

**NORMA  
VENEZOLANA**

---

**COVENIN  
104:2000**

**PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN  
DE LA ABSORCIÓN DE AGUA**

**(1<sup>ra</sup> Revisión)**



**ASOQUIM**

asociación venezolana de la  
industria química y petroquímica



**FONDONORMA**

COVENIN  
04:2000

NORMA  
VENEZOLANA

## PRÓLOGO

La presente norma sustituye totalmente a la Norma Venezolana COVENIN 104-76 Plásticos. **Determinación de la absorción de agua** fue revisada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización CT37 "Polímeros. Resinas termoplásticas", a través del convenio para la elaboración de normas suscrito entre la **Asociación Venezolana de la Industria Química y Petroquímica (ASOQUIM)** y **FONDONORMA**, siendo aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior N° 2000-08 de fecha 23/08/2000.

En la revisión de esta Norma participaron las siguientes entidades: Corporación Americana de Resinas, C.A, (CORAMER); Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA); Teleplastic, C.A.; Universidad Simón Bolívar; INTEVEP.



ASOQUIM  
Asociación Venezolana de la Industria Química y Petroquímica

**NORMA VENEZOLANA  
PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN  
DE LA ABSORCIÓN DE AGUA**

**COVENIN  
104:2000  
(1<sup>ra</sup> Revisión)**

## **1 OBJETO**

1.1 Esta Norma Venezolana establece varios métodos de ensayo para determinar las propiedades de absorción de humedad, en la dirección del espesor, de plásticos sólidos planos o en forma curvada. Esta norma también describe los procedimientos para determinar la cantidad de agua absorbida por las probetas plásticas de dimensiones definidas, cuando se sumergen en el agua o se someten al aire húmedo a condiciones controladas.

Nota 1: La mejor comparación de las propiedades de absorción de agua y/o coeficientes de difusión de materiales sólo debe realizarse con la humedad en equilibrio de plásticos expuestos a las mismas condiciones.

Alternativamente, la absorción de agua de probetas plásticas de dimensiones definidas expuestas a inmersión o humedad, en condiciones controladas por un periodo de tiempo determinado, puede usarse para comparar lotes diferentes del mismo material o para los ensayos de control de calidad de un material dado.

1.2 Los resultados que se obtienen usando los métodos descritos en esta Norma Venezolana son aplicables a la mayoría de los plásticos, pero no a los plásticos celulares, en forma de gránulos o en polvo que pueden mostrar absorción adicional y efectos de capilaridad. Los plásticos expuestos a la humedad en condiciones controladas, durante periodos de tiempo definidos, proporcionan resultados comparables entre ellos. Los ensayos descritos para la determinación del coeficiente de difusión no pueden ser aplicables a todos los plásticos. Los plásticos que no puedan retener su forma cuando se sumergen en el agua hirviendo no deben compararse usando el método 2.

## **2 REFERENCIAS NORMATIVAS**

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban vigentes para el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente:

### **2.1 Normas Venezolanas COVENIN**

**COVENIN 64:1996** Plásticos. Acondicionamiento de las muestras para los ensayos.

**COVENIN 244:1998** Fertilizantes. Muestreo.

**COVENIN 3133/1:1997** Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo indexados por nivel o de calidad aceptable para inspección por lote.

### **2.2 Otras normas**

Hasta tanto no se aprueben las Normas Venezolanas COVENIN respectivas, se deben consultar las siguientes normas:

**ISO 294 -3:1996** Plastics - Injection molding of test specimens of thermoplastic materials - Part 3: Small plates.

**ISO 2818:1994** Plastics Preparation of test specimens by machining.

## **3 MUESTREO**

La toma de muestra se realiza de acuerdo con la norma COVENIN 244 y los planes de muestreo de acuerdo con la norma COVENIN 3133/1.

## 4 PRINCIPIO

4.1 Las probetas se sumergen en agua destilada a 23 °C o hirviendo, o se exponen a 50% de humedad relativa a las temperaturas y tiempos establecidos. La cantidad de agua absorbida por la probeta es determinada midiendo su cambio de masa, es decir, la diferencia entre su masa inicial y la obtenida después de la exposición al agua; y se expresa como un porcentaje de la masa inicial. Si se requiere, también puede determinarse la cantidad de agua perdida después de secar la probeta.

4.2 En algunas aplicaciones puede ser necesario utilizar de 70% a 90% de humedad relativa y temperaturas de 70°C a 90 °C. Las condiciones más extremas de humedad relativa y temperatura, recomendadas en esta norma, pueden usarse previo acuerdo entre las partes interesadas. Cuando se usen humedades relativas y condiciones de temperatura diferentes a las recomendadas, se debe incluir en el informe del ensayo una descripción completa de estas condiciones (con las tolerancias apropiadas).

4.3 El coeficiente de difusión de humedad en la dirección del espesor se puede determinar para un material de una sola fase, asumiendo un comportamiento de difusión de Fick, con propiedades de absorción de humedad constantes en todo el espesor de la probeta de ensayo.

4.4 Este modelo de Fick es válido para los materiales homogéneos y para compuestos de polímero de matriz reforzada, ensayados por debajo de su temperatura de transición vítrea. Sin embargo, algunas matrices de dos fases, como las epóxicas endurecidas, pueden requerir un modelo de absorción de varias fases que no se cubre por esta Norma Venezolana.

## 5 APARATOS

5.1 **Balanza**, con una precisión de  $\pm 0,1$  mg

5.2 **Horno**, con aire forzado por convección o vacío, que pueda mantenerse a  $50\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  o a cualquier otra temperatura convenida

5.3 **Recipientes**, con agua destilada o de pureza equivalente, provistos con los medios apropiados para calentar y mantener la temperatura especificada

5.4 **Desecador**, con un desecante apropiado

5.5 **Micrómetro**, con una precisión de  $\pm 0,1$  mm, si se requiere

## 6 MUESTRAS A ENSAYAR

### 6.1 General

6.1.1 Para cada material evaluado se deben ensayar tres probetas, por lo menos. Las probetas pueden ser preparadas a las dimensiones requeridas, por moldeo o extrusión. Los métodos usados para la preparación de todas las probetas deben ser incluidos en el informe de ensayo.

Nota 2: Los resultados de este método pueden ser influenciados por los efectos de la superficie. Para algunos materiales, pueden obtenerse resultados diferentes entre probetas moldeadas y cortadas de una lámina más grande.

6.1.2 Cualquier contaminante en la superficie de la probeta que pueda influir en la absorción de agua se debe quitar con un agente de limpieza que no ataque el plástico. Se debe permitir que las probetas se sequen a 23°C y 50% humedad relativa durante, al menos, 2 h después de limpiarlas y antes de empezar el ensayo. Al manipular las probetas deben usarse guantes limpios y secos para prevenir la contaminación.

6.1.3 El agente de limpieza no debe tener efecto en la absorción de agua. Al determinar la humedad en equilibrio según los métodos 1 y 4 pueden ignorarse los efectos del agente de limpieza.

### 6.2 Probetas de ensayo de forma cuadrada para plásticos homogéneos

6.2.1 A menos que se especifique o se acuerde otra cosa entre las partes interesadas, las dimensiones y tolerancias de las probetas cuadradas deben ser iguales a las establecidas en la norma ISO 294-3, tipo DI. Ellas pueden prepararse por moldeo de acuerdo con la norma ISO 294-3, usando las condiciones dadas en las normas aplicables al material que se ensaya (o usando las condiciones recomendadas por el proveedor material).

**6.2.2** Para algunos materiales, como poliamidas, policarbonatos, y algunos plásticos reforzados, el uso de probetas de un 1 mm de espesor puede no brindar resultados significativos. Además, algunas especificaciones del producto requieren el uso de probetas de ensayo más gruesas para la caracterización de la absorción de agua. En estos casos, pueden usarse probetas de ensayo de  $2,05 \pm 0,05$  mm de espesor. Si se usan probetas con espesores diferentes a 1 mm, el espesor de la probeta usada debe indicarse en el informe del ensayo. No hay ningún requisito para el radio de los bordes y esquinas. Sin embargo, ellos deben ser lisos y estar limpios para prevenir que el material de los bordes y esquinas se pierda durante el ensayo.

**6.2.3** Algunos materiales pueden exhibir encogimiento durante el moldeo. Si se preparan probetas de estos materiales usando un molde con las dimensiones a los límites más bajo especificados en la norma ISO 294, las dimensiones finales de las probetas de ensayo pueden estar más allá de las tolerancias establecidas en esta norma y se deben referir en el informe del ensayo.

### **6.3 Probetas de ensayo de plásticos reforzados afectados por efectos de difusión anisotrópica**

**6.3.1** Para algunos materiales de plástico reforzado, como epóxidos reforzados con fibra de carbono, los efectos de la difusión anisotrópica causados en el material pueden producir resultados erróneos cuando se usan probetas pequeñas. Cuando este sea el caso, se deben usar probetas de ensayo que cumplan con los requisitos siguientes y se deben incluir las dimensiones específicas y los métodos de preparación de probeta de ensayo en el informe del ensayo:

a) Una probeta plana, nominalmente cuadrada, o una lámina encorvada con dimensiones que satisfagan la relación:

$$w \leq 100 d$$

donde

$w$  es la longitud nominal de un lado, en milímetros, y

$d$  es el espesor nominal, en milímetros

b) Una probeta cuadrada de 100 mm x 100 mm unida a una lámina de acero inoxidable o una hoja de aluminio que enmarque sus bordes, para que la absorción de humedad a través de éstos se minimice. Cuando esta probeta se prepara, se debe tener el cuidado de pesar la probeta antes y después de unirla a la lamina de acero o aluminio, para poder obtener el incremento de la masa debido a la lámina y el adhesivo. Se debe usar sólo adhesivo con poco poder absorbente, ya que este afecta los resultados

### **6.4 Probetas de ensayo en forma tubular**

A menos que se especifique en otras normas, las probetas de ensayo tubulares deben tener las siguientes dimensiones:

a) Para tubos que tienen un diámetro interior de 76 mm o menos, se debe cortar secciones de tubo de  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de longitud de un tubo más largo del material que se está evaluando. El corte se debe hacer perpendicular al eje longitudinal del tubo; y puede hacerse mecanizando, aserrando o esquilando, lo cual producirá bordes lisos y libres de grietas.

b) Para tubos que tienen un diámetro interior más grande que 76 mm, se debe cortar probetas rectangulares de  $76 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de longitud (medido a lo largo de la superficie externa del tubo) por  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de ancho. Los bordes cortados deben ser lisos y estar libres de grietas.

### **6.5 Probetas de ensayo en forma de vara**

Las probetas de ensayo en forma de vara deben tener las siguientes dimensiones:

a) Para varas de 26 mm de diámetro o menos, se debe cortar una sección de  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de longitud. El corte se debe hacer perpendicular al eje longitudinal de la vara. El diámetro de la probeta de ensayo será el diámetro de la vara.

b) Para varas más grande que 26 mm de diámetro, se debe cortar una sección de  $13 \pm 1 \text{ mm}$  de longitud. El corte se debe hacer perpendicular al eje longitudinal de la vara. El diámetro de la probeta de ensayo será el diámetro de la vara.

## **6.6 Probetas cortadas de productos acabados, compuestos de extrusión, láminas o laminados**

**6.6.1** A menos que se especifique o se acuerde otra cosa entre las partes interesadas o se requiera por otra norma, se debe cortar un pedazo del producto que:

- a) Cumpla con los requisitos para la probeta de ensayo en forma cuadrada, o
- b) Tenga una longitud y ancho de  $61 \pm 1$  mm y la misma forma (espesor y curvas) del material que se está ensayando

**6.6.2** Las condiciones del mecanizado para la preparación de las probetas de ensayo deben ser acordadas por las partes interesadas. Estas también deben estar de acuerdo con la norma ISO 2818 y ser incluidas en el informe del ensayo.

**6.6.3** Si el espesor nominal es mayor que 1,1 mm, en ausencia de previsiones especiales de la aplicación pertinente, el espesor de la probeta de ensayo se debe reducir a 1,0 mm mecanizando en sólo una de las superficies.

**6.6.4** Cuando la superficie de un laminado se mecaniza, las propiedades de absorción de agua se pueden afectar en una magnitud tal que los resultados del ensayo pueden no ser válidos. Por consiguiente, la probeta se debe ensayar a su espesor original y las dimensiones se deben especificar en el informe del ensayo.

## **7 MÉTODOS DE ENSAYO**

### **7.1 Condiciones generales**

**7.1.1** Se debe usar, por lo menos, 8 ml de agua destilada por centímetro cuadrado de la superficie total de la probeta de ensayo, pero en ningún caso menos de 300 ml por probeta de ensayo (véase punto 6). Esto previene que cualquier extracto del producto se concentre de manera excesiva en el agua durante el ensayo.

**7.1.2** Se debe colocar cada grupo de tres probetas de ensayo en un recipiente separado (véase punto 5.3) y se deben sumergir completamente en el agua.

**7.1.3** Cuando varias muestras de la misma composición se ensayan, las probetas de ensayo pueden ponerse juntas en el mismo recipiente con, al menos, 300 ml de agua por probeta de ensayo. Sin embargo, en este caso, es inaceptable y se debe prevenir un contacto significativo entre las superficies de las probetas de ensayo o con las paredes del recipiente.

**Nota 3:** Ciertos materiales pueden requerir que las probetas de ensayo se pesen en un vaso de pesada.

**Nota 4:** Otros procedimientos diferentes a los descritos en los puntos 7.2 a 7.5 pueden usarse por mutuo acuerdo entre las partes interesadas.

**Nota 5:** Cuando la absorción de agua del material es mayor o igual a 1%, son aceptables probetas que hayan sido pesadas con una precisión de  $\pm 1$  mg y cuya masa sea constante en  $\pm 1$  mg.

**Nota 6:** Las rejas de acero inoxidable pueden ayudar a asegurar una distancia mínima entre las probetas de ensayo.

**7.1.4** Para probetas que tienen una densidad más baja que la del agua se deben sumergir las probetas colocándolas en una cesta enrejada de alambre de acero inoxidable, conectada por un alambre de acero inoxidable a un peso que lo ancla. Se debe evitar el contacto de la superficie del peso con las probetas.

**7.1.5** Los intervalos de tiempo para la inmersión de agua se dan en los puntos 7.2 y 7.3. Sin embargo, pueden usarse periodos de inmersión más largos por mutuo acuerdo entre las partes interesadas. En tales casos, se deben tomar las siguientes precauciones:

- a) Para ensayos realizados en agua a 23 °C, agite por lo menos una vez al día el agua,
- b) Para ensayos realizados en agua hirviendo, se requiere agregarla sucesivamente para mantener el volumen.

## **7.2 Método 1: Determinación del volumen de agua absorbido después de la inmersión en el agua a 23 °C**

**7.2.1.** Se deben secar toda las probetas de ensayo en un horno a  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por  $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$  y se les deja enfriar a la temperatura ambiente en el desecador antes de pesarlos. Se debe repetir este proceso hasta que la masa de las probetas sea constante (masa  $m_1$ ) dentro de  $\pm 0,1 \text{ mg}$ . Entonces se colocan las probetas de ensayo en un recipiente lleno con agua destilada, mantenida a  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**7.2.2.** Después de la inmersión por  $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ , se retiran del agua las probetas de ensayo y se les elimina el agua de la superficie con una tela limpia y seca o con un papel del filtro. Se pesa de nuevo las probetas de ensayo dentro del minuto transcurrido después de haberlas retirado del agua (masa  $m_2$ ).

**7.2.3.** Para medir el contenido de agua a la saturación, se deben sumergir de nuevo las probetas de ensayo y pesarlas a cada uno de los intervalos de tiempo dados a continuación: Una escala típica de tiempo de inmersión es  $24 \text{ h}$ ,  $48 \text{ h}$ ,  $96 \text{ h}$ ,  $192 \text{ h}$ , etc. A cada uno de estos intervalos ( $\pm 1 \text{ h}$ ), se retiran las probetas de ensayo del agua, se elimina el agua de la superficie y se pesa de nuevo cada probeta de ensayo dentro del minuto transcurrido después de haberlos retirado del agua (por ejemplo  $m_{2/24 \text{ h}}$ ).

## **7.3 Método 2: Determinación de volumen de agua absorbida después de la inmersión en agua hirviente**

**7.3.1** Se secan todas las probetas de ensayo en un horno mantenido a  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por  $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$  y se les deja enfriar a la temperatura ambiente en el desecador antes de pesarlas. Se repite este proceso hasta que la masa de las probetas sea constante (masa  $m_1$ ) dentro de  $\pm 0,1 \text{ mg}$ .

**7.3.2** Se colocan las probetas de ensayo en un recipiente con agua destilada en ebullición, de manera que ellas se apoyen en su borde y queden sumergidas completamente. Después de  $30 \text{ min} \pm 2 \text{ min}$ , se quitan las probetas de ensayo del agua hirviente y se refrescan en agua destilada mantenida a temperatura ambiente. Después de refrescar las probetas de ensayo por  $15 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$ , se retiran del agua una a la vez. Se elimina el agua de la superficie con una tela seca e inmediatamente se pesan (masa  $m_2$ ). Si el espesor de las probetas de ensayo es menor a aproximadamente  $1,5 \text{ mm}$ , una cantidad pequeña, pero medible, de liberación de agua puede ocurrir durante el procedimiento de pesada. En este caso, es preferible pesar las probetas en un envase para pesada.

**7.3.3** Para medir el contenido de agua a la saturación, se deben sumergir de nuevo las probetas de ensayo y pesarlas a intervalos de  $30 \text{ min} \pm 2 \text{ min}$ . Después de cada uno de estos intervalos, las probetas de ensayo se retiran del agua, se refrescan en agua destilada, se secan y se pesan como se describió anteriormente.

**7.3.4** Las grietas se pueden formar por las repetidas y sucesivas inmersiones y secados. El número de intervalos en los cuales se observan grietas se debe anotar en el informe del ensayo.

## **7.4 Método 3: Determinación de la pérdida de materia soluble en agua durante la inmersión**

Quando los materiales son conocidos o se sospecha que contienen cantidades apreciables de ingredientes solubles en agua, es necesario corregir por efecto de la pérdida de estas materias durante el ensayo de inmersión. Para este propósito, después de la inmersión según puntos 7.2 o 7.3, las probetas de ensayo se deben acondicionar de nuevo a masa constante (masa  $m_3$ ) como se realiza en el periodo de secado (puntos 7.2 y 7.3). Si esta masa reacondicionada  $m_3$  es menor a la masa condicionada  $m_1$ , la diferencia debe ser considerada como el material original soluble en agua, perdido durante el ensayo de inmersión. Para tales materiales, el valor de absorción de agua se tomará como la suma del aumento en la masa después de la inmersión y la masa de la materia soluble en agua.

## **7.5 Método 4: Determinación de volumen de agua absorbido después de la exposición a 50% humedad relativa**

**7.5.1** Se deben secar todas las probetas de ensayo en un horno mantenido a  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por  $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$  y se les deja enfriar a la temperatura ambiente en el desecador antes de pesarlos. Se repite este proceso hasta que la masa de las probetas sea constante (masa  $m_1$ ) dentro de  $\pm 0,1 \text{ mg}$ .

**7.5.2** Después, se colocan las probetas de ensayo en un recipiente o cuarto que contiene aire con una humedad relativa de  $50\% \pm 5\%$ , mantenido a  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**7.5.3** Después de acondicionar las probetas de ensayo por  $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ , se pesan de nuevo (masa  $m_2$ ) dentro del minuto transcurrido posterior a su retiro del recipiente o cuarto. El contenido de humedad en equilibrio es

medido repitiendo la exposición de las probetas de ensayo a 50% humedad relativa, a medida que se pesan a los intervalos de tiempo dados en el método 1 (punto 7.2).

## 8 EXPRESIÓN DE RESULTADOS

### 8.1 Porcentaje de masa de agua absorbida

Para cada probeta de ensayo, se calcula el cambio del porcentaje en la masa  $C$ , relativa a la masa inicial, usando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

ó

$$C = \frac{m_2 - m_3}{m_1} \times 100$$

donde:

$m_1$  es la masa de la probeta de ensayo, en miligramos (mg), después del secado inicial y antes de la inmersión,

$m_2$  es la masa de la probeta de ensayo, en miligramos (mg), después de la inmersión;

$m_3$  es la masa de la probeta de ensayo, en miligramos (mg), después de la inmersión y último secado.

Se debe expresar el resultado como la media aritmética de los tres valores obtenidos en el mismo momento de la exposición.

**Nota 7:** En ciertos casos puede exigirse expresar el volumen de agua absorbida como un porcentaje de la masa de la probeta de ensayo después de secar, usando la fórmula siguiente:

$$C = \frac{m_2 - m_3}{m_3} \times 100$$

### 8.2 Determinación del contenido de agua a la saturación y el coeficiente de difusión usando las leyes de Fick

**8.2.1** A temperaturas mucho menores a la temperatura de transición vítrea del polímero húmedo, la absorción de agua de la mayoría de los polímeros (métodos 1, 3 y 4) se correlaciona bien con las leyes de Fick (véase el anexo A) y se puede calcular un coeficiente de difusión independiente del tiempo y la concentración. En este caso, el contenido de agua a saturación  $C_s$ , así como el coeficiente de difusión  $D$  expresado en milímetros cuadrados por segundo ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ), puede determinarse ajustando los datos experimentales a la ley de Fick para láminas, sin esperar que la masa sea constante.

**8.2.2** El contenido de agua a la saturación se expresa como  $C_s$  cuando las probetas se sumergen en el agua según métodos 1, 2 ó 3 y  $C_{s(50\%)}$  cuando los especímenes de la prueba se exponen a 50% humedad relativa (método 4).

**8.2.3** Pueden usarse métodos gráficos para verificar el comportamiento de difusión de Fick en las probetas sustituyendo el  $D$  calculado, por ejemplo, por una gráfica logarítmica que proviene de datos teóricos o por uso de programas de computación disponibles comercialmente.

**8.2.4** Para verificar que la absorción de agua de un polímero sigue un comportamiento de difusión de Fick, el polímero tiene que estar en el equilibrio con el agua. La Figura A.1, en el anexo A, muestra una solución bastante exacta de las leyes de Fick para láminas. Una pendiente de 0,5 se ha encontrado para:

$$C \leq 0,51 C_s$$

ó

$$\frac{C}{C_s} \leq 0,51$$

ó

$$\frac{D \cdot t_{70}^2}{d^2} \leq 0,50$$

donde:

**t** es el tiempo de inmersión de la probeta de ensayo en agua o aire húmedo, en segundos y

**d** es el espesor de la probeta de ensayo, en milímetros.

En el caso donde

$$\frac{D \cdot t_{70}^2}{d^2} \geq 5$$

se debe usar el valor  $C = C_s$ . En la Tabla 1 se dan los valores adicionales.

**Tabla 1 – Valores Teóricos adimensionales de la ley de Fick para láminas**

$D \cdot t_{70}^2 / d^2$	$C / C_s$
0,01	0,07
0,10	0,22
0,5	0,51
0,7	0,60
1,0	0,70
1,5	0,82
2,0	0,89
3,0	0,96
4,0	0,99
5,0	1,00

**Ejemplo:**

Después de introducir los datos experimentales en la gráfica teórica, se toma la concentración experimental  $C_{70\%}$  del cálculo  $C/C_s = 0,7$ , y se calcula:

$$C_s = \frac{C_{70\%}}{0,7}$$

donde  $C_s$  y  $C_{70\%}$  se expresan como miligramos por gramo o como un porcentaje de la masa.

El tiempo experimental ( $t_{70}$ ) a  $C_{70\%}$  permite que el coeficiente de difusión D, expresado en milímetros cuadrados por segundo ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ), sea calculado a partir de:

$$\frac{D \cdot t_{70}^2}{d^2} = 1$$

$$\frac{d^2}{\pi^2 * t_{70}} = D$$

si el  $t_{70}$  se da en segundos,  $\pi^2$  se aproximan a 10 y el espesor para una probeta plana es 1 mm, entonces,

$$D = \frac{1}{10 * t_{70}}$$

**Nota 8:** Los valores típicos de D para plásticos a 23 °C son  $10^{-6}$  mm<sup>2</sup>/s, lo cual da un  $t_{70}$  de  $10^5$  s (ó 1 día) con la probeta de 1 mm. Con este espesor, el tiempo de inmersión necesario para obtener  $C_s$  y D no excederá una semana, normalmente.

## 9 INFORME

El informe del ensayo debe incluir, como mínimo, lo siguiente:

- 9.1 Todos los requisitos para la identificación completa del material o producto ensayado.
- 9.2 El tipo de probeta de ensayo usada, el método de preparación, estableciendo si las probetas han sido cortadas o no, sus dimensiones, su masa inicial y, si aplica, su área y condición superficial inicial (por ejemplo si ellas fueron mecanizadas o no).
- 9.3 El método usado (1, 2, 3 ó 4) y el (los) período(s) de inmersión.
- 9.4 La absorción de agua, calculada por una o varias de las maneras referidas en el punto 8; reportando la media y la desviación estándar de los resultados. Si los cálculos descritos en los puntos 8.1 y 8.2 dan un valor negativo para la absorción de agua, este hecho debe ser referido claramente en el informe.
- 9.5 La absorción de agua a la saturación,  $C_s$  o  $C_{s(50\%)}$  a 23°C calculado según el punto 8.2.
- 9.6 El coeficiente de difusión a 23 °C calculado según 8.2.
- 9.7 Cualquier causa o hecho probable que pudo haber afectado los resultados.
- 9.8 Realizado según la Norma COVENIN 104.
- 9.9 La(s) fecha (s) del ensayo.

## BIBLIOGRAFIA

ISO 62:1999 (E) Plastics – Determination of water absorption.

Participaron en la revisión de esta norma: González, Neil; Herrera, Mauricio; Joskowicz, Pablo; Merlo, Alberto; Rodríguez, Alfredo; Rojas, Héctor; Saavedra, Isidro.

ANEXO A  
(Informativo)

LA COMPROBACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA ABSORCIÓN DE AGUA Y  
LAS LEYES DE DIFUSIÓN DE FICK

En el caso de láminas de polímero, se realiza un ajuste de los datos a partir de las soluciones de la ley de Fick<sup>1</sup>. Se puede obtener un ajuste de mínimos cuadrados para la determinación del coeficiente de difusión D y la absorción de agua a la saturación  $C_s$  describiendo el contenido de agua dependiente del tiempo observado experimentalmente como sigue:

$$C(t) = C_s - C_s \frac{8}{\pi^2} \sum_{k=1}^{20} \frac{1}{(2k-1)^2} \exp\left[-\frac{(2k-1)^2 D \pi^2}{d^2} t\right] \quad (A.1)$$

donde,

$k$  1, 2, 3, ..., 20;

$d$  es el espesor de la probeta.

Comparado con los métodos gráficos, este método tiene las siguientes ventajas:

- El resultado no depende del operador;
- Pueden verse desviaciones de las leyes de Fick;
- Los valores fuera de rango de  $C(t)$  pueden excluirse específicamente del análisis;
- Hay criterio para estimar el tiempo máximo de inmersión necesario,  $t_{max}$ .

Una "buena correspondencia" de la absorción de agua de una probeta del polímero con el comportamiento de difusión de Fick se observa si después del punto de inflexión en el gráfico  $C = f(t)$  a aproximadamente  $t_{70}$  (véase la Figura A.1), los valores de  $C_s$  y  $D$ , determinados por ajuste de la ecuación (A.1) a los datos experimentales, no cambian significativamente al aumentar el tiempo de inmersión al  $t_{max}$ . Por lo general, la desviación para  $C_s$ , determinada a  $t_{70}$  vs  $C_s$  y  $t \rightarrow \infty$ , es menor de 10%. De igual manera, la desviación típica para  $D$ , determinada a  $t_{70}$  vs  $C_s$  y  $t \rightarrow \infty$ , es menor de 20%.

<sup>1)</sup> Comunicación privada del Dr. J. Lehmann and Dr. Th. Arnat, Röhm GmbH.

LA COMPROBACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA ABSORCIÓN DE AGUA  
LAS LEYES DE DIFUSIÓN DE FICK

En el caso de láminas de polietileno, se realizó un ajuste de los datos a partir de las soluciones de la ley de Fick. Se puede observar un ajuste de mínimos cuadrados para la determinación del coeficiente de difusión  $D$  y la absorción de agua a la saturación  $C_s$  dependiendo del tiempo de inmersión.

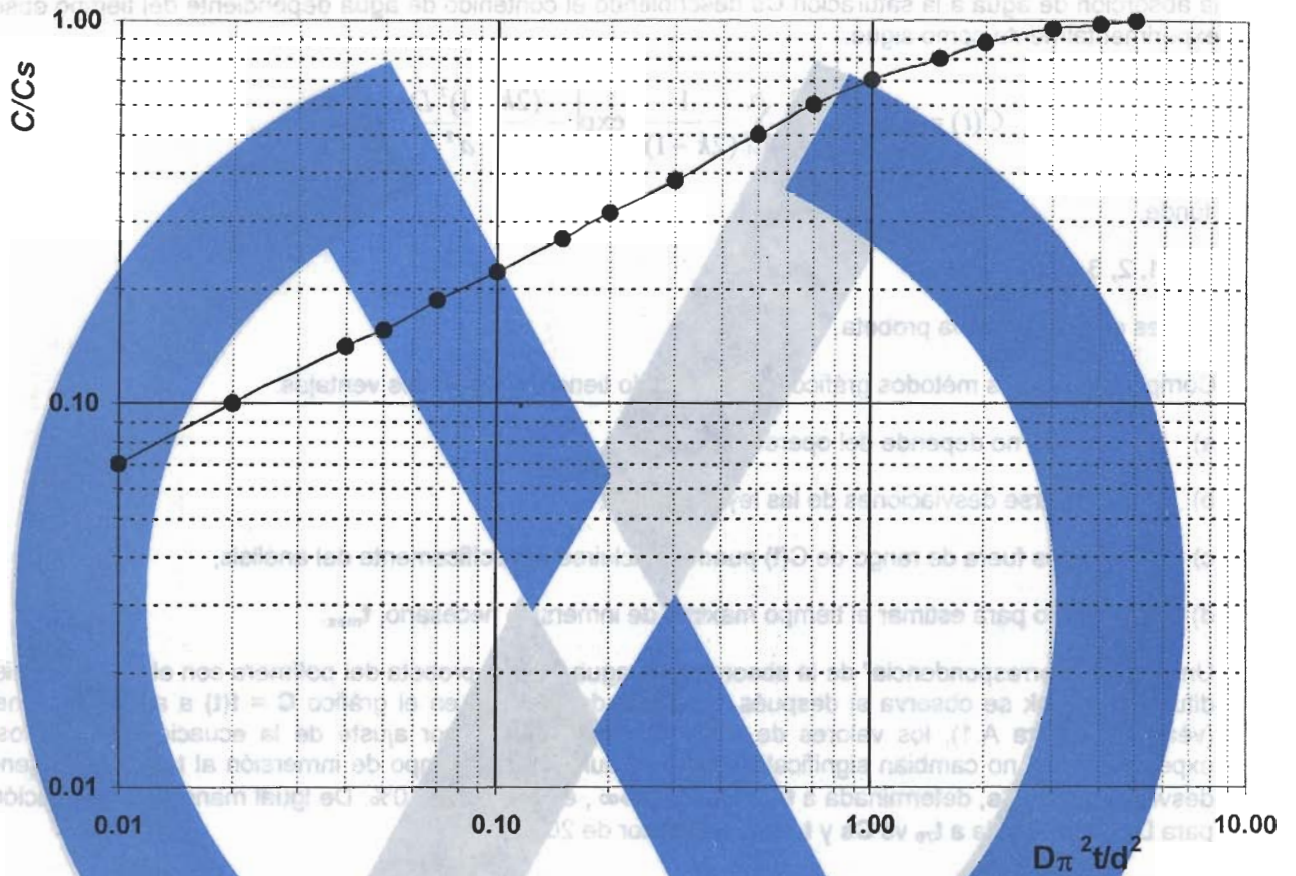


Figura A.1 – Absorción de agua  $C/C_s$  de láminas como una función de la función adimensional  $D\pi^2 t/d^2$  ( $D$  = coeficiente de difusión,  $t$  = tiempo de inmersión,  $d$  = espesor de la probeta)

**COVENIN  
104:2000**

**CATEGORÍA  
C**

---

**FONDONORMA**  
**Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12**  
**Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12**  
**CARACAS**

**publicación de:**



**I.C.S: 83.080.20**

**ISBN:**

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS  
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

---

**Descriptores:**