

# AEA

Asociación Española del Aluminio  
y Tratamientos de Superficie



Estudio elaborado por:



*Ensayos de comportamiento al fuego de tres materiales  
(Aluminio, madera y PVC) para comparar la densidad de  
humos generados y la toxicidad de los gases emitidos  
durante la combustión de los mismos*



## INFORME DE ENSAYO

Nº ASUNTO/INFORME: P-16-18385/1

CLIENTE: **ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DEL ALUMINIO**

DIRECCIÓN: c/ Príncipe de Vergara, 74 -3ª Planta  
28006 MADRID

MATERIAL ENSAYADO: 3 MATERIALES (PVC, ALUMINIO Y MADERA)

FECHA DE RECEPCIÓN: 26.05.16 y 14.06.16

FECHA DE REALIZACIÓN: 16.06.16

Nº TOTAL DE HOJAS

21

(INCLUIDA LA PRESENTE)

Los resultados del ensayo sólo se refieren al material sometido a ensayo.

Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de GAIKER, excepto cuando lo sea de forma íntegra. En el supuesto de que el cliente precise un dictamen pericial para su utilización en juicio, podrá solicitarlo adicionalmente, presupuestándose de manera independiente el importe y los gastos asociados.



Iratxe Zuazola  
Coordinadora de E+C  
Zamudio, a 1 de Diciembre de 2016

## MATERIALES

Se han recibido de la **ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DEL ALUMINIO** muestras de tres materiales distintos (PVC, aluminio y madera). Dichas muestras se mecanizan con el fin de obtener probetas planas de 75 mm x 75 mm y espesor entre 1,9-2,2 mm. Es importante que las probetas a ensayar presenten un espesor parejo con el fin de que los resultados obtenidos sean comparables.

Las muestras han sido referenciadas por el solicitante de ensayo y codificadas internamente como se indica a continuación:

### Su referencias:

PVC  
ALUMINIO  
MADERA

### Nuestras referencias:

P-16-18385-A-1  
P-16-18385-A-2  
P-16-18385-A-3

## ENSAYOS Y EQUIPOS

Se ha solicitado la realización de ensayos de comportamiento al fuego con el fin de comparar la densidad de los humos generados y la toxicidad de los gases emitidos durante la combustión de los distintos materiales. Para ello se han llevado a cabo los siguientes ensayos:

- Plásticos. Generación de humos. Parte 2: Determinación de la densidad óptica mediante el ensayo en una cámara simple s/n ISO 5659-2: 2012.
- Aplicaciones ferroviarias. Protección frente al fuego en vehículos ferroviarios. Parte -2: Requerimientos de comportamiento al fuego de materiales y componentes. Anexo C: Método de ensayo para la determinación de los gases tóxicos en productos ferroviarios. Método de la cámara de humos, s/n EN 45545-2: 2013 + A1:2015. Anexo C. Método 1.





Estos dos ensayos se realizan de forma simultánea y en las siguientes condiciones:

- a) la radiación que sufre la superficie de la probeta es de  $50 \text{ kW/m}^2$ ,
- b) la distancia entre la superficie de la probeta y el foco radiante es de 25 mm y no se aplica llama piloto,
- c) se ha procedido al análisis mediante espectroscopía de infrarrojos (FTIR) de una fracción de los gases producidos a diferentes tiempos del ensayo: 4 min, 8 min, 12 min, 16 min y 20 min,
- d) el ensayo tiene una duración de 1200 s,
- e) el producto se ensaya, una vez envuelto en film de aluminio, soportado sobre una placa de material no combustible tipo silicato cálcico de 12,5 mm de espesor. El conjunto se apoya sobre fibra refractaria de baja densidad,
- f) los espesores de las probetas se ajustan entre 1,9 y 2,2 mm con el fin de que los resultados obtenidos sean comparables,
- g) se utiliza una rejilla con el fin de que el material ensayado no se distorsione durante el ensayo debido a la radiación recibida (ver fotos del anexo),
- h) se analizan los 30 gases disponibles en la biblioteca del FTIR modelo Gasmeter CX-400, teniendo en cuenta el límite de detección de 15 ppm para todos los gases excepto para el CO<sub>2</sub> (300 ppm),
- i) se ensaya una única probeta de cada uno de los cuatro materiales analizados.

Los principales equipos utilizados para la realización de los ensayos han sido los siguientes:

- Cámara de humos (MT FU 0054) y todos sus accesorios.
- FTIR modelo Gasmeter CX-400 que opera con el software de análisis Calcmeter STD&PRO. Versión 11.11 y todos sus accesorios (MT FU 0059) y con la capacidad de operar conjuntamente con la cámara de humos (MT FU 0054).
- Balanza (MT LB 0224), cronómetro (MT FU 0029) y calibre pie de rey (MT FU 0037)

**NOTA:**

*Previo a los ensayos realizados las probetas se someten a un acondicionamiento a  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $50 \pm 5\%$  de humedad relativa hasta conseguir peso constante según las citadas normas.*

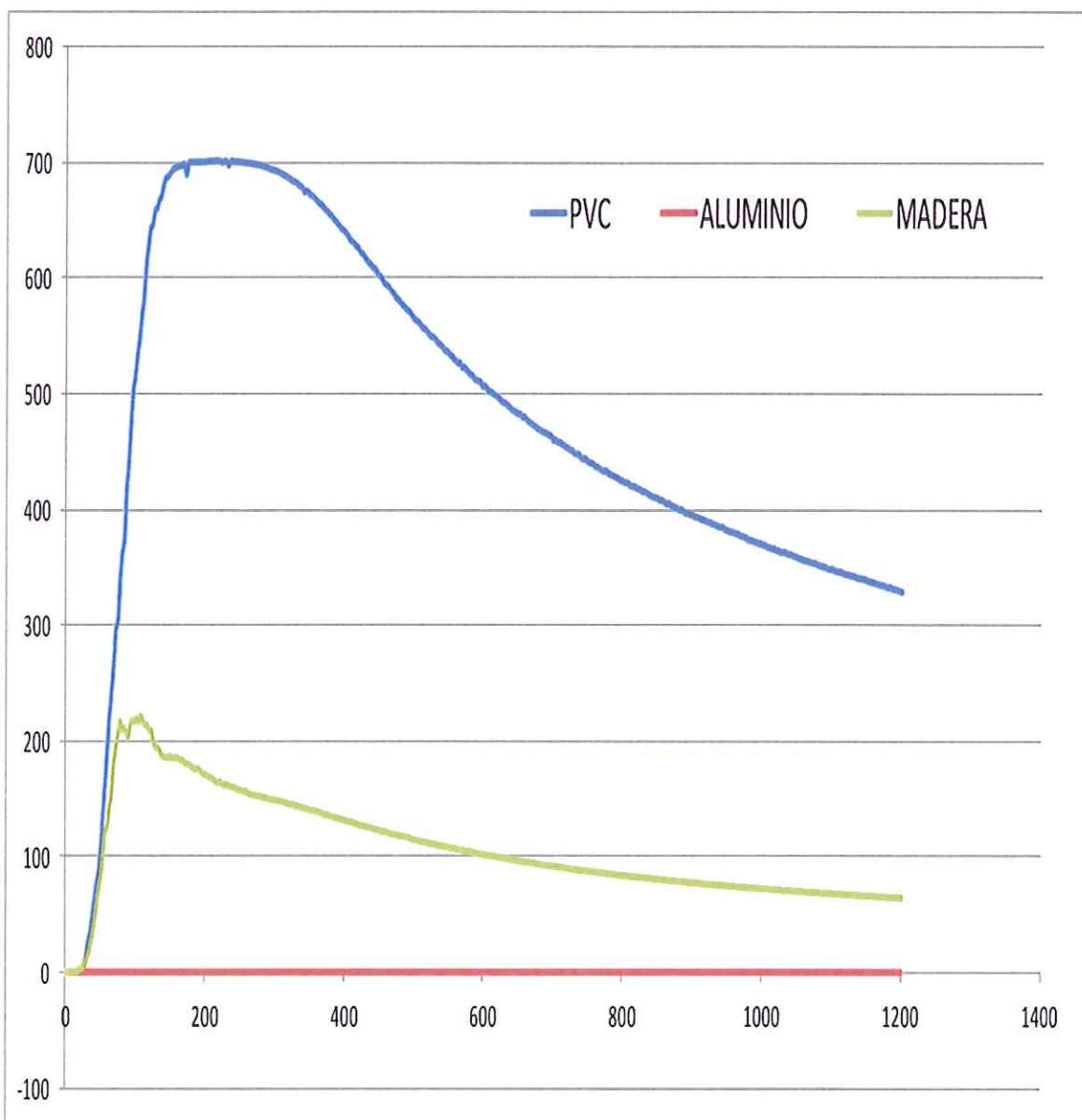
*Las probetas se preparan siguiendo las directrices de las normas de ensayo.*

### RESULTADOS

Los resultados obtenidos se resumen en las siguientes tablas:

#### Ensayo de densidad óptica de humos s/n ISO 5659-2:2012

En la siguiente gráfica se aprecia la evolución de la densidad óptica de humos a lo largo de los 20 minutos de ensayo (Ds vs t(s)):



En la siguiente tabla se resumen los parámetros obtenidos del ensayo de densidad de humos.

Parámetro	PVC	ALUMINIO	MADERA
Espesor (mm)	2,2	1,9	2,2
Masa (g)	16,95	25,68	9,06
Tiempo de ignición (s)	-	-	75
Tiempo de extinción (s)	-	-	327
Ds(1): Densidad al minuto 1	194	0	127
Ds(2): Densidad al minuto 2	643	0	210
Ds(3): Densidad al minuto 3	700	0	178
Ds(4): Densidad al minuto 4	700	0	161
VOF4 (min) (*)	1886	1	595
Dm: Densidad máxima	701	1	222

(\*)  $VOF4$  (valor de oscurecimiento en los primeros 4 minutos de ensayo) =  $Ds(1) + Ds(2) + Ds(3) + Ds(4)/2$





### Ensayo de toxicidad de gases s/n EN 45545-2:2013 + A1:2015. Anexo C. Método 1

En la siguiente tabla se resume, cualitativamente, la detección de los distintos gases analizados.

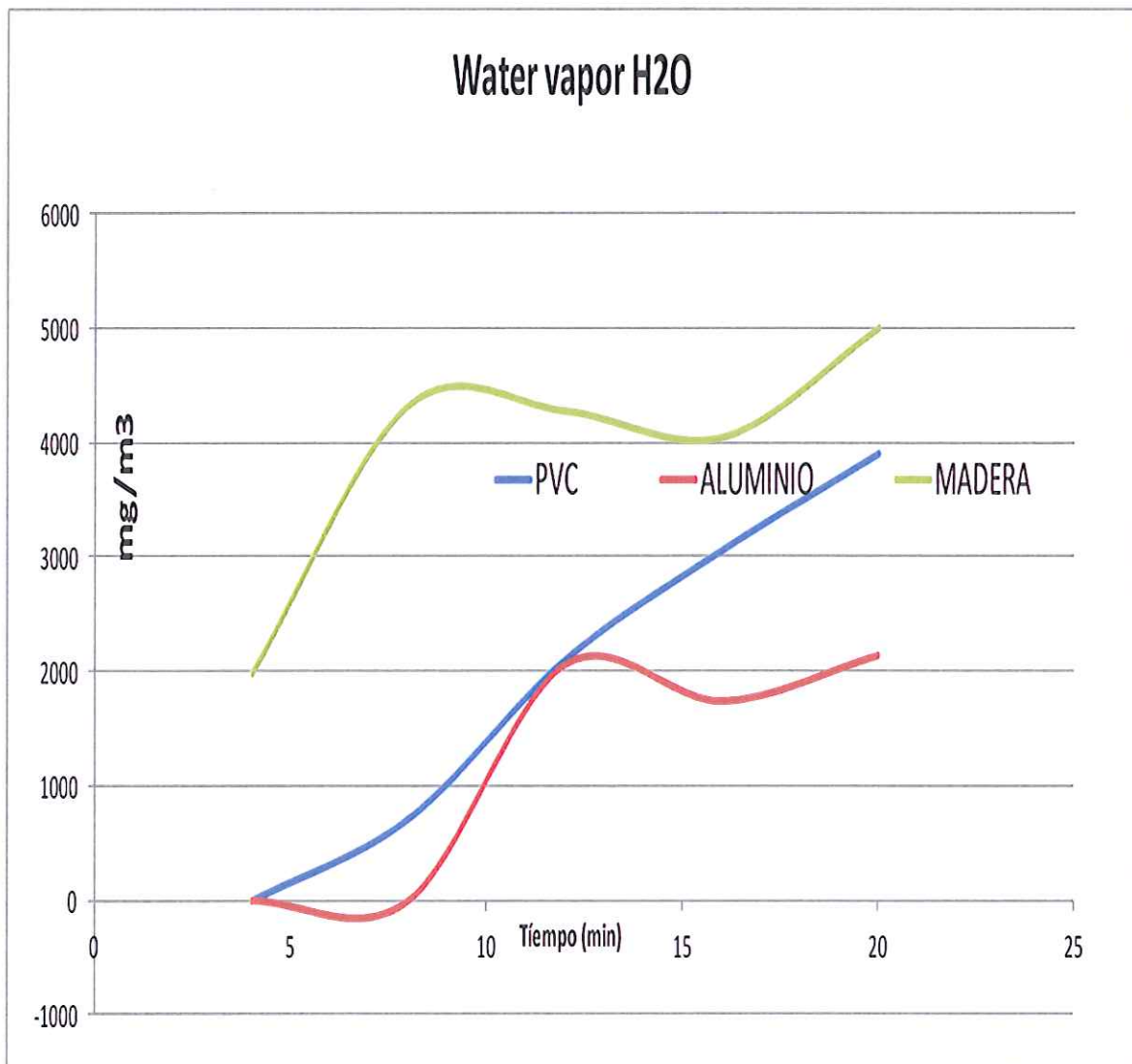
GAS	PVC	ALUMINIO	MADERA
Vapor de agua (H <sub>2</sub> O)	SI	SI	SI
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	SI	SI	SI
Monóxido de carbono (CO)	SI	SI	SI
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	SI	n.d	n.d
Ácido clorhídrico (HCl)	SI	n.d	n.d
Metano (CH <sub>4</sub> )	SI	n.d	SI
Etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	SI	n.d	n.d
Formaldehído (CHOH)	SI	n.d	SI
Etileno (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	SI	n.d	n.d
Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O)	SI	n.d	SI
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	SI	n.d	SI
Clorobenceno (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl)	SI	n.d	n.d
Óxido de nitrógeno (N <sub>2</sub> O)	n.d	n.d	n.d
Monóxido de nitrógeno (NO)	n.d	n.d	n.d
Ácido cianhídrico (HCN)	n.d	n.d	n.d
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	n.d	n.d	n.d
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	n.d	n.d	n.d
Ácido fluorhídrico (HF)	n.d	n.d	n.d
Propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	n.d	n.d	n.d
Hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	n.d	n.d	n.d
Acetileno (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	n.d	n.d	n.d
Propeno (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	n.d	n.d	n.d
Tolueno (C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )	n.d	n.d	n.d
Estireno (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> )	n.d	n.d	n.d
Etilbenceno (C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> )	n.d	n.d	n.d
Ácido Acético (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )	n.d	n.d	n.d
Acroleína (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O)	n.d	n.d	n.d
Acetona (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	n.d	n.d	n.d
Metanol (CH <sub>4</sub> O)	n.d	n.d	n.d
Fenol (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O)	n.d	n.d	n.d
Ácido bromhídrico (HBr)	n.d	n.d	n.d

NOTA: n.d: No detectado. Límite de detección de los gases: 15 ppm para todos los gases excepto para el CO<sub>2</sub> que es de 300 ppm

En las siguientes tablas y gráficas se recogen las concentraciones, en mg/m<sup>3</sup>, de cada uno de los gases detectados para cada uno de los 3 materiales analizados (PVC, aluminio y madera) a los 4, 8, 12, 16 y 20 minutos de ensayo.

**Vapor de agua (H2O)**

Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	n.d	718	2108	3069	3914
ALUMINIO	n.d	n.d	2066	1749	2148
MADERA	1981	4330	4279	4049	5006

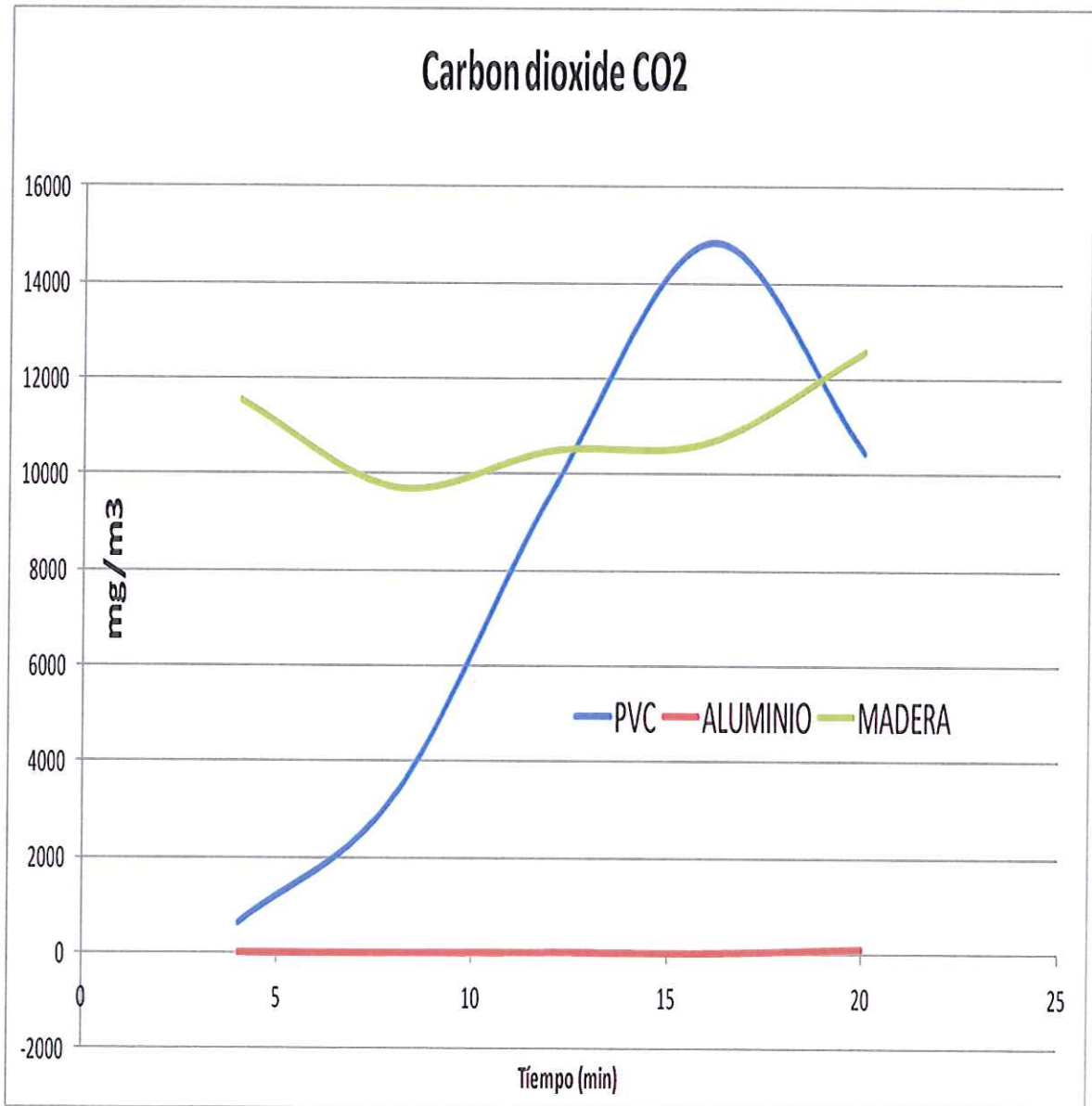






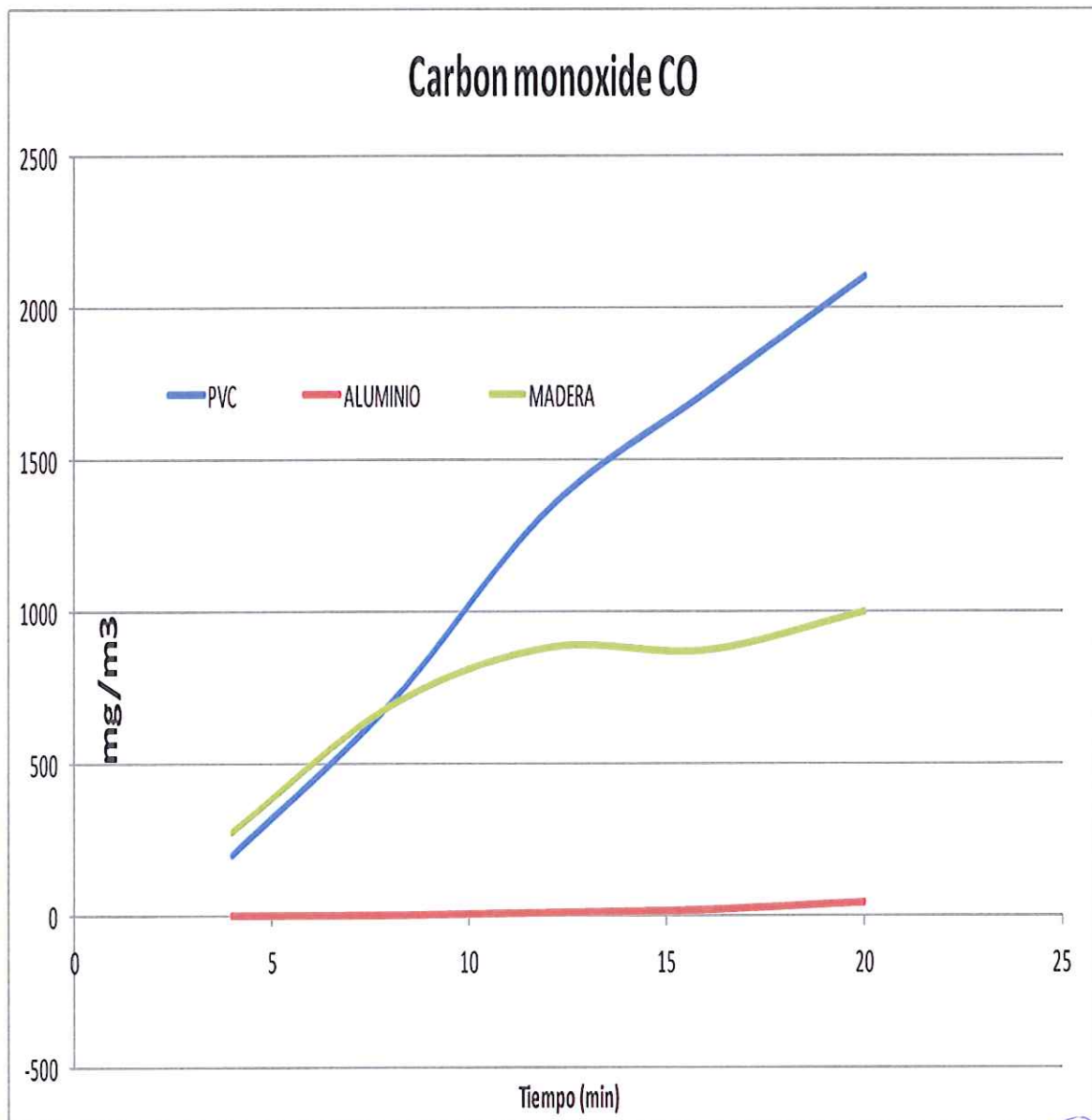
**Dióxido de carbono (CO2)**

Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	629	3289	9680	14864	10480
ALUMINIO	n.d	n.d	22	13	116
MADERA	11533	9735	10500	10683	12557



**Monóxido de carbono (CO)**

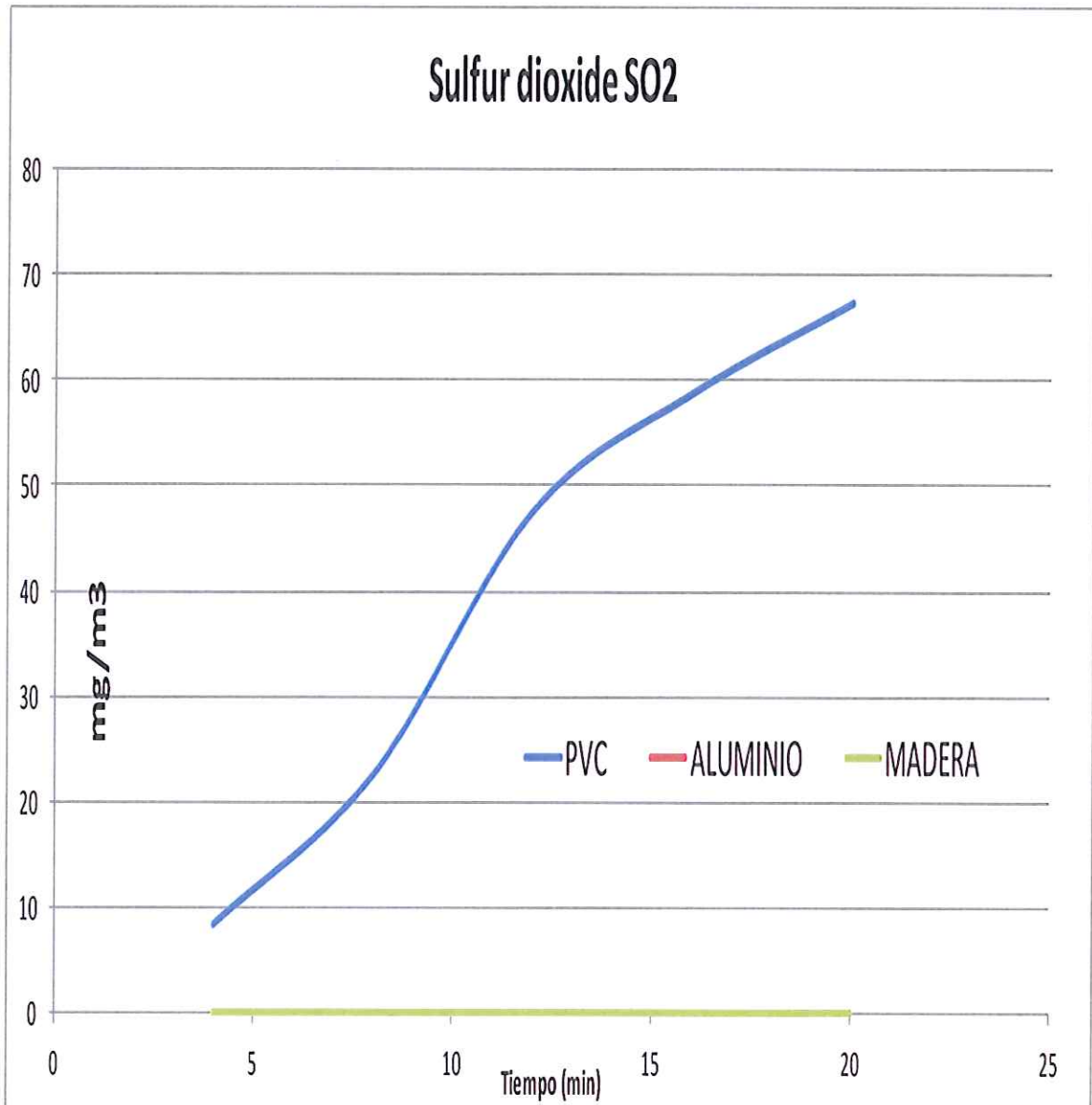
Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	195	698	1337	1726	2108
ALUMINIO	n.d	n.d	6	15	38
MADERA	274	689	882	873	1001





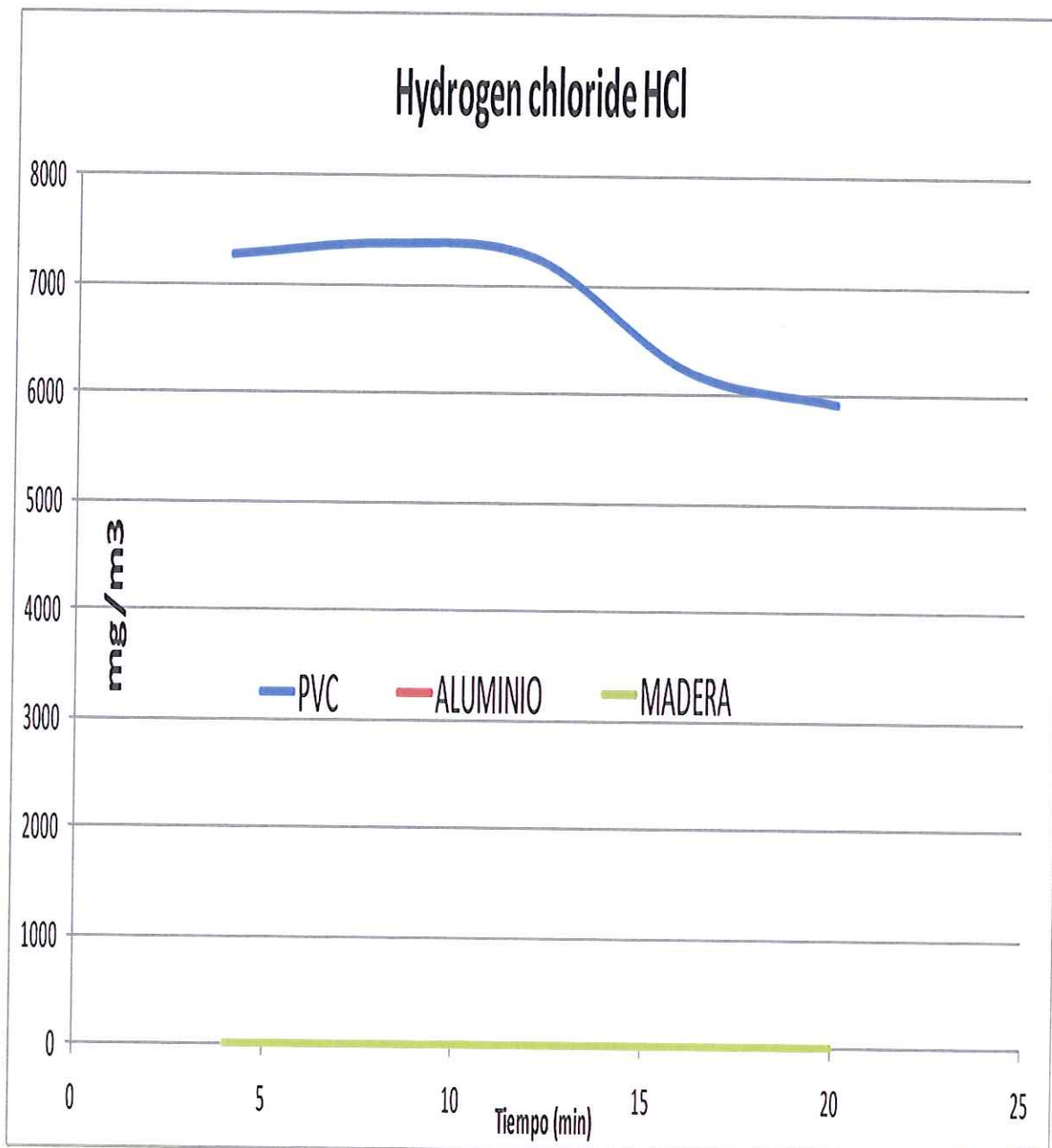
**Dióxido de azufre (SO2)**

Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	8	23	48	59	67
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d



**Ácido clorhídrico (HCl)**

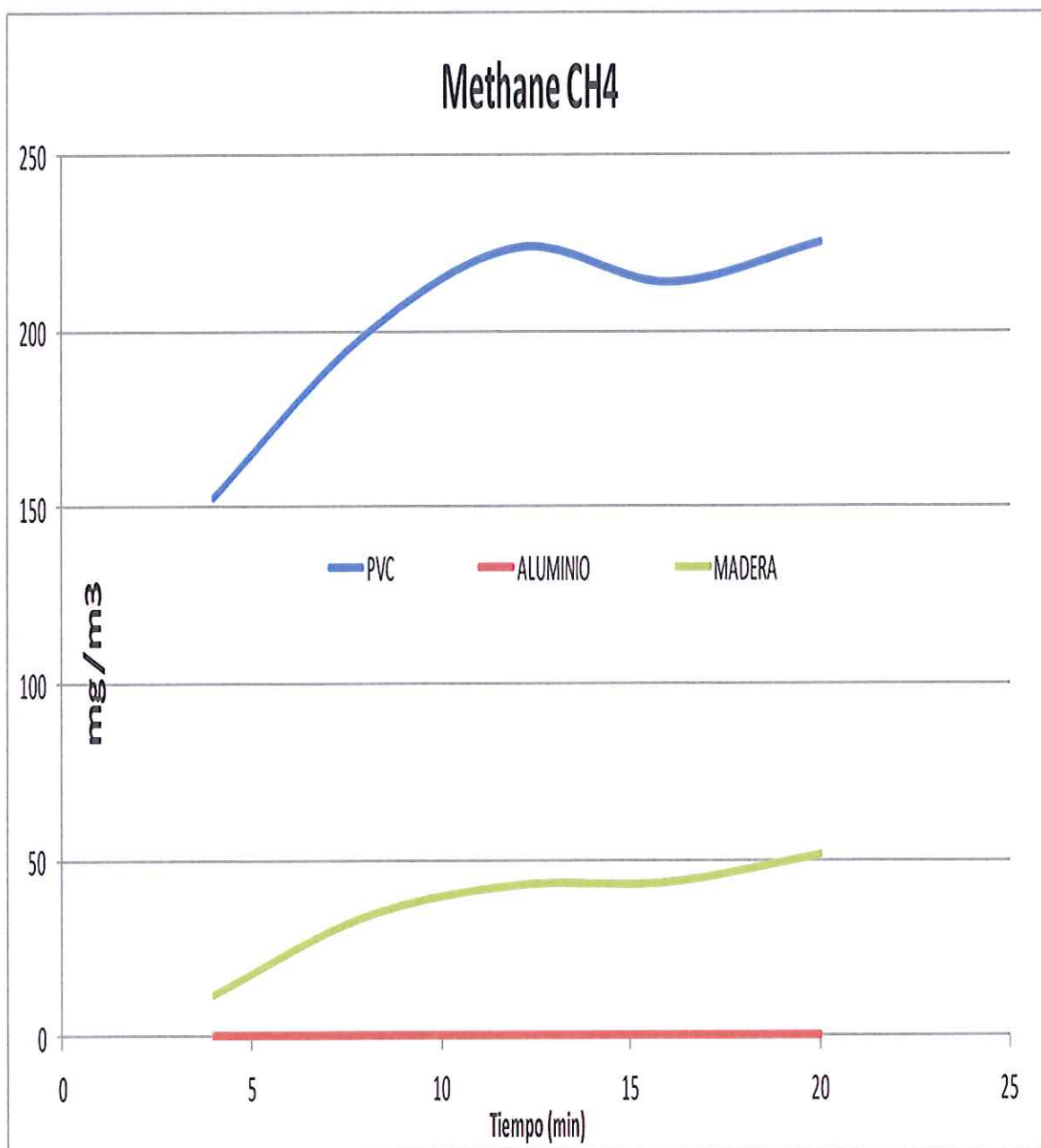
Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	7257	7367	7238	6211	5908
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d





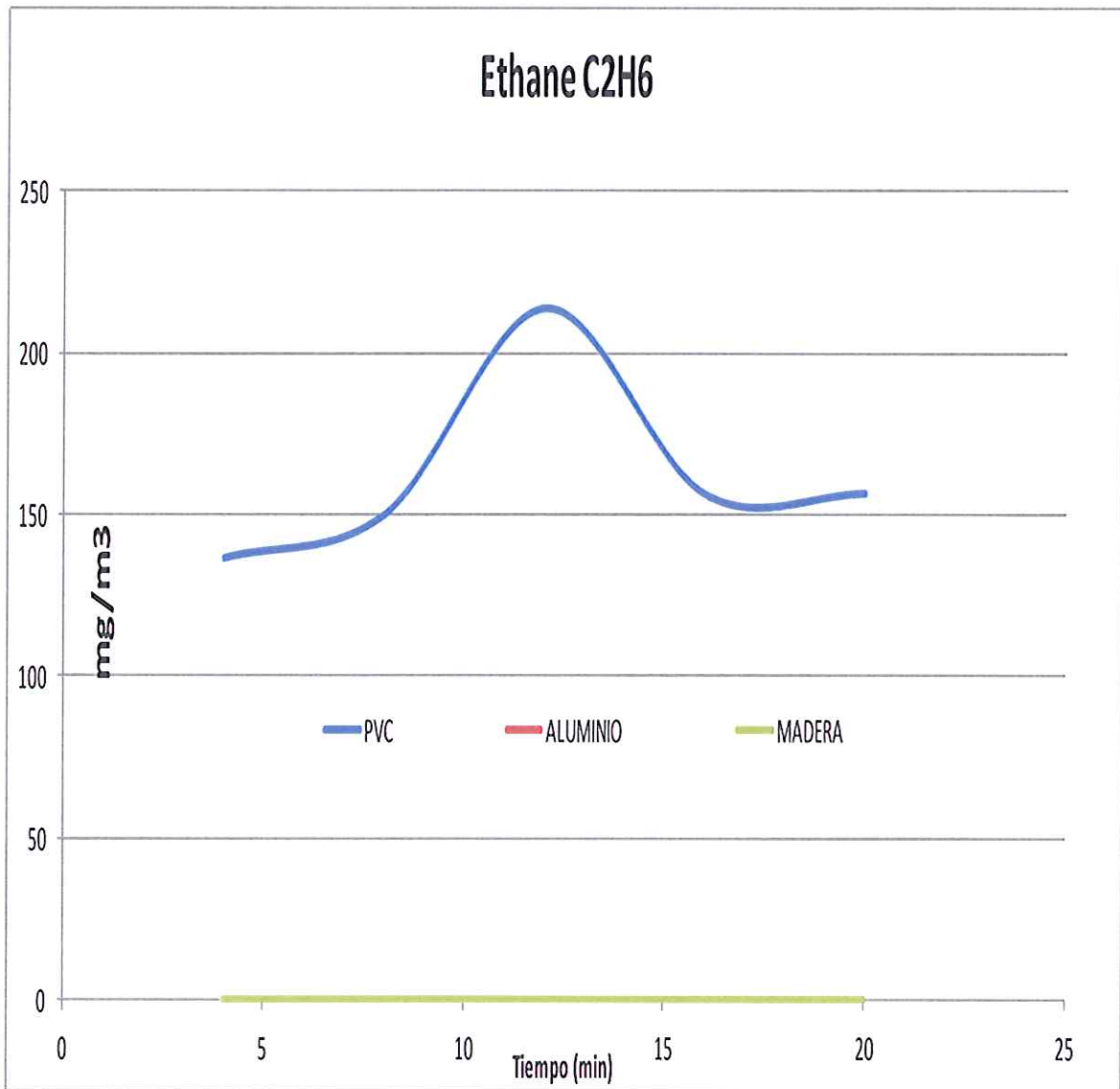
**Metano (CH4)**

Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	153	199	224	214	225
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	12	34	43	43	51



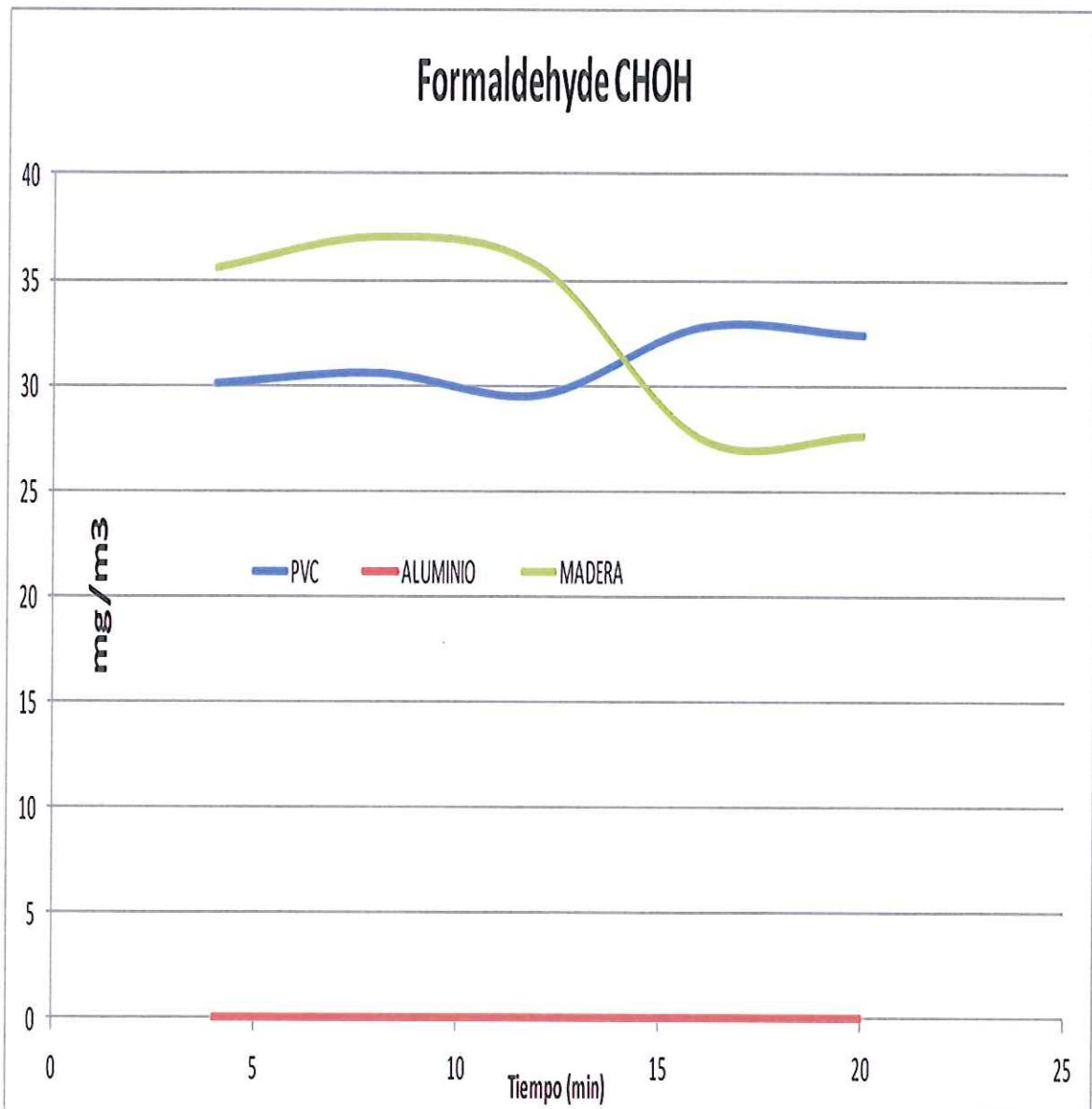
**Etano (C2H6)**

Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	136	150	214	156	156
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d



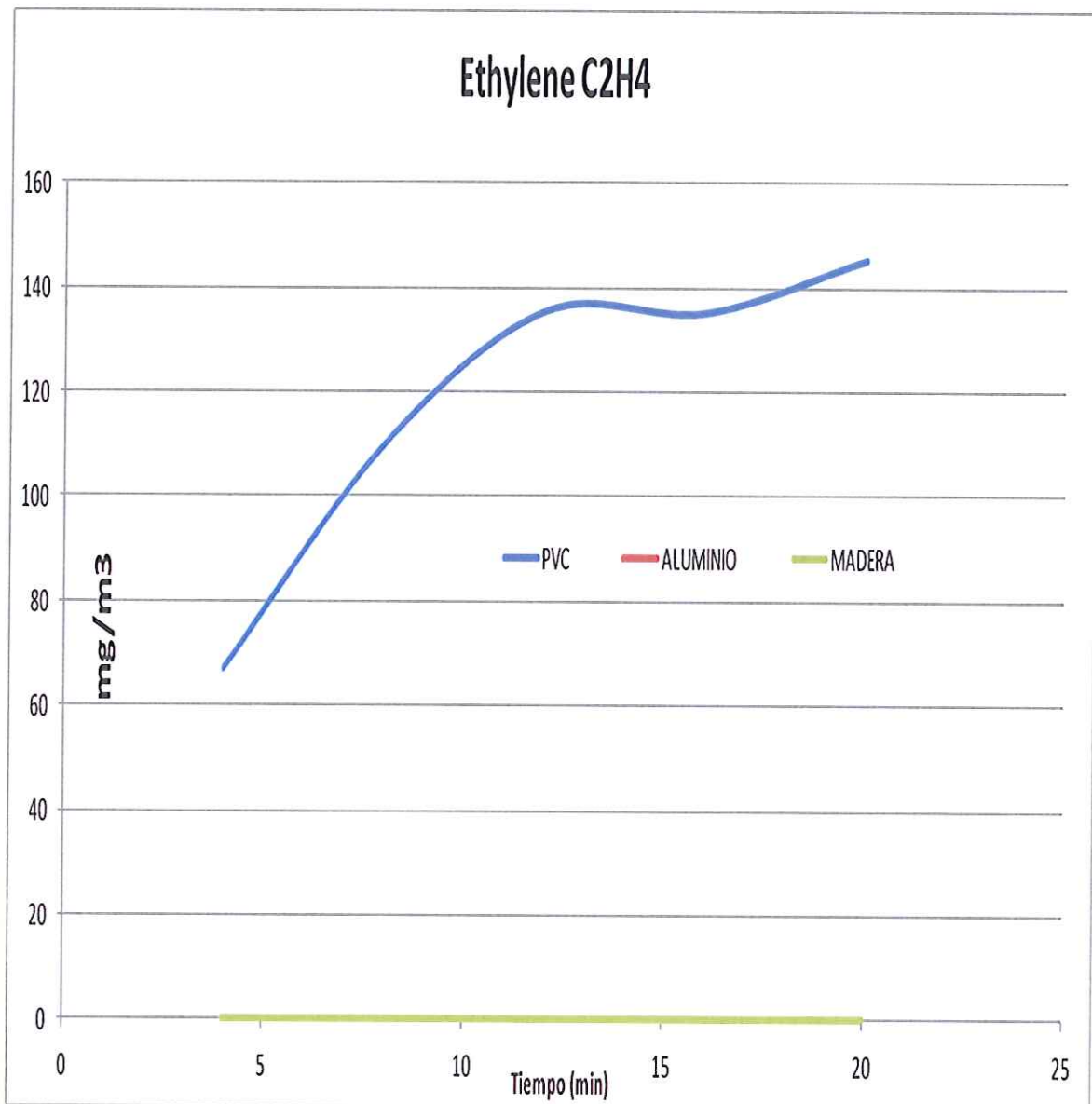
**Formaldehído (CHOH)**

Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	30	31	30	33	32
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	36	37	36	27	28



**Etileno (C2H4)**

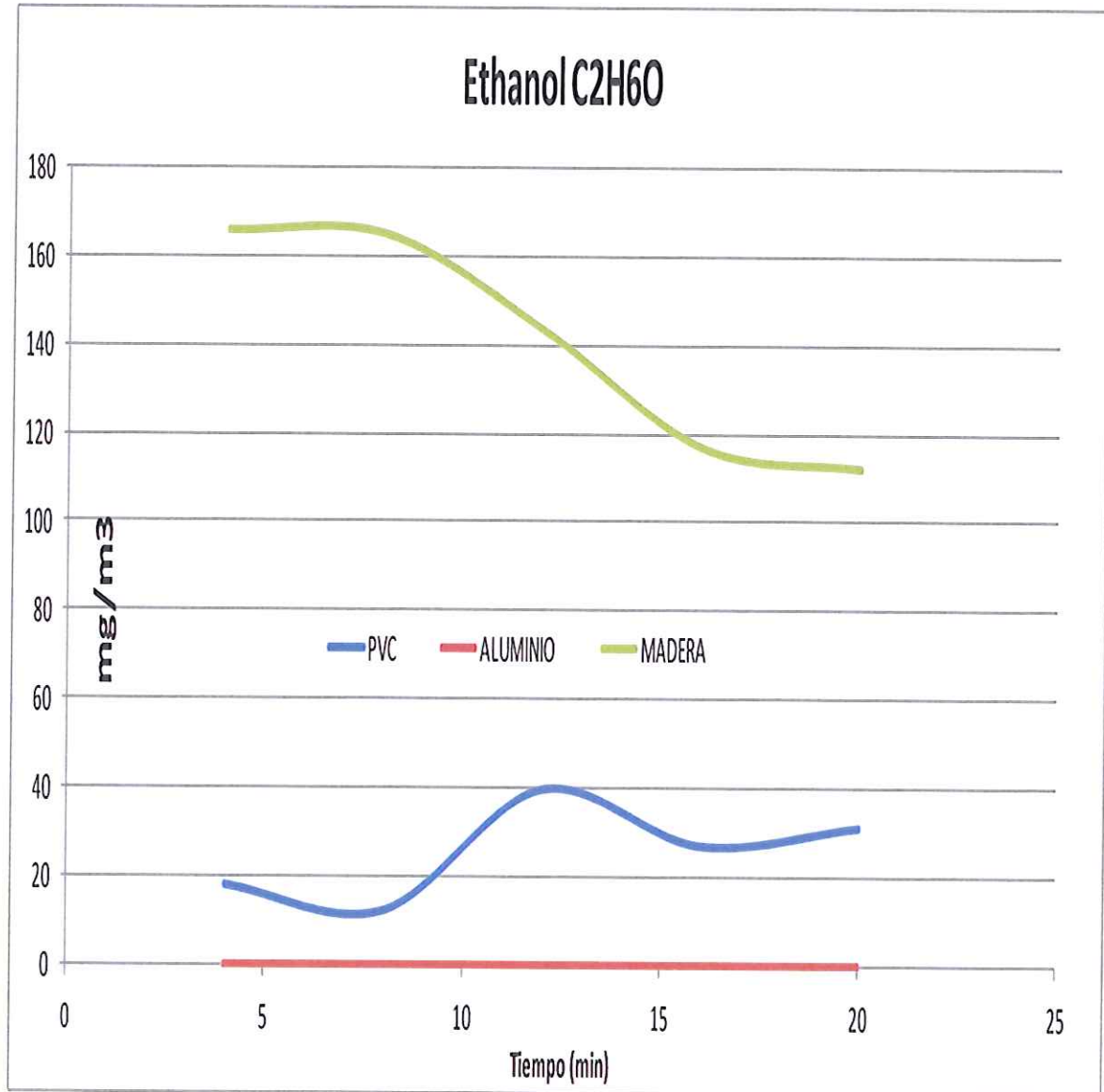
Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	67	110	136	135	145
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d





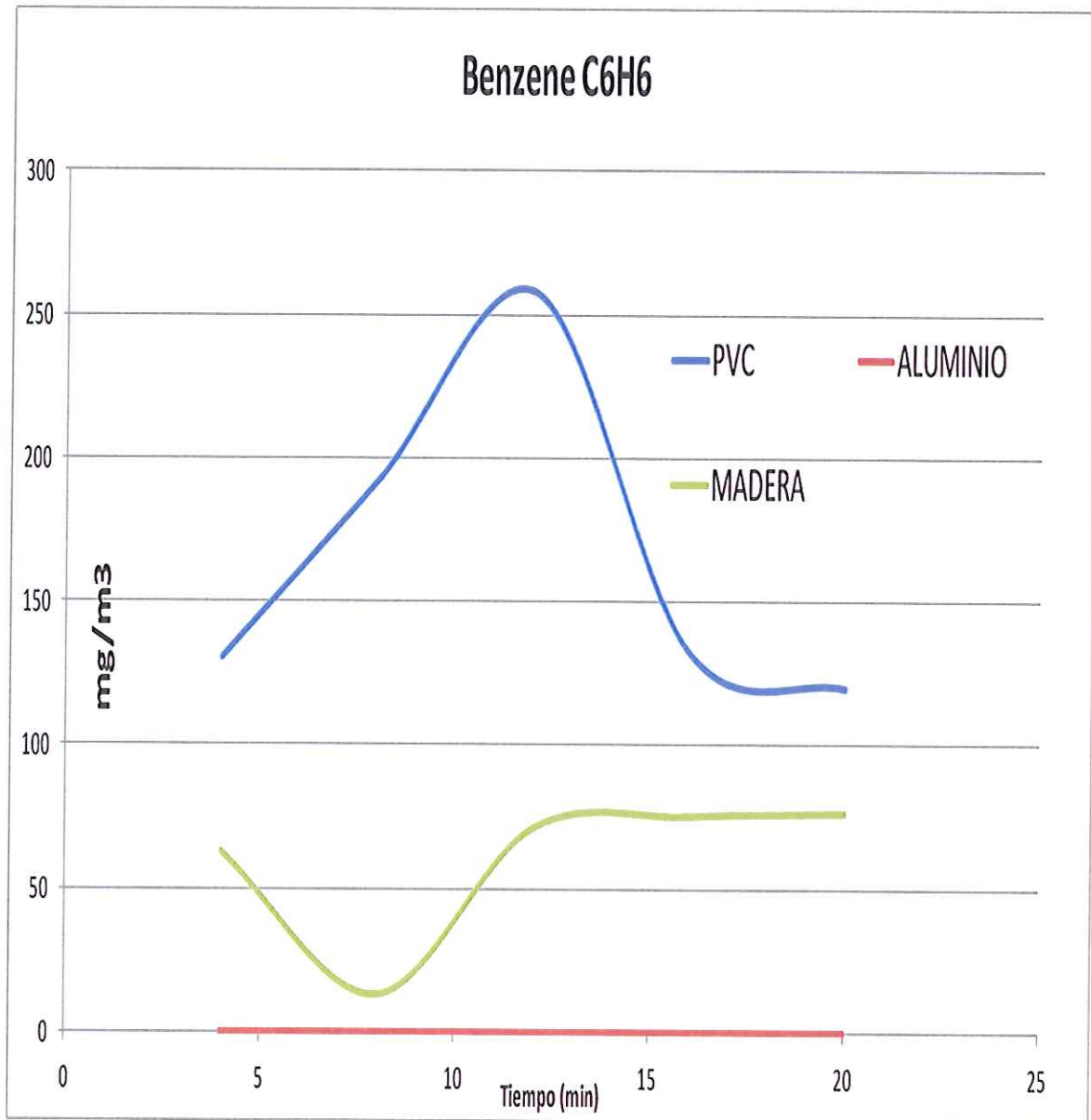
**Etanol (C2H6O)**

Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	18	12	39	27	31
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	166	165	143	117	112



**Benceno (C6H6)**

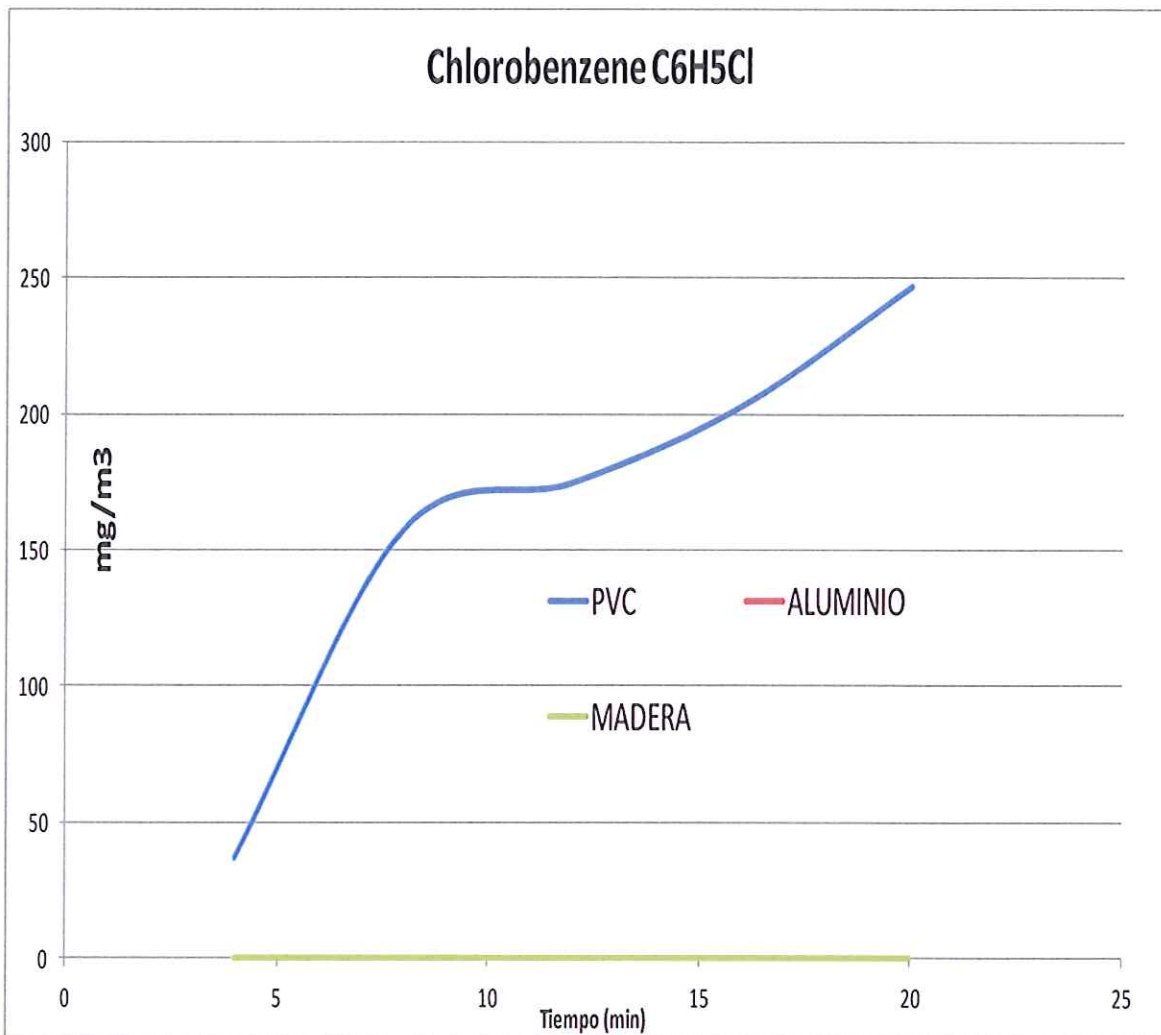
Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	131	193	258	133	120
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	63	13	71	75	76






**Clorobenceno (C6H5Cl)**

Tiempo (min)	4	8	12	16	20
PVC	37	157	175	203	247
ALUMINIO	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
MADERA	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d



**NOTAS:**

- (1) Los resultados de los ensayo corresponden al comportamiento de las muestras de un producto, bajo las condiciones particulares de ensayo. No pretenden constituir el único criterio de valoración del riesgo potencial de incendio que puede llevar el uso del producto.
- (2) Este documento no representa ninguna aprobación tipo ni certificación del producto.
- (3) n.d. No detectado

  
**Jesus Ballester Maestu**  
 Responsable Máximo de Ensayo  
 Zamudio, a 1 de Diciembre de 2016

## ANEXO

ASPECTO QUE PRESENTA EL MATERIAL DE REFERENCIA:

PVC



PREVIO AL ENSAYO DE DENSIDA OPTICA S/N ISO 5659-2:2012 Y DETERMINACIÓN DE GASES TÓXICOS S/N EN 45545-2:2013 + A1:2015. ANEXO C. METODO 1.



TRAS EL ENSAYO DE DENSIDA OPTICA S/N ISO 5659-2:2012 Y DETERMINACIÓN DE GASES TÓXICOS S/N EN 45545-2:2013 + A1:2015. ANEXO C. METODO 1.



ASPECTO QUE PRESENTA EL MATERIAL DE REFERENCIA:

**ALUMINIO**



PREVIO AL ENSAYO DE DENSIDA OPTICA S/N ISO 5659-2:2012 Y DETERMINACIÓN DE GASES TÓXICOS S/N EN 45545-2:2013 + A1:2015. ANEXO C. METODO 1.



TRAS EL ENSAYO DE DENSIDA OPTICA S/N ISO 5659-2:2012 Y DETERMINACIÓN DE GASES TÓXICOS S/N EN 45545-2:2013 + A1:2015. ANEXO C. METODO 1.

ASPECTO QUE PRESENTA EL MATERIAL DE REFERENCIA:

**MADERA**



PREVIO AL ENSAYO DE DENSIDA OPTICA S/N ISO 5659-2:2012 Y DETERMINACIÓN DE GASES TÓXICOS S/N EN 45545-2:2013 + A1:2015. ANEXO C. METODO 1.



TRAS EL ENSAYO DE DENSIDA OPTICA S/N ISO 5659-2:2012 Y DETERMINACIÓN DE GASES TÓXICOS S/N EN 45545-2:2013 + A1:2015. ANEXO C. METODO 1.