



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

**“Ensayo de Perforación Dinámica Sobre Productos Geosintéticos Según
Norma IRAM 78009”**

Ana Cecilia Chappa⁽¹⁾

Ing. Héctor Luis Delbono⁽²⁾

**LEMaC
Centro de Investigación Vial**

Área: Medio Ambiente y Obras Civiles

(1) Becario-Tesista

(2) Director de Becario-Tesista



1. Resumen

El propósito de este informe es describir el equipo diseñado y desarrollado en el LEMaC para caracterizar un geotextil no tejido en cuanto a sus propiedades resistentes frente a esfuerzos de punzonado, bajo normativa IRAM 78009, analizando los resultados obtenidos y llegando a las conclusiones de los mismos.

2. Introducción

Hoy en día los Geosintéticos se utilizan en diversas obras del campo de la Ingeniería Civil. El Ingeniero debe conocer perfectamente la función específica que este material desempeñará en la obra. En muchos casos se deberá analizar su comportamiento durante la instalación y puesta en marcha de la obra, frente a esfuerzos de punzonamiento provocado por aristas vivas. En este documento se trata el comportamiento del material a través de los resultados obtenidos frente al impacto de un cono de acero en caída libre desde una altura especificada.

3. Definición

Productos elaborados a partir de varios tipos de polímeros, es decir uno de sus componentes es a base de polímeros sintéticos o naturales. Comprenden productos manufacturados (geoplásticos), productos que incluyen en su fabricación tecnología textil (geotextiles) y productos formados por ambas tecnologías: textil y plástica.

Estos textiles técnicos son estructuras planas que se presentan en forma de fieltro, manto, lámina o estructura tridimensional; son usados para mejorar y hacer posible la ejecución de ciertos proyectos de construcción utilizadas comúnmente en obras hidráulicas, obras viales, edificaciones, sistemas de control de erosión, aplicaciones medioambientales, movimientos de suelos, fundaciones, etc.

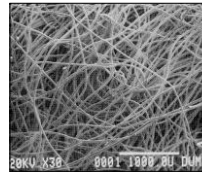
Para el ensayo, al cual nos referiremos mas adelante, se utilizaron geotextiles (materiales permeables) no tejidos de diferentes gramajes de tres empresas proveedoras.

En el mercado existen geotextiles no tejidos y tejidos (Figura N° 1):

- El geotextil tejido es producido mediante el entrelazado, generalmente en ángulos rectos, de dos o más juegos de fibras, filamentos, cintas u otros elementos.
- El geotextil no tejido es producido por amarres (mediante fricción y/o cohesión y/o adhesión) de fibras orientadas con una dirección específica o aleatoria.



Tejido



No Tejido

Figura N° 1: Geotextiles (distintos gramajes)

4. Ejemplos de Obras

Se da una breve descripción de obras donde el ingeniero, al utilizar los geotextiles, se enfrenta con las exigencias del pliego, el cual indica las especificaciones que el material debe cumplir (resistencia al punzonamiento) ante el contacto con materiales angulosos.

Caso 1:

En los embalses (Figura N° 2) se utiliza una pantalla impermeabilizante formada por el Geotextil y la Geomembrana. El Geotextil protege a la Geomembrana de posibles perforaciones o roturas (Figura N° 3), al formar una barrera anti-punzonante bajo la acción de la presión de la columna de agua durante la explotación del embalse, del paso de personal y maquinaria durante la construcción, mantenimiento, posibles reparaciones, etc. También evita las perforaciones que podría ocasionar el crecimiento de plantas debajo de la pantalla impermeabilizante.

De igual forma, protege a la Geomembrana del rozamiento durante las sucesivas dilataciones y contracciones que experimenta por efecto de las variaciones térmicas. La lámina impermeabilizante se adapta a las irregularidades del terreno. Las irregularidades pronunciadas implican una tensión en la lámina, la cual a su vez causa una pérdida de espesor en la misma dando origen a puntos débiles en los que se podrían producir posibles perforaciones o roturas, causadas por objetos punzantes del terreno. La interposición del Geotextil evitará la pérdida de estanqueidad que se produciría por todas estas causas.



Figura N° 2: Embalse con pantalla impermeabilizante (Cerro Verde – Perú)

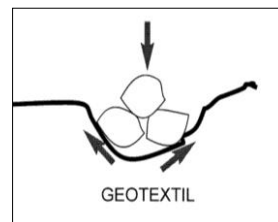


Figura N° 3: Funcionamiento del Geotextil



Caso 2:

En los rellenos sanitarios (Figura N° 4 y N° 5) también evitan el punzonado sobre las Geomenbranas (Figura N° 3) durante la construcción (movimientos de equipos) y puesta en obra de los mismos (descarga de residuos desde camiones y orugas que desparraman los desechos).



Figura N° 4: Relleno Sanitario (CEAMSE).



Figura N° 5: Relleno Sanitario en funcionamiento

Caso 3:

En el uso del geotextil como refuerzo de subrasante (Figura N° 6) o en repavimentación asfáltica, también se exige la resistencia mecánica al punzonamiento; debido a que el producto se instala sobre superficies fresadas o texturadas, generándose de esta manera elevados esfuerzos originados por las crestas resultantes y las aristas vivas del árido durante el proceso de rodillado de la manta embebida y compactación de la nueva carpeta.

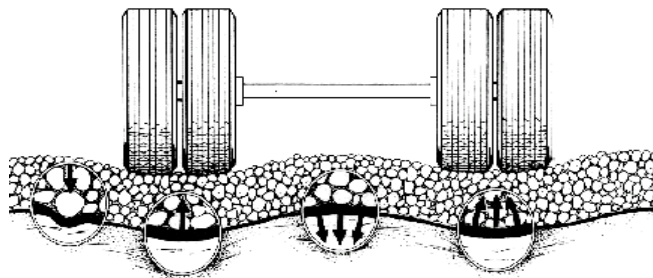


Figura N° 6: Refuerzo de subrasante



Figura N° 7: Repavimentación asfáltica a) Fresado de la superficie dejando irregularidades b) Extensión del Geotextil v paso de rodillo liso.



5. Descripción del ensayo

El método se basa en el grado de penetración que sufre el geotextil al recibir el impacto de un cono de acero que se suelta en caída libre desde una altura determinada.

El método es aplicable, en general, a todos los geotextiles y productos relacionados. Para ciertos tipos de productos, por ejemplo las geogrillas, hay que comprobar la validez del ensayo, debido al hecho de que el principio del método puede no ser apropiado.

5.1. Resumen

Se mantiene la probeta del geotextil colocada horizontalmente entre dos anillos de acero (Foto N° 1). Se suelta en caída libre, un cono de acero inoxidable con la punta hacia delante, desde una altura de 500 mm sobre el centro de la probeta. Se mide el diámetro del orificio originado en el geotextil mediante la introducción, de un cono de teflón graduado.

5.2. Aparato

5.2.1 Sistema de fijación.

Consiste en dos anillos de acero que fijan la probeta, facilitando su tensión previa al ensayo y evitando cualquier deslizamiento en el curso del mismo. El diámetro interno de los anillos de fijación debe ser de 150 mm \pm 0,5 mm.

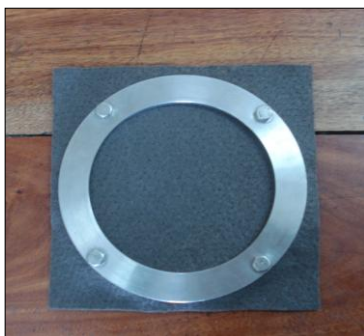


Foto N° 1: Anillos de acero sujetando probeta



Foto N° 2: Anillos de acero en el marco de sujeción

5.2.2 Marco.

Sostiene la probeta colocada en el sistema de fijación. Permite la liberación del cono sobre el centro de la probeta desde una altura de 500 mm \pm 2 mm con la punta hacia delante, asegurándose la caída libre.



El marco esta compuesto por 4 barras de acero roscadas, unidas a 2 soportes planos que dan firmeza al sistema, uno superior y otro inferior (Foto N°3 y N°4).

Se implementó la utilización de una guía de teflón para asegurar la caída libre sin rotación, en línea recta y sin perturbación de la velocidad de caída (Foto N° 6).

El conjunto esta situado sobre una superficie rígida de madera, impidiendo que el sistema se desestabilice cuando el cono cae (Foto N° 3 y N° 4).



Foto N° 3: Marco de sujeción Cono arriba



Foto N° 4: Marco de sujeción Cono abajo

5.2.3 Cono de acero inoxidable.

Posee un ángulo de 45° en el vértice, de superficie lisa y pulida con una masa de $1000 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$, incluyendo la barra guía (Foto N° 5).

El cono posee una altura de 76,3 mm y un diámetro mayor de 50 mm. El diámetro de la barra guía es de 12 mm.

La barra es direccionada hacia el centro de la probeta a través de la guía de teflón.

Se incorporó un soporte en el marco para que el cono descansa en él al no ser utilizado (Foto N° 6). También se colocó en el soporte inferior una placa de goma para proteger al cono, si el mismo traspasa el material de ensayo (Foto N° 2).

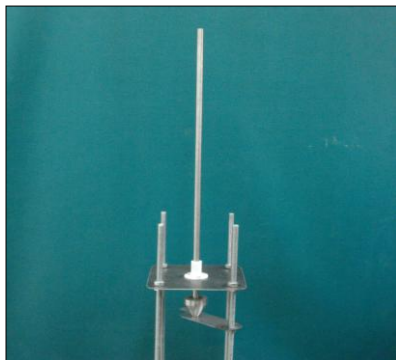


Foto N° 5: Cono y Barra guía
(Guía de teflón)

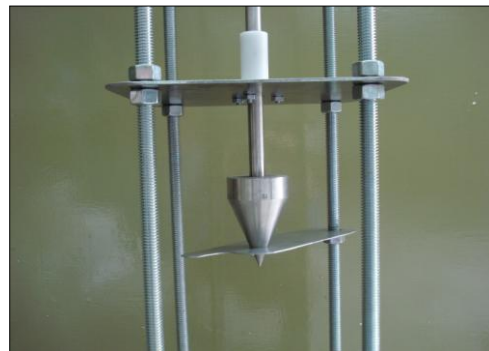


Foto N° 6: Cono y Soporte
(Guía de teflón)



5.2.4 Nivelación.

Se verifica la correcta nivelación del conjunto a través de un nivel de burbuja (Foto N° 7).

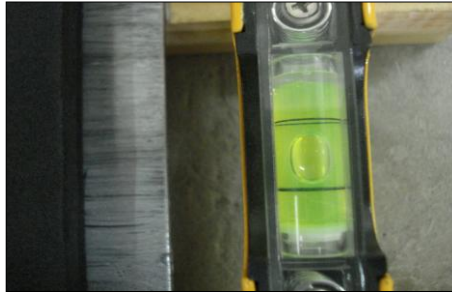


Foto N° 7: Nivel de Burbuja

5.2.5 Cono de medida.

Consiste en un cono graduado con el cual se mide la dimensión del orificio de la probeta ensayada (Foto N° 8). Debe tener una masa de $600 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$ por lo que se utilizó teflón como material de diseño del cono, con un mango superior de acero.

La graduación del cono llega hasta los 50 mm de diámetro.

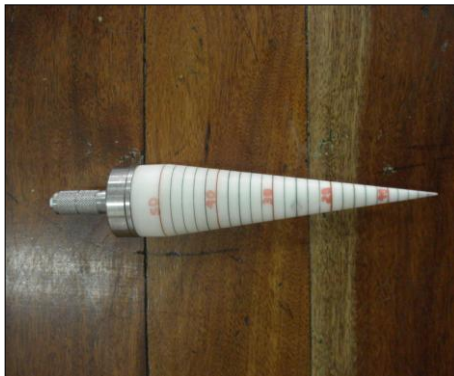


Foto N° 8: Cono de medida



Foto N° 9: Medición del diámetro del orificio

5.3. Probetas

Se cortan diez probetas de la muestra según norma IRAM 78003 de muestreo, cada una con medidas compatibles con el aparato de ensayo. En nuestro caso se utilizaron probetas cuadradas de $20 \times 20 \text{ cm}$ (Foto N° 10).

Si se conoce que el material a ensayar tiene características diferentes en sus dos caras (por ejemplo, características físicas o procesos de elaboración diferentes), entonces el ensayo completo debe realizarse separadamente sobre cada cara, utilizando diez probetas en cada caso.

Se realizan cuatro orificios a través de los cuales la probeta se fija a los aros por medio de tornillos (Foto N° 11).



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata



Foto N° 10: Probeta de 20x20cm.

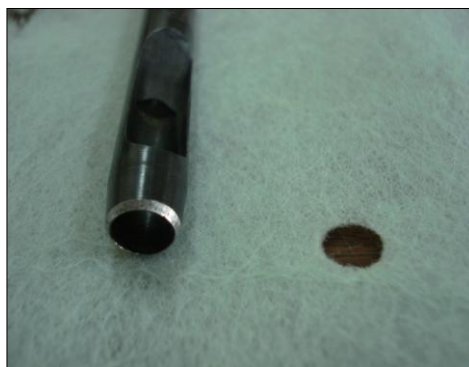


Foto N° 11: Orificio para fijar la probeta a los aros.

5.4. Acondicionamiento

Se acondicionan las probetas y se realiza el ensayo en la atmósfera normal para ensayos textiles, definida en la norma IRAM 7502.

5.5. Procedimiento

- Se cortan las probetas cuyas medidas serán compatibles con el aparato de ensayo, en nuestro caso de 20 x 20 cm., y se las acondiciona.
- Se coloca una probeta entre los anillos del dispositivo de fijación (Foto N° 1), sin que haya holgura. Se coloca la probeta y el sistema de fijación en el aparato de ensayo (Foto N° 2).
- Se comprueba que el marco este en posición horizontal a través de una nivelación con el nivel de burbuja (Foto N° 7).
- Se comprueba que el sistema de fijación (anillos) este horizontal sobre el marco a través de una nivelación (Foto N° 2).
- Se suelta suavemente el cono en caída libre, desde una altura de 500 mm \pm 2 mm, sobre la superficie de la probeta. Se anota cualquier anomalía, tal como que el cono rebote sobre la probeta y produzca un nuevo orificio en la segunda caída. En este caso, se mide la dimensión del orificio más grande.
- Se coloca, inmediatamente, el cono de medida dentro del orificio (Foto N° 12). Se dejan pasar 10 s y se mide después el diámetro del orificio con una aproximación de 1 mm.

5.6. Cálculo

Se calcula el diámetro medio del orificio de las diez probetas de cada espécimen ensayado y el coeficiente de variación, en porcentaje, según ISO 2854. (UNE 66060:1982 Interpretación estadística de datos. Eficacia de las pruebas relativas a medias y varianzas. IRAM 35014 Estadística. Interpretación estadística de los resultados de ensayo. Estimación de la media. Intervalo de confianza.)



De las probetas ensayadas de cada espécimen obtenemos 10 resultados de diferentes diámetros de penetración, la cuantificación de estos diámetros se realiza a través del Coeficiente de Variación:

$$CV = \frac{S}{|\bar{x}|}$$

Se define como el cociente entre la desviación típica y el valor absoluto de la media aritmética. Es un parámetro estadístico que indica, en términos porcentuales, la dispersión de una serie de datos respecto al valor medio. Cuando el valor del CV es igual a 0 no existen diferencias entre los puntos, resultando entonces una distribución totalmente homogénea.

5.7. Informe

- atmósfera de acondicionamiento;
- el diámetro medio del orificio en mm;
- el coeficiente de variación del diámetro del orificio, en porcentaje;
- cualquier comportamiento inusual, como un segundo orificio;
- la indicación de la existencia de anisotropía del material, a partir de las observaciones de la forma del orificio;
- cualquier desviación del procedimiento.

6. Ensayo

El ensayo de perforación dinámica por caída de un cono (IRAM 78009) deja medir la resistencia a la perforación que posee el material ensayado a través de las lecturas del diámetro del orificio.

Los datos y resultados se vuelcan en una planilla tipo como la que se muestra a continuación. En la misma podemos observar las lecturas de penetración en mm del orificio tomadas de las 10 probetas ensayadas de un mismo espécimen y los resultados obtenidos para caracterizar la resistencia a la penetración: diámetro medio, desviación estándar y coeficiente de variación.

A modo de ejemplo adjuntamos los resultados del ensayo a un Geotextil no Tejido de gramaje 120gr.



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata

Perforación dinámica por caída de un cono IRAM 78009		LEMaC / UTN - FRLP																														
Nº de Lab. =	Producto = 120 gr.	Nº Exped. =																														
Fecha = 30/09/10	Temp. = 17°C	Diámetro Interno Anillos de Fijación = 15 cm																														
<table border="1"><thead><tr><th>Muestra Nº</th><th>Perforación (mm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>38</td></tr><tr><td>2</td><td>40</td></tr><tr><td>3</td><td>41</td></tr><tr><td>4</td><td>42</td></tr><tr><td>5</td><td>41</td></tr><tr><td>6</td><td>42</td></tr><tr><td>7</td><td>44</td></tr><tr><td>8</td><td>45</td></tr><tr><td>9</td><td>38</td></tr><tr><td>10</td><td>40</td></tr></tbody></table> <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">RESUMEN DE RESULTADOS</th></tr></thead><tbody><tr><td>DIÁMETRO MEDIO</td><td>41,04</td></tr><tr><td>DESV. EST.</td><td>2,28</td></tr><tr><td>COEF. VAR. (%)</td><td>6</td></tr></tbody></table>			Muestra Nº	Perforación (mm)	1	38	2	40	3	41	4	42	5	41	6	42	7	44	8	45	9	38	10	40	RESUMEN DE RESULTADOS		DIÁMETRO MEDIO	41,04	DESV. EST.	2,28	COEF. VAR. (%)	6
Muestra Nº	Perforación (mm)																															
1	38																															
2	40																															
3	41																															
4	42																															
5	41																															
6	42																															
7	44																															
8	45																															
9	38																															
10	40																															
RESUMEN DE RESULTADOS																																
DIÁMETRO MEDIO	41,04																															
DESV. EST.	2,28																															
COEF. VAR. (%)	6																															

Tabla Nº1: Planilla tipo de laboratorio para ensayo de Perforación Dinámica por caída de un cono Norma IRAM 78009.

La foto Nº 12 y Nº13 muestran los pasos culminantes del ensayo: el orificio central, producto de la caída del cono de acero y la medición del diámetro en mm con el cono de medición.



Foto Nº 12: Cono de medida dentro del orificio.

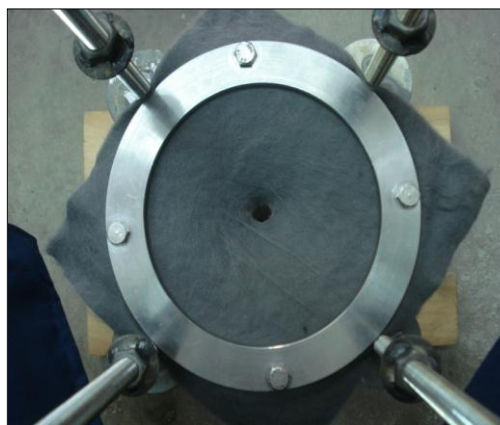


Foto Nº 13: Probeta ensayada.

En la tabla Nº 2 se dan a conocer los resultados del ensayo, diámetro medio (mm) y coeficiente de variación (%), realizado a cada gramaje de geotextil no tejido de las tres empresas proveedoras.



	Gramaje	DIÁMETRO MEDIO (mm)	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
EMPRESA (1)	120 gr	41,04	6
	150 gr	24,23	16
	300 gr	16,35	8
EMPRESA (2)	120 gr	32,23	13
	150 gr	25,06	11
	200 gr	18,92	10
EMPRESA (3)	140 gr	23,58	14
	150 gr	19,55	8

Tabla Nº 2: Resultados obtenidos para las distintas empresas.

A modo de ejemplo damos a conocer la cartilla de especificación técnica de un geotextil no tejido donde podemos destacar los valores máximos a exigir en el ensayo de perforación dinámica, caída libre de un cono, para el caso de Geotextil colocado bajo o sobre Geomembrana.

Parámetro	Unidad	Valor máximo *GTX bajo **GMB	Valor máximo *GTX sobre **GMB
Peso unitario (Gramaje)	g/m ²	200	300
Perforación caída libre de cono (Ø en mm)	mm	23	17

Tabla Nº 3: Exigencias establecidas según ubicación del GTX.
Norma UNE EN 918

*GTX: Geotextil **GMB: Geomembrana

7. Conclusiones

El trabajo consistió en el diseño del instrumento de ensayo según norma IRAM 78009 para determinar la resistencia a la perforación dinámica de un cono de acero. Se realizaron todas las pruebas en forma exitosa.

De la planilla resumen podemos destacar que el orificio medio disminuye con el aumento del gramaje, algo que resulta lógico porque el mayor gramaje pondrá mayor resistencia a ser perforado por el cono de acero. Se observa que para gramajes de 120 gr. el diámetro medio ronda los 40 y 30 mm, para gramajes de 150 gr. ronda los 25 mm y para gramajes mayores los 16 y 19 mm.

Los valores bajos del coeficiente de variación obtenidos marcan una baja dispersión en los diámetros respecto al valor medio. Esto indica que los diámetros se acercan a una distribución homogénea de los mismos.



Las cartillas de especificaciones técnicas de los productos toman como valor de comparación el diámetro medio del orificio en mm.

Conociendo el promedio del diámetro del material punzante al cual estará sometido el Geotextil y comparando este con los resultados de ensayos realizados en muestras del Geotextil, podemos dar una conclusión positiva o negativa del funcionamiento del mismo ante el material punzante.

8. Bibliografía

- (1) "GEOSINTÉTICOS. Desde la fabricación a su aplicación en obra". LEMaC Centro de Investigaciones Viales – CIT INTI Centro de Investigación y Desarrollo Textil. Año 2003.
- (2) Norma IRAM 78009 "Ensayo de Perforación Dinámica sobre productos Geosintéticos".
- (3) Norma UNE-EN 918 "Ensayo de Perforación Dinámica sobre productos Geosintéticos".
- (4) Norma IRAM 7502 "Métodos de acondicionamiento para ensayos".
- (5) Norma IRAM 78003 "Geotextiles y productos relacionados. Toma de muestras y preparación de las probeta".
- (6) "Introducción a los Geotextiles" Capítulo 1 – (www.marienco.com)
- (7) "Medidas Estadísticas Descriptivas" ([www.tuveras.com/estadistica/estadistica 02.htm](http://www.tuveras.com/estadistica/estadistica%20.htm)).
- (8) "Geotextiles tejidos y no tejidos – Funciones y Aplicaciones" Geosistemas PAVCO.
- (9) "Especificaciones Técnicas – Geotextil – http://www.carreteros.org/normativa/pg3/articulos/4/iii/a_422b.htm