



Mejoras en la impermeabilidad de las barreras minerales

La correcta impermeabilización de un vertedero, tanto en lo que respecta al vaso, como a su posterior sellado, no debe confiarse sólo a un único estrato impermeable, sino a la conjunción de varios elementos, que por una parte trabajen solidariamente, y por otra constituyan una barrera de seguridad por si alguno de ellos sufre problemas o carece de la calidad especificada.

Es lógico además, que estas distintas barreras sean de constitución diversa, para que cada una aporte sus ventajas características y para que se subsanen los eventuales problemas ligados a un tipo específico de barrera.

La normativa recoge claramente esta exigencia cuando impone el

Javier Alonso
Ingeniero de Caminos

uso conjunto de barreras artificiales y barreras minerales. Sin embargo, existe una tendencia en los proyectistas a no dar la misma importancia a la barrera mineral que a la artificial, pensando que la lámina plástica es la que de verdad impermeabiliza, y que los elementos minerales no son más que bases de apoyo y molestas imposiciones de los reguladores.

En la base de esta desconfianza están las malas experiencias con las capas de arcilla compactada. Las buenas arcillas son caras, o no se encuentran próximas a la obra,

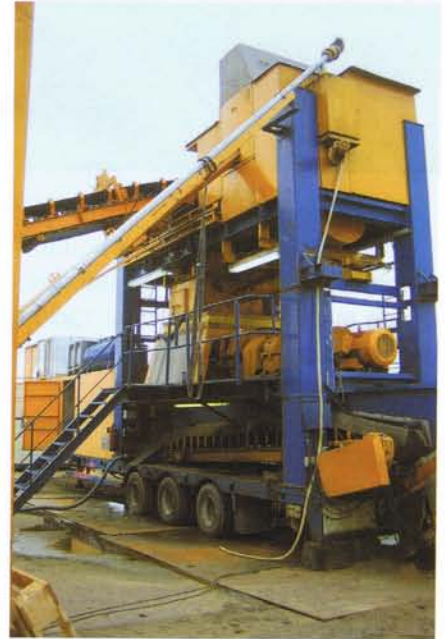


Figura 2

lo que conduce a que, con frecuencia, se empleen materiales que están en el límite de lo admisible.

Al actuar así, se solventa el problema, pero sólo de manera teórica y a corto plazo. En efecto, el calor de la atmósfera, o el generado en la masa de residuos, hace que en muy poco tiempo se producen grietas y fisuras por desecación, con lo que estamos confiando la estanqueidad únicamente a la lámina plástica. En la bibliografía seleccionada que se recoge al final hay numerosos ejemplos de investigación de obras antiguas. El resultado de uno de ellos, ref [1], se recoge en la figura 1, donde se aprecia que un sellado hecho con arcilla en un clima a priori favorable (Hamburgo), deja de ser efectivo al cabo de unos pocos años.

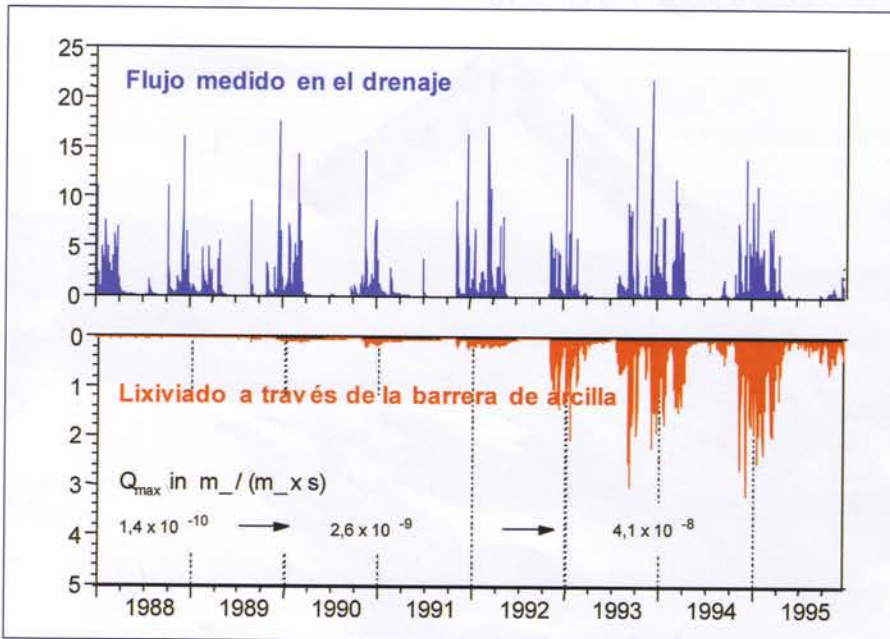


Figura 1



Figura 3

Estos defectos son particularmente apreciables en los taludes, donde el extendido y compactación de capas de arcilla puede ser problemático.

Para solventar estos problemas se desarrollaron, hace ya más de 12 años, las Barreras minerales de bentonita + polímero, más conocidas por su nombre comercial "Trisoplast". En este tiempo se han instalado cerca de 10 millones de m², de los que un 60% lo ha sido en sellados, un 25% en vasos de vertederos, y un 15% en protección contra suelos contaminados y en aplicaciones industriales

Para su fabricación se amasa en una planta tipo hormigonado (fig.2)

- Arena 1000 kg
- Bentonita 130 kg
- Polímero especial 2,6 kg
- Agua: en función de la humedad de la arena.

Las exigencias para la arena son mínimas, siendo válidas todas las que se utilizan en la fabricación de hormigones. Pueden incluso emplearse arenas usadas de fundición, con lo que se consigue una muy interesante valorización de dicho residuo. En la fig 3 se observa una capa de Trisoplast fabricado con estos residuos de fundición lo que le da su característico color negro.

El material tiene aspecto de arena húmeda, y se extiende y compacta con la maquinaria habitual de movimiento de tierras. La compactación es fácil y requiere poca energía, por su naturaleza arenosa. Tampoco hay problemas en los taludes, donde es admisible llegar hasta un máximo de 1:2 (figuras 4 y 5). La conductividad hidráulica es prácticamente constante a partir de una densidad Proctor del 87%

El rendimiento medio de aplicación es de 2000 m²/día, pudiéndose llegar a duplicar esta cifra en condiciones favorables y con equipos entrenados.

Como se aprecia en la figura 6, el acabado es perfecto, garantizando un magnífico asiento para la lámina plástica, sin necesidad de ningún geotextil intermedio.

Con ser importante estas ventajas, el mayor aliciente para el empleo de estas barreras estriba en su eficaz impermeabilidad, y sobre todo en la garantía de mantener sus propiedades a medio y largo plazo.

Su coeficiente de impermeabilidad, k , es del orden de 10^{-11} m/s. Suele tomarse para los cálculos $k=3 \times 10^{-11}$, como medida de seguridad y para evitar enojosas discrepancias en obra, teniendo en cuenta la gran dispersión que a veces se da en la medida de este parámetro. Esto significa que una barrera de 10 cm de Trisoplast equivale a más de 3 m de arcilla compactada con $k=10^{-9}$, o a más de 5 mantas de bentonita. Números muy interesantes, sobre todo cuando el control de los lixiviados es una prioridad.

Pero lo que de verdad distingue a este tipo de barreras es la permanencia de sus propiedades a lo largo del tiempo.



Figura 4



Figura 5



Figura 6

Al principio de este artículo hemos mencionado la alteración con el paso del tiempo de la impermeabilidad de las arcillas. Este efecto es debido en gran parte a que una vez abierta una grieta por cualquier causa, no existe ningún mecanismo de sellado de la misma.

Las bentonitas, por el contrario, sí que poseen este mecanismo: su capacidad de hinchamiento en presencia del agua. Esto hace que si existen fisuras en una barrera bentonítica, al llegar el agua se produz-

ca el hinchamiento de la bentonita, sellándose así las fisuras y evitando el paso del líquido.

Este mecanismo beneficioso tiene sin embargo un "pero". El hinchamiento de las bentonitas está ligado a la existencia en su estructura de iones Na^+ . Pero las bentonitas, sometidas a las agresiones medioambientales, sufren de manera general, un intercambio iónico, y los iones Na^+ , son sustituidos por iones Ca^{++} , con lo que su hinchabilidad se ve seriamente

comprometida, y como consecuencia su impermeabilidad.

La tabla 1, adaptada de la ref [5] recoge los resultados de la investigación realizada en Estados Unidos sobre cuatro vertederos que se habían sellado con mantas de bentonita.

Como se ve, al cabo de sólo 4 años, la permeabilidad inicial del orden de 10^{-11} , ha aumentado varios órdenes de magnitud, llegando incluso a 10^{-6} . La explicación aportada por los autores del artículo es clara: de una relación Sodio/Calcio inicial en la bentonita de 2,88, se ha pasado con el transcurso de los años a valores del orden de 0,16

Afortunadamente se ha encontrado la forma de luchar contra este fenómeno de calcificación de las bentonitas, a base de ciertos polímeros que poseen la propiedad de "sellar" estos enlaces químicos, manteniendo así intactas las propiedades beneficiosas de la bentonita. Esto explica que el comportamiento a largo plazo de Trisoplast no se vea afectado por el intercambio iónico, y mantenga todas sus propiedades.

En el estudio de la ref [6], se tomaron muestras de Trisoplast en seis sellados diferentes al cabo de 5-6 años. En la Tabla 2 pueden verse los resultados de la conductividad hidráulica, que no ha sufrido

Tabla 1: Resultados de excavación de GCLs según [5]

Vertedero	Edad	Permeabilidad m/s
N (media de 8 lugares)	4,6 años	$3,9 \times 10^{-7}$
D (media de 4 lugares)	11,1 años	$6,2 \times 10^{-10}$
S (media de 4 lugares)	4,1 años	$1,1 \times 10^{-6}$
O (media de 4 lugares)	5,6 años	$4,7 \times 10^{-7}$
GCL nuevo 1	0	$1,2 \times 10^{-11}$
GCL nuevo 2	0	$1,7 \times 10^{-11}$



Figura 7



Tabla 2: resultados de excavación de Trisoplast según [6]

Vertedero	Edad	Permeabilidad m/s
EUR 1	6 años	$2,6 \times 10^{-11}$
EUR 2	6 años	$1,3 \times 10^{-11}$
VOP 3	5 años	$1,6 \times 10^{-11}$
ALM 4	5 años	$1,5 \times 10^{-11}$
ALM 5	5 años	$4,3 \times 10^{-11}$
SOE 6	5 años	$2,1 \times 10^{-11}$
Trisoplast nuevo	0	$2,6 \times 10^{-11}$

menoscabo a pesar del tiempo transcurrido.

La fotografía de la fig 7 está tomada el pasado mes de Junio, en la que un grupo de técnicos españoles asistieron a la apertura de un vertedero sellado con Trisoplast ha-

ce 5 años. En ella se aprecia que el material presenta el mismo aspecto que el día de su instalación, no habiéndose realizado aún ensayos de laboratorio

Actualmente se están proyectando ya los primeros vertederos en

España con esta tecnología, y esperamos por tanto poder informar pronto de realizaciones españolas.

REFERENCIAS

- [1]: Melchior (1997): In situ studies on the performance of landfill caps
- [2]: Melchior (2003): Dessication of cohesive soil barriers in landfill covers
- [3]: Albrecht & Benson (2001): Effect of dessication on compacted natural clays
- [4]: Philip et al. (2002): A field-based test examining clay desiccation in landfill liners
- [5]: Meer & Benson (2007): Hydraulic Conductivity of Geosynthetic Clay Liners Exhumed from Landfill Final Covers
- [6]: Boels, Melchior & Steinert (2003): Are Trisoplast barriers sustainable?; an evaluation of old barriers in landfill caps
- [7]: James, Fullerton & Drake (1997): Field performance of GCL under ion exchange conditions