

## “AVANCES EN LA CARACTERIZACION Y NORMALIZACION DEL USO DE GEOSINTETICOS”

**Gerardo Botasso<sup>(1)</sup>; Enrique Fensel<sup>(2)</sup> y Luis Ricci<sup>(3)</sup>**

(1); (2) y (3) LEMaC: Centro de Investigaciones Viales- Facultad Regional La Plata  
Universidad Tecnológica Nacional  
Calle 60 esquina 124 (1900) La Plata, Prov. de Bs. As., Argentina  
E-mail (autor responsable): gbotasso@frlp.utn.edu.ar  
E-mail (alternativo): efensel@frlp.utn.edu.ar

### **RESUMEN.**

*La utilización de los Geosintéticos en la Ingeniería Civil se ha visto incrementada en una forma sostenida en los últimos años. Estos productos presentan una serie de ventajas que son la principal causa del aumento del empleo en todo el mundo. Entre estas ventajas cabe destacar: facilidad de puesta en obra, es un producto económico, permite ahorros de tiempos de ejecución, posibilita soluciones medioambientales correctas con empleo de mano de obra no calificada y utilización de materiales de calidad verificable. Por esta razón, estos materiales están tomando cada vez más protagonismo en las construcciones civiles. Este protagonismo no sólo se debe al aumento que este rubro representa en el presupuesto total de las obras, sino también a la importancia de las responsabilidades técnicas para las cuales son diseñados. Por ello, este trabajo pone de manifiesto una metodología de control con desarrollo de equipamiento de bajo costo para la medición de :*

*Masa por unidad de área  
Ensayo de Espesores a presiones prefijadas  
Ensayo de tracción (Grab Test)  
Ensayo de Tracción en probetas anchas  
Ensayo de Resistencia a la Penetración Estática  
Ensayo de Penetración Dinámica  
Permeabilidad Normal al Plano*

*desarrollado bajo la Normativa IRAM, según lo actuado por el Subcomité de Geosintéticos. Se presenta el equipamiento y valores índices a considerar para valorar las prestaciones de este tipo de materiales geosintéticos, teniendo como objetivo dar una herramienta al constructor con la cual pueda establecer un control de calidad adecuado a la necesidad planteada en el uso del producto, dentro del marco normativo que se analiza en el presente trabajo.*

**Palabras clave:** geosintéticos, control de calidad, normativa.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Existen varios campos de aplicación de los Geosintéticos dentro del mundo de la construcción y la edificación: obras viales, obras hidráulicas, sistemas de control de erosión, aplicaciones medioambientales, entre otras. Los Geosintéticos comprenden productos manufacturados a partir de procedimientos principalmente de extrusión (geoplásticos), productos que incluyen en su fabricación tecnología textil (geotextiles) y productos formados por ambas tecnologías: textil y plástica. El término genérico Geosintético designa un producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de fieltro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil. Dentro de este grupo de textiles técnicos se pueden encontrar diferentes productos en función de determinadas características:

**Geotextiles:** Fieltro o manto fabricado con fibras sintéticas cuyas funciones se basan en la capacidad de filtración y en sus altas resistencias mecánicas, siendo éstas: separar, filtrar, drenar, reforzar y proteger. Pueden fabricarse de diferentes formas y sus aplicaciones abarcan prácticamente todos los campos de la ingeniería civil en donde se esté en contacto con el terreno.

El geotextil es un material textil (tejido) permeable, a base de polímero (natural o sintético), pudiendo ser no tejido (de fibra cortada o filamento continuo) o tejido, usado en contacto con el suelo o con otros materiales.

**Geomembranas:** Las geomembranas son láminas de impermeabilización, cuya función principal es evitar el paso de líquidos y se emplean en sistemas de impermeabilización tales como: túneles, rellenos sanitarios, depósitos, almacenamiento de agua o cubiertas planas de edificación. Estas pueden ser de PVC, HDPE, Polipropileno, asfálticas, etc.

## 2. CARACTERIZACIÓN

### Principales ensayos a realizar sobre un Geosintético:

El Centro de Investigaciones Viales LEMaC forma parte del subcomité de Geosintéticos de IRAM, en el cual se discuten y establecen las normas argentinas al respecto. Debido a la experiencia obtenida con esta participación y sumado a un profundo análisis que se ha realizado de las normativas, tanto americanas como europeas, y basados en el criterio de evaluar las características del Geosintético que respondan a un uso, se ha confeccionado un listado de ensayos que son ineludibles a la hora de caracterizar estos materiales. Ver **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Ensayos para determinar las características

<i>Ensayo</i>		<i>Norma</i>
<b><i>Ensayos para determinar las características físicas y mecánicas</i></b>		
<b>A</b>	“Método estándar para determinar la masa por unidad de área en Geotextiles”	ASTM D5261 IRAM 78002
<b>B</b>	“Método estándar para medir el espesor nominal de Geotextiles y Geomembranas”	ASTM D5199 IRAM 78004
<b>C</b>	“Método estándar para determinar la carga de rotura y elongación de Geotextiles” (GRAB BREAKING TEST)	ASTM D4632
<b>D</b>	Método estándar para determinar el comportamiento resistente de Geomembranas a través del método de tracción de la banda ancha	ASTM D4885
<b>E</b>	“Método estándar para evaluar la resistencia al desgarro trapezoidal en Geotextiles” (TRAPEZOIDAL TEAR TEST)	ASTM D4533
<b>F</b>	“Método estándar para determinar la abertura aparente de poros en Geotextiles”	ASTM D4751
<b>G</b>	“Método estándar para evaluar el índice de resistencia a la penetración estática de Geotextiles, Geomembranas y productos relacionados”	ASTM D4833 IRAM 78011
<b>H</b>	“Ensayo de perforación dinámica (ensayo por caída de un cono)”	IRAM 78009
<b><i>Ensayos para determinar las características hidráulicas y geotécnicas</i></b>		
<b>I</b>	“Método estándar para evaluar la permeabilidad al agua de Geotextiles”	ASTM D4491
<b>J</b>	“Método estándar para determinar permeabilidad (en corriente plana) de Geotextiles y productos relacionados”	ASTM D4716 IRAM 78010
<b>K</b>	“Determinación de las características de permeabilidad al agua normal al plano, sin carga”	IRAM 78007
<b><i>Ensayos para determinar las características de durabilidad</i></b>		
<b>L</b>	“Método estándar para valuar el deterioro de Geotextiles expuestos a la luz ultravioleta y agua (Aparato tipo arco de Xenón)”	ASTM D4355

**A) Masa por unidad de área:** La masa por unidad de superficie se relaciona con la uniformidad del Geosintético e indirectamente con el resto de las características del mismo. El peso o la masa por unidad de superficie de un Geosintético puede obtenerse mediante las recomendaciones, por ejemplo, de las normas ASTM D1910 e IRAM 78002. El peso de un Geosintético se expresa por unidad de área pesando pequeñas probetas de ensayo circulares o cuadradas, de dimensiones conocidas, cortadas de distintas posiciones y distribuidas por todo el ancho y largo de la muestra, Ej.: gramos por metro cuadrado (gramaje), o también en metros por kilogramo, en cuyo caso se debe especificar también el ancho de la tela.

**B) Ensayo de Espesores a presiones prefijadas (IRAM 78004-1):** Se define al Espesor como la distancia tomada entre dos placas paralelas de referencia, que se mide al aplicar una presión en un tiempo determinado sobre la probeta, y al Espesor Nominal como al espesor determinado cuando se aplica una presión de  $2,00 \pm 0,001$  KPa sobre la probeta de ensayo. Para la ejecución del ensayo se utiliza un Pie de presión que debe tener una superficie lisa, plana y circular, con un área de  $25 \text{ cm}^2 \pm 0,2 \text{ cm}^2$ . Este debe ser apto para ejercer presiones de 2 KPa, 20 KPa y 200 KPa ( $0,5 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $5 \text{ Kg/cm}^2$  y  $50 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente), en forma perpendicular al plano de la probeta. Placa de referencia: la placa de referencia tendrá una superficie plana cuya medida será superior a 1,75 veces el diámetro de la superficie del pie de presión. En nuestras experiencias se ha utilizado una placa de referencia de  $d=16 \text{ cm}$ . La precisión del aparato medidor del espesor deberá ser: 1 % para productos de espesor  $\geq 1 \text{ mm}$ , y 0,01 mm.

para los productos de espesor < 1mm. En nuestro caso el aparato que registra el espesor consta de una placa base de acero inoxidable a la cual se le adosó un porta flexímetro (comparador), que permite la colocación de dos flexímetros diametralmente opuestos, los cuales registran las medidas con una precisión de 0,01 mm. El pie de presión está formado por un tocho de acero inoxidable del diámetro que requiere la norma. El mismo fue provisto de un tetón en su parte superior para que al aplicar carga ésta sea centrada y se distribuya de manera correcta. También está provisto de una placa de referencia en la cual apoyan los vástagos de los flexímetros. El peso del pie mas el tetón y la placa de referencia es de 500 gr., con lo cual queda aplicada en su área el primer rango de presiones ( 2 KPa o 0,5 kg/cm<sup>2</sup>). Para el registro del espesor se toman ambas lecturas, una por cada flexímetro para cada estado de carga y se calcula el promedio de ambas determinaciones. Desterrando de este modo cualquier desviación por falta de paralelismo entre la placa de referencia y el pie de presión.

**C) Ensayo de tracción (Grab Test):** También llamado de resistencia a la tracción con carga concentrada, se diferencia del ensayo de tracción en tiras, en que el ancho de las probetas es mayor que la impronta de las mordazas de la máquina que tracciona la muestra. Mediante este artificio, una parte del espécimen provee anclaje a los filamentos sin ser específicamente sometida a esfuerzo. Algunas de las normas para este ensayo son: DIN 53858; EFG 07-120; ASTM D1682-4632; IRAM 78012. Las mismas difieren, entre otras características dimensionales de la máquina y probetas, en los valores de velocidad de ensayo, lo que se expone en la **Tabla 2**. Este ensayo es la mayor simulación de las condiciones reales cuando sobre un Geosintético se presiona un elemento punzante (Por Ej. rocas) en forma descendente, o se ejerce un esfuerzo lateral sobre el elemento (aun presionado). Una sollicitación como la descrita se presenta en operación cuando: un vehículo frena, acelera o dobla sobre la superficie del camino (las tensiones se transmiten paralelamente a la superficie); cuando se compacta el agregado en una trinchera de drenaje (se presiona la piedra contra los laterales y se vibra en forma descendente). Esta propiedad será de importancia crítica en todas las aplicaciones en que, durante la etapa de construcción, transite equipo pesado sobre agregado de grueso calibre.

**D) Ensayo de Tracción en probetas anchas.** La distinción básica entre este método y los métodos para medir las propiedades de tracción en los Geosintéticos es el ancho de la probeta. En este método, el ancho es mayor que el largo de la probeta, ya que algunos Geosintéticos tienen tendencia a encogerse (curvarse) bajo carga en el largo de la probeta. El mayor ancho reduce el efecto e encogimiento de tales materiales y proporciona una relación más próxima al comportamiento esperado del mismo sobre el terreno, así como un procedimiento para la comparación de Geosintéticos entre sí. Las normas que siguen el principio de este método aunque con algunas variantes en el procedimiento son ISO 10319:1993, AENOR UNE-EN ISO 10319:1996 e IRAM 78012:2001. Según la normativa Argentina el resumen del procedimiento es el siguiente: se mantiene una probeta de ensayo, entre todo su ancho, en las mordazas de una máquina de tracción que se desplaza a una determinada velocidad, mientras aplica una fuerza longitudinal a la probeta hasta que la misma rompe. El valor de la carga máxima medida en el dial de la máquina de tracción constituirá la resistencia a tracción del producto. Este ensayo utiliza probetas de 200 mm de ancho y 100 mm de largo.

**E) Ensayo de Desgarramiento:** El ensayo consiste en ejercer un esfuerzo de corte en dirección normal a una lámina de Geosintético sobre la que se ha practicado un corte en “V”. Se conforma así un concentrador de tensiones a partir del cual se propagará la rotura. El procedimiento de ensayo es el siguiente: se prepara una muestra del Geosintético, cortada en forma trapezoidal o de manera que entre las improntas de la mordaza quede una figura trapezoidal. En el centro de dicho espacio se efectúa un corte de 25 mm de largo, sobre el cual se inducirá el desgarramiento.



**Figura 1.** Dispositivo para medición de espesores

**Tabla 2.** Velocidad de Ensayos

Norma de Ensayo	Velocidad de Ensayo
DIN 53858	100mm/min
NFG 07-120	20s
ASTM D 1682-4632	30s ó 300mm/min

**F) Ensayo de Abertura Eficaz de Poros (AOS) (ASTM D4751-99):**

Abertura aparente de poros (AOS), para un Geotextil es la propiedad que indica el tamaño aproximado de partículas que pasan efectivamente través de un Geotextil. Para ello una muestra de Geotextil es colocada en un marco de tamiz, y esferas de vidrio graduadas son colocadas en la superficie del Geotextil. Se Preparan por lo menos 50 g de cada fracción de tamaño a usar, antes de comenzar el ensayo, balanza con una capacidad adecuada a la masa de muestras prevista, y una precisión de ± 0,05 g.

Eliminador de electricidad estática, para prevenir la acumulación de la misma cuando las partículas están siendo sacudidas sobre la superficie del geotextil. Son aceptables los dispositivos antiestáticos que se consiguen comercialmente, como así también los “sprays” antiestáticos. El Método de la U.S. Corps of Engineers se basa en la norma ASTM D4751 y define a la abertura eficaz o abertura equivalente de poros, AOS, como el número de la serie normalizada de tamices cuya abertura coincide con las del geotextil. El principal inconveniente de esta metodología es conseguir bolillas de cristal con determinada granulometría. Se ha optado por utilizar este procedimiento de ensayo salvando la diferencia al incorporar en el informe esta variante. Resulta muy importante aclarar que este método solo es aplicable a Geotextiles no tejidos donde la abertura de malla a determinar es pequeña en relación a las fracciones de microesferas consideradas. En el proceso de clasificación de las microesferas, se ha comprobado que durante su tamizado, se han obtenido notables diferencias en las granulometrías que se realizan sobre muestras de distinto tamaño. Se supone que esta dispersión se debe a que, en porciones muy grandes, el proceso de tamizado no es del todo efectivo. Es por ello, que se ha decidido y se recomienda tamizar porciones del material que no excedan un peso aproximado de 50 gr. durante el lapso de 15 min. y mediante la implementación del tamizador mecánico.

**G) Ensayo de resistencia a la Penetración estática de Geotextiles según normativa Argentina:** Este ensayo ha sido tomado del ámbito de la ingeniería vial y es una imitación del ensayo CBR. y cuantifica la dificultad con que un Geosintético podrá ser perforado por un elemento punzante que, soportado estáticamente sobre la tela, sea presionado enérgicamente sobre la misma. La creciente utilización de productos Geotextiles en la Obra Vial hace tener en cuenta la necesidad de evaluar las propiedades de dichos materiales. Dentro de los estudios comenzados en nuestro Centro uno de los primeros ensayos a desarrollar fue la determinación de Penetración Estática. Para lo cual se procedió al estudio de la normativa Argentina (IRAM 78011) y la de los EEUU (ASTM D4833).

En resumen, el procedimiento de ensayo descrito por ambas normas es muy similar; el cual plantea penetrar la muestra de Geotextil mediante un pistón, con una velocidad de desplazamiento constante, midiendo la carga y el hundimiento. Del estudio surge que las principales diferencias se encontraron en el instrumental utilizado y se optó por la norma IRAM 78011 debido a las razones que a continuación se describen:

- Es una norma vigente en nuestro país.
- Los elementos utilizados son, en su mayoría, instrumental que se encuentra en un laboratorio vial o que se puede adaptar.

Este ensayo cuantifica la dificultad con que un Geotextil podría ser perforado por un elemento punzante que, soportado estáticamente sobre la tela, es presionado enérgicamente sobre la misma. Esta propiedad

**Tabla 3.** Granulometrías de las esferas de cristal

Granulometría de las esferas				Designación del tamaño de la esfera	
Pasa		Retenida		mm	Tamiz #
mm	Tamiz #	mm	Tamiz #	mm	Tamiz #
2,000	10	1,700	12	1,700	12
1,400	14	1,180	16	1,180	16
1,000	18	0,850	20	0,850	20
0,710	25	0,600	30	0,600	30
0,500	35	0,425	40	0,425	40
0,355	45	0,300	50	0,300	50
0,250	60	0,212	70	0,212	70
0,180	80	0,150	100	0,150	100
0,125	120	0,106	140	0,106	140
0,090	170	0,075	200	0,075	200



**Figura 2.** Geotextil preparado para ser ensayado



**Figura 3.** Momento del ensayo

será de relevancia crítica en sistemas de control de erosión en que la protección se realice con elementos punzantes y de gran peso (como gaviones) o, por la naturaleza misma en la aplicación del geotextil como protección. La resistencia al punzonamiento estático deberá ser a sí mismo considerada en los casos en que sobre una capa de agregado punzante transite maquinaria de gran porte. La importancia del ensayo reside en el hecho que ante cualquiera de las situaciones antes mencionadas el Geotextil podrá fallar, y si lo hace perderá la mayoría de las funciones para las cuales fue colocado, dejando de esta manera inutilizado el material, con la pérdida del mismo y los costos que ello conlleva. Con el instrumental desarrollado en el Centro se realizaron las primeras experiencias de penetración estática en Geotextiles. La obtención y acondicionamiento de las probetas se realizó según la norma tratada (IRAM 78011. Se ensayó un material constituido por un polímero estabilizado, no tejido y soldado térmicamente de reconocida marca comercial. Los ensayos se realizaron mediante **Carga directa con la velocidad normal de ensayo (50mm/min), en una sola etapa, hasta llegar a la rotura.** Registrándose valores de penetración (mm) y carga (kg) para los distintos intervalos fijados. Este es el procedimiento más recomendable para ejecutar un ensayo de estas características, ya que a partir de la curva carga-hundimiento se pueden realizar otras conclusiones (módulo de elasticidad, tenacidad), dejadas de lado en un procedimiento que solo registra carga y hundimiento final. Se puede observar una planilla tipo en la cual se registran las cargas para los distintos valores de penetración prefijados, ya sea que la muestra se encuentre en condición seca o húmeda. Pudiendo graficarse, en un mismo esquema, ambas curvas para una adecuada comparación.

**H) Ensayo de Penetración Dinámica**

El ensayo se basa en el grado de penetración que sufre el Geosintético al recibir el impacto de un cono de acero que suelta en caída libre desde una altura determinada. Las normas NT Build 243, UNE EN 918 e IRAM 78009 siguen el principio del ensayo aunque presentan ciertas diferencias en el método. En la norma IRAM 78009 se mantiene la probeta del Geosintético colocada horizontalmente entre dos anillos de acero de 150 mm de diámetro interno (molde CBR). Se suelta en caída libre un cono de acero inoxidable de 1000 gr de masa con la punta hacia delante, desde una altura de 50 cm sobre el centro de la probeta. Una vez que el mismo penetró la probeta se mide el grado de penetración por la introducción de un cono afilado graduado dentro del orificio. Esta medición constituye la magnitud de la resistencia dinámica que provee el Geosintético. Una de las diferencias más notorias entre los métodos de las diferentes normativas es la que expone la norma finlandesa NT Build 243 en la cual el Geosintético se coloca sobre una cama de agua amarrado al anillo de acero (Fig. 4). La ventaja de este método de ensayo es que el Geosintético interactúa con el agua, la cual provee un efecto de amortiguamiento que

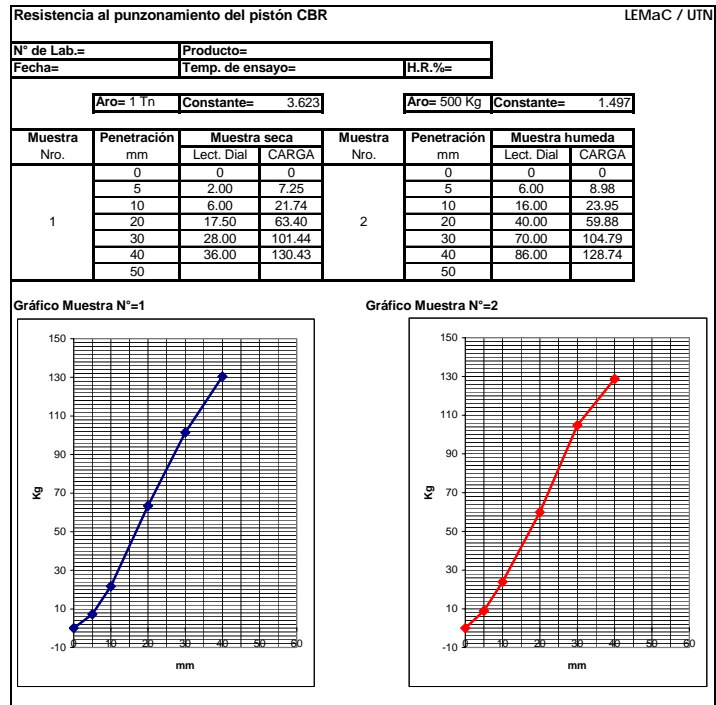


Figura 4. Planilla Resistencia al Punzonamiento

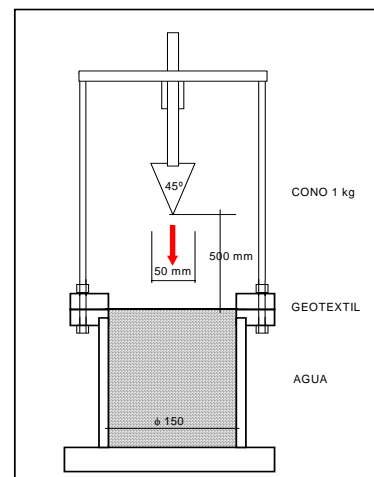


Figura 6. Esquema del ensayo

Tabla 4.

Masa	Método de Fabricación	Polímero	Índice de Penetración
200	Agujeteado	Poliéster	1,7
300	Agujeteado	Poliéster	1,3
400	Agujeteado	Poliéster	0,8

ocurre en la práctica. En términos generales el principio de ensayo simula la situación que se puede producir durante la instalación del Geosintético en la que el mismo es impactado por piedras volcadas desde una altura considerable. La experiencia ha demostrado que aquellos Geosintéticos con un módulo de deformación que se incremente desde valores iniciales bajos presentan mejores resultados que los que poseen altos valores de dicho parámetro desde el principio. En la **Tabla 4** se expone los datos correspondientes a una tela no tejida.

### I) Permeabilidad Planar

Alguna de las normas con las que se puede cuantificar esta propiedad en geotextiles y productos relacionados son UNE-EN ISO 12958 e IRAM 78010: 2002. Las mismas establecen un método para determinar la permeabilidad al flujo de agua bajo carga hidráulica constante dentro del plano de un geotextil o de un producto relacionado. Figura 7. Según la normativa Argentina el procedimiento consiste en colocar probetas del material de cómo mínimo 0.3 m en la dirección del flujo y 0.2 m de ancho, libres de burbujas de aire y saturadas, entre 2 placas de espuma las cuales deben cumplir con requerimientos específicos según las características y/o función inherente al material en estudio. El conjunto espuma-geotextil-espuma se somete a un esfuerzo normal de 20 Kpa aplicado sobre una placa de carga de 0.3m x 0.2m y se mantiene la presión durante 360 seg. Según la norma IRAM 78010:2002 la apreciación del ensayo esta ligada al comportamiento de la fluencia por compresión a largo plazo, es por lo anterior que para los materiales que presentan fluencia ala compresión, el esfuerzo puede tener tendencia a decrecer durante el ensayo. En este caso, se debe reajustar continuamente el esfuerzo durante el mismo. Posteriormente, se llena el depósito del equipo hidráulico hasta el nivel correspondiente al gradiente hidráulico de 0.1 y se deja que el agua atraviese la probeta durante 120 seg. El agua que ha atravesado el sistema se recoge en el recipiente de medición durante el intervalo de tiempo determinado, se anota el volumen recogido y la temperatura del agua. Se repite el procedimiento realizando todas las combinaciones posibles entre los gradientes hidráulicos predeterminados 0.1 y 1.0 y los esfuerzos normales de compresión 20 Kpa, 100Kpa y 200Kpa. Por último se calcula la permeabilidad al flujo de agua en el plano  $Q_{\text{esf/grad}}$ , a 20° C para cada gradiente hidráulico y cada esfuerzo de compresión normal con la siguiente formula:

$$Q_{\text{e/g}} = V \cdot R_t / W \cdot T$$

siendo:

$Q_{\text{e/f}}$ : permeabilidad al flujo de agua en el plano por unidad de ancho en  $\text{m}^2/\text{seg}$

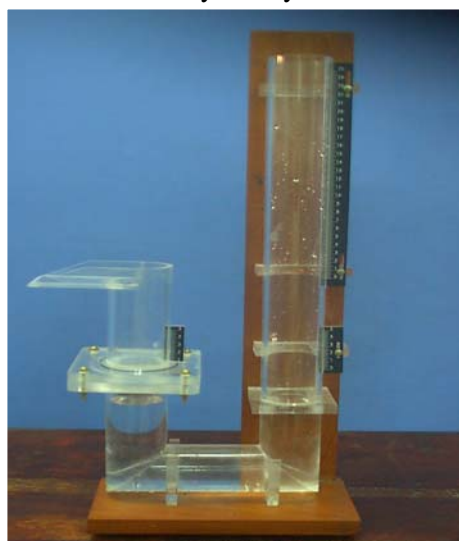
V: volumen medido en  $\text{m}^3$

$R_t$ : factor de corrección a una temperatura de agua distinta de 20°C.

W: ancho de probeta, en m

T: tiempo en segundos

Los resultados se expresan como la representación gráfica de la permeabilidad en el plano, en función del esfuerzo normal de compresión para los dos gradientes hidráulicos definidos.



**Figura 7.** Permeámetro

### 3. CONCLUSIONES

- Se ha participado en el diseño de una metodología sintética en IRAM para la caracterización de geosintéticos.
- La misma resulta de sencilla implementación y valora las principales propiedades del geosintético aplicado a la obra civil.
- Gran parte de los ensayos pueden desarrollarse con equipamiento existente en los laboratorios viales.

### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guía Técnica sobre Geosintéticos. Rocap de Dupont.
- Guidelines for the Certification of Geomembranes as a Component of Composite Liners for Municipal and Hazardous Waste Landfills and for Lining Contaminated Land. Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM). 1994. Alemania.
- Engineering use of geotextiles. Departaments of The Army and The Air Force. 1995. United States.