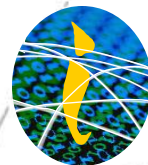




XI CONFERENCIA ATEGRUS® SOBRE VERTEDEROS CONTROLADOS

Control de Calidad en los Proyectos de Sellado de Vertederos



**Fernando Calvo Redruejo
Dr. Ing. Caminos Canales y Puertos
REDICMA
Red de Ingenieros Consultores Medioambientales
<http://web.mac.com/redicma>**

Sellar vertederos, ocultar problemas

Es un hecho constatado que en España existen, al menos, 8.200 vertederos incontrolados de ubicación conocida, situación que es sencillamente inaceptable y que muestra tan sólo una parte de la sucia realidad. A este panorama se ha llegado tras años de desidia de las administraciones competentes que veían en los vertederos la solución más imaginativa posible para la gestión de la basura. Esta administración competente se ha visto auxiliada, en su modelo de tratamiento de residuos, por la actuación casi cómplice, de la generalidad de las organizaciones ecologistas que no han sabido ver en los vertederos el auténtico peligro que constituyen. La perspectiva ha empezado a cambiar y ya existen algunas iniciativas que pretenden dar la vuelta a la situación y adoptar modelos de gestión que nos acerquen más a los países punteros de Europa. Y no sólo se está cambiando la perspectiva respecto del tratamiento de las basuras futuras, sino que la mayoría de las Comunidades Autónomas han iniciado una política, muy loable, de «sellado de vertederos». Todos los meses aparecen noticias desde Galicia, Aragón, País Vasco, Andalucía y alguna otra comunidad autónoma, anunciando el sellado de tal o cual vertedero. Sin embargo, ante la duda, cuando se comprueba cómo se ha realizado el «sellado» del vertedero, se puede ver que, en muchos

casos, tan sólo se ha echado tierra por encima. Y esto no es sellar un vertedero, sino tan sólo esconder el problema para que ni se vea ni huela, pero allí queda. Y con todos los problemas para el medio ambiente activos o latentes. Sirva de ejemplo la reciente aparición en una zona de Pontevedra, que se quiere recuperar como medio natural, del vertedero de hace 30 años, prácticamente intacto.

Uno de los argumentos que se utilizan para este sellado chapucero, que lógicamente es mucho más barato que si se realizara correctamente, es la escasa peligrosidad de los residuos allí depositados, que son basura orgánica. Y esto no es casi nunca cierto. A los vertederos españoles, ha llegado todo tipo de residuos, desde urbanos a inertes pasando por industriales, tóxicos y peligrosos, porque el control ha sido casi siempre inexistente. De ahí la realidad de muchos de nuestros acuíferos, contaminados por vertidos localizados largo tiempo en ubicaciones no controladas ni saneadas.

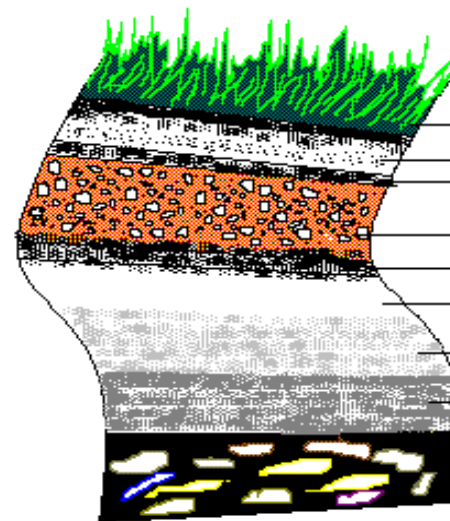
El sellado de los vertederos se tiene que realizar bajo unas premisas técnicas que incluyen el análisis y control de lo allí depositado, y no sólo en el momento en que se sella, sino muchos años después; también debe aislarse el contenido para que sus lixiviados no contaminen los suelos sobre los que se ubican ni las capas freáticas que se encuentran más abajo. Y cuando las condiciones del suelo no sean las adecuadas habrá que mover los vertidos y llevárselos a otra parte donde se traten adecuadamente. El importe económico de esta actuación, multiplicado por 8.200 ubicaciones, es muy difícil de asumir; pero debemos pagar el déficit ambiental de 50 años de mala gestión. En caso contrario los problemas seguirán apareciendo aunque les echemos «tierra encima».

Editorial	3
Entrevista	4
Aluminio	6
Hojalata	8
Madera	10
Papel	12
Plásticos	14
Tetra Pak	16

SUMARIO

Vidrio	18
Cartoncillo ..	20
Pet	22
Informe	24
Bolsa subprod.	26
Precios	30
Actualidad ..	35
Productos...	38
Directorio...	41

CLASE DE VERTEDERO		NO PELIGROSO	PELIGROSO
Capas de drenaje de gases		Exigida	No Exigida
Revestimiento impermeabilización artificial	de	No Exigida	Exigida
Capa mineral impermeable.		Exigida	Exigida
Capa drenaje > 0,5 mts.		Exigida	Exigida
Cobertura superior de tierra > 1 mts.		Exigida	Exigida



- VEGETACIÓN
- CAPA DE SOPORTE VEGETATIVO
- FILTRO GEOTEXTIL
- CAPA DE DRENAJE LATERAL
- CAPA BARRERA DE GEOMEMBRANA
- CAPA BARRERA DE ARCILLA COMPACTADA
- CAPA DE RECOGIDA DE GASES
- CAPA DE SUB-BASE
- RESIDUO

LA CAPA SELLADO DEBE RESPONDER EN SU DISEÑO A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

1.- TIPOLOGIA DE RESIDUOS?

- BIODEGRADABILIDAD.
- GENERACION DE GASES.

2.- CUALES SON LAS CONDICIONES DE COMPACTACIÓN DE LOS RESIDUOS?.

- ESTIMACION DE ASENTAMIENTOS.
- ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD MEDIA DE LA MASA DE RESIDUOS.

3.- CLIMATOLOGIA EXISTE (PRECIPITACIONES ANUALES)?

4.- CUÁL ES EL USO PREVISTO PARA LA ZONA A REINSERTAR?

- CAPACIDAD PORTANTE.
- ESTUDIO DE REVEGETACIÓN - PAISAJISMO.

5.- EXISTEN BARRERAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y DE DRENAJE?

- DETERMINAN LA NECESIDAD DE MEDIDAS EXTRAS A LA CAPA DE SELLADO.
 - BARRERAS DE CONTENCIÓN DE PLUMAS DE LIXIVIADOS.
 - IMPLANTACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE DRENAJE DE LIXIVIACIÓN
 - Drenes horizontales.
 - Bombas de extracción.
 - Drenes en superficie de regularización.
 - Drenes en la propia capa de sellado.

RESPUESTA: CADA VERTEDERO DEBE CONTENER UN DISEÑO DE LA CAPA DE SELLADO ESPECÍFICO DEPENDIENDO DE SU DINAMICA AMBIENTAL.
DIAGNOSTICO - ESTUDIO DE CAUSA EFECTO

recomendaciones.....

recomendaciones..... Que buscan:

- 1.- MINIMIZAR EL PERIODO EN QUE UN VERTEDERO REPRESENTA UN RIESGO PARA LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE.
- 2.- INTRODUCIR EN LA MASA DE RESIDUOS UNAS CONDICIONES QUE FAVOREZCAN EL DESARROLLO DE PROCESOS FÍSICOS - QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS
 - ESTABILIZACIÓN DE LOS CONTAMINANTES PELIGROSOS.
 - MINERALIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.
 - CESACIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LA LIXIVIACIÓN Y GASES
 - CESACIÓN DE ASENTAMIENTOS.
- 3.- AISLAR LOS PROCESOS INTERNOS DE LA DINÁMICA DE LA MASA DE RESIDUOS DE USO DE REINSERCIÓN.

EL PROYECTO DE CLAUSURA-SELLADO PROPONDRÁ ADEMÁS DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO, EL PROCESO CONSTRUCTIVO QUE GARANTICE LA INTEGRIDAD A MEDIO Y LARGO PLAZO DEL SISTEMA

....necesidad de un **PLAN DE CALIDAD DE
LOS MATERIALES**

EL PLAN DE CALIDAD EN TERMINOS DE ESTABILIDAD E INTEGRIDAD DE LA MASA DE RESIDUOS Y CAPAS DE SELLADO :

1.- CONJUNTO RESIDUOS - CAPAS DE SELLADO SEA ESTABLE

2.- EN LA CAPA DE SELLADO SE COMPROBARÁN ASIENTOS

3.- COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD

- ESTABILIDA DEL CONJUNTO VERTEDERO - TERRENO.
- ESTABILIDAD INTERNA DE LA MASA DE RESIDUOS.
- ESTABILIDA LOCAL DE LA CAPA DE SELLADO POR DESLIZAMIENTO DEL CONTACTO DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS DEL SELLADO.

4- PARA ESTAS COMPROBACIONES SE CONSIDERAN:

- RESISTENCIA AL CORTE DE LOS RESIDUOS
- RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO ENTRE GEOSINTETICOS Y GEO -SUELO
- COMPROBACIÓN DE CAPACIDAD DRENANTE DE UN GEOCOMPUESTOS DE DRENAJE.
- PARÁMETROS RESISTENTES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

OBJETO DE LAS ACTUACIONES DE CONTROL DE CALIDAD:

- ESTABLECERÁN ENSAYOS A REALIZAR.
- GARANTIZAR UNA CORRECTA EJECUCIÓN Y TERMINACIÓN DE OBRAS

ACTUACIONES:

- CONTROL DE MATERIALES Y EQUIPOS.
- CONTROL DE EJECUCIÓN.
- PRUEBAS FINALES DE SERVICIO.

- **CAPAS DRENANTES.**
- **CAPAS IMPERMEABLES.**

+ GEOTEXTILES

CAPA DE COBERTURA
(≥ 1 m)

CAPA FILTRANTE (granular
o geosintético)

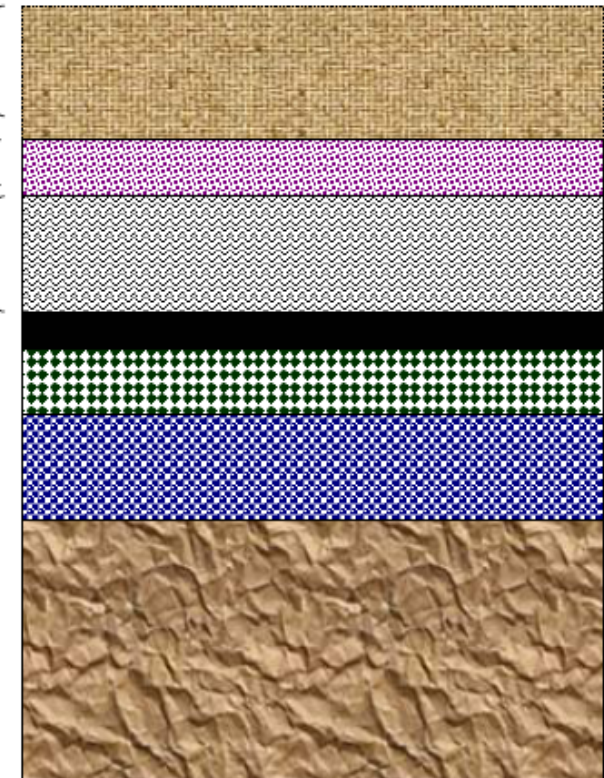
CAPA DRENANTE MINERAL
($\geq 0,30$ m) **

BARRERA IMPERMEABLE *

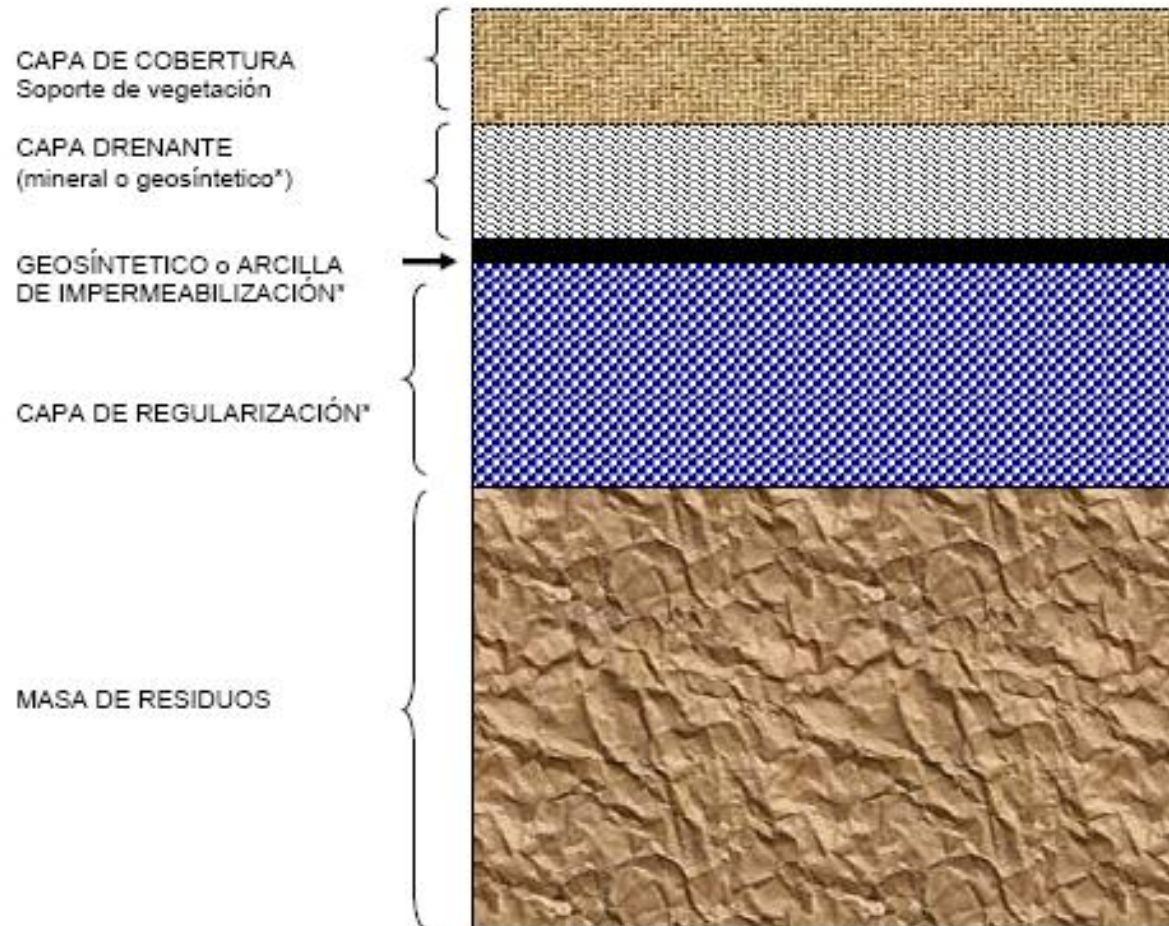
CAPA DE RECOGIDA DE
GASES

CAPA DE REGULARIZACIÓN
($\geq 0,5$ m)

MASA DE RESIDUOS



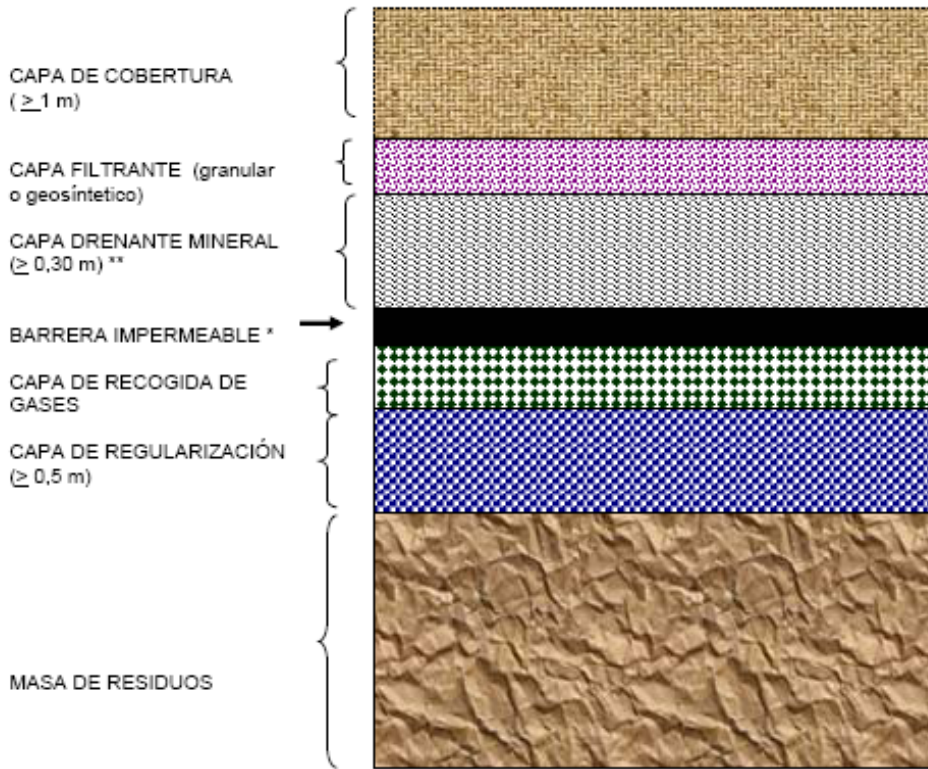
VERTEDEROS DE RESIDUOS INERTES



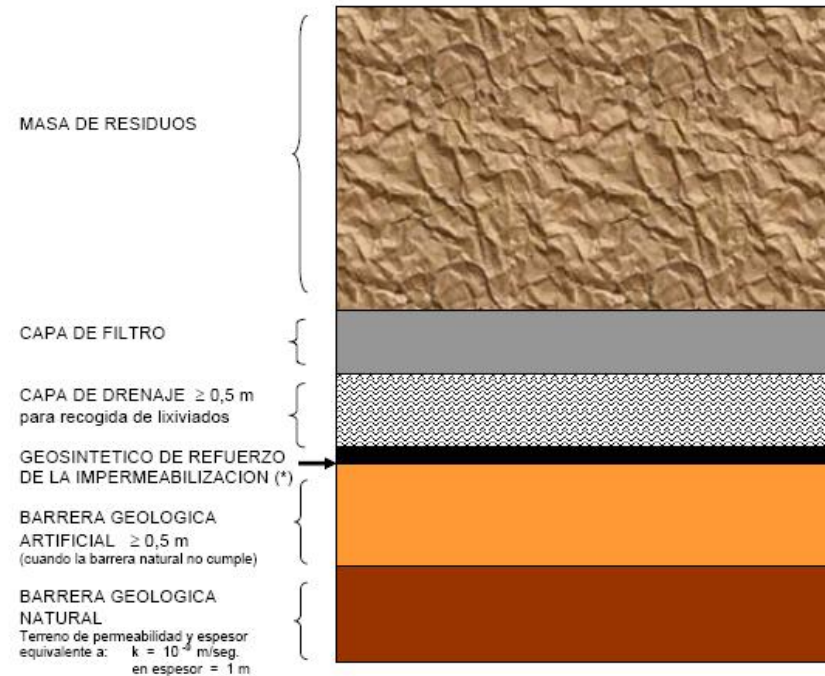
(*) Las capas de regularización, de impermeabilización y de drenaje se colocarán en caso de que sean necesarias, a juicio de la autoridad competente para la autorización de la clausura del vertedero.

VERTEDEROS DE RESIDUOS NO PELIGROSOS

Figura 9.2. Vertederos de residuos no peligrosos con contenido significativo de M.O. biodegradable (>15% de residuos vertidos)



Sellado vaso



(*) Se dispondrá un geotextil protector encima del geosintético de refuerzo.

(*) **Capa impermeable**: si se plantea un uso posterior del espacio ocupado por el vertedero, mediante plantaciones o superficies no pavimentadas, la capa impermeable será mineral con un espesor mínimo de 50 cm y con $K \leq 10^{-9}$ m/s.

Si se plantea un uso posterior del espacio ocupado por el vertedero clausurado mediante superficies pavimentadas, la capa impermeable podrá estar constituida exclusivamente por compuestos geosintéticos con geotextil de protección.

(**) **Capa de drenaje**: será de material granular y de un espesor mínimo de 30 cm.

Dispondrá de un adecuado elemento de filtro sobre ella, formado por un geotextil o por una capa granular



Sellado Superficial y de Fondo = Diferentes exigencias

DESECACION – INTERCAMBIO IONICO

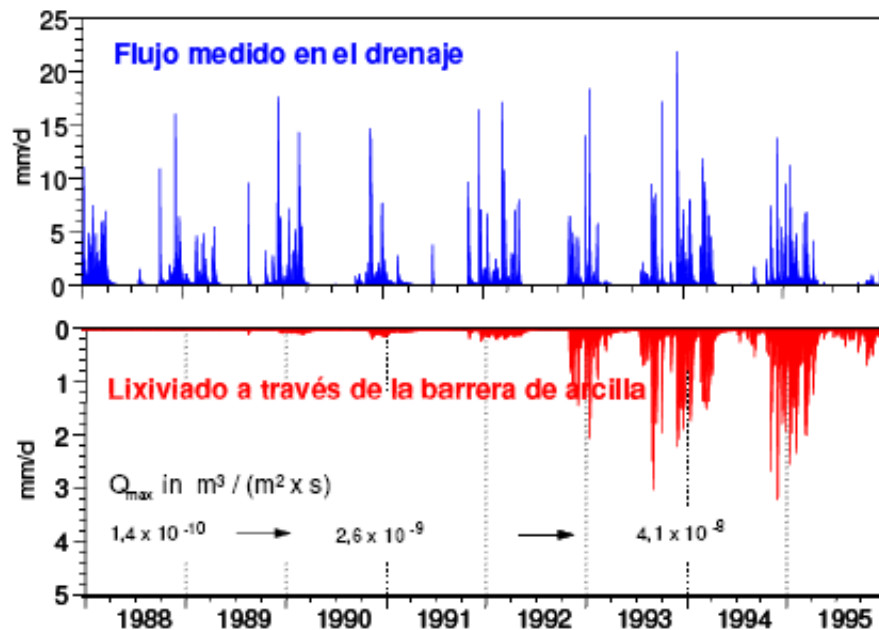


Fig 1 Medidas "in situ" en el vertedero Georgseweder. Melchior

Tabla I: Resultado de sellados experimentales según (4)

Parcela	Año	% lixiviado/drenaje
60 cm BAC	1988	2%
25 cm drenaje	1990	5%
75 cm terreno	1992	31%
60 cm BAC	1988	1%
Geomembrana	1990	0,1%
25 cm drenaje	1992	0,3%
75 cm terreno	1992	42%
40 cm BAC	1988	2%
25 cm drenaje	1990	10%
75 cm terreno	1992	42%

Puede verse que en los primeros 4-5 años la BAC funciona correctamente, pero a partir del 5º año el flujo que atraviesa la barrera de arcilla se corresponde cada vez más estrechamente con la precipitación pluvial. Solamente cuando la BAC estaba protegida por una geomembrana plástica no se producía infiltración (Ver tabla I). Causa: **Desecación** → Fisuración

INTERCAMBIO IONICO

IONICO

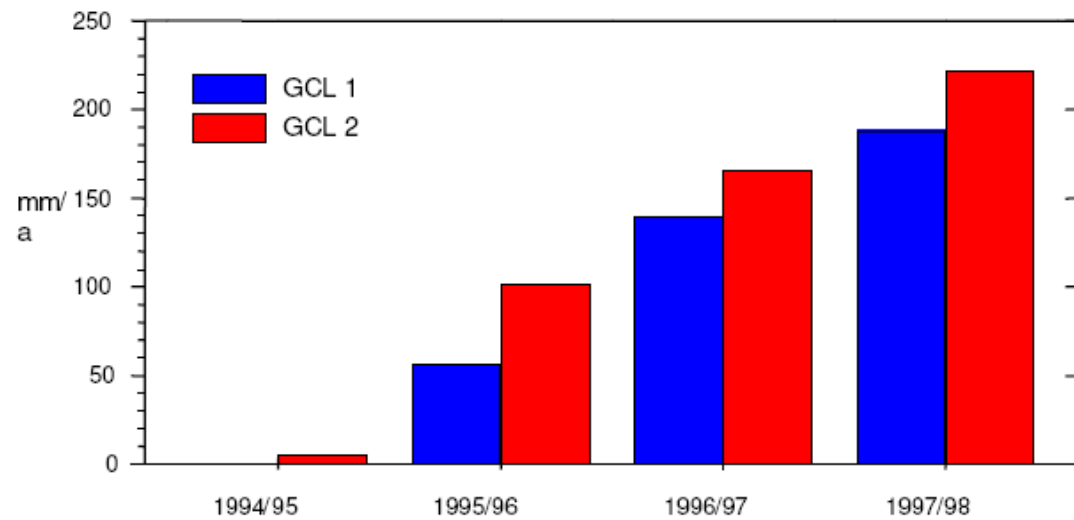
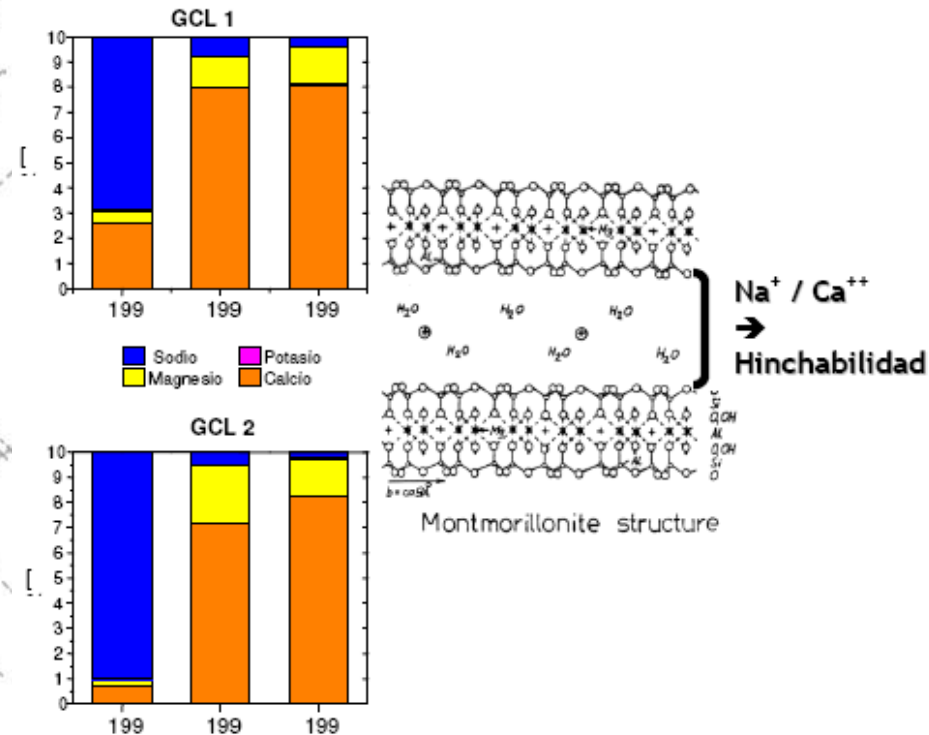


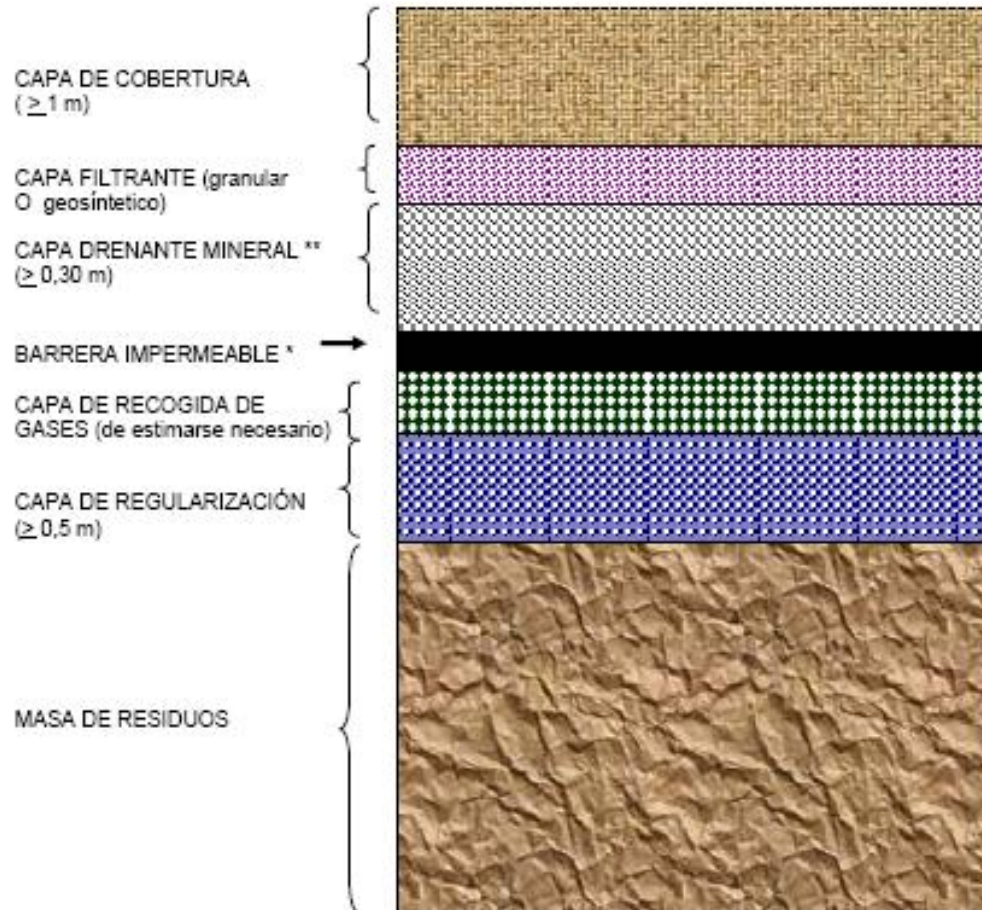
Fig 2.- Variación de la permeabilidad en GCL (vertedero de Hamburgo)

incremento exponencial de la permeabilidad en sólo 4 años y la fig 3 ilustra el motivo de este comportamiento: en el breve plazo de 4 años los iones Na^+ han desaparecido prácticamente.



VERTEDEROS DE RESIDUOS NO PELIGROSOS

Figura 9.3. Vertederos de residuos no peligrosos con contenido no significativo de M.O. biodegradable ($\leq 15\%$ de residuos vertidos)



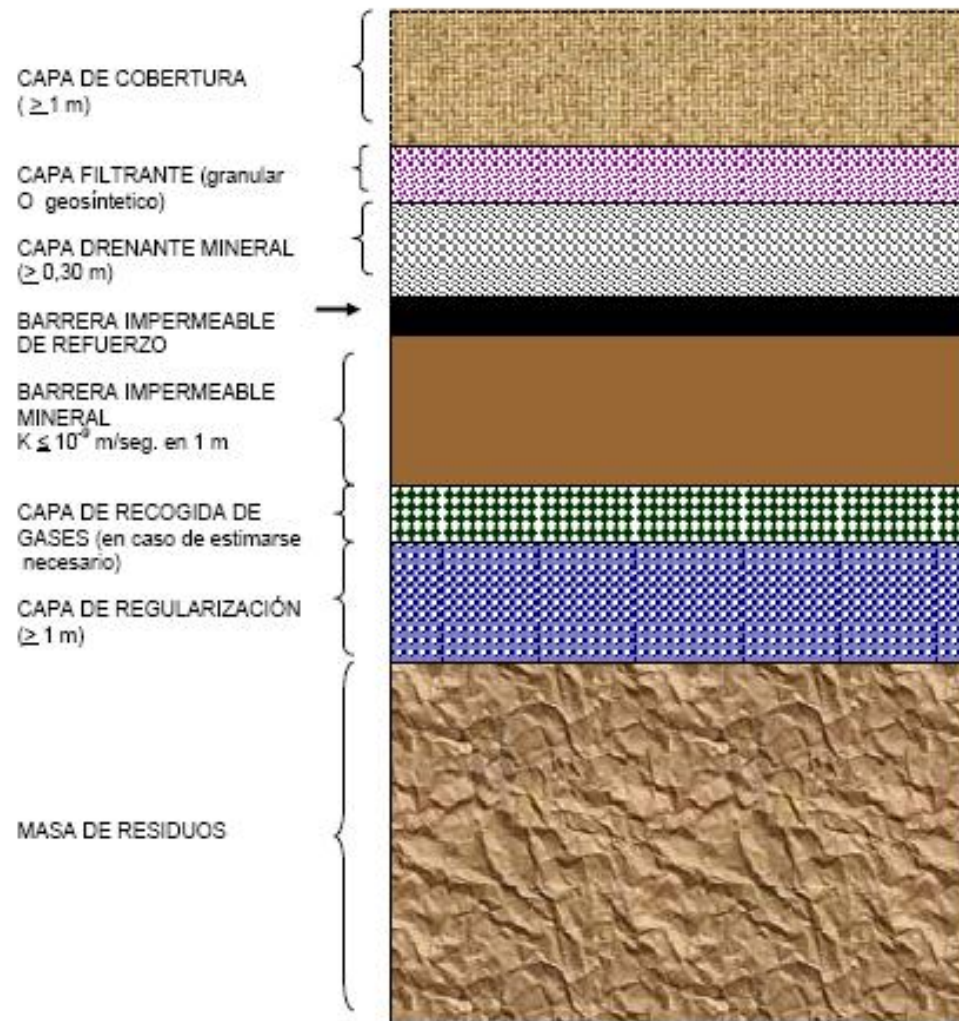
(*) Capa impermeable: podrán emplearse compuestos geosintéticos con geotextil protector si procede.

(**) Capa de drenaje: será de material granular o de compuestos geosintéticos. Dispondrá de un adecuado elemento de filtro sobre ella, formado por un geotextil o por una capa granular.

VERTEDEROS DE RESIDUOS PELIGROSOS

Figura 9.4. Vertederos de residuos peligrosos

Cuando, de acuerdo con el proyecto de clausura del vertedero, la solución de confinamiento total de la masa de residuos sea la mejor opción, se recomienda la siguiente secuencia de capas de sellado



CONTROL DE CALIDAD EN LA CAPA IMPERMEABLE (ARCILLAS):

CARACTERISTICAS:

La Capa Mineral Impermeable deberá cumplir con condiciones de permeabilidad “k” y espesor

Efecto combinado espesor-permeabilidad

En este sentido, para la conformación de esta capa, siempre y cuando cumpla con los requerimientos de permeabilidad y espesor, se podrán utilizar materiales arcillosos, arcillas naturales o materiales similares que no sean,

CONTROL DE CALIDAD EN ARCILLAS:

CARACTERISTICAS:

Grupos de arcillas: caolínicas, illíticas, montmorilloníticas, etc.

Desde el punto de vista de su calidad impermeable las arcillas montmorilloníticas

Impermeabilidad depende de DESECACION – INTERCAMBIO IONICO PUESTA EN OBRA.

PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas que den más valor a la Capa Mineral Impermeable deberán ser las siguientes:

- Permeabilidad “k”.
- Plasticidad.
- Retracción media.
- Resistencia al corte.



CONDICIONES

SELECCIÓN

- Las arcillas no sean expansivas.
- El límite líquido inferior al 50%. El índice de plasticidad será inferior al 25%.
- Terrones de arcilla: la cantidad máxima será inferior al 0,25% del volumen de la muestra.
- Compuestos de azufre expresados en sulfatos al árido seco: < 1,2% del peso de la muestra.
- Absorción de agua: para una arcilla de baja densidad será < 15% del peso de la muestra seca; para una arcilla de alta densidad al 20% del peso de la muestra seca.
- Coeficiente de permeabilidad “k” inferior a 1×10^{-9} m/s.

CONTROL DE CALIDAD EN ARCILLAS:

CONTROL DE RECEPCION:

Como condiciones particulares de control de la recepción, en cada lote compuesto, como máximo para 1.000 m³, se realizará previamente una muestra.

Las características técnicas a cumplir por la Capa Mineral Impermeable serán las siguientes:

- Porcentaje de finos (tamiz 0,08 UNE): > 30%
- Índice de plasticidad inferior al 25%.
- Partícula máxima: < 2 cm.
- El límite líquido será inferior al 50%.

CONDICIONES DE EJECUCION

- **El extendido y compactado en obra se hará en tongadas de un espesor máximo de 20 cm**
- **Una vez instalada la Capa o cada tongada se realizarán controles in situ de la densidad y humedad**

Densidad 1 cada 2.500 m²

Proctor Modificado y permeabilidad en laboratorio y ensayo triaxial 1 cada 10.000 m²

CONTROL DE CALIDAD EN ARCILLAS:

CONDICIONES DE EJECUCION

- **Se realizarán controles in situ de la permeabilidad mediante ensayo de infiltración superficial (tipo Hålek), al menos, uno cada 5.000 m² por cada tongada**
- **Uso de “pata de cabra” que penetren totalmente el espesor de la tongada a compactar**
- **Una compactación que asegure un $K < 1 \times 10^{-9}$ m/s, en toda la capa.**
- **Durante los trabajos de extendido y compactado se asegurará la adecuada protección de cada una de las tongadas con el fin de evitar su desecación.**

Con este objeto se pueden adoptar las siguientes acciones:

- **Compactar la superficie dejándola lisa:**
- **Humectar la superficie.**
- **Cobertura de la capa mediante una lámina de plástico**

CONTROL DE CALIDAD EN ARCILLAS:

El plan debe incluir al menos:

- **Procedimiento para almacenaje.**
- **Procedimiento de instalación.**
- **Los equipos de carga, extendido y compactación usados.**
- **Grosor de las capas compactadas y sin compactar.**
- **Método de compactación.**
- **Ensayos llevados a cabo y su frecuencia**

Durante la instalación de la capa deben recogerse y documentarse en un informe de ensayos de campo, el cual debe incluir:

- **El método de instalación.**
- **Los equipos de carga, extendido y compactación usados.**
- **Grosor de las capas compactadas y sin compactar.**
- **Método de compactación.**
- **Ensayos llevados a cabo, frecuencia y resultados.**
- **Nombres de las personas envueltas en la producción, instalación y plan de calidad.**
- **Compactación en relación con el procedimiento de instalación.**
- **Variación en el grosor de la capa en relación con el método del proceso.**
- **Calidad visual de la capa instalada.**
- **Condiciones meteorológicas y cualquier efecto causado por el clima.**

CONTROL DE CALIDAD EN CAPAS DRENANTES:

OBJETO:

- Pendientes mínimas tras los asientos: 2%
- Coeficiente de impermeabilidad hidráulica $> 10^{-2}$ m/sg
- Contenidos de finos (tamiz 0,08 UNE) $> 5\%$
- Coeficiente de uniformidad > 3 .
- Tamaño del árido 2 – 4 cm.
- Se utilizarán preferentemente grava de tipo NO CALIZA (carbonatos $< 30\%$ peso)
- Se podrán colocar geotextiles para la protección del drenaje:
 - Ser químicamente resistentes.
 - Resistentes al desgarramiento y la perforación será del doble que las geomembranas a las que protegen

PRUEBAS:

- 1 Granulométrico por cada 4.500 m³.
- 1 equivalente de arena por cada 4.500 m³.
- 1 ensayo de desgaste de Los Angeles por cada 13.500 m³.
- Comprobación de la geometría de capas colocadas.
- Comprobación de cotas cada 2.500 m² mediante replanteo topográfico
- Comprobación visual del espesor de las capas y que no se producen segregaciones

CONTROL DE CALIDAD EN GEOSINTETICOS:

GEOMEMBRANAS: - Al inicio de las obras-

- **Identificación** u origen de la resina utilizada en la geomembrana: Identificación del producto.
- **Copias** de los certificados correspondientes a cada lote de fabricación, indicando fecha de fabricación.
- **Certificación** por escrito, del fabricante, de la composición de la geomembrana
- **Certificación** por escrito del fabricante garantizando los valores mínimos aportados.

CARACTERISTICAS:

Densidad.

Índice de fluidez.

Contenido en negro de carbono y cenizas.

Dispersión en negro de humo.

Espesor.

Propiedades tensodeformacionales

Resistencia al punzonamiento.

Coefficiente de fricción

Resultado del ensayo SCR (Environmental Stress Crack Resistance).



CONTROL DE CALIDAD EN GEOSINTETICOS:

GEOTEXTILES: - tiene aplicación específica para geotextiles no tejidos de polipropileno, poliéster o polietileno de alta densidad, ó de una mezcla entre los anteriores, pero excluyéndose los geotextiles de tejidos -

El fabricante:

- Masa unitaria.
- Espesor.
- Resistencia a la tracción y alargamiento.
- Resistencia a la perforación CBR.
- Resistencia al punzonamiento dinámico.
- Indicación del grado de estabilización contra la radiación UV que posee el producto, junto con una estimación del plazo máximo de exposición recomendado, antes de ser cubierto (ó valor del ensayo en el Test xenón ENV 12224 a 50 MJ/m²).

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Masa unitaria.
- Resistencia a tracción y alargamiento.
- Resistencia al punzonamiento dinámico.
- Resistencia al Desgarro Trapezoidal.
- Resistencia a la perforación CBR.

CONTROL DE CALIDAD EN GEOSINTETICOS:

GEOCOMPUESTOS DRENANTES: - Se trata de geocompuestos constituidos por un núcleo drenante (generalmente una geored) revestidos por uno o ambos lados por un geotextil de separación. Se utilizan para captación, drenaje y evacuación de agua, gases o lixiviados.

- - Masa unitaria.
- - Espesor.
- - Resistencia a tracción.
- - Transmisividad a 2,20 y 200 kPa.
- - Resistencia a la compresión.
- - Adhesión geotextil/núcleo.
- - Indicación del grado de estabilización contra la radiación UV que posee el producto, junto con una estimación del plazo máximo de exposición recomendado antes de ser cubierto (o valor del ensayo Test Xenon ENV 12224 a 50 MJ/m²).

Las muestras deben tomarse de rollos que no estén dañados y salvo especificaciones diferentes, tendrán 0,5 m de longitud por todo lo ancho del rollo.

CONTROL DE CALIDAD EN GEOSINTETICOS:

GEOCOMPUESTOS DRENANTES:

Ensayos de conformidad

Salvo especificaciones complementarias incluidas en los documentos del proyecto, se realizarán al menos los siguientes ensayos de conformidad:

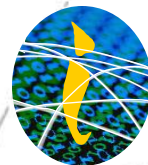
- - Masa unitaria
- - Espesor
- - Resistencia a tracción en rotura en ambas direcciones
- - Transmisividad a 2 kPa.
- - Adhesión geotextil-núcleo

Geocompuestos		
Densidad	UNE 104- 300 -99	Por lote
Contenido de carbono negro	UNE 104- 300 -99	Por lote
Dispersión de negro carbono	UNE 104- 300 -99	Por lote
Epesor	UNE 104- 300 -99	Por lote
Propiedades tenso deformacionales	UNE 104- 300 -99	Por lote
Resistencia a punzonamiento	UNE 104- 300 -99	Por lote
Índice de Fluidez	UNE 104- 300 -99	Por lote
Coefficiente de fricción	UNE 104- 300 -99	Por lote
Tiempo de inducción a la oxidación	UNE 104- 300 -99	Por lote
Ensayo NCTL ó SCR	UNE 104- 300 -99	Por lote



XI CONFERENCIA ATEGRUS® SOBRE VERTEDEROS CONTROLADOS

Control de Calidad en los Proyectos de Sellado de Vertederos



Fernando Calvo Redruejo
Dr. Ing. Caminos Canales y Puertos
REDICMA
Red de Ingenieros Consultores Medioambientales
<http://web.mac.com/redicma>