se encontraron ciertos procedimientos esenciales en muestras que fueron analizadas con buenos resultados, de manera que todos los requerimientos de desempeño especificados se cumplen.

Durante el desarrollo del método, al laboratorio no se le permite omitir ningún inciso del numeral correspondiente a Control de Calidad, ni los parámetros que se especifiquen como “no modificables” en este caso específico es Temperatura y flujo de aire constante durante toda la prueba. Los términos “debe”, “puede” y “deberá” son mencionados a través de los métodos y están destinados a ilustrar la importancia de los procedimientos para producir datos verificables en los rangos de trabajo del método.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Objetivo

Describir el método para determinar inflamabilidad en residuos sólidos.

1.2 Campo de aplicación

Este método es de aplicación nacional para determinar el parámetro de inflamabilidad en residuos sólidos, su ejecución está restringida para ser usado por o bajo la supervisión de analistas experimentados en el manejo de residuos inflamables.

2 RESUMEN

Se debe realizar un análisis preliminar del residuo, las unidades que forman el residuo sólido deben tener un tamaño máximo de 1 cm^2 , distribuir la muestra en forma lineal a una longitud aproximada de 250 mm. Aplicar una fuente de ignición en un extremo del residuo, si se genera combustión y ésta se propaga a lo largo de 200 mm en un tiempo específico, la muestra se somete entonces a una prueba de velocidad de inflamabilidad. Las muestras en las que no se genera y se propaga la combustión, no requieren una prueba adicional. En la prueba de velocidad de inflamabilidad, se mide el tiempo de inflamabilidad en 100 mm de residuo en condiciones constantes de flujo de aire.

3 REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta norma mexicana se debe consultar la siguiente norma oficial mexicana vigente o la que la sustituya:

NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 2006.
-----------------------	--

4 DEFINICIONES

4.1 Muestra de control de calidad (MCC)

Muestra sintética de composición o propiedades conocidas. La MCC se obtiene de una fuente externa al laboratorio o es preparada de una fuente diferente de los estándares de calibración. Se usa para evaluar el desempeño del laboratorio con materiales de prueba preparados externamente a los procesos normales de preparación.

4.2 Velocidad de ignición

Es el tiempo que le toma a una muestra esparcida a una longitud aproximada de 100 mm en encenderse bajo condiciones controladas de flujo de aire y temperatura de flama.

5 INTERFERENCIAS

- 5.1** En pruebas de laboratorio efectuadas por duplicado la velocidad de inflamabilidad presenta una repetibilidad de un 10%. Sin embargo, pueden existir grandes diferencias si las condiciones experimentales no son controladas. La variación de velocidad de flujo de aire, tamaño de partícula y contenido de humedad en la muestra afectan los resultados, por lo tanto, la prueba se tiene que efectuar por triplicado
- 5.2** El tamaño de partícula del material a probar puede afectar no sólo la velocidad de inflamabilidad, sino también la inflamabilidad del material, por lo tanto, el tamaño de partícula de la muestra debe ser el mismo en cada replica. La descripción de partícula del material debe reportarse en un formato descriptivo sencillo (por ejemplo: polvo fino, tierra, gránulos, etc.).
- 5.3** La temperatura afecta la velocidad de inflamabilidad en algunos materiales como el polvo de azufre. Para obtener resultados reproducibles, todas las muestras deben analizarse a temperatura ambiente del laboratorio.
- 5.4** Todas las pruebas deben analizarse dentro de una campana de extracción, con el equipo de prueba situado perpendicularmente a 90° con respecto a la dirección del flujo de aire. Si el equipo está situado en forma paralela al flujo de aire (0°) los resultados de velocidad de inflamabilidad no son reproducibles.
- 5.5** La velocidad del flujo de aire a través de la campana afecta la inflamabilidad. Un flujo alto distorsiona la flama y retarda su propagación horizontal. El flujo de aire óptimo debe estar en el intervalo de 0,7 m/s - 1,0 m/s.
- 5.6** Los materiales que son sensibles a la humedad (por ejemplo: humedad absorbida rápidamente del aire) deben ser analizados tan rápido como sea posible, después de sacarlos de su contenedor. Todas las muestras deben ser analizadas tan pronto las reciba el laboratorio.

6 SEGURIDAD

- 6.1** Este método puede no mencionar todas las precauciones de seguridad asociadas con su uso. El laboratorio es responsable de mantener un ambiente de trabajo seguro y un archivo de las normas de seguridad respecto a la exposición y manejo seguro de las sustancias químicas especificadas en este método. Se debe tener un archivo de referencia de las hojas de información de seguridad el cual debe estar disponible a todo el personal involucrado en estos análisis.
- 6.2** La carcinogenicidad de todos los reactivos no ha sido determinada con precisión; de todas maneras; cada sustancia química debe ser tratada como potencial peligro a la salud. La exposición a estas sustancias químicas debe ser reducida al menor nivel posible. Se sugiere que el laboratorio realice monitoreos de higiene ocupacional de cada reactivo a los que pueda estar expuesto el analista y que dichos resultados estén disponibles para los analistas.
- 6.3** El equipo utilizado en este método funciona con gas combustible para producir la flama, es importante tener especial cuidado para evitar atmósferas explosivas, ya sean de la muestra o del gas al apagarse accidentalmente la flama.
- 6.4** PRECAUCIÓN: Antes de iniciar el análisis preliminar, se debe determinar si la muestra contiene constituyentes explosivos o extremadamente inflamables. Utilizar una pequeña cantidad de muestra (1,0 g o menos) para pruebas preliminares. Si la muestra presenta explosividad o inflamabilidad extrema, no se debe realizar la prueba.

7 EQUIPO Y MATERIALES

Solo se mencionan los equipos y materiales que no son de uso común en el laboratorio analítico.

- Placa con cubierta de cerámica o con cualquier otra cubierta de baja conducción de calor, no combustible, con dimensiones aproximadas de 25 cm x 25 cm x 2,5 cm de altura.
- Marcador resistente a altas temperaturas o un dispositivo equivalente para marcar placas de cerámica.
- Recipiente rectangular (Ver figura 1) para dar forma a las muestras pastosas, granulados o polvos, el material de construcción puede ser aluminio, latón, acero inoxidable o

plástico. El molde tiene 25,0 cm de longitud y una sección transversal triangular, con un ancho de 20 mm y una profundidad de 10 mm medida desde la punta del triángulo hasta el final de los lados. En ambos lados del molde, en dirección longitudinal se montan dos hojas como límites laterales por encima del final del corte de la sección transversal triangular. Este dispositivo puede ser diseñado por el laboratorio.

- Mechero Bunsen, con un diámetro mínimo de 5 mm en la salida de la flama capaz de mantener una temperatura en la flama menor a 1 000 °C.
- Cronómetro.
- Termopar para medir la temperatura de la flama.
- Termómetro con una precisión de 0,5°C.
- Anemómetro para medir el flujo de aire en el interior de la campana de extracción.

8 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y MANEJO DE MUESTRAS

- 8.1** Cantidad mínima de muestra: 500 g
- 8.2** Tratamiento en campo: no necesita tratamiento en campo, las muestras deben recolectarse en contenedores de cierre hermético y tapa cubierta de politetrafluoroetileno PTFE en el interior, a un volumen cero.
- 8.3** Preservación: a una temperatura igual o menor de 4°C
- 8.4** Tiempo máximo previo al análisis: analizar la muestra tan rápido como sea posible.

9 CONTROL DE CALIDAD

- 9.1** Aspectos generales:
 - 9.1.1** Cada laboratorio que utilice este método está obligado a operar un programa de control de calidad (CC) formal.
 - 9.1.2** El desempeño del laboratorio se debe comparar con los criterios establecidos en la sección de desempeño, con objeto de evaluar si los resultados de los análisis cumplen con las especificaciones del método.

- 9.1.3** El analista debe hacer una demostración inicial de su habilidad para generar una exactitud y precisión aceptables por este método. El procedimiento debe realizarse como se menciona en el inciso 9.2.
- 9.1.4** Cada vez que se realice una modificación al método o que se cambie al analista responsable de llevar a cabo esta determinación, el analista designado debe repetir el procedimiento mencionado en el inciso 9.2, si el cambio va a afectar alguno de los parámetros de desempeño del método, el laboratorio debe demostrar que los nuevos parámetros determinados son iguales o mejores que los anteriores.
- 9.1.5** No se permite el uso de técnicas determinativas alternativas y cambios que degraden la ejecución del método. Si se utiliza una técnica analítica que no sea la especificada en este método, dicha técnica debe tener especificaciones iguales o mejores que la de la técnica descrita en este documento.
- 9.1.6** Es obligatorio para el laboratorio mantener los registros de las modificaciones realizadas a este método. Estos registros deben de incluir lo siguiente:
- La justificación por escrito de la necesidad de realizar modificaciones al método para esa prueba.
 - Resultados de todas las pruebas de CC comparadas del método modificado con el método original, dichos datos deben de incluir todos los parámetros mencionados en la sección de desempeño del método.
 - Información que permita a un evaluador externo validar cada determinación mediante el seguimiento de la información desde la recepción de la muestra hasta el resultado final. Lo anterior debe estar debidamente registrado e incluir, al menos los siguientes puntos:
 - Identificación de la muestra;
 - Número del lote analítico en el cual se analizó la muestra;
 - Fecha del análisis;
 - Procedimiento cronológico utilizado;
 - Cantidad de muestra utilizada;
 - Número de muestras de control de calidad analizadas en el lote;

- Trazabilidad de las calibraciones de los instrumentos de medición;
- Registros de bitácoras, en cintas magnéticas o en otros respaldos de información;
- Información cruda reportada por los equipos o por los analistas;
- Evidencia de la aceptación o rechazo de los resultados del lote analítico; y
- Los nombres, títulos, direcciones y número de teléfono de los analistas que ejecutaron los análisis y modificaciones y el encargado del control de calidad que presenció y verificó los análisis y sus modificaciones.

9.2 Demostración inicial de la capacidad del laboratorio:

9.2.1 Exactitud inicial del método.- Calcule la exactitud inicial del método de la siguiente forma:

9.2.1.1 Prepare a partir de un compuesto sólido con un punto de inflamación conocido una muestra, divida en diez porciones la muestra y realice el análisis completo en las mismas condiciones de operación y por el mismo analista.

9.2.1.2 Analice las diez muestras y registre los resultados.

9.2.1.3 Calcule el porcentaje de recuperación:

$$\%R = (VE / VR) * 100$$

Donde:

%R	es el porcentaje de recuperación
Valor Encontrado (VE)	es el valor medido de la muestra
Valor Real (VR)	es el valor asignado a la muestra

9.2.1.4 Calcule el promedio y la desviación estándar del %R.

9.2.1.5 Compare los valores de la media y la desviación estándar del %R con los que se presentan en la sección de desempeño del método.

9.2.1.6 Si los valores no cumplen con lo especificado, determine las causas y corrija los errores, documente adecuadamente las incidencias y acciones correctivas e inclúyalas en el EDIM.

9.2.1.7 Repita el procedimiento anterior hasta que se cumpla con las especificaciones de los criterios de aceptación de la sección de desempeño del método.

9.2.2 Precisión inicial del método.- Calcule la precisión inicial del método de la siguiente forma:

9.2.2.1 Con los resultados de las diez muestras de la sección anterior elabore una tabla donde se pongan los diez valores apareados (cinco renglones con dos valores apareados).

9.2.2.2 Calcule la diferencia porcentual relativa (DPR) con la siguiente ecuación:

$$DPR = 200 (X_1 - X_2)/(X_1 + X_2)$$

Donde:

DPR	es la diferencia porcentual relativa
X_1	es el valor medido de la muestra original
X_2	es el valor medido de la muestra duplicada.

9.2.2.3 Calcule la media aritmética del DPR.

9.2.2.4 Compare los valores de la media con los que se presentan en la sección de desempeño del método.

9.2.2.5 Si los valores no cumplen con los especificados, determine las causas y corrija los errores, documente adecuadamente las incidencias y acciones correctivas e inclúyalas en el EDIM.

9.2.2.6 Repita el procedimiento anterior hasta que se cumpla con las especificaciones de los criterios de aceptación de la sección de desempeño del método.

9.3 Cada lote analítico deberá estar compuesto de la siguiente forma:

1	Muestra de verificación del instrumento (MVI).
2	Muestra real No. 1
3	Muestra real No. 2
4	Muestra real No. 1 duplicada (MD)
5 a 12	Muestras reales Nos. 3 a 10
15	MCC No. 1
16	Muestra real No. 11
17	Muestra real No. 12
18	Muestra real No. 11 duplicada (MD)
19 a 26	Muestras reales Nos. 13 a 20, etc.

Para lotes mayores, debe analizarse al menos un 10% de MCC y 10% de MDs.

9.4 Muestras de control de calidad

9.4.1 Muestras duplicadas (MD): Son muestras reales o de CC que se preparan a partir de una misma matriz, la variación entre ellas solo es debida al error aleatorio de la pareja analista-método.

9.4.2 Muestras sintéticas de control de calidad (MCC): Son muestras preparadas en el departamento de control de calidad en las que se pueden seleccionar algunos materiales para hacer mezclas que se consideren como positivas a las pruebas de velocidad de ignición.

9.4.3 Muestra de verificación de la calibración inicial (MVCI): Se utiliza para verificar que la calibración sigue vigente a través de diferentes días de trabajo.

9.5 Control de calidad estadístico.- En esta sección se especifica como debe realizarse el control de calidad estadístico obligatorio para este método:

9.5.1 Gráficas de control de exactitud.- El laboratorio debe elaborar y mantener actualizadas las gráficas de control de exactitud para cada lote analizado a partir de la demostración inicial de desempeño. Para poder iniciar la gráfica, es necesario contar con al menos doce datos de muestras de MCC, antes de tener este número de datos, se pueden utilizar como criterio de aceptación y rechazo los límites encontrados en el estudio de desempeño inicial del método. Para elaborar la gráfica de control de exactitud deberá utilizarse el siguiente procedimiento:

9.5.1.1 Calcule el porcentaje de recuperación de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\%R = (VE / VR) * 100$$

Donde:

%R	es el porcentaje de recuperación
Valor Encontrado(VE)	es el valor medido de la muestra de CC
Valor Real(VR)	es el valor asignado a la muestra de CC.

9.5.1.2 Con al menos doce datos, calcule la media aritmética (X) y la desviación estándar para el %R.

9.5.1.3 Los límites de control son los siguientes:

a) Límite de control superior = $X + 2s$

- b) Límite de advertencia superior = $X + 1s$
- c) Límite de control inferior = $X - 2s$
- d) Límite de advertencia inferior = $X - 1s$

9.5.1.4 Construya una gráfica de control dibujando una línea paralela al eje de las abscisas (X), representando la media como una línea central y líneas paralelas a la línea central, representando los límites de control y los límites de advertencia superior e inferior.

9.5.1.5 Cada valor de exactitud obtenido de las MCC de cada lote analizado deberá graficarse y deberá estar dentro de los límites de control superior e inferior.

9.5.1.6 Si un valor de exactitud es mayor a $\pm 2s$, deberán rechazarse todos los resultados del lote analítico, determine las causas y corrija los errores, documente adecuadamente las incidencias y acciones correctivas en la bitácora del analista.

9.5.2 Gráficas de control de precisión.- El laboratorio debe elaborar y mantener actualizadas las gráficas de control de precisión para cada lote analizado a partir de la demostración inicial de desempeño. Para poder iniciar la gráfica, es necesario contar con al menos veinticuatro datos de muestras duplicadas, antes de tener este número de datos, pueden utilizarse como criterio de aceptación y rechazo los límites encontrados en el estudio de desempeño inicial del método. Para elaborar la gráfica de control de precisión deberá utilizarse el siguiente procedimiento:

9.5.2.1 Calcule la diferencia porcentual relativa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$DPR = 200 \left| X_1 - X_2 \right| / (X_1 + X_2)$$

Donde:

DPR	es la diferencia porcentual relativa
X_1	es el valor medido de la muestra original
X_2	es el valor medido de la muestra duplicada.
$ X_1 - X_2 $	es el valor absoluto de la diferencia de los dos datos

9.5.2.2 Con al menos doce datos de la DPR, calcule el promedio.

9.5.2.3 Determine los límites de control de la siguiente forma:

Límite Superior de Control (LSC) = 3,27R

Límite Superior de Advertencia (LSA) = 2,51R

Donde:

R es el promedio de las DPR calculadas

9.5.2.4 Construya una gráfica de control dibujando líneas paralela al eje-X, representando el LSA y el LSC.

9.5.2.5 Cada valor del DPR obtenido de las muestras duplicadas de cada lote analizado deberá graficarse y deberá ser menor que el LSC.

9.5.2.6 Si un valor de precisión es mayor a las especificaciones mencionadas en el inciso anterior, deberán rechazarse todos los resultados del lote analítico, determine las causas del problema y corrija los errores, documente adecuadamente las incidencias y acciones correctivas e inclúyalas en la bitácora del analista.

9.6 Validación de modificaciones del método o de métodos alternos.- Para validar las modificaciones que se efectúen a este método o para la utilización de métodos alternos deberá seguirse el siguiente procedimiento:

9.6.1 Si se realizan modificaciones al presente método, deberán validarse de acuerdo a lo que se presenta en el inciso 9.2.

9.6.2 Si se utiliza un método alternativo cuya fuente sea un método estandarizado por alguna Institución de carácter internacional o reconocida internacionalmente (p.e. ASTM, USEPA, AOAC, Standard Methods, DIN, OMS Environment Canada, etc.) siga el mismo procedimiento que se presenta en el inciso 9.2.

9.6.3 Si se utiliza algún método no estandarizado, deberá evidenciarse, además de los parámetros mencionados en el inciso 9.2, los parámetros de robustez, reproducibilidad y especificidad los cuales solo pueden evaluarse mediante estudios interlaboratorios.

9.7 Dependiendo de los requerimientos del programa específico de CC de algún proyecto, pueden requerirse muestras dobles de campo, para evaluar la precisión y exactitud del muestreo y las técnicas de transportación de la muestra y otras muestras especiales de control de calidad como muestras adicionadas y muestras adicionadas duplicadas para verificar las interferencias de matriz.

9.8 Todas las pruebas deben realizarse en placas o platos limpios con cubierta de cerámica o algún otro material no flamable.

9.9 Las replicas deben correrse a la misma temperatura inicial en que se realizan los análisis.

9.10 Solo las muestras que tienen un tamaño de partícula homogéneo se pueden usar como replicas.

9.11 La prueba de inflamación se realiza por triplicado solo si se efectuó la prueba preliminar y se obtuvo un resultado positivo, cualquier muestra no metálica que exceda los 2,2 mm/s o un tiempo de inflamación menor de 45 s por 100 mm es considerada como positiva. Para muestras metálicas una velocidad de inflamación mayor de 0,17 mm/s o un tiempo de inflamación menor de 10 min por 100 mm se considera como positiva.

10 PROCEDIMIENTO

10.1 Prueba preliminar.

10.1.1 La prueba preliminar de inflamabilidad se aplica a todos los residuos. Se puede improvisar una placa con cubierta cerámica, hacer una marca sobre la placa de 250 mm de longitud con un marcador resistente al calor para depositar la muestra. Hacer otra marca exactamente a 200 mm del inicio de la marca de la muestra.

10.1.2 Preparar el material a analizar

10.1.2.1 Con la muestra se forma una franja uniforme de 250 mm de longitud por 200 mm de ancho y 10 mm de alto sobre la placa. Usar el molde que se indica en figura No. 1 para darle forma a la muestra.

10.1.2.2 Llevar la placa con la muestra al interior de la campana, a una distancia de 20 cm de la parte frontal de la campana, la posición de la muestra debe ser perpendicular al flujo del aire, el flujo del aire debe ser constante y suficiente para prevenir que los humos producidos escapen al interior del laboratorio. La velocidad de aire debe ser aproximadamente de 0,7 m/s. Medir la velocidad del aire con un anemómetro.

10.1.3 Encender el mechero bunsen y ajustar la altura de la flama a 6,5 cm – 7,5 cm, medir la temperatura de la flama (se debe medir en la punta) con un termopar, la temperatura de la flama debe ser menor a 1 000°C.

10.1.4 Colocar la punta de la flama en uno de los extremos de la franja de la muestra. El período de la prueba depende de la matriz de la muestra:

10.1.5 Si el residuo no es metálico, mantener la punta de la flama sobre la muestra hasta que la muestra se inflame o por un máximo de 2

min. Si la combustión ocurre empezar a contar el tiempo con un cronómetro, registrar la combustión propagada hasta los 200 mm marcados entre los dos min del período de la prueba.

10.1.6 En el caso de que el residuo sea un metal o una mezcla de polvo y metal, colocar la punta de la flama sobre la muestra hasta que se inflame o por un período máximo de cinco min. Si la combustión ocurre, empezar a contar el tiempo con un cronómetro y registrar la combustión propagada hasta los 200 mm marcados entre los dos minutos del período de la prueba entre los 20 min del período de la prueba.

10.1.7 Si la muestra no se inflama y no se propaga la combustión con la flama a lo largo de los 200 mm de la franja de la muestra en un período de dos min o 20 min para polvos con metales, el residuo se considera no flamable y no se requiere de pruebas posteriores. Si el residuo propagó flama en la franja de la muestra en el período indicado, el material debe ser evaluado por la prueba de velocidad de inflamabilidad.

10.2 Prueba de velocidad de inflamabilidad

10.2.1 La preparación de la muestra para esta prueba depende de las características físicas del residuo. Residuos granulares o en polvo son preparados en un molde que se presenta en la figura 1. Los materiales pastosos son moldeados en forma de una cuerda de 250 mm de longitud con una sección de cruce de 1 cm². Todas las pruebas se realizan en platos cerámicos limpios a temperatura ambiente.

10.2.2 Se pueden implementar placas con cubierta cerámica, marcadas para depositar una franja de 250 mm de muestra. Hacer otras dos marcas de tiempo a 80 mm y 180 mm desde el inicio de la franja de la muestra. La distancia entre las dos marcas debe ser de 100 mm y puede ser usada para calcular la relación de inflamabilidad.

10.2.3 Ajustar los lados de los platos a los moldes, para materiales en polvo o granulares colocar el molde sobre la base del plato, verter lentamente el material hasta llenar la sección triangular de cruce.

10.2.4 Bajar la unidad a una altura de 2 cm dentro de la superficie del sólido tres veces para sellar el polvo. Remover los lados del soporte. Levantar el molde de la base del plato, desmoldar la muestra sobre un plato de cerámica limpio.

10.2.5 Los residuos pastosos son preparados extendiendo el residuo sobre la placa o plato de cerámica marcado en forma de cuerda de 250 mm de longitud con una sección de cruce de 1 cm².

- 10.2.6** Colocar la placa de cerámica con la muestra dentro de la campana de flujo laminar a una distancia frontal de 20 cm, debe colocarse en el área del flujo del aire. La posición de la muestra es perpendicular al flujo del aire el cual debe ser de aproximadamente 0,7 m/s. Medir la velocidad del aire con un anemómetro.
- 10.2.7** Encender el mechero bunsen y ajustar la altura de la flama a 6,5 cm – 7,5 cm. Medir la temperatura de la flama con un termopar (la medición se efectúa en la punta de la flama). La temperatura de la flama debe ser menor a 1 000°C.
- 10.2.8** Aplicar la punta de la flama a uno de los extremos de la muestra para su ignición como se describe en los incisos 10.1.4 y 10.1.5.
- 10.2.9** Cuando la muestra se enciende por arriba de los 80 mm marcados, se mide el tiempo en relación a la combustión, detener la cuenta de tiempo cuando la franja encendida alcance la marca de tiempo de 180 mm.
- 10.2.10** Registrar el tiempo en segundos requerido para encenderse los 100 mm de muestra. Calcular la relación de encendido dividiendo la longitud de muestra encendida (100 mm) y el tiempo total en segundos. Los resultados de la prueba deben ser reportados en mm/s. Los residuos que tienen una relación de encendido mayor de 2,2 mm/s (o un tiempo de encendido menor de 45 s por 100 mm) se considera que tienen un resultado positivo de inflamabilidad. Para metales, este tiempo es de 10 min o menos para los 100 mm (o a una relación mayor de 0,17 mm/s).

11 CÁLCULOS

Cálculos y reporte, la hoja de reporte debe contener la siguiente información:

- Origen del material: por ejemplo; compañía, operación o proceso;
- Descripción del material: por ejemplo; polvo o pasta, metálico o no metálico;
- Tamaño de partícula: por ejemplo; polvo, granular, arenoso;
- Prueba preliminar: tiempo en segundos de inflamabilidad;
- Condiciones de prueba;
- Fecha de análisis;

- Temperatura de la muestra °C; y
- Flujo del aire en la campana (m/s).

Tabla 1.- Reporte de la prueba de velocidad de inflamabilidad

Número de prueba	Tiempo (s) transcurrido entre la aplicación de la flama y el inicio de ignición	Tiempo de encendido sobre los 100 mm	Relación de ignición	Comentarios
1				
2				
3				

12 DESEMPEÑO DEL MÉTODO

12.1 Un laboratorio validó el método de velocidad de inflamación utilizando los siguientes materiales para la evaluación:

- Una mezcla 50/50 de silicón metálico y dióxido de plomo (PbO₂);
- Excelsior (viruta de madera);
- Dextrin (polvo amarillo);
- Sulfuro(polvo fino amarillo);
- Aluminio en metal;
- Magnesio en metal;
- Polietileno de alta densidad (granular);
- Polietileno de baja densidad (polvo fino);
- Fertilizante; y
- Suelo contaminado.

12.2 De los materiales antes mencionados, la mezcla 50/50 de silicón metálico y dióxido de plomo, sulfuro elemental y el excelsior se

consideraron como pruebas positivas de inflamabilidad bajo las condiciones de la prueba, los demás materiales dieron resultados negativos a la prueba de inflamabilidad. En las pruebas se manejaron diferentes variables como fuente de ignición, temperatura ambiente, orientación del aparato donde se realiza la prueba.

13 MANEJO DE RESIDUOS

Es la responsabilidad del laboratorio cumplir con todos los reglamentos federales, estatales y locales referentes al manejo de residuos, particularmente las reglas de identificación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.

14 VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de su declaratoria de vigencia en el **Diario Oficial de la Federación**.

15 BIBLIOGRAFÍA

- USEPA "Test Methods for the Evaluation of Solid Wastes" 4th Revision, 1998, Method 1030 "Ignitability of solids".

16 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no coincide con ninguna norma internacional, debido a que no existe norma internacional sobre el tema tratado al momento de su elaboración.

17 TABLAS Y FIGURAS

Tabla 2.- Resultados de las pruebas de validación

Material de prueba	Número de prueba	Combinación de variables	Tiempo de ignición en 100 mm (s)	Relación de ignición (mm/s)
Mezcla 50/50 de silicón metálico y PbO ₂	1	ABC	0,84	119
	2	Abc	0,50	200
	3	aBc	0,69	145
	4	abC	0,65	154
Excelsior	1	ABC	13,45	7,43

(Virutas de madera)	2	Abc	9,14	10,9
	3	aBc	13,37	7,47
	4	abC	13,59	7,36

Donde:

A es la flama de ignición

a es el alambre caliente como fuente de ignición

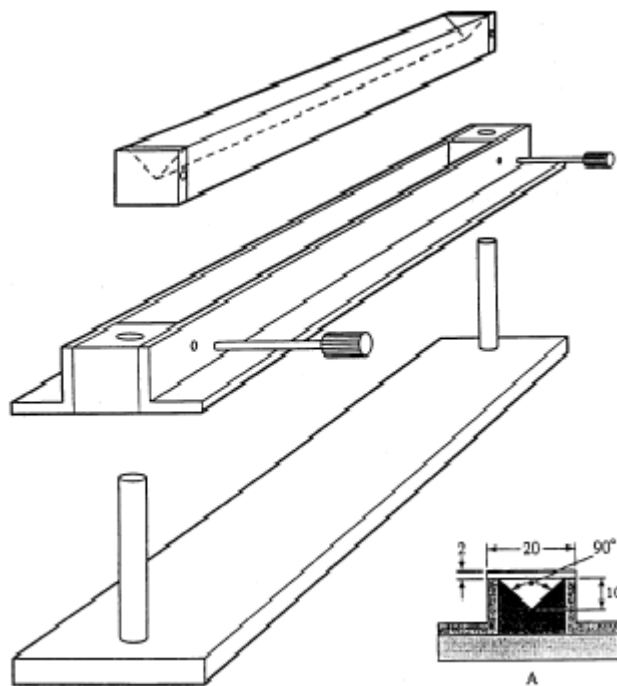
B es la temperatura ambiente en que se realiza la prueba 20°C

b es la temperatura ambiente en que se realiza la prueba 100°C

C es la orientación del aparato de prueba en relación al flujo de aire 90°C

c es la orientación del aparato de prueba en relación al flujo de aire 0°C

Figura 1.- Molde para la prueba de inflamabilidad en residuos sólidos



México, D.F., a 06 de diciembre de 2012

El Director General, **CHRISTIAN TURÉGANO ROLDÁN**.- Rúbrica.