

Republic of Ecuador

EDICT OF GOVERNMENT

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



NTE INEN 2641 (2012) (Spanish): Método de Ensayo para determinar la Biodegradación Anaeróbica de Materiales Plásticos bajo condiciones Aceleradas de Relleno Sanitario.

BLANK PAGE





Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2641:2012

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA BIODEGRADACIÓN ANAERÓBICA DE MATERIALES PLÁSTICOS BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE RELLENO SANITARIO

Primera edición

TEST METHOD FOR DETERMINING ANAEROBIC BIODEGRADATION OF PLASTIC MATERIALS UNDER ACCELERATED LANDFILL CONDITIONS.

First edition

DESCRIPTORES: Industria del caucho y del plástico, plásticos, plásticos en general, relleno sanitario acelerado, biodegradación anaeróbica, biodegradación, digestión seca, ecotoxicidad, relleno sanitario, metabolitos, plásticos, ensayo.

PL 01.03-302

CDU: 678.5:628.4.042

CIIU: 3560

ICS: 83.080.01

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA BIODEGRADACIÓN ANAERÓBICA DE MATERIALES PLÁSTICOS BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE RELLENO SANITARIO	NTE INEN 2641:2012 2012-09
--	---	----------------------------------

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar el grado y la velocidad de la biodegradación anaeróbica de los materiales plásticos en un entorno de prueba acelerada de un relleno sanitario. Este método de ensayo está diseñado para producir mezclas de desechos domésticos y materiales plásticos luego de diferentes grados de descomposición en las condiciones que se asemejan a las condiciones de un relleno sanitario. Los materiales de ensayo se mezclan con desechos domésticos pretratados y se exponen a un inóculo metanogénico derivado de digestores anaeróbicos que operan solo sobre desechos domésticos pretratados. La descomposición anaeróbica se produce en seco (más de 30% de sólidos totales) y en condiciones estáticas sin mezcla. Las mezclas obtenidas después de este método de ensayo se pueden utilizar para evaluar los riesgos ambientales y sanitarios de los materiales plásticos que se degradan en un relleno sanitario.

2. DEFINICIONES

2.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2636 y además la siguiente:

2.1.1 *Inóculo metanogénico.* Desechos orgánicos digeridos anaeróbicamente que contienen una alta concentración de microorganismos anaerobios productores de metano.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Este método de ensayo está diseñado para producir un porcentaje de conversión del carbono en la muestra, hacia carbono en forma gaseosa, bajo condiciones que se asemejan a las condiciones de un relleno sanitario. Es posible que este método de ensayo no simule todas las condiciones que se encuentran en los rellenos sanitarios, en particular en los rellenos biológicamente inactivos. Este método de ensayo se asemeja más a aquellos tipos de rellenos sanitarios en los que se recupera el gas generado o se promueve activamente, o ambos, por ejemplo, mediante inoculación (codeposición de lodos de depuración anaeróbica y recirculación anaeróbica de lixiviados), control de humedad en el relleno sanitario (recirculación de lixiviados), y control de temperatura (inyección de oxígeno de corto plazo y calefacción del lixiviado recirculado) (1-7) (ver nota 1).

3.2 Este método de ensayo está diseñado para producir mezclas parcialmente degradadas de los desechos sólidos urbanos y plásticos que se pueden utilizar para evaluar los riesgos ecotoxicológicos asociados con la degradación anaeróbica de los plásticos después de varias etapas de biodegradación anaeróbica en un relleno sanitario.

3.3 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente sobre seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud, y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias previo a su uso. Declaraciones de los riesgos específicos se dan en el Capítulo 7. Peligros.

3.4 Los valores indicados en unidades del Sistema Internacional de Unidades, SI, deben ser considerados como los estándares.

NOTA 1. Los números en negrita entre paréntesis se refieren a la lista de referencias al final de esta norma.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Industria del caucho y del plástico, plásticos, plásticos en general, relleno sanitario acelerado, biodegradación anaeróbica, biodegradación, digestión seca, ecotoxicidad, relleno sanitario, metabolitos, plásticos, ensayo.

4. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Este método de ensayo consiste en: (1) selección y análisis del material a ensayar; (2) obtención de una fracción pretratada de desechos sólidos urbanos y un inóculo anaeróbico concentrado de un digestor anaeróbico; (3) exposición del material a una fermentación anaeróbica estática por lotes con más de 30% de sólidos; (4) medición de carbono total en el gas (CO₂ y CH₄) que evoluciona en función del tiempo; (5) sustracción de las muestras para la limpieza (opcional), acondicionamiento, ensayo y elaboración de informes; (6) evaluación del grado de biodegradabilidad; y (7) evaluación del grado de biodegradabilidad bajo condiciones menos que óptimas.

4.2 El porcentaje de biodegradabilidad se obtiene determinando el porcentaje de conversión de carbono del material de ensayo a carbono en la fase gaseosa (CH₄ y CO₂). Este porcentaje de biodegradabilidad no incluye la cantidad de carbono de la sustancia que se ensaya que se convierte en biomasa de células y que no es, a su vez, metabolizada a CO₂ y CH₄.

4.3 Significación y uso

4.3.1 La descomposición de un plástico en un relleno sanitario implica procesos biológicos que afectan la descomposición de otros materiales rodeados por, o en las proximidades del plástico. La degradación rápida del plástico tiene la habilidad de incrementar la viabilidad económica de la recuperación de gas de relleno sanitario, reducir al mínimo la duración del mantenimiento posterior del relleno sanitario, y posibilitar la recuperación de la reducción del volumen de los desechos debida a la biodegradación durante la vida activa del relleno sanitario. Este procedimiento ha sido desarrollado para permitir la determinación de la biodegradabilidad anaeróbica de los productos plásticos cuando se colocan en ambientes biológicamente activos simulando las condiciones de relleno sanitario.

4.3.2 Puesto que la degradación se produce, inevitablemente, en un relleno sanitario, es de atención inmediata que los materiales plásticos no produzcan metabolitos o productos finales tóxicos bajo las variadas condiciones que pueden ocurrir en un relleno sanitario. Las mezclas que quedan después de completado el método de ensayo, con un contenido total o parcial de materiales plásticos degradados o sus extractos, pueden ser presentados posteriormente a los ensayos de ecotoxicidad con el fin de evaluar los riesgos ambientales que representa la distribución de plásticos en los rellenos sanitarios en diversos grados. Este método de ensayo ha sido diseñado para evaluar la biodegradación en condiciones óptimas y menos que óptimas.

4.4 Limitaciones. Debido a que existe una amplia variación en la construcción y operación de rellenos sanitarios, y debido a que los requisitos reglamentarios para los rellenos sanitarios varían en gran medida, este procedimiento no tiene el propósito de simular el medio ambiente de todos los rellenos sanitarios. Sin embargo, se espera que se asemeje muy de cerca al entorno de un relleno sanitario biológicamente activo. Más concretamente, el procedimiento tiene por objeto crear un entorno de laboratorio estándar que permita la determinación rápida y reproducible de la biodegradabilidad anaeróbica en condiciones aceleradas de relleno sanitario, mientras al mismo tiempo produzca mezclas reproducibles de desechos domésticos total y parcialmente descompuestos con materiales plásticos para la evaluación ecotoxicológica.

4.5 Correspondencia. Esta norma INEN es la versión oficial, en español, para el Ecuador, de la Norma ASTM D 5526-94 (2002).

5. EQUIPO

5.1 Recipientes de vidrio resistentes a la presión. Veinte y siete, cada uno con un volumen de 4 a 6 L, que se pueden cerrar herméticamente y son capaces de soportar una sobrepresión de 202,65 kPa (2 atmósferas). Las tapas de los reactores están equipadas con una válvula de sobrepresión (para evitar que la sobrepresión supere los 200 kPa (2 bares)), un manómetro que proporciona una indicación aproximada de la sobrepresión, un tabique que permite tomar muestras de gas y medir la sobrepresión exacta, y, por último, una válvula para liberar el exceso de presión (ver figura 1).

5.2 Incubadoras, suficientes para almacenar los recipientes en la oscuridad a 35 ± 2°C por la duración del ensayo.

(Continúa)

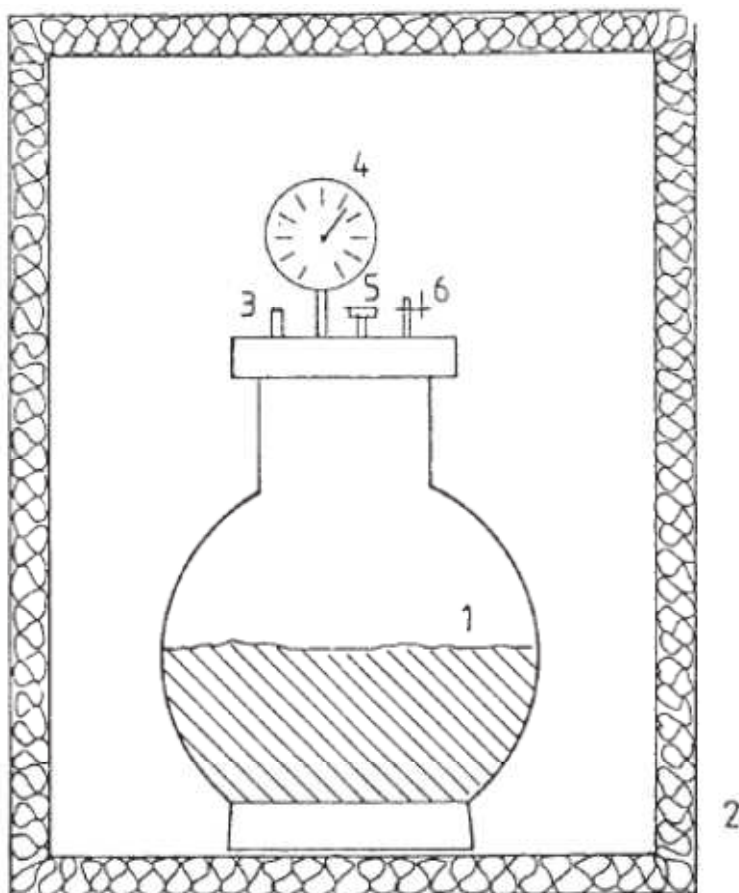
5.3 Transductor de presión, conectado a una aguja de jeringa para medir la presión del espacio libre en el recipiente de ensayo.

5.4 Cromatógrafo de gases, o cualquier otro aparato, equipado con un detector adecuado y una(s) columna(s) para la medición de las concentraciones del metano y del dióxido de carbono en los gases desprendidos.

5.5 Medidor de pH, balanza de precisión ($\pm 0,1$ g), balanza analítica ($\pm 0,1$ mg), termómetro y barómetro.

5.6 Dispositivos adecuados, para la determinación de las concentraciones de ácidos grasos volátiles por cromatografía de inyección acuosa, nitrógeno total Kjeldahl, nitrógeno amoniacal, sólidos secos ($105\text{ }^{\circ}\text{C}$) y sólidos volátiles ($550\text{ }^{\circ}\text{C}$).

FIGURA 1. Instalación de relleno sanitario acelerado



- 1 = digestor.
- 2 = cámara de incubación.
- 3 = válvula de sobrepresión.
- 4 = manómetro.
- 5 = tabique.
- 6 = válvula.

6. REACTIVOS Y MATERIALES

6.1 Desechos domésticos pretratados, derivados de una mezcla de desechos sólidos urbanos o de su fracción orgánica, después de la homogeneización, tamizado sobre una pantalla con los agujeros de un diámetro de 40 a 80 mm, y estabilizados aeróbicamente durante un período de 2 a 4 semanas por soplado de aire en el material y manteniendo un contenido de materia seca de $50 \pm 5\%$ y una temperatura de $55 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Opcional: Los desechos domésticos pretratados pueden ser sustituidos por desechos sólidos simulados con un pretratamiento similar).

(Continúa)

6.2 Inóculo anaeróbico, derivado de un digestor anaeróbico funcionando apropiadamente con los desechos domésticos pretratados como sustrato único o un digestor que trata predominantemente desechos domésticos.

6.3 Celulosa, de grado analítico, para cromatografía en capa fina como un control positivo (ver nota 2).

6.4 Polietileno (opcional), como un control negativo. Es necesario que se encuentre en la misma forma que aquella en la que se prueba la muestra: película de polietileno para las muestras de película, gránulos/pellets de polietileno en caso de que la muestra se presente en forma de gránulos/pellets, etc.

7. PELIGROS

7.1 Este procedimiento implica el uso de inóculo y desechos sólidos urbanos que contengan materiales biológica y, posiblemente, químicamente activos conocidos para producir una variedad de enfermedades. Evitar el contacto con estos materiales mediante el uso de guantes y otros equipos de protección adecuados. Utilizar una buena higiene personal para minimizar la exposición.

7.2 Es posible que la mezcla de desechos sólidos contenga objetos afilados. Tener mucho cuidado al manipular la mezcla para evitar lesiones.

7.3 Este método de ensayo incluye el uso de productos químicos peligrosos. Evitar el contacto con los productos químicos y seguir las instrucciones del fabricante y de las hojas de información de seguridad del material (MSDS - Material Safety Data Sheets).

7.4 El metano producido durante el procedimiento es explosivo e inflamable. Al soltar el biogás del sistema de recolección de gas, tener cuidado de ventilar el biogás hacia el exterior o sobre una cubierta.

8. INÓCULO

8.1 El inóculo puede obtenerse ya sea de un digestor continuo a escala de laboratorio o a gran escala, o de un digestor por lotes, operando a 35 °C y funcionando con una fracción orgánica de desechos domésticos como sustrato predominante. En caso de que el inóculo se derive de un digestor continuo a escala de laboratorio o a gran escala, el digestor debe estar en funcionamiento durante un período de al menos un mes en la fracción orgánica de desechos domésticos, con un tiempo de retención máximo de 30 días bajo condiciones mesofílicas (35 ± 2 °C). Los rendimientos de producción de gas deben ser de al menos 15 mL a temperatura y presión estándar de biogás / gramo de sólidos secos en el digestor y por día durante al menos 7 días. En caso de que el inóculo se derive de un digestor por lotes, la tasa de producción de gas debe haber superado el 1 L/kg de desechos/día, y la concentración de metano del biogás que se produce debe ser superior al 60%.

8.2 El inóculo preparado requiere ser sometido a una postfermentación mesofílica corta de aproximadamente 7 días con el mismo contenido de materia seca que el digestor del cual se derivó. Esto significa que el inóculo no se alimenta, pero se permite que postfermente anaeróbicamente por sí mismo. Esto es para asegurar que las partículas grandes, fácilmente biodegradables se degraden durante este periodo y también para reducir el nivel de fondo de la degradación del propio inóculo.

8.3 Las características bioquímicas del inóculo deben ser las siguientes:

8.3.1 pH entre 7,5 y 8,5 (de acuerdo con los métodos de ensayo ASTM D 1293);

8.3.2 Ácidos grasos volátiles (AGV), por debajo de 1 g/kg de peso húmedo (de acuerdo con la Práctica ASTM D 2908); y

8.3.3 NH₄⁺ - N entre 0,5 y 2 g / kg (de acuerdo con el ensayo APHA 212 y el método de ensayo ASTM D 3590).

NOTA 2. Avicelt ®, disponible de los productos EM Chemicals, Inc., Hawthorne, NY, fue utilizado para el desarrollo de este método de ensayo.

8.4 Los análisis se realizan después de la dilución de los inóculos con agua destilada en una proporción de agua destilada para inóculo de 5 a 1 en una base peso/peso.

9. MUESTRA DE ENSAYO

9.1 La muestra de ensayo debe tener un contenido suficiente de carbono, analizado de acuerdo con el método de ensayo ASTM D 4129, para producir volúmenes de dióxido de carbono y de metano que se puedan medir con precisión mediante los dispositivos de captura descritos. Añadir más muestra de ensayo cuando se espera baja biodegradabilidad, hasta 100 g de materia seca de muestra de ensayo.

9.1 La muestra de ensayo puede estar en forma de láminas, en polvo, gránulos/pellets o artículos formados, o en la forma de un hueso de perro y de acuerdo con la Práctica ASTM D 618. La configuración del ensayo debe ser capaz de manejar artículos que tienen 100 por 50 por 4 mm de espesor.

10. PROCEDIMIENTO

10.1 Preparación de las mezclas

10.1.1 Determinar los sólidos volátiles, sólidos secos, y el contenido de nitrógeno de los desechos domésticos pretratados y del inóculo de acuerdo con los métodos de ensayo ASTM D 3590, y APHA 2540D y 2540E.

10.1.2 Determinar los sólidos volátiles, sólidos secos, y el contenido de carbono de todas las sustancias de ensayo de acuerdo con los métodos APHA 2540D y 2540E y el método de ensayo ASTM D 4129.

10.1.3 Pesar y combinar los componentes y ajustar el contenido de materia seca de la mezcla final con agua para alcanzar el contenido deseado de materia seca para cada recipiente. Pesar alrededor de 600 gramos en una base en peso seco de desechos domésticos pretratados, y mezclar con 100 g en una base en peso seco de inóculo anaeróbico mesofílico de un digestor de funcionamiento continuo o 150 g en una base en peso seco de inóculo anaeróbico de un digestor de proceso por lotes. Añadir 60 a 100 g de materia seca de la sustancia de ensayo. Añadir agua hasta que se alcance el contenido final adecuado de materia seca (con el fin de alcanzar el 60% de contenido de materia seca en la mezcla, es necesario en algunos casos, remover el agua antes de la combinación de los diferentes componentes de la mezcla. Esto se puede lograr mediante el secado de los desechos domésticos pretratados o por centrifugación del inóculo anaeróbico). Mezclar las cantidades necesarias de desechos domésticos pretratados, inóculo y sustancia de ensayo en un contenedor pequeño por 2 a 3 minutos. Introducir la mezcla en el recipiente, pesar el recipiente con todos los contenidos y cerrarlo herméticamente. Preparar los recipientes a presión por triplicado para cada uno de los contenidos de materia seca siguientes: 35, 45 y 60%, por lo que son necesarios nueve recipientes para cada muestra.

10.1.4 Los blancos están compuestos por 600 g de materia seca de desechos domésticos pretratados e inóculo anaeróbico en los respectivos contenidos totales de materia seca. Como referencia, debe utilizarse celulosa de cromatografía en capa fina como control positivo. El blanco y la referencia se ejecutan por triplicado en los tres diferentes contenidos de materia seca.

10.2 Procedimiento de arranque. Después de que todos los reactores están llenos y cerrados, colocarlos en incubadoras a 35 ± 2 °C. Aclimatar los reactores durante aproximadamente 1 hora y liberar la presión, que se origina por el aumento de la temperatura, a la atmósfera. Incubar los reactores en la oscuridad durante un período de cuatro meses.

10.3 Procedimiento de operación

10.3.1 Verificar la producción de gas (medido como un aumento de presión) por lo menos una vez por semana. Cuando la sobrepresión alcance a más de 700 milibares, medir exactamente la presión con el transductor de presión y liberar hasta la presión atmosférica. Cuidar que la disminución de temperatura, debida a la apertura de la incubadora o de la sala de incubación, no sea mayor que 1 °C durante la medición de la sobrepresión.

(Continúa)

10.3.2 Analizar la composición del gas cada dos semanas. Determinar la concentración de metano y de dióxido de carbono mediante el uso de dispositivos analíticos adecuados para la detección y cuantificación de estos gases, tales como un cromatógrafo de gases con un detector apropiado, conforme a las prácticas ASTM E 260 y E 355. Prestar especial atención a la aparición de fugas a través del tabique.

10.4 Finalización del ensayo

10.4.1 Es aceptable que el tiempo de incubación se extienda, dependiendo de la actividad del inóculo, hasta que no se haya registrado producción significativa de gas en exceso del blanco durante una semana o hasta que la referencia positiva se haya degradado en más del 70%.

10.4.2 Al final del ensayo, analizar la materia seca, los ácidos grasos volátiles, y el pH de cada una de las mezclas del reactor, de acuerdo con el método APHA 2540E, la Práctica ASTM D 2908, y los Métodos de Ensayo ASTM D 1293.

10.4.3 Remover suficiente material residual del recipiente y someterlo a pruebas de ecotoxicidad, de conformidad con los apropiados métodos estándar de ensayo y prácticas (opcional).

11. CÁLCULO

11.1 Utilizando el carbono total en la muestra de ensayo, calcular la producción máxima teórica de gas (dióxido de carbono, más metano) originaria de la biodegradación anaeróbica de la muestra de ensayo, sobre la base de las transformaciones bioquímicas siguientes:



Cada milimol (12 mg) de carbono orgánico de la muestra se puede convertir en 1 mmol de CH₄ o de CO₂ gaseosos, o ambos. Un milimol de gas producido ocupa 22,4 mL a temperatura y presión estándar (TPE).

11.2 Temperatura y presión. Medir los porcentajes de CH₄ y CO₂, y transformar los volúmenes de gas a TPE. También corregir la presión de vapor y la variación de la presión atmosférica durante el ensayo. Calcular la cantidad de carbono gaseoso. Determinar la producción media (de las tres réplicas) neta de carbono gaseoso por biodegradación anaeróbica de las sustancias de ensayo, restando la producción media de carbono gaseoso del control (tres réplicas), que contiene solamente el inóculo.

11.3 Calcular el porcentaje de biodegradación para cada concentración de materia seca dividiendo la producción neta promedio de carbono gaseoso de la sustancia de ensayo por la cantidad original de carbono total del compuesto de ensayo y multiplicando por 100.

$$\% \text{ biodegradación} = \frac{\text{media } C_g(\text{ensayo}) - \text{media } C_g(\text{blanco})}{C_i} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

C_g = cantidad de carbono gaseoso producido, g, y

C_i = cantidad de carbono en el compuesto de ensayo añadido, g.

Calcular el error estándar, s_e , del porcentaje de biodegradación de la siguiente manera:

$$s_e = \sqrt{\frac{s_{\text{ensayo}}^2}{n_1} + \frac{s_{\text{blanco}}^2}{n_2}} \times \frac{100}{C_i} \quad (3)$$

Donde:

n_1 y n_2 = número de réplicas de digestores de ensayo y digestores de blanco, respectivamente, y

s = desviación estándar de la producción total de carbono gaseoso.

(Continúa)

Calcular el límite de confianza del 95% de la siguiente manera:

$$95 \% LC = \% \text{ biodegradación} \pm (t \times s_e) \quad (4)$$

Donde:

t = valor de la distribución t para el 95% de probabilidad con (n1 + n2 - 2) grados de libertad; en consecuencia $n = 3 + 3 - 2 = 4$.

12. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

12.1 La información sobre la toxicidad del material plástico es potencialmente útil para la interpretación de los efectos inhibitorios sobre el inóculo.

12.2 Este método incluye el uso de celulosa de cromatografía en capa fina como un control positivo. Si no se observa biodegradación suficiente (un mínimo de 70% para la celulosa) dentro de la duración del ensayo, este debe ser considerado como inválido y debe repetirse con inóculo fresco.

13. INFORME

13.1 Reportar los datos y la información siguientes:

13.1.1 La información sobre el inóculo, incluyendo la fuente, pH, ácidos grasos volátiles (en miligramos por kilogramo de peso en húmedo), NH_4^+ - N (en gramos por kilogramo de peso en húmedo), porcentaje de sólidos secos, porcentaje de sólidos volátiles, fecha de recolección y uso, tiempo y condiciones de almacenamiento, manejo y aclimatación potencial del material de ensayo.

13.1.2 La información sobre los desechos domésticos pretratados utilizados para producir el inóculo y utilizados como sustancia. En caso de que se utilicen desechos sólidos simulados, reportar la composición de la mezcla. Tanto para los desechos domésticos pretratados como para los desechos sólidos simulados, reportar la fuente, pH, tipo de tratamiento previo, NH_4^+ - N (en gramos por kilogramo), porcentaje de sólidos secos, porcentaje de sólidos volátiles, fecha de recolección, tiempo y condiciones de almacenamiento, manipulación y transporte.

13.1.3 El contenido de carbono del material plástico y del control positivo y la producción máxima teórica de gas (dióxido de carbono y metano) para cada uno.

13.1.4 Registrar y presentar gráficamente la evolución acumulativa de gas en el tiempo.

13.1.5 El análisis de gases como porcentaje de metano y porcentaje de dióxido de carbono para cada lectura al final del ensayo, o cada vez que se libera el gas a la atmósfera durante el transcurso del ensayo. Al mismo tiempo, reportar la presión barométrica y la temperatura en la incubadora y en el dispositivo de captura de gas.

13.1.6 Registrar el porcentaje de conversión de carbono, junto con la forma de material plástico, es decir, hojas, polvo, gránulos/pellets, etc. Registrar información específica sobre el tamaño, forma, volumen y espesor de los materiales plásticos y de las sustancias de control ensayadas.

13.1.7 El porcentaje de biodegradación en relación a la celulosa.

13.1.8 La desviación estándar y el intervalo de confianza del 95% para el porcentaje de biodegradación para cada conjunto triplicado.

13.1.9 En caso de que la producción de biogás no haya alcanzado a una meseta para los recipientes al 45 y 60% de materia seca, reportar la producción total de biogás al 35% de materia seca.

13.1.10 El rango de temperatura de ensayo.

13.1.11 La pérdida de peso en húmedo (opcional).

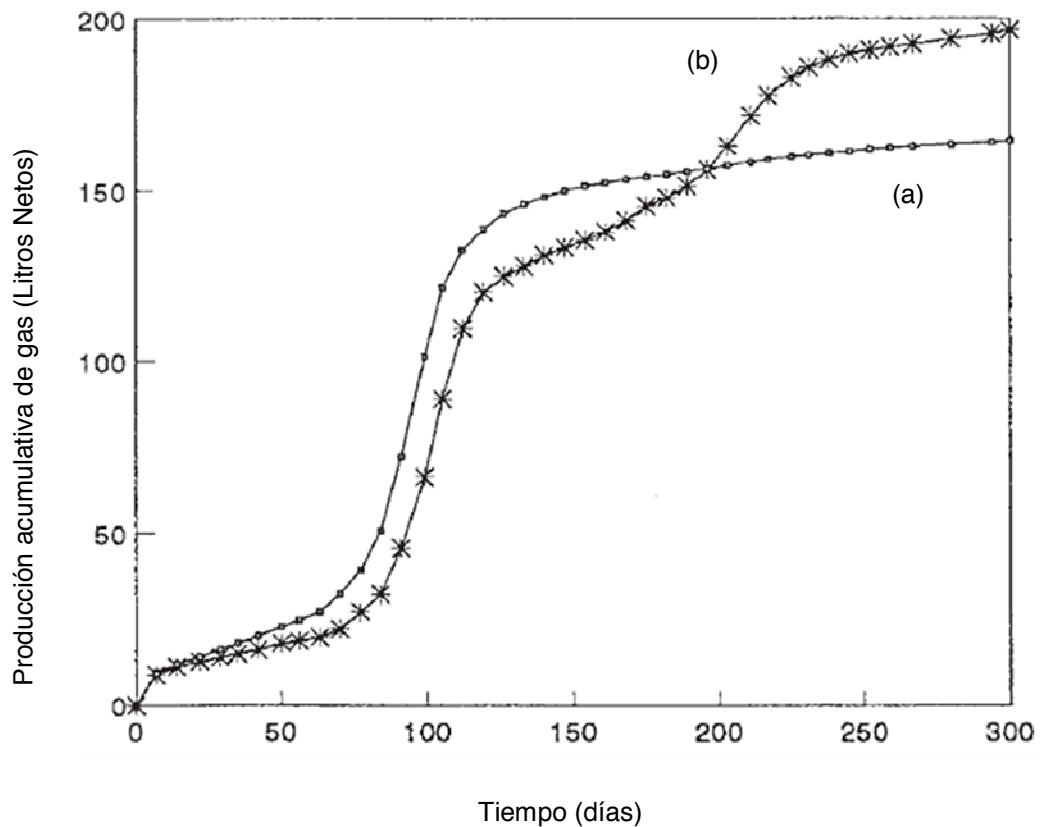
(Continúa)

14. PRECISIÓN Y SESGO

14.1 La precisión y el sesgo del procedimiento presentado en este método de ensayo para medir la biodegradación anaeróbica de los materiales plásticos bajo condiciones aceleradas de relleno sanitario están siendo determinados.

14.2 Los resultados preliminares al 40% de contenido de materia seca y 35 °C se presentan en la figura 2. Las curvas en la figura 2 representan la producción de biogás en litros de 1 kg de desechos domésticos pretratados más un 10% de inóculo mesofílico sin muestra (blanco) y con 60 g de celulosa (más control positivo).

FIGURA 2. (a) Producción acumulativa de biogás en un período de 300 días para 1 kg de desechos domésticos pretratados más 100 g de inóculo anaeróbico mesofílico sin muestra (blanco) y (b) con 60 g de celulosa (añadida como control positivo)



(Continúa)

REFERENCIAS

- (1) Campbell, D. J. V., and Croft, B., "Landfill Gas Enhancement: Brogborough Test Cell Programme," *Landfill Gas: Energy and Environment 90*, United Kingdom Department of Energy, 1990, p. 281.
- (2) De Baere, L. A., et al., "High-Rate Dry Anaerobic Composting Process for the Organic Fraction of SolidWastes," *Biotechnology and Bioengineering Symposium No. 15*, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1986, p. 321.
- (3) De Wilde, B., et al., "Dry Anaerobic Conversion of Source Separated Household Waste to Biogas and Humotex," *Journal of Resource Management and Technology*, Vol 18, No. 1, 1990, p. 40.
- (4) European Patent No. 84200801.3, 06.06.1984.
- (5) U.S. Patent No. 4 684 468, 03.31.1986.
- (6) Westlake, K., "Landfill Microbiology," *Landfill Gas: Energy and Environment 90*, United Kingdom Department of Energy, 1990, p. 271.
- (7) Suflita, J. M., et al., "The World's Largest Landfill: A Multidisciplinary Investigation," *Environmental Science and Technology*, Vol 26, No. 8, 1992, p. 1486.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2636	<i>Terminología relativa a plásticos degradables</i>
ASTM D 618	<i>Practice for Conditioning Plastics for Testing</i>
ASTM D 1293	<i>Test Methods for pH of Water</i>
ASTM D 2908	<i>Practice for Measuring Volatile Organic Matter in Water by Aqueous-Injection Gas Chromatography</i>
ASTM D 3590	<i>Test Methods for Total Kjeldahl Nitrogen in Water</i>
ASTM D 4129	<i>Test Method for Total and Organic Carbon in Water by High-Temperature Oxidation and Coulometric Detection</i>
ASTM E 260	<i>Practice for Packed Column Gas Chromatography</i>
ASTM E 355	<i>Practice for Gas Chromatography Terms and Relationships</i>
	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, ed. 20, 1999, disponible en la Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association), 800 I Street, NW, Washington, D.C. 20001-3710, o http://www.standardmethods.org:</i>
APHA-AWWA-WPCF 2540D	<i>Total Suspended Solids Dried at 103°-105°C</i>
APHA-AWWA-WPCF 2540E	<i>Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C</i>
APHA-AWWA-WPCF 212	<i>Nitrogen Ammonia</i>

Z.2. BASES DE ESTUDIO

ASTM D 5526-94 (Reapproved 2011) *Standard Test Method for Determining Anaerobic Biodegradation of Plastic Materials under Accelerated Landfill Conditions*. ASTM International. United States. 2011.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2641 **TÍTULO:** MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA BIODEGRADACIÓN ANAERÓBICA DE MATERIALES PLÁSTICOS BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE RELLENO SANITARIO **Código:** PL 01.03-302

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2011-05-27	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **Plásticos degradables**
Fecha de iniciación: 2011-07-15
Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación: 2012-01-18

NOMBRES:

Ing. Patricio Cadena (Presidente)
Ing. Ana María Valdivieso
Ing. Anita Ramos
Eco. Beatriz Déleg
Ing. Carlos Guale
Ing. Christian Endara C.
Ing. Christian Tomalá
Ing. Diego Saltos Donoso
Ing. Edgar Llerena
Ing. Eduardo Franco
Ing. Eduardo Mena C.
Ing. Jaime Yáñez León
Ing. Jorge Salgado
Lic. Lorena Ricaurte
Ing. Michael Hoffman
Ing. Pablo Sylva M.
Ing. Xavier Cela
Ing. Xavier Ordoñez
Ing. Xavier Ruiz M.
Ing. Yoceli Valecillos
Ing. Yolanda Chimbo
Ing. Cristina Acosta (Secretaria Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

FLEXIPLAST
MINISTERIO DEL AMBIENTE
PLÁSTICOS TORTUGA (“GR”)
MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD
BIC ECUADOR S.A.
CÁMARA DE INDUSTRIAS Y PRODUCCIÓN (C)
PLASTIAZUAY S.A. - ASEPLAS
FLEXIPLAST
PLASTIAZUAY S.A. - ASEPLAS
PLÁSTICOS ECUATORIANOS S.A.
INPLASTIC S.A.
MEXICHEM ECUADOR S.A.
ENTEC
ASEPLAS
EMGIRS – EP
REYBANPAC – DIVISIÓN PLÁSTICOS
FLEXIPLAST
SUNCHODESA
PLÁSTICOS ECUATORIANOS S.A.
ASEPLAS
EMPAQPLAST
INEN – REGIONAL AZUAY

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 784 de 2012-09-07

Por Resolución No. 12175 de 2012-07-24

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gob.ec
URL: www.inen.gob.ec**