

BORRADOR DE

ORDEN MAM/.../2006, POR LA QUE SE DESARROLLAN LOS
ANEXOS I Y III DEL REAL DECRETO 1481/2001 POR EL QUE
SE REGULA LA ELIMINACIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE
DEPÓSITO EN VERTEDERO

Enero de 2006

La Disposición adicional primera del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, establece que el Gobierno aprobará una norma sobre planificación, diseño, construcción, operación, control, clausura y mantenimiento tras la clausura de vertederos.

La Disposición final primera del Real Decreto 1481/2001 faculta al Ministro de Medio Ambiente para dictar, en el ámbito de sus competencias, las disposiciones necesarias tanto para su desarrollo como para la adaptación de sus anexos a la normativa comunitaria o al progreso científico y técnico.

Los Anexos I y III del Real Decreto 1481/2001 incorporaron al ordenamiento jurídico interno español los requisitos de carácter más técnico fijados por la Directiva 1999/31/CE , del Consejo, de 26 de abril, relativa la vertido de residuos.

Los requisitos que establecía la Directiva tienen la consideración de unos mínimos comunes para todo el ámbito comunitario, si bien en algún caso algunos requisitos están redactados en unos términos generales e inconcretos que, de no mediar un desarrollo interpretativo, pueden ser de difícil aplicación práctica, o ser objeto de una interpretación no homogénea por parte de las autoridades competentes.

Este es el caso, por ejemplo, de los requisitos generales de ubicación de los vertederos en el Anexo I, cuya aplicación en los términos actuales puede ser objeto de controversia entre autoridades competentes y partes interesadas (explotadores de vertederos, agentes sociales, etc) o de interpretación divergente entre las autoridades competentes de los distintos territorios del Estado español, lo que podría provocar ineficiencias en la gestión de residuos.

Dada la creciente oposición social a la instalación de una instalación de eliminación de residuos, con el presente desarrollo se busca también facilitar que en la decisión sobre la mejor ubicación para un vertedero se tomen en consideración los aspectos ambientales, mediante los oportunos estudios técnicos y un efectivo proceso de evaluación de impacto ambiental, así como de participación ciudadana, de forma que se facilite la aceptación social de la decisión final.

También es el caso de los requisitos de clausura y sellado de vertederos. Estos requisitos que, con carácter de recomendación, se establecían en la Directiva 1999/31/CE no fueron incorporados al Real Decreto 1481/2001.

El motivo fue doble, por un lado se consideró que los requisitos técnicos del sellado de un vertedero no podían consistir meramente en una sección de sellado igual para cualquier vertedero e independientemente de la casuística

que puede plantearse en la realidad, y por otro se estimó que convenía más al reparto competencial entre Administración del Estado y Comunidades Autónomas, el fijar con carácter general una serie de criterios en los que basar la decisión sobre la solución técnica para las capas de sellado de un vertedero, si bien dando alguna recomendación para el sellado de los casos más habituales. Con ello se busca que cada vertedero, al final de su vida útil, se clausure siguiendo unos criterios homogéneos, si bien dando libertad para que cada proyecto de clausura establezca las capas de sellado que mejor respondan a la solución técnica óptima para cada caso concreto.

En el procedimiento de elaboración de esta Orden, que tiene la consideración de legislación básica sobre protección del medio ambiente, de acuerdo con lo establecido en el artículo 149.1.23 de la Constitución, han sido consultadas las Comunidades Autónomas y los sectores afectados.

En su virtud dispongo:

Primero. Desarrollo de los Anexos I y III del Real Decreto 1481/2001 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero

1. De conformidad con lo establecido en la Disposición adicional primera del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, los Anexos I y III de dicho Real Decreto se sustituyen por los aprobados en la presente Orden.

2. Como complemento a los desarrollos técnicos de los Anexos I y III del Real Decreto 1481/2001 que se aprueban en la presente Orden, se incluyen en un apéndice de carácter no normativo una serie de recomendaciones técnicas sobre el diseño y construcción de barreras de impermeabilización y sistemas de drenaje en vertederos, así como sobre las operaciones de vertido.

Segundo. Modificación de referencias a los anexos I y III en el Real Decreto 1481/2001

La referencia en el artículo 3.3 del Real Decreto 1481/2001 a los apartados 2, 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 del Anexo I, se entenderá que es a los apartados 2, 3.1, 3.2 y 3.3 del Anexo I de la presente Orden.

La referencia en el artículo 3.4 del Real Decreto 1481/2001 a los apartados 3, 4 y 5 del Anexo III, se entenderá que es a los apartados 3, 4, 5 y 6 del Anexo III de la presente Orden.

La referencia en el artículo 10. d) del Real Decreto 1481/2001 al párrafo B del apartado 4 del Anexo III, se entenderá que es al apartado 7 del Anexo III de la presente Orden.

Tercero. Fundamento constitucional y carácter básico

Esta Orden tiene la consideración de legislación básica sobre protección del medio ambiente, de acuerdo con lo establecido en el artículo 149.1.23 de la Constitución.

Cuarto. Vertederos existentes

Los vertederos en explotación o autorizados en el momento de entrada en vigor de la presente Orden adaptarán, antes del 16 de julio de 2009, sus condiciones técnicas a los requisitos establecidos en la presente Orden, a excepción de los que figuran en el apartado 1 del Anexo I.

Quinto. Entrada en vigor

Lo establecido en la presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

ANEXO I

Requisitos generales de ubicación, diseño, construcción y operación que deberán cumplir los vertederos de residuos

1 Ubicación

Los requisitos generales de ubicación y análisis de alternativas desarrollados en el epígrafe 1 del presente documento serán de aplicación a los vertederos de nueva autorización, y en el caso de los vertederos existentes únicamente cuando se produzcan ampliaciones de zonas de vertido de carácter significativo que motiven, por requerimiento de la Autoridad Competente, la revisión o nueva realización de los trámites de autorización ambiental previstos en la legislación específica.

En relación al presente documento se establecen las siguientes definiciones:

- *Restricción*: categorías que hacen incompatible la ubicación de un vertedero en dicho territorio. Son categorías excluyentes que no contemplan la posibilidad de excepciones.
- *Limitación*: categorías por las que la autorización o denegación a la ubicación del vertedero debe establecerse tras comprobar si son compatibles con la protección del medio ambiente en función de criterios específicos.

Las restricciones tendrán una consideración jerárquica superior a las limitaciones, y por tanto, serán objeto de comprobación en primer lugar.

Las autoridades competentes pueden autorizar de forma debidamente justificada y excepcional la superación de los criterios establecidos en cualquiera de las categorías de "Limitación". Estas excepciones deberán incorporar medidas de prevención, corrección y vigilancia suplementarias que mitiguen y neutralicen los posibles efectos negativos de dicha superación. Dichas medidas deberán incluirse en el documento de autorización de la instalación.

1.1. Restricciones

En este apartado se establecen las categorías o elementos de un territorio que hacen incompatible la ubicación de un vertedero en dicho territorio. Son circunstancias que no permiten la posibilidad de excepciones.

Se establecen las siguientes restricciones a la ubicación de un vertedero de residuos:

Áreas inestables:

Zonas donde se hayan identificado evidencias (cartográficas, históricas, mediciones o reconocimientos técnicos) que indiquen la existencia de un peligro significativo asociado a procesos de deslizamiento, movimientos de tierras, movimientos en masa o caída de bloques que afecten a los terrenos en los que se pretenda ubicar el vertedero.

Respecto a aquellas zonas en las que existan procesos de deslizamiento, movimientos de tierras, movimientos en masa o caída de bloques, se establecerá una zona de separación de 100 m entre el límite periférico de las instalaciones de vertido y la identificada por la potencial inestabilidad.

Áreas volcánicas:

No podrá ubicarse el vertedero sobre o en el interior de calderas volcánicas, conos volcánicos o cráteres activos o en aquellos inactivos que por su estado de conservación y singularidad constituyan un elemento de interés cultural catalogado, protegido o en trámite de protección.

Estará restringida la ubicación en aquellas localizaciones en las que la identificación de evidencias (cartográficas, históricas, mediciones o reconocimientos técnicos) indiquen la existencia de un peligro significativo por procesos de erupción (desplazamiento de lava, recorrido de coladas, etc.) que supongan un potencial daño al vertedero incompatible, total o parcialmente, con su integridad, seguridad y estabilidad. Respecto a la calificación del riesgo volcánico se deberá tener en cuenta las evidencias que consideren, como mínimo, los procesos activos de los últimos 500 años.

Áreas cársticas y cavidades subterráneas:

La ubicación del vertedero no podrá suponer la ocupación, el cierre de dolinas, o simas indicadoras de sistemas cársticos de desarrollo vertical.

Tampoco se podrá localizar en zonas afectadas por inestabilidad o asiento por la presencia (en superficie o profundidad) de sistemas cársticos de desarrollo horizontal o vertical (cavidades naturales o artificiales).

Las instalaciones de vertido se situarán a una distancia de 100 m, tomada entre el perímetro exterior de la instalación y el límite de la zona en la que tienen lugar los citados procesos.

Ni los vertederos ni sus instalaciones auxiliares podrán suponer la destrucción, cierre o relleno de sistemas cársticos en los que existan colonias estables de quirópteros o que presenten patrimonio catalogado de tipo cultural, histórico-artístico, turístico o deportivo en su interior. En estos casos también se aplicará la distancia de restricción de 100 m.

Zonas con riesgo de aludes:

Serán objeto de restricción aquellas zonas en las que exista un peligro significativo por aludes derivados de la acumulación estacional de nieve, así como aquellas en las que los potenciales efectos derivados de los mismos supongan un grave daño a la integridad, estabilidad y seguridad ambiental de la instalación.

Aguas superficiales continentales y zonas costeras:

No podrá ubicarse un vertedero en terrenos de Dominio Público Hidráulico, incluyendo los cauces de corrientes naturales continuas, manantiales, lagos, lagunas, charcas, embalses, canales, y espacios ocupados por extensiones permanentes con presencia de lámina libre públicos o privados, así como las riberas, márgenes, sus zonas de servidumbre y policía de acuerdo a lo establecido por el Título primero del R.D.L. 1/2001 que aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

Tampoco se podrán ubicar vertederos en las zonas relacionadas por el Anexo IV de la Directiva 2000/60/CE y que en el momento del inicio del expediente de autorización se encuentren incluidas en el registro previsto por el artículo 6 de la citada Directiva.

No se podrán ubicar vertederos en zonas con riesgo de inundación (delimitado por evidencias de cálculo, registros históricos o registros geológicos sedimentarios) por las aguas para la avenida correspondiente a un período de retorno mínimo de 100 años para el caso de vertederos de residuos no peligrosos y de 500 años para el caso de vertederos de residuos peligrosos. También se prohíbe la ubicación de vertederos de

residuos no peligrosos y residuos peligrosos en zonas ocupadas por el primer nivel de terrazas activas asociadas a sistemas fluviales cuando se establezca que están relacionadas con la avenida correspondiente a los periodos de retorno de 100 años y 500 años respectivamente.

La localización de la instalación de vertido considerará (teniendo en cuenta si el vertedero se sitúa aguas arriba o abajo del embalse respecto a su cerrada) la presencia de embalses, presas artificiales y canales principales abiertos dedicados a regadío o abastecimiento. Se guardarán las distancias (tomadas respecto al límite entre la instalación de vertido y el perímetro de protección establecido para dichas infraestructuras) siguientes:

Elemento	Tipo de Vertedero	* Distancia ¹	
		Aguas arriba	Aguas abajo
Embalses para Abastecimiento o Riego y Canales abiertos para abastecimiento o riego	Inerte	500 m	250 m
	No Peligroso	1000 m	500 m
	Peligroso	2000 m	1000 m
Embalses dedicados a Baño, Navegación o uso Ecológico	Inerte	250 m	250 m
	No Peligroso	1000 m	250 m
	Peligroso	2000 m	1000 m

No se podrán ubicar vertederos en terrenos del Dominio Público Marítimo-Terrestre, así como en las zonas de servidumbre de protección, de tránsito y de acceso al mar de acuerdo con lo dispuesto en el título II de la Ley 22/1988 de Costas y en su Reglamento de desarrollo (R.D. 1471/1989).

Aguas continentales subterráneas y acuíferos:

En relación a la prohibición de ubicación de vertederos, se tendrán en cuenta los aspectos de planificación hidrológica, de protección del dominio público hidráulico, de la calidad de las aguas continentales, perímetros de protección y acuíferos establecidas en los títulos III y V del R.D.L. 1/2001.

Igualmente, y atendiendo a la consideración de las aguas subterráneas y los acuíferos como un bien público de interés general e independientemente que sean o no objeto de aprovechamiento para fines públicos o privados, se establece la incompatibilidad de ubicar instalaciones de vertido de residuos sólidos no peligrosos o peligrosos dentro de la zona correspondiente a la isócrona de 50 días para todo tipo de vertederos; dentro de la zona correspondiente a la isócrona de 5 años para vertederos residuos no peligrosos y residuos peligrosos, y dentro

¹ Estos valores de referencia serán de aplicación cuando la localización de la instalación de vertido se encuentre en la misma cuenca de aportación que el embalse.

de la zona de captación que es fuente de suministro para el caudal objetivo de la captación de aguas subterráneas. Estos criterios serán de aplicación a los perímetros de protección de captaciones aprobados, en proceso de aprobación o cuando estando en proceso de investigación, los resultados de esta hayan sido debidamente comunicados al organismo competente en su autorización.

La distancia vertical existente entre la cota mínima del fondo de excavación o de apoyo del sistema de impermeabilización artificial y el nivel freático medio, será superior a 5 m para vertederos de residuos peligrosos y superior a 2 m para vertederos de residuos no peligrosos y de residuos inertes. En cualquier caso el nivel freático en un periodo húmedo no podrá alcanzar la cota mínima del fondo de excavación del vaso de vertido o de apoyo del sistema de impermeabilización artificial².

Zonas húmedas (humedales):

Cualquier vertedero deberá ubicarse fuera de cualquiera de los espacios incluidos en la última actualización disponible, en el momento de la autorización de la instalación, del Inventario Nacional de Zonas Húmedas elaborado en cumplimiento del R.D. 435/2004, y de los perímetros de protección que pudiesen estar asociados a los mismos.

Espacios naturales protegidos:

Los vertederos de Residuos Peligrosos y No Peligrosos no podrán ubicarse en los terrenos en los que los instrumentos de ordenación (PORN y/o PRUG) de espacios naturales con figura de protección declarada de acuerdo a la Ley 4/89, no hayan previsto expresamente la compatibilidad con dichas actividades.

Además, cuando no sean compatibles con los espacios naturales, en el caso de los Vertederos de Residuos Peligrosos situados en localizaciones aguas arriba (desde el punto de vista de la red de drenaje superficial y/o hidrogeológicamente) de espacios naturales con figura de protección declarada de acuerdo a la Ley 4/89, estará prohibida su ubicación a una distancia inferior a 2000 m tomada entre el perímetro de la instalación y el de los citados espacios naturales.

² A los efectos de la presente restricción para establecer la posición del nivel freático medio se tendrá en cuenta la identificación de su posición en condiciones normales durante un periodo húmedo y un periodo seco. Además mediante el correspondiente estudio hidrogeológico se analizará la probabilidad de que un ascenso excepcional del nivel freático pudiese alcanzar la zona de implantación del vaso. Para estas situaciones de ascenso excepcional del nivel freático y en caso de ser necesario, se incorporarán los sistemas de subdrenaje (separados respecto a la red de lixiviados) que garanticen que aún en esta circunstancia excepcional, no se produce entrada de agua freática en la masa de residuos.

Vías pecuarias:

No podrán ubicarse vertederos en vías pecuarias reguladas por la Ley 3/95 de Vías Pecuarias y la normativa autonómica que la complementa.

Zonas residenciales, de equipamientos sanitarios o educativos:

Se respetarán las siguientes distancias mínimas entre el perímetro del vertedero y:

Suelo Urbano (SU) o Suelo Urbanizable Programado o no (SUP o SUNP) o Suelo Apto para Urbanizar (SAU) de Núcleos urbanos³ y núcleos de población definidas por las normas de planeamiento en vigor o en fase de aprobación que hayan sido sometidas a información pública en el momento de la autorización del vertedero y zonas reservadas para equipamientos educativos o sanitarios. 500 m para vertederos de residuos inertes, 1000 m para vertederos de residuos no peligrosos y 2.000 m para vertederos de residuos peligrosos.

Elementos del patrimonio arquitectónico y/o cultural tomados respecto al perímetro declarado para la protección de los mismos. 100 m a las instalaciones de vertido, cualquiera que sea su categoría.

En relación a los vertederos en activo debidamente autorizados y legalizados, las modificaciones y nuevas aprobaciones de las normas generales o particulares en materia de ordenación urbanística deberán velar por el mantenimiento de las distancias indicadas.

1.2. Limitaciones

En este apartado se establecen las categorías o elementos de un territorio que condicionan la ubicación de un vertedero en el mismo. Son circunstancias que deben ser analizadas en cada caso para comprobar si se superan o no unos

³ Para la aplicación del presente documento, y sin menoscabo de otras definiciones recogidas en la normativa estatal o autonómica, se considerará como:

Núcleo Urbano al conjunto de los terrenos que constituyendo un perímetro único incluyen en su interior una trama urbana unificada que cumple la condición de estar completamente urbanizados (estando las calzadas pavimentadas y soladas y disponiendo de aceras de las vías municipales) y de disponer de servicios de abastecimiento de agua, evacuación de aguas residuales, suministro de energía eléctrica y alumbrado público dentro de una red de servicios común.

Núcleo de Población a aquella entidad inferior al núcleo urbano (que no este incluida en éste) y que cumple las condiciones de la existencia de una agrupación de un número superior a cinco viviendas de ocupación permanente situadas dentro del ámbito de una superficie no superior a una hectárea, y que respondiendo a la existencia de una parcelación reconocible de terrenos dispongan de un sistema de servicios de abastecimiento de agua, evacuación de aguas residuales, suministro de energía eléctrica y alumbrado común a todas ellas. El perímetro del núcleo de población estará constituido por aquel que englobe el contorno exterior de todas las viviendas pertenecientes al mismo.

ciertos criterios, en cuyo caso se denegará o concederá, respectivamente, la autorización por parte de la autoridad competente.

Sísmicidad:

La Ubicación del vertedero deberá tener en cuenta los criterios de Sísmicidad de acuerdo a los criterios de análisis incluidos en la Norma de Construcción Sismorresistente en vigor (NCS-2002 aprobada por R.D: 997/2002). Además considerará los datos y criterios de referencia del Instituto Geológico y Minero de España y/o del Instituto Geográfico Nacional respecto a la zonificación de áreas sísmicas.

De acuerdo a los criterios de la citada norma, las instalaciones de vertido se considerarán del siguiente modo:

- Los Vertederos de Inertes: de “moderada importancia” cuando estén incluidos en términos municipales con aceleración sísmica básica igual o inferior a 0,04 g. En el resto de los casos se considerarán de “normal importancia”
- Los Vertederos de No Peligrosos: de “normal importancia” cuando estén incluidos en términos municipales con aceleración sísmica básica igual o inferior a 0,08 g. En el resto de los casos se considerarán de “especial importancia”
- Los Vertederos de Residuos Peligrosos: Siempre se considerarán de “especial importancia”.

Las limitaciones para la instalación de vertederos en función de la sísmicidad se basarán en la realización de un estudio sísmico justificativo que demuestre la integridad de la capa de impermeabilización inferior y la capa de sellado superior en lo que respecta a su función, y a la estabilidad de la masa de residuos considerando situaciones de carga sísmica. Este estudio se efectuará:

- Para aquellas instalaciones calificadas como de “normal importancia” cuando la Aceleración Sísmica Básica sea igual o superior a 0,08 g.
- En todos los casos para aquellas instalaciones calificadas como de “especial importancia”.

El alcance del citado estudio deberá contemplar los siguientes aspectos:

Aceleración horizontal Máxima NCSE-02 (R.D. 997/2002)	Situación del vertedero	Actuación de diseño
$\geq 0,12$ g	Todos los casos	Evaluación sísmica completa y estudio de la microzonación sísmica
$< 0,12$ g	Asiento débil o suelos inestables	Evaluación sísmica completa
$< 0,12$ g	Zona con asiento sólido	Análisis sísmico somero

Geotectónica:

En el caso de determinarse la evidencia de fallas neotectónicas con desplazamientos en el Holoceno en las proximidades de la ubicación del vertedero (a menos de 100 m del perímetro de la instalación) se justificará la ausencia de riesgos de inestabilidad.

Áreas inestables:

Serán objeto de estudio aquellas zonas en las que se evidencie (mediante reconocimientos, cartografía o registros históricos) la existencia de procesos de inestabilidad natural o provocada por la acción humana. A los efectos de la aplicación de limitaciones se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

Será incompatible la ubicación del vertedero, salvo que se disponga de medidas correctoras específicas que eviten este efecto, en terrenos en los que existan materiales (tanto de origen natural como antrópico) que se identifiquen o bien sea razonadamente previsible, que tengan asociados fenómenos de inestabilidad no compatibles con la operación segura del vertedero, el mantenimiento de la integridad de los elementos de sellado y recogida de lixiviados o la estabilidad del vertedero:

Entre los fenómenos de inestabilidad que deben estudiarse se incluirán:

- Las áreas con suelos compresibles.
- Los materiales con capacidad de hinchamiento, fenómenos de lavado, arrastre de finos o sifonamientos.
- Las áreas con suelos con baja resistencia o que son susceptibles de movimientos en masa.
- Suelos arcillosos que tienden a cambiar de volumen por ciclos de hidratación – deshidratación.

- Suelos sujetos a subsidencias como arcillas no consolidadas, aluviales saturados y zonas de humedales en general.
- Laderas sujetas a movimientos en masa del tipo de avalanchas, deslizamientos circulares o sobre superficies preferentes.

Se considerará en el análisis la inestabilidad inducida por actuaciones antrópicas y que puede producirse en las siguientes condiciones:

- Presencia de desmontes o rellenos.
- Extracciones de agua subterránea que pueden producir inestabilidad y asentamientos del subsuelo.
- La construcción de un vertedero sobre otro antiguo que pueda producir inestabilidades.
- Fenómenos de inestabilidad ocasionados en el subsuelo por actividades mineras.

Para comprobar las características del suelo deberá llevarse a cabo un estudio previo de la estabilidad, tal como se define en los apartados de estudios integrantes del diseño del proyecto. Se verificará si existen captaciones de agua en las inmediaciones del emplazamiento.

Áreas inundables:

Los vertederos de residuos inertes no podrán ubicarse en zonas que supongan una modificación significativa de las condiciones de inundabilidad. Al objeto de identificar esta circunstancia limitante cuando se plantee su ubicación en terrenos de la franja entre el límite del Dominio Público Hidráulico y el límite de la zona de inundación de período de retorno de 100 años, se comprobará que se cumple que el vertedero no obstruirá el flujo de avenida. Además se deberá comprobar que con las medidas correctoras adoptadas la disposición del vertedero no afectará al régimen de flujo aguas arriba y aguas abajo.

Zonas húmedas (humedales):

Para el establecimiento de distancias de separación entre los perímetros de protección de los humedales recogidos en el Inventario Nacional de Zonas Húmedas, se realizará el estudio caso a caso (en función de la posibilidad de transmisión de sustancias por la acción de la red de drenaje superficial o del flujo hidrogeológico) por la autoridad competente.

En caso de la inexistencia de dicho estudio se recomienda considerar los siguientes criterios mínimos de referencia, en lo que respecta a la zona

situada aguas arriba (por flujo superficial o subterráneo) del perímetro de la zona húmeda:

INERTES	Distancia de al menos 500 m
NO PELIGROSOS	Distancia de al menos 1.000 m
PELIGROSOS	Distancia de al menos 2.000 m

Cuando se detecten zonas húmedas que puedan tener un interés natural relevante pero aún no estén incluidas en una figura de protección para establecer un perímetro delimitador, con objeto de la aplicación de los criterios anteriores, se recomienda tomar el del máximo contorno ocupado conjuntamente por:

- La máxima zona correspondiente a un período de diez años ocupada por aguas libres.
- La máxima zona (también correspondiente a un período de diez años) en la que el nivel medio de las aguas subterráneas se encuentre a una profundidad no superior a 1 metro.

Espacios naturales protegidos:

En el caso de los vertederos de Residuos Peligrosos y No Peligrosos en los que su ubicación sea compatible con la conservación de los elementos que han motivado la inclusión de dichos terrenos en la Red ecológica europea Natura 2000 de acuerdo con las Directivas comunitarias 79/409/CEE y 92/43/CEE (LICs o ZEPAs) o con la presencia de espacios naturales con figura de protección declarada de acuerdo a la Ley 4/89 (en vigor o en trámite de aprobación en el momento de autorización del vertedero) y en el caso de los vertederos de residuos inertes situados aguas arriba; se realizará el análisis caso a caso (en función de la posibilidad de transmisión de sustancias por la acción de la red de drenaje superficial o del flujo hidrogeológico) por la autoridad competente.

En virtud de dicho análisis la autoridad competente deberá emitir el correspondiente informe en el que, en su caso, se establezca razonadamente limitaciones y distancias mínimas. Transcurridos dos meses desde la notificación de consulta a la autoridad competente sin que ésta emita el correspondiente informe, se entenderá que la ubicación puede ser incluida en un proceso de autorización sin necesidad de incorporar directrices de limitación específicas o complementarias.

Seguridad aeroportuaria:

Como criterio de limitación cuando exista la posibilidad de liberación de gases o elementos ligeros se aplicará una distancia mínima de alejamiento (consideradas estas distancias con relación al eje de las pistas operativas o que se encuentren proyectadas, autorizadas o en proceso de autorización) de 3 Km. para los aeropuertos comerciales públicos o privados, aeropuertos militares o en los que tenga lugar la operación de aeronaves a reacción, y de 1,5 Km. para aeródromos en los que únicamente operen aeronaves de motor de pistón o aeronaves ligeras.

Cuando se pretenda la instalación de cualquier tipo de vertedero en el que exista la posibilidad (por la naturaleza del residuo o el sistema de gestión del mismo) de que la instalación pueda ser foco de atracción de aves o de emisión de flujos ascendentes de aire o gases y se encuentre a una distancia igual o inferior de 10 Km. a una pista de una instalación aeroportuaria, será preceptivo (a los efectos del trámite de autorización) su notificación a la autoridad competente (Dirección General de Aviación Civil y Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, AENA para los aeropuertos civiles y Ministerio de Defensa para los Aeropuertos de uso militar) a los efectos de evaluar la potencial interferencia que pueda tener la instalación respecto a la seguridad de las aeronaves.

El análisis debe incluir un informe justificativo de la interrelación entre ambos fenómenos, que será obligatorio para la autorización de la instalación. El informe analizará la presencia de fracciones orgánicas en el residuo que puedan ser origen de alimentación de aves, la posibilidad (tanto en operación como tras el sellado y durante el mantenimiento postclausura) de que se produzcan zonas de retención del drenaje que resulten atractivas para la presencia y el anidamiento de aves, así como la utilización, previa a la instalación del vertedero, de la ubicación, por las aves (que podrían modificar sus hábitos de comportamiento al crearse el vertedero). También deberá incluir dicho informe (con el objeto de posibilitar la autorización de la instalación) cuales son las medidas necesarias que el promotor propone para neutralizar o minimizar esta afección, como pueden ser: la trituración y mezcla completa del residuo, para que la fracción orgánica no pueda ser utilizada para la alimentación de aves y fauna, el ensacado del residuo, para que no presente superficie de materia orgánica disponible para la alimentación, la gestión del vertedero mediante cubrición con frecuencia inferior a la diaria (horaria) de los residuos, el mantenimiento y adecuado dimensionamiento de los drenajes, la preparación de un programa de mantenimiento (incluida la postclausura) en el que se prevean la prevención de zonas de encharcamiento, asociadas al asentamiento y

subsistencia de la masa de residuos, y la instalación de mecanismos de control de aves (barreras sónicas, ahuyentadoras visuales, barreras físicas, etc).

1.3. Análisis de alternativas y selección de la ubicación de vertederos

El proceso de análisis de alternativas y de selección de la ubicación de vertederos tendrá, como mínimo, las dos fases siguientes.

Análisis de alternativas de ubicación

Como primera fase para el análisis de alternativas se estudiará, dentro del ámbito geográfico (local, provincial, regional o nacional) que vaya a dar servicio la instalación, las opciones disponibles considerando criterios de acogida del territorio y criterios funcionales. Los criterios de acogida considerarán la viabilidad de las ubicaciones disponibles considerando los aspectos ambientales (relación con acuíferos, espacios protegidos, visibilidad, paisaje) y de cumplimiento de las restricciones y limitaciones referidas en este documento. Los criterios funcionales considerarán los aspectos técnicos mínimos (capacidad, vida útil, diseño, configuración del tipo de vaso de vertido) indicados por el R.D. 1481/2001, aspectos de disponibilidad del suelo y de gestión (centralidad, disponibilidad de servicios auxiliares, distancia de transporte). Como resultado de esta primera fase se establecerán las alternativas de ubicación técnicamente viables y potencialmente disponibles en el territorio. Estas alternativas constituirán un listado de opciones de ubicación ordenadas de acuerdo a su mayor o menor adecuación en función de la valoración combinada de los anteriores factores.

Estudio de las seleccionadas como mejores alternativas

En el caso de vertederos de residuos no peligrosos y de vertederos de residuos peligrosos, sobre, como mínimo, las dos mejores alternativas de la fase anterior se llevarán a cabo los estudios y reconocimientos que permitan la elaboración de la definición técnica de la instalación de vertido y la identificación de los efectos ambientales significativos previsibles.

Se deberán estudiar, como mínimo, los siguientes aspectos:

Climatología y meteorología

Se recopilará la información disponible para establecer los balances hidrológicos preliminares y la circulación de vientos:

- Precipitación
- Temperatura (máxima, media y mínima)
- Evaporación
- Rosa de frecuencia y potencia de vientos. Dirección predominante de los vientos y su variación mensual en la dirección de los vientos.
- Tormentas estacionales para un período de retorno no inferior a 25 años.

Condiciones geológicas, geotécnicas y geofísicas:

- Descripción de la geología regional: Unidades litológicas, estratigrafía, petrografía, tectónica regional y principales rasgos estructurales.
- Estructura y fracturación de los materiales de la potencial ubicación (inclinación de las capas, sistema de plegamiento y/o principales direcciones de fracturación).
- Parámetros geotécnicos de las principales unidades litológicas representadas en los emplazamientos alternativos contemplados (identificación y capacidad portante).
- Cartografía geológica a escala adecuada (1:50.000, ó 1:25.000 para factores regionales, mayor detalle para vasos particulares). En el caso de que la complejidad geológica lo aconseje, se acompañará de cortes geológicos y columnas estratigráficas representativas del emplazamiento y del entorno.
- Reconocimientos preliminares (calicatas, penetrómetros, estaciones geomecánicas y/o geofísicos...) que permitan reconocer, describir y definir con claridad las condiciones geológicas de las diferentes alternativas.

En cada emplazamiento alternativo⁴:

- Se ejecutará en suelos al menos un mínimo de dos calicatas por hectárea para la descripción del terreno (por un Ingeniero Geotécnico o Geólogo cualificado) desde superficie hasta la máxima profundidad que se pueda alcanzar mediante medios mecánicos.

⁴ Para el estudio de emplazamientos de superficie superior a 5 Ha y siempre que el técnico que suscribe el estudio geológico e hidrogeológico justifique que la homogeneidad de los terrenos encontrados permite el adecuado conocimiento y caracterización de los mismos, se podrán reducir las intensidades mínimas de calicatas, ensayos de penetración dinámica y ensayos de permeabilidad vertical especificadas.

- En el caso que proceda (suelos de compacidad/consistencia inferior a media) se ejecutará un mínimo de dos ensayos por hectárea de penetración dinámica, para determinar la compacidad del terreno.
- En el caso que el terreno en superficie sea representativo del apoyo del fondo del vaso, sobre el horizonte de terreno de los 5 primeros metros, se ejecutará un mínimo de dos ensayos por hectárea para determinar la permeabilidad vertical (métodos del permeámetro o infiltrómetro).
- Se ejecutará un mínimo de dos sondeos con recuperación de testigo (supervisados por Ingeniero Geotécnico, Ingeniero de Minas o Geólogo cualificado) hasta alcanzar una profundidad no inferior, en ninguno de ellos, a la de la cota de apoyo del vertedero más cinco veces el espesor requerido a la barrera geológica natural para la categoría más desfavorable de los residuos a almacenar. Mediante los dos sondeos se podrá identificar el rango del gradiente hidrogeológico local. En caso de que con dicha profundidad no se hubiese alcanzado la zona saturada regional, al menos uno de los sondeos deberá realizarse hasta el cumplimiento de alguna de las siguientes condiciones: penetrar en el nivel freático regional en una longitud de 5 m o alcanzar la profundidad (desde cota superficial del terreno) máxima de 50 m. Como mínimo la longitud de los sondeos será de 15 m en cualquier caso.
- Hasta la profundidad equivalente de 5 m por debajo de la cota de apoyo del futuro vertedero se ejecutarán, como mínimo, los siguientes ensayos (en cada uno de los sondeos especificados) por cada nivel geológico: ejecución en suelos de un ensayo SPT, toma de muestra inalterada o toma de muestra parafinada (en función de las condiciones del terreno perforado); un ensayo de permeabilidad en laboratorio sobre muestras de terreno, un ensayo de permeabilidad in situ (Lefranc o Lugeon en función de las condiciones del terreno perforado). En el nivel correspondiente a la barrera geológica natural esta densidad de ensayos se incrementará a un total de cinco.
- Por debajo de la profundidad equivalente de 5 m por debajo de la cota de apoyo del futuro vertedero se ejecutarán los siguientes ensayos (en cada uno de los sondeos especificados): cada cinco metros ensayo SPT en suelos, toma de muestra inalterada o toma de muestra parafinada (en función de las condiciones del terreno perforado); cada cinco metros ensayo de permeabilidad en laboratorio sobre muestra de terreno, cada cinco metros ensayo de permeabilidad in situ (Lefranc o Lugeon en función de las condiciones del terreno perforado).
- Ensayos de laboratorio. Además de los ensayos anteriores se analizarán las muestras de suelos con los mismos criterios

establecidos en el apéndice del presente documento. Se obtendrá un mínimo de dos analíticas completas de calidad del agua subterránea.

Características hidrológicas

- Descripción y cartografía a escala adecuada de la red de drenaje y cuencas afectadas por la ubicación.
- Inventario, en un círculo mínimo de 10 Km. de diámetro tomados desde el centro geométrico del área ocupada por el vaso del vertedero, de las condiciones de los cursos de agua en régimen constante, estacional y torrencial, así como de cursos fluviales, ríos y arroyos, lagunas, manantiales, fuentes, humedales, charcas, marismas y las masas de aguas estables. En caso necesario se establecerá la realización de medidas en campo, toma de muestra (aguas arriba y debajo de la potencial ubicación) y determinación analítica simplificada de parámetros indicadores en aquellos cauces o masas de aguas que se vean significativamente afectados por la localización analizada.
- Identificación y cartografía de lagos, embalses, lagunas, estuarios, zonas costeras, playas y humedales existentes en un ámbito de al menos de 10 Km. de diámetro tomados desde el centro geométrico del área ocupada por el vaso del vertedero.
- Se localizarán e inventariarán las áreas inundables para un periodo retorno de 50, 100 o 500 años (en función de los datos que vayan a ser necesarios para la definición del Plan de Emergencia).

Características hidrogeológicas

- Descripción hidrogeológica regional. Descripción y delimitación de los acuíferos, principales unidades permeables e impermeables, profundidad, características y tipo de acuíferos, piezometría, evolución piezométrica interanual, áreas de carga y descarga, calidad química de las aguas, variaciones estacionales de los niveles piezométricos, etc.
- Descripción del espesor, extensión lateral, dirección de flujo y gradiente, conductividad hidráulica y capacidad de retardo de las unidades localizadas (acuíferos, acuitardos o acuicludos) entre la unidad litológica propuesta para servir de barrera geológica natural o formación geológica base del vertedero y la unidad acuífera más próxima.
- Evaluación y valoración del grado de protección de las unidades anteriormente descritas, según su geometría y características físicas.

- Mapa o esquema hidrogeológico, a escala adecuada para su claridad de análisis y comprensión del emplazamiento del vertedero y de la zona comprendida en un mínimo de 10 Km. de diámetro. El mapa recogerá la cartografía hidrogeológica, piezometría, dirección de flujo y la localización de los puntos de descarga conocidos.
- Cuando se requiera para la comprensión del comportamiento hidrogeológico, se incluirán perfiles conceptuales que ilustrarán la disposición de las unidades geológicas e hidrogeológicas localizadas en el ámbito del vertedero y su funcionamiento.
- Se realizarán reconocimientos específicos del terreno en las ubicaciones con la finalidad de obtener datos y muestras para determinar al menos los siguientes factores: carácter de las formaciones, permeabilidad de las formaciones superficiales (en campo y en laboratorio) y posición del nivel freático.
- Inventario de puntos de agua: Se recogerán los datos documentales existentes del inventario de puntos de agua y usos del agua en una zona comprendida en un mínimo de 10 Km. de diámetro alrededor del vertedero. El informe se acompañará de un mapa a escala adecuada en el que se reflejará la situación de cada punto de agua y una base de datos con los datos disponibles. Se incluirán la descripción de aquellos puntos obtenidos de la necesaria consulta a fuentes documentales fiables (Organismos de cuenca, ITGME, etc.).

Cuando en aplicación de la legislación sobre evaluación de impacto ambiental, la autorización del vertedero requiera el sometimiento del proyecto a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, éste se llevará a cabo en esta segunda fase en que se adopta la decisión sobre la ubicación del proyecto.

El contenido mínimo del estudio de impacto ambiental será el que exige la legislación básica sobre evaluación de impacto ambiental y el exigido por la legislación autonómica que, en su caso, la complementa o desarrolla.

El resultado de esta segunda fase es la selección, a partir del estudio combinado de las anteriores variables técnicas y ambientales, de la ubicación más adecuada para el vertedero. Tras la finalización de esta fase con la obtención de la aprobación ambiental, se procederá (en su caso) a la realización de los estudios de detalle y a la definición constructiva de la instalación, tras lo que se deberá someter el proyecto a la autorización administrativa final.

Antes del comienzo de su actividad, las instalaciones de vertido de residuos serán objeto de autorización específica o de Autorización

Ambiental Integrada contemplada por la Ley 16/2002 en aquellos casos en que les sea de aplicación en virtud a la legislación relativa a estos aspectos.

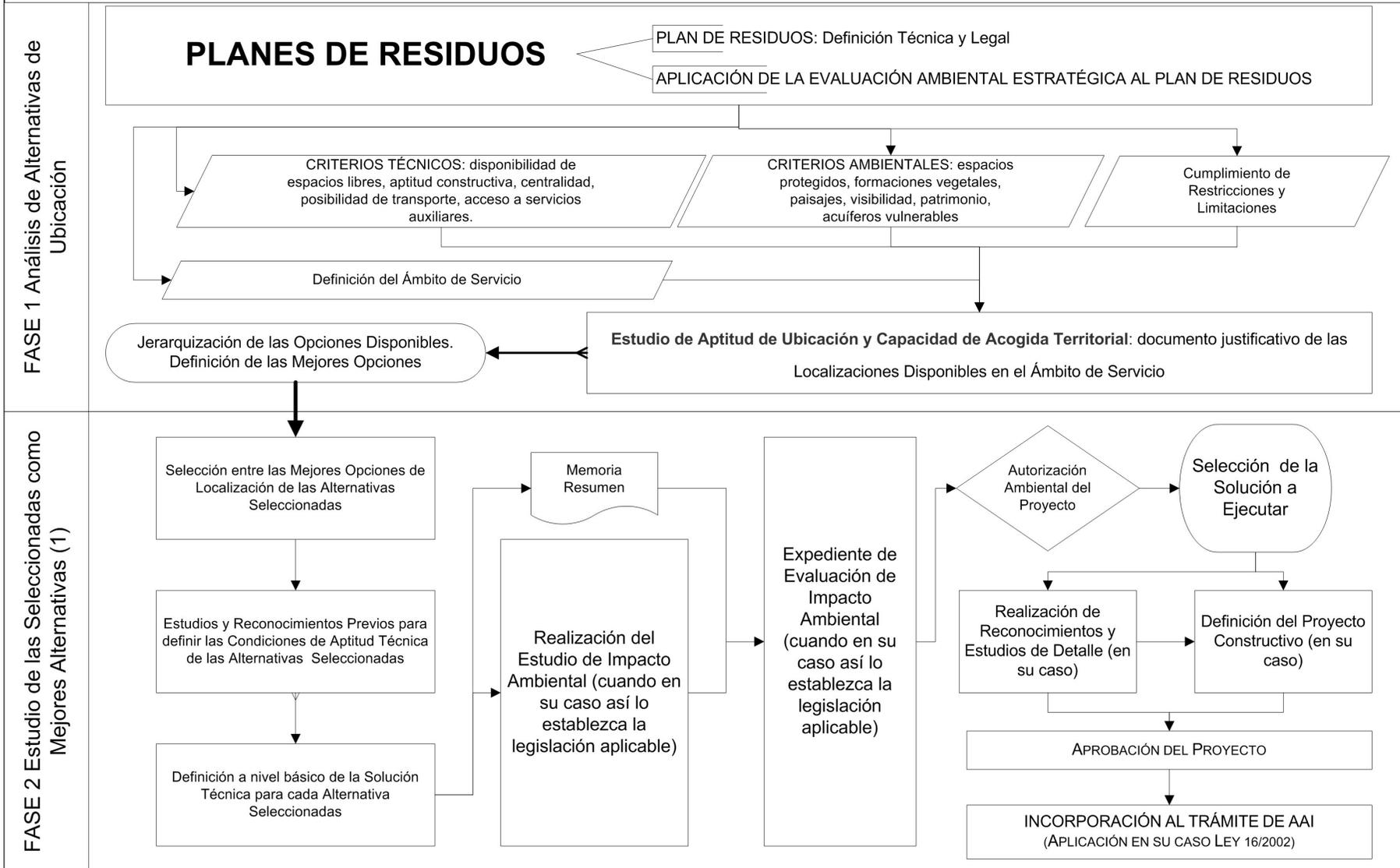
En lo que respecta a los aspectos de autorización de vertido de aguas al dominio público hidráulico se cumplirá lo previsto por el artículo 19 de la Ley 16/2002. En los casos que no queden incluidos en las actividades previstas por dicha Ley se aplicarán las disposiciones previstas por R.D.L. 1/2001 que aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

En el caso de vertederos de residuos inertes, las autoridades competentes para otorgar la autorización del vertedero concretarán el proceso aplicable en esta segunda fase, de acuerdo, no obstante, con lo que en su caso prescriba la legislación sobre evaluación de impacto ambiental.

A título aclaratorio, la relación entre las dos fases indicadas, con el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (cuando proceda) y del proceso de diseño constructivo de la instalación queda sintetizado en el Diagrama I.-1:

DIAGRAMA I.-1.: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE VERTEDEROS

Clave 80-402-6-005/42
Junio 2004 - Rv.04 EMM



(1) En el caso de vertederos de residuos inertes las autoridades competentes para otorgar la autorización del vertedero concretarán el proceso aplicable en esta segunda fase.

2 Control de aguas y gestión de lixiviados

2.1. Captación de aguas superficiales y subterráneas

Se especifican en este apartado los requisitos mínimos para el diseño de la infraestructura de captación de aguas superficiales y subterráneas.

Los sistemas de recogida y evacuación de las aguas superficiales se diseñarán de manera que eviten su entrada en el vaso de vertido o en otras instalaciones del vertedero donde puedan resultar contaminadas por contacto con los residuos.

Se diseñarán conducciones perimetrales u otro tipo de instalaciones que se calcularán para el caudal máximo correspondiente a un periodo de retorno mínimo de 25 años, en el caso de vertederos de residuos inertes y no peligrosos. En el caso de vertederos de residuos peligrosos este valor será como mínimo de 50 años.

Las aguas caídas en el vaso en zonas no selladas y que no contacten con los residuos, o las precipitadas sobre coberturas no definitivas; se conducirán a una balsa exterior de tormentas diferenciada de la balsa de lixiviados.

Esta balsa estará debidamente impermeabilizada y se dimensionará como mínimo para recoger las precipitaciones máximas de 24 horas para un periodo de retorno mínimo de 25 años, para vertederos de residuos inertes y no peligrosos. Para vertederos de residuos peligrosos este valor será como mínimo de 50 años.

Las aguas recogidas en dicha balsa de tormentas serán objeto de comprobación de su calidad y sólo podrán evacuarse a cauce si cumplen los límites de vertido legalmente establecidos.

En caso contrario deberán recibir tratamiento para cumplir los límites de vertido a cauce fijados en la autorización, salvo que sean objeto de recogida y transporte para su tratamiento en instalaciones de depuración situadas fuera del vertedero. Se tendrá en cuenta en el diseño de los elementos de tratamiento de aguas efluentes los criterios establecidos por el R.D.L. 1/2001.

Las restantes aguas caídas en el vaso y que no contacten con los residuos podrán evacuarse a cauce.

Las aguas subterráneas no entrarán en ningún caso en contacto con los residuos, disponiendo en caso preciso un subdrenaje bajo la capa de impermeabilización.

2.2. Captación y tratamiento de lixiviados

Los lixiviados y todas las aguas que entren en contacto con los residuos se almacenarán y se tratarán antes de su vertido de modo que cumplan los límites de vertido a cauce fijados en virtud de la correspondiente autorización conforme a lo previsto por el R.D.L. 1/2001 y el R.D. 606/2003, y a lo previsto por la Ley 16/2002.

En el caso de vertederos de residuos inertes, la autoridad competente podrá decidir que no se disponga la balsa de almacenamiento de las aguas superficiales que hayan contactado con los residuos inertes (balsa de tormentas), en base al tipo de residuos admitidos, a la ubicación del depósito y a la configuración diseñada de la instalación.

En el diseño de estos elementos se tendrán en cuenta los aspectos y las disposiciones aplicables establecidos por el R.D.L. 1/2001.

Tanques Colectores de lixiviados

El diseño de los tanques o depósitos colectores atenderá a los siguientes criterios:

- Impermeabilidad
- Constituido por materiales con resistencia físico – química a los lixiviados
- Localizados en una superficie plana, con una cimentación estable y capaz de admitir los lixiviados estimados y de adaptarse a su funcionamiento y a las operaciones previstas con ellos.
- Deberán vallarse y si fuera necesario cubrirse para evitar el acceso de los animales

Balsa de almacenamiento

El diseño de la balsa de almacenamiento deberá atenerse a los siguientes puntos:

- La balsa se diseñara para la recepción de un volumen suficiente de lixiviados en cualquier época del año. Su volumen estará duplicado para facilitar el mantenimiento y prevenir fallos de operación.
- Los cálculos del dimensionamiento mínimo de la balsa de lixiviados se justificarán en función de la cantidad de materia orgánica, pluviometría, evapotranspiración, recubrimientos, etc.
- También se calcularán los riesgos de una posible avenida de tormentas, de 24 horas, para periodos de recurrencia de cómo

mínimo 25 años (vertederos de residuos inertes y no peligrosos) o 50 años (vertederos de residuos peligrosos), dotando a la balsa de un volumen libre suficiente para absorberlas.

- Los cálculos del dimensionamiento también contemplarán el tratamiento previsto de los lixiviados y las restricciones en las distintas operaciones estacionales.
- Los costados y el fondo se recubrirán de material sintético impermeabilizante cuyas características deberán ser similares, cuando exista, a la geomembrana del fondo del vaso de vertido.
- Se instalará un sistema de drenaje perimetral y se diseñará un sistema de inspección para la detección de cualquier fuga o filtración al terreno.
- La balsa podrá cubrirse, bien de manera permanente, o bien de forma temporal, si las condiciones meteorológicas lo requieren.
- La balsa de lixiviados deberá disponer de un sistema de vallado independiente al general de las instalaciones de residuos. Igualmente dispondrá de las protecciones individuales y colectivas para la seguridad de los trabajadores en virtud de lo establecido por el correspondiente estudio de seguridad y salud.
- La balsa dispondrá de los elementos adecuados (plataformas, escaleras, etc.) para permitir la toma de muestras.
- El sistema de detección de potenciales fugas de lixiviados se localizará en la base de las balsas de almacenamiento para determinar la presencia de lixiviados u otros líquidos de carácter residual.

Tratamiento de los lixiviados

Si los lixiviados se tratan en una instalación “in situ” se deberá asegurar que se cumplen las condiciones de vertido a cauce fijadas en la autorización del vertedero.

Los lixiviados también podrán tratarse en una depuradora externa. El envío de los lixiviados desde el vertedero a la depuradora externa deberá quedar adecuadamente documentado y registrado por parte del explotador del vertedero.

3 Protección del suelo y de las aguas

Todo vertedero deberá estar situado y diseñado de forma que cumpla las condiciones necesarias para impedir la contaminación del suelo, de las aguas subterráneas o de las aguas superficiales y garantizar la recogida eficaz de los lixiviados. La protección del suelo, de las aguas subterráneas y de las aguas superficiales se conseguirá mediante la disposición de barreras impermeables y de capas de drenaje bajo la masa de residuos, debidamente protegidas mediante las capas necesarias de separación y de filtro, aplicando los criterios establecidos en el presente apartado.

3.1. Solución de Referencia

Como criterio de referencia la impermeabilidad frente a lixiviados procedentes del vaso de vertido se garantizará mediante la existencia en el emplazamiento de una barrera geológica natural (en fondo y taludes del vaso de vertido) que tenga unas condiciones de permeabilidad y espesor cuyo efecto combinado sea equivalente como mínimo al siguiente:

a) Vertederos para residuos inertes:

$$k = 1,0 \times 10^{-7} \text{ m/s en un espesor de 1 m}$$

b) Vertederos para residuos no peligrosos:

$$k = 1,0 \times 10^{-9} \text{ m/s en un espesor de 1 m}$$

c) Vertederos para residuos peligrosos:

$$k = 1,0 \times 10^{-9} \text{ m/s en un espesor de 5 m}$$

donde:

k: coeficiente de permeabilidad (en metros/segundo)

Cuando la barrera geológica natural no cumpla las condiciones antes mencionadas, dichas características deberán alcanzarse añadiendo una barrera artificial, que consistirá en una capa mineral de un espesor no inferior a 0,5 metros. Esta función básica, salvo en casos excepcionales previstos en 3.2, no podrá confiarse a geosintéticos.

Además de las barreras descritas, en el caso de vertederos para residuos no peligrosos y de vertederos para residuos peligrosos, deberá añadirse como complemento un geosintético de impermeabilización.

Con el fin de mantener en un mínimo la acumulación de lixiviados en la base del vertedero, se dispondrá un sistema de drenaje para la recogida y control de lixiviados.

Para facilitar la interpretación de los requisitos de la Solución de Referencia, las barreras de protección mínimas que dispondrán los vertederos bajo la masa de residuos y las condiciones a exigir a dichas barreras serán, como mínimo, las que para cada clase se reflejan esquemáticamente en las Figuras 3.1, 3.2 y 3.3.

Las recomendaciones de cada una de las capas descritas y de los geosintéticos se describen en el apéndice.

Figura 3.1.- Vertederos de residuos inertes. (Solución de Referencia)

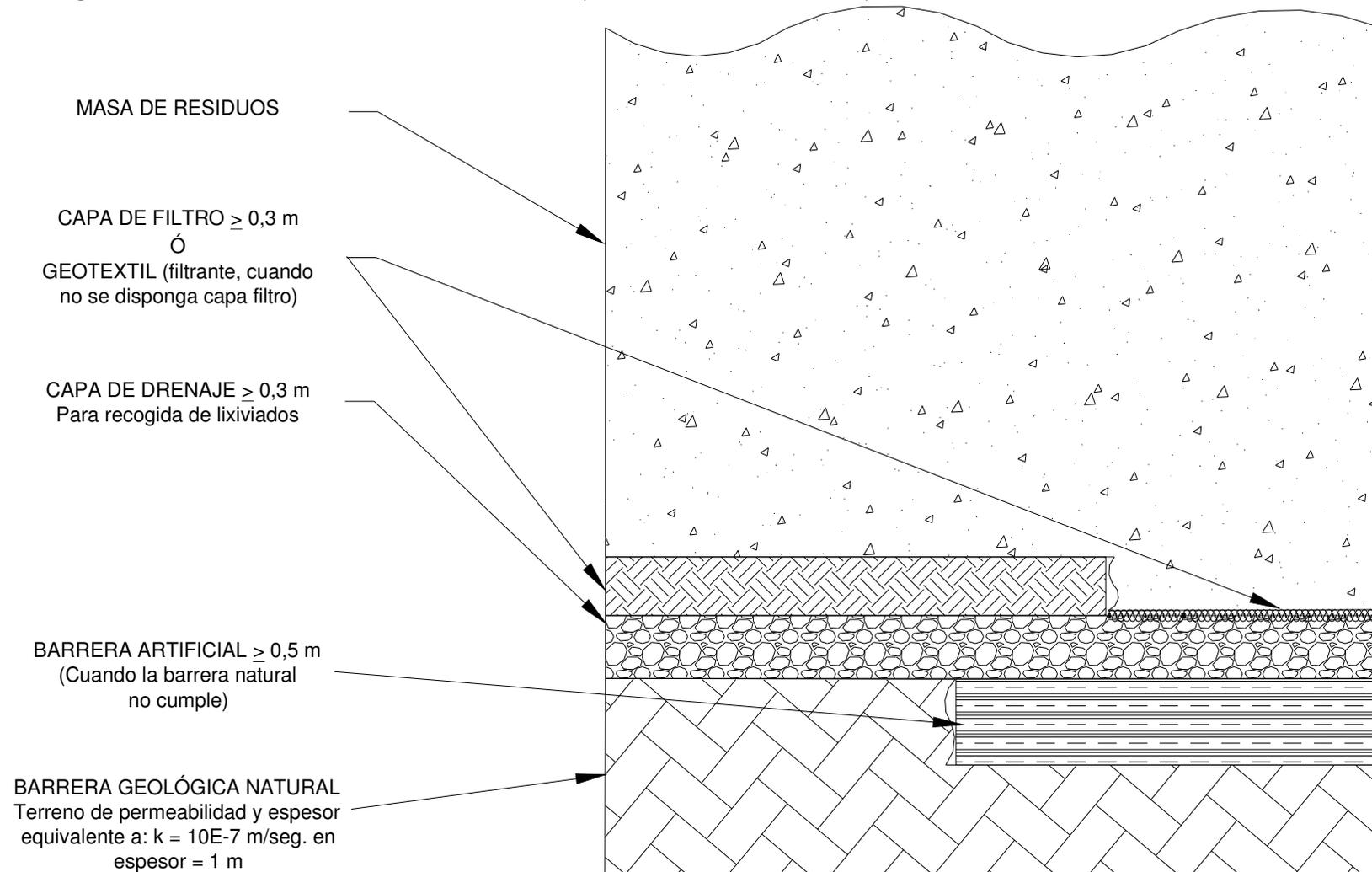


Figura 3.2.- Vertedero de residuos no peligrosos (solución de referencia)

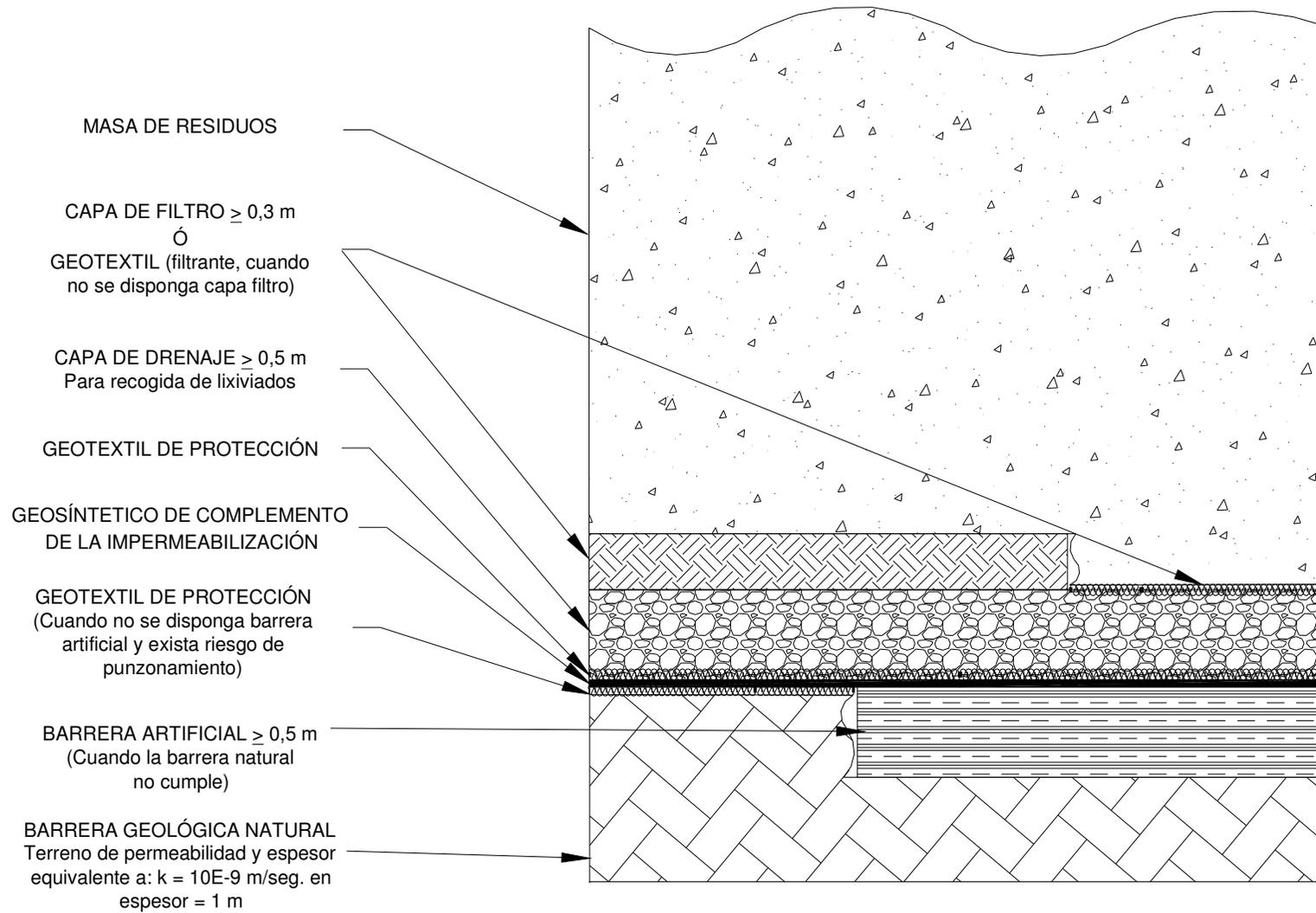
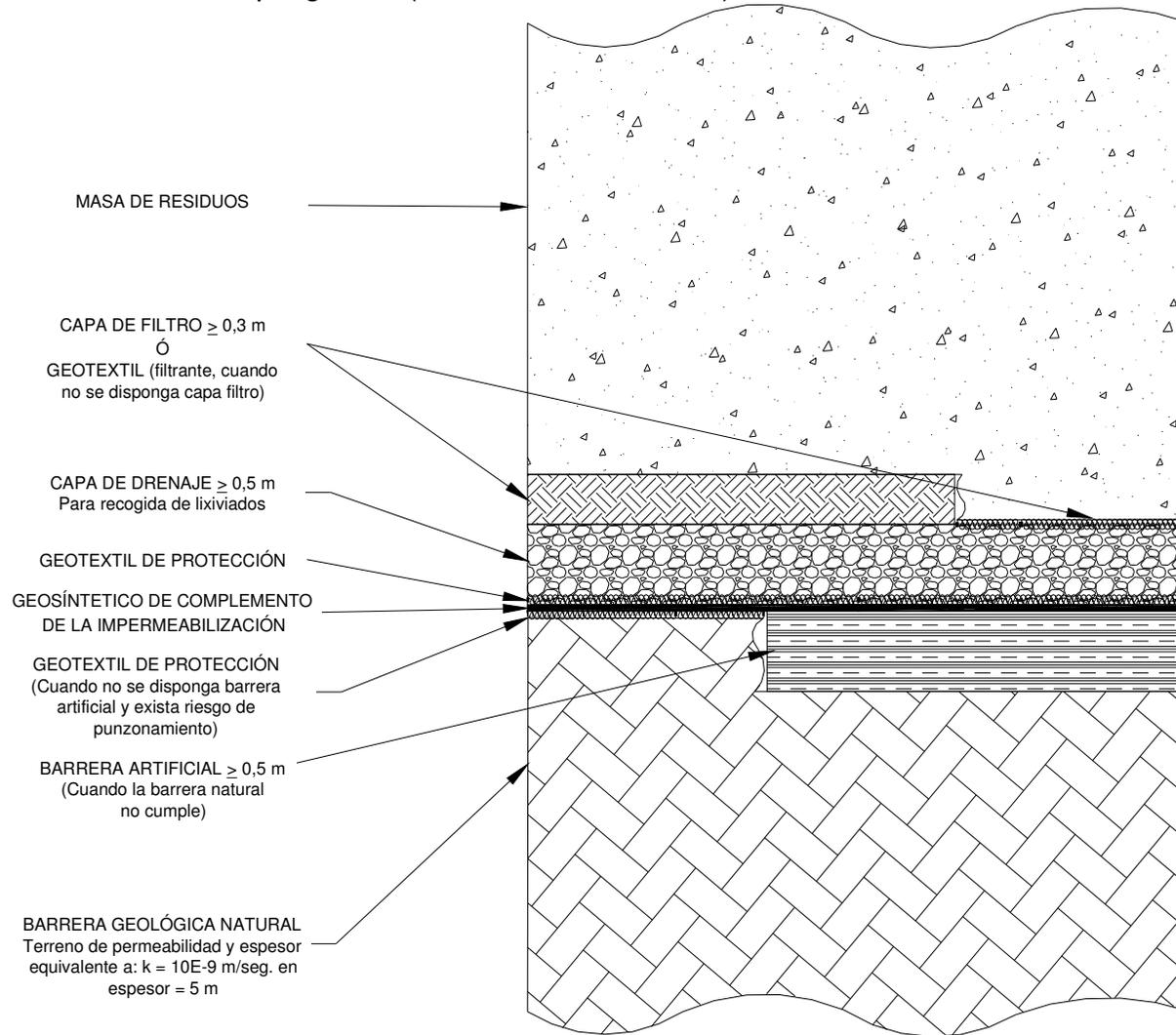


Figura 3.3.- Vertedero de residuos peligrosos (solución de referencia)



3.2. Soluciones alternativas

El órgano competente en materia de medio ambiente de la Comunidad Autónoma en que se ubique el vertedero podrá, en casos excepcionales, reducir o modificar los requisitos exigidos en la Solución de Referencia anterior.

Dicha decisión deberá tomarse basándose en un estudio que tendrá en cuenta, en particular, el Capítulo II del Título III del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (aprobado por Real Decreto 849/86 de 11 de abril de 1986 y modificado por Real Decreto 1315/1992 de 30 de octubre de 1992, por Real Decreto 995/2000 de 2 junio de 2000 y por Real Decreto 606/2003 de 23 de mayo de 2003), y deberá incluir como mínimo:

- el análisis de las características de los residuos que se depositarán en el vertedero, en relación con su composición y su comportamiento de lixiviación a corto, medio y largo plazo.
- la identificación y cuantificación de las emisiones de contaminantes significativas que, en su caso, puedan atravesar las capas de impermeabilización del vertedero propuestas.
- un estudio hidrogeológico del emplazamiento del vertedero que evalúe si, con las barreras impermeables propuestas, el vertido de los residuos en la instalación provocará que, a corto, medio o largo plazo, se producirá contaminación de masas de agua tanto superficiales como subterráneas.

Si del anterior estudio se dedujera que el vertedero supondrá un vertido indirecto a través de las capas de impermeabilización del mismo, deberá obtenerse autorización de vertido ante el Organismo de Cuenca correspondiente en los términos establecidos en la legislación de aguas.

Las características aprobadas para las capas de impermeabilización, drenaje y demás capas de protección, deberán incluirse en la autorización del vertedero. En el caso de vertederos de residuos no peligrosos o peligrosos, en fondo de vertedero siempre debe contarse con una barrera mineral impermeable de un espesor mínimo de 0,5 m. En todos los casos el drenaje en fondo de vertedero será obligatoriamente de tipo mineral.

3.3. Clausura y, en su caso, sellado del vertedero

El diseño del sistema de clausura y, en su caso, sellado del vertedero responderá, entre otros, a los siguientes condicionantes:

- tipo de residuos almacenados en el vaso de vertido (biodegradabilidad, generación esperable de gases, tipo de compuestos tóxicos en el residuo, etc)
- condiciones de compactación de dichos residuos, es decir, asentamientos previstos
- climatología (precipitaciones anuales, etc)
- uso previsto, en su caso, para la zona ocupada por el vertedero
- barreras de impermeabilización dispuesta en el vertedero bajo la masa de residuos, existencia de una adecuada red de drenaje para recogida y tratamiento de lixiviados o no

La diversidad de factores que pueden condicionar el diseño de la fase de clausura del vertedero es tal que no puede prescribirse un sistema de clausura y/o sellado aplicable a todos los casos que pueden presentarse.

El proyecto de clausura y/o sellado de cada vertedero tomará en consideración los condicionantes mencionados anteriormente y propondrá la solución que:

- minimice el período en que el vertedero representará un riesgo significativo para la salud de las personas o el medio ambiente
- induzca en la masa de residuos unas condiciones que favorezcan el desarrollo de los procesos físicos y/o químicos deseados (estabilización de contaminantes peligrosos, mineralización de materia orgánica, etc)
- evite que se produzcan efectos indeseables, como grandes asentamientos, reacciones no deseadas en la masa de residuos, etc.

Con anterioridad al inicio del proceso de cierre, el proyecto de clausura y/o sellado será revisado y en su caso actualizado para su adaptación al progreso tecnológico experimentado desde el momento de la autorización inicial del vertedero.

El proyecto de clausura y/o sellado del vertedero propondrá, además de la solución de diseño para el sistema de clausura, el proceso constructivo que garantice la integridad a medio y largo plazo del sistema (impermeabilidad, drenaje, asentamientos previstos, etc) y que se desarrollarán los procesos deseados en la masa de residuos.

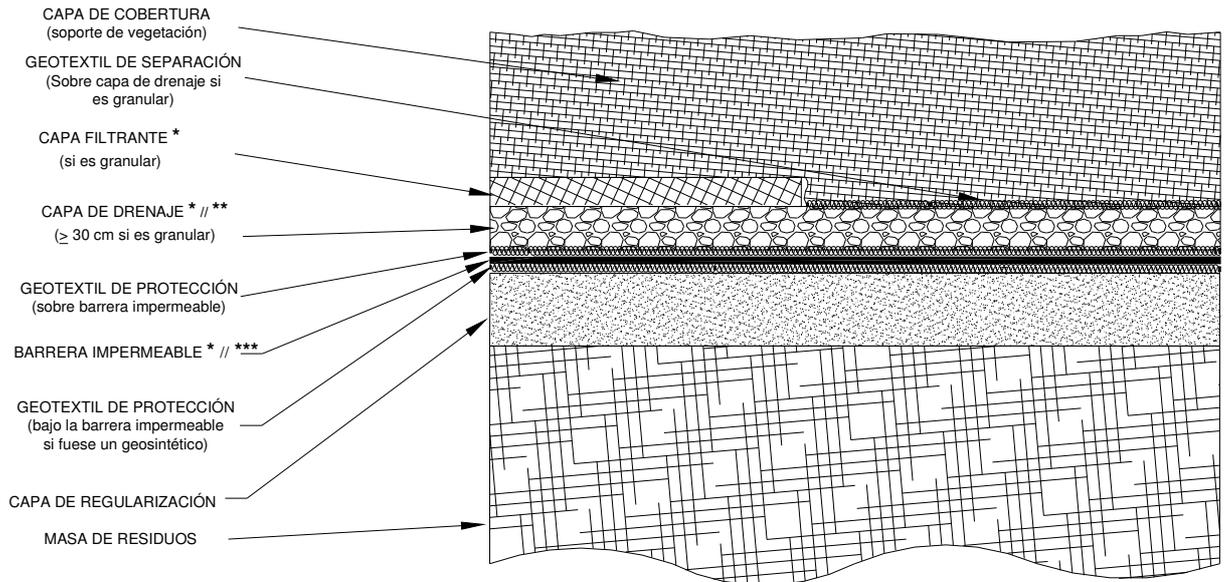
Cuando sean de prever importantes asentamientos. Sobre todo en vertederos con gran contenido de residuos orgánicos, se puede plantear efectuar un

sellado provisional previo al definitivo (ejecución por fases) hasta el momento en que los asientos sean menores.

Se recoge a continuación una serie de recomendaciones para los sistemas de sellado en los casos más comunes que pueden presentarse.

Figura 3.4. Vertederos de residuos inertes

Quando, 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



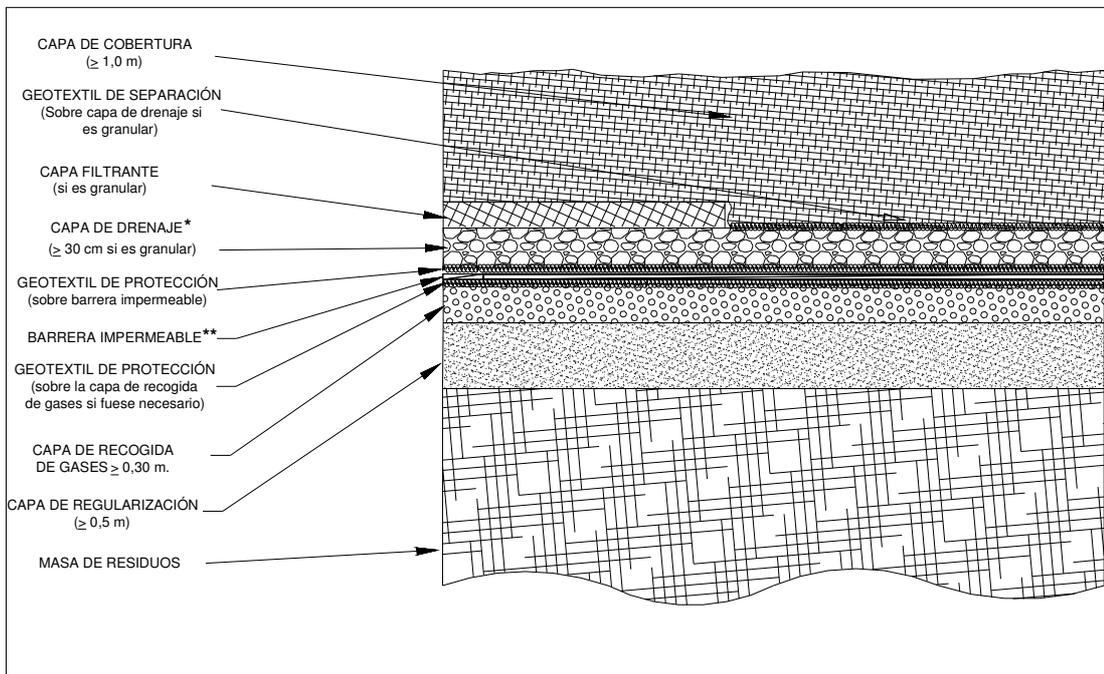
(*) Las capas Filtrante, de Drenaje y la Barrera Impermeable se colocarán en caso de que sean necesarias a juicio de la Autoridad Competente para la Autorización de la Clausura del Vertedero.

(**) Capa de Drenaje: será de material granular de un espesor mínimo de 30 cm o de modo alternativo de geocompuestos sintéticos drenantes; en el primer caso dispondrá de un adecuado elemento de filtro sobre ella, formado por un geotextil o por una capa granular (tal como se muestra en la figura.)

(***) Barrera Impermeable: Si es una capa mineral de aportación tendrá un espesor mínimo de 0,5 m. Podrá ser también un compuesto geosintético (caso representado en la figura) con geotextiles protectores en su caso.

Figura 3.5. Vertederos de residuos no peligrosos con contenido significativo de materia orgánica biodegradable.

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

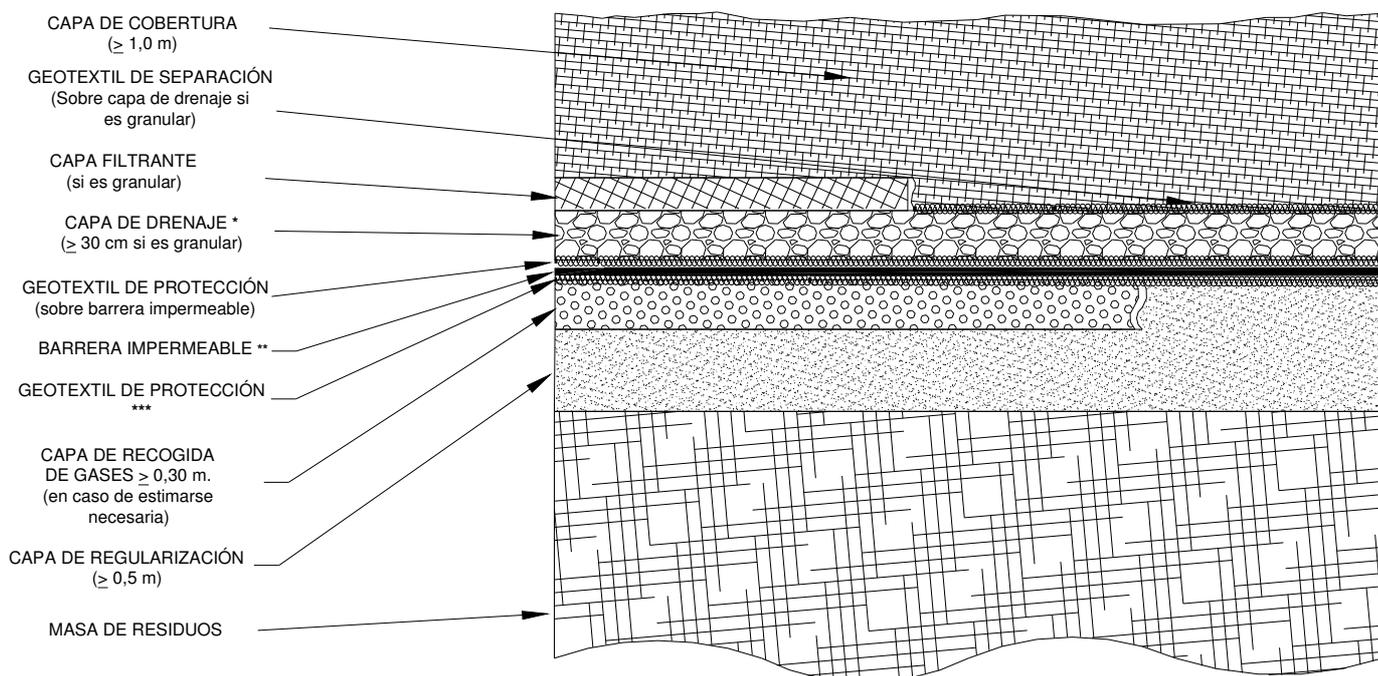


(*) Capa de Drenaje: será de material granular de un espesor mínimo de 30 cm o de modo alternativo de geocompuestos sintéticos drenantes; en el primer caso dispondrá de un adecuado elemento de filtro sobre ella, formado por un geotextil o por una capa granular (tal como se muestra en la figura.)

(**) Barrera Impermeable: Si es una capa mineral de aportación tendrá un espesor mínimo de 0,5 m. Podrá ser también un compuesto geosintético (caso representado en la figura) con geotextiles protectores en su caso.

Figura 3.6. Vertederos de residuos no peligrosos con contenido no significativo de materia orgánica biodegradable.

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



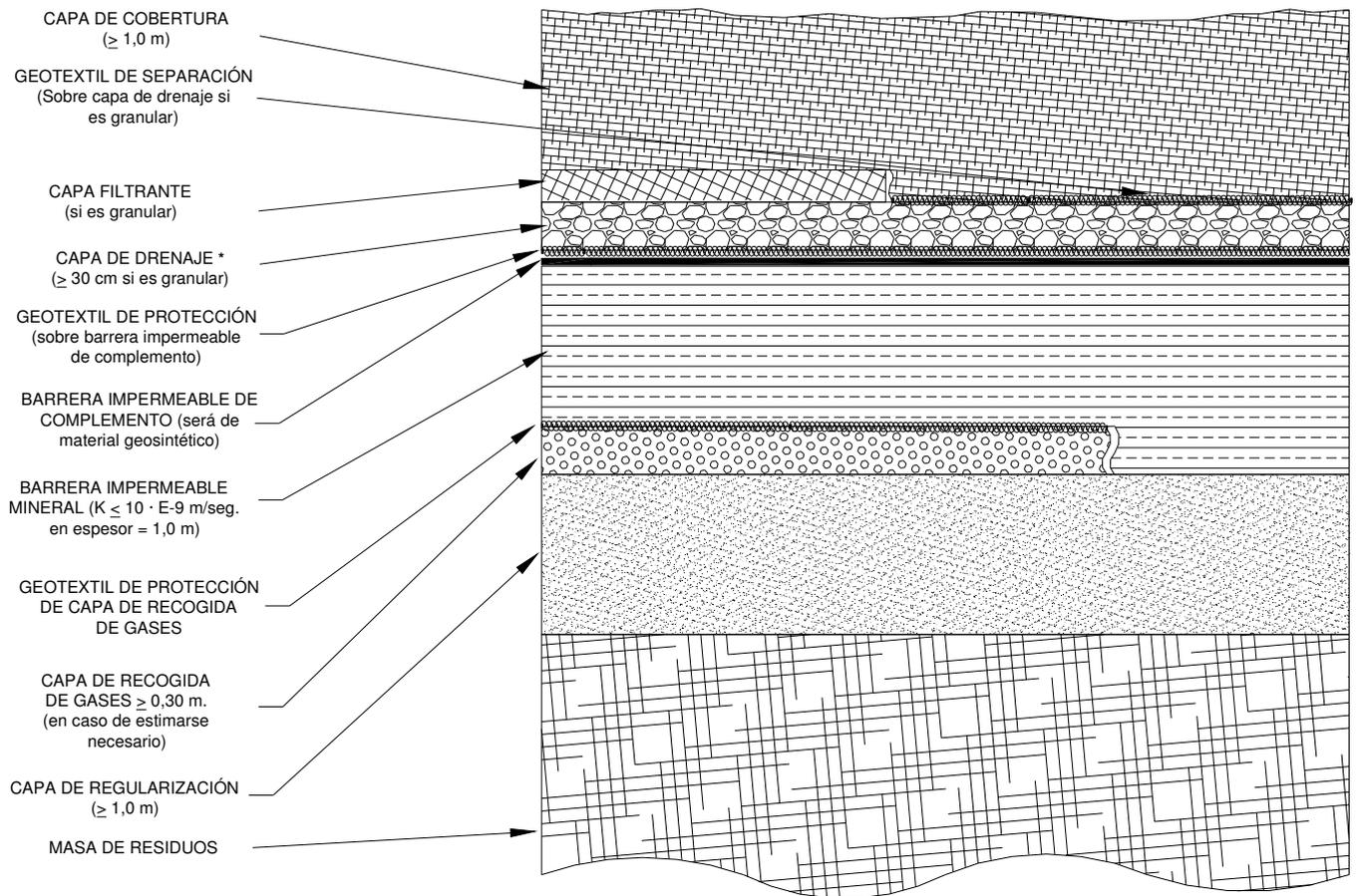
(*) *Capa de Drenaje:* será de material granular o de geocompuestos sintéticos; en el primer caso dispondrá de un adecuado elemento de filtro sobre ella, formado por un geotextil o por una capa granular (tal como se muestra en la figura.)

(**) *Barrera Impermeable:* podrá emplearse una capa mineral de aportación ($K \leq 10 E-09$ m/seg. en 0,5 m) o bien compuestos geosintéticos (caso representado en la figura) con geotextiles protectores en su caso.

(***) Se colocará cuando exista una capa de drenaje de gases granular o cuando se disponga como barrera impermeable un geosintético.

Figura 3.7. 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



(*) *Capa de Drenaje:* será de material granular o de geocompuestos sintéticos; en el primer caso dispondrá de un adecuado elemento de filtro sobre ella, formado por un geotextil o por una capa granular (tal como se muestra en la figura.)

4 Control de gases

El control de los gases del vertedero tiene como objeto reducir las emisiones atmosféricas, minimizar la salida de emisiones olorosas, minimizar la migración subsuperficial del gas, posibilitar su tratamiento y si procede su aprovechamiento energético.

Todos aquellos vertederos que reciban o hayan recibido residuos biodegradables en un porcentaje significativo o que emitan gases en una cantidad significativa dispondrán de un sistema de recogida, tratamiento y aprovechamiento de gases. Si no se pueden aprovechar, al menos se quemarán. Se minimizarán los potenciales impactos de esta operación. En el diseño de la clausura del vertedero se justificará que el sistema de control garantiza una adecuada protección ambiental, no provocándose levantamientos ni inestabilidades en el sistema de sellado del vertedero.

La recogida de gases se puede efectuar mediante un sistema pasivo o activo. El sistema pasivo aprovecha la mayor presión interna del gas en el interior del vertedero para su extracción. En el sistema activo se aplica un vacío para facilitar su captación.

En aquellos casos en los que sea prioritario reducir al mínimo las emisiones de los gases del vertedero, se dispondrá en la barrera impermeable de sellado una geomembrana (más impermeable frente a gases que un suelo). Esta solución permite, en el caso de disponer una red activa de pozos de captación de gas, incrementar el radio de influencia de cada pozo y un mayor vacío en la red. Esta red de pozos tendrá las siguientes características:

- La recuperación de gas deberá hacerse por pozos perforados de al menos 0.5 m de diámetro. De modo justificado se podrán emplear diámetros menores. La grava del empaque en la zona de captación de gas del pozo no será caliza.
- El revestimiento de los pozos de extracción y colectores laterales deberá ser de PVC, PEAD o acero inoxidable.
- El diseño de cada uno de los pozos de extracción debe asegurar que el 100% de la zona susceptible de contener gas está cubierta.
- La mezcla de gases recuperables no contendrá más de un 5% de O₂ en volumen para no tener mezclas explosivas.
- Para alcanzar esta situación se regulará el vacío de cada pozo y se impermeabilizará la zona superior del pozo para reducir la entrada de aire.

Los sistemas de recogida de gases pueden emplear de modo general pozos cuando proceda (con las características especificadas), zanjas drenantes colectoras y capas drenantes.

Si se adopta un sistema pasivo hay que garantizar que se produce una suficiente reducción de la presión interna del gas, dentro del vertedero, que disminuye la migración lateral. En este sistema para la protección del sellado y limitar la emisión de gases será preciso, salvo causa justificada, una capa de drenaje de gases en la parte inferior del sellado. Su espesor mínimo, de emplear una capa de gravas, será 0,3 m, y será de tipo no calizo. Su capacidad será suficiente para garantizar la captación de los gases.

Un sistema activo permite un mayor control de las emisiones de gas, al dirigir el flujo hacia los puntos de captación. En este caso será imprescindible el análisis de la situación una vez se pare la explotación de la red de pozos, de modo que se garantice que no se producirán levantamientos en el sellado por acumulación de gases remanentes o generados con posterioridad, o bien de inestabilidad en los taludes. Se puede plantear un sistema mixto debidamente aislado, en el que una vez explotada la red de pozos la capa de drenaje de gases evite de modo pasivo el efecto descrito.

Respecto al tratamiento de los gases captados, si no puede ser aprovechado energéticamente se quemará. El tratamiento y control deberá cumplir los siguientes criterios generales de diseño:

- Sistema flexible y adaptable a las variaciones en la tasa de producción de gas, a las modificaciones en los modelos de funcionamiento, a las variaciones de la composición química del gas y a una amplia variedad de posibilidades operacionales y ambientales.
- Los sistemas de control deberán diseñarse con total capacidad para apagar los incendios potenciales.
- Deberán incorporarse controles eficaces de combustión para prevenir igniciones accidentales en las chimeneas de salida de gases.
- Las tuberías incorporarán sistemas corta – apaga llamas para evitar incendios fuera del punto de combustión.
- Se dispondrá de un sistema de control continuo o periódico del contenido de O_2 y de CH_4 para detectar mezclas explosivas (O_2 entre el 5 y 14%) y poder actuar con antelación.
- Las unidades de combustión estarán equipadas con sistemas de ignición automática y de alarmas.
- Las conducciones principales deberán tener el 3% de pendiente mínima, después del asentamiento, para evitar que el agua de condensación provoque el cierre hidráulico en dicho colector. El agua se purgará en los puntos bajos.

En el caso que se quemen los gases del vertedero, por no poder aprovecharse energéticamente, los quemadores de gas tendrán, entre otros, los siguientes dispositivos y elementos de control:

- Indicador y registrador de temperatura: Mide y registra la temperatura del gas en la chimenea del quemador que mientras esté en funcionamiento mantendrá una temperatura de 850°C o superior, 0.3 s después de pasar a través del quemador.
- Sistema de arranque del piloto automático: Para el funcionamiento automático del sistema
- Sistema de alarma y aislamiento ante fallos del sistema: Aísla el quemador del suministro de gas, desactiva el ventilador y alerta al responsable.
- Rejillas de aire para la combustión controladas automáticamente: Para el equilibrio de la cantidad de aire de combustión y de la temperatura de la llama.
- Ventanillas de muestreo e inspección: Para la supervisión de la combustión, temperatura y muestreo de las emisiones atmosféricas.
- Pantallas de protección: Para el viento o para proteger las operaciones de muestreo e inspección.

5 Molestias y riesgos

Se tomarán las medidas necesarias para reducir al mínimo inevitable las molestias y riesgos procedentes del vertedero debido a: emisión de olores y polvo, materiales transportados por el viento, ruido y tráfico, aves, parásitos e insectos, formación de aerosoles, incendios.

El vertedero deberá estar equipado para evitar que la suciedad originada en la instalación se disperse en la vía pública y en las tierras circundantes.

Para minimizar las molestias y riesgos se plantea, en general, una superficie de explotación descubierta máxima de 4.000 m². Se podrá ampliar dicha superficie si se tienen previstas las pertinentes medidas correctoras que la hagan compatible con la prevención de molestias y riesgos al entorno.

6 Estabilidad e integridad de la masa de residuos y de las capas de impermeabilización.

El conjunto formado por terreno y vertedero será una estructura estable e íntegra a lo largo del tiempo y que garantizará la estabilidad de la masa de residuos. Del mismo modo se comprobará necesariamente que los asentamientos previstos, tanto en la capa de impermeabilización como en el sellado, serán compatibles con su integridad, función impermeable y drenante, sobre todo cuando el terreno de apoyo sea muy deformable y en el caso de vertederos de residuos con un alto contenido orgánico, que pueden provocar importantes asientos en el sellado.

Respecto a la estabilidad se efectuarán al menos las siguientes comprobaciones:

- Estabilidad del conjunto vertedero-terreno.
- Estabilidad interna de la masa de residuos.
- Estabilidad local de la capa de sellado por deslizamiento del contacto de los distintos elementos del sellado.
- Estabilidad del conjunto vertedero – impermeabilización de fondo, si procede, por deslizamiento entre distintos elementos de la capa impermeable.

Para estas comprobaciones se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Se evaluará la resistencia al corte de los residuos considerando su origen. De ser preciso se efectuarán ensayos a gran escala.
- Se considerará el ritmo de explotación, sobre todo en materiales impermeables, que puede generar presiones intersticiales que se introducirán en la evaluación.
- La resistencia al deslizamiento entre geosintéticos y geosintéticos-suelo empleada en el cálculo se comprobará de modo obligatorio, con un número suficiente de ensayos, con los geosintéticos específicos que se vayan a utilizar en la obra. Del mismo modo se efectuará, de utilizarse, la comprobación de la capacidad drenante de un geocompuesto de drenaje, en función de su nivel de carga en dirección perpendicular al plano de drenaje.
- Los parámetros resistentes del resto de materiales empleados en el cálculo estarán igualmente justificados a partir de los reconocimientos y ensayos pertinentes. Dado que el comportamiento tensodeformacional es muy diferente para los distintos materiales (residuos, geosintéticos, terreno) se justificarán los parámetros resistentes a emplear en función de los niveles de deformación estimados, por lo que se podrán emplear distintos parámetros dependiendo del cálculo efectuado.

Los coeficientes de seguridad mínimos recomendados, en función de las consecuencias de una potencial inestabilidad y en situación estática son los siguientes:

RIESGO	TIPO DE VERTEDERO		
	INERTE	NO PELIGROSO	PELIGROSO
BAJO	1.3	1.4	1.5
MEDIO	1.4	1.5	1.6
ALTO	1.5	1.6	1.8

Las situaciones de bajo riesgo son aquéllas en las que una potencial inestabilidad provocaría exclusivamente daños materiales sin consecuencias significativas ambientales ni para la seguridad de las personas.

Por riesgo medio se entiende la situación de un vertedero cuya inestabilidad provocaría daños significativos para el medio ambiente pero no para la seguridad de las personas.

Las situaciones de alto riesgo son aquéllas en las que se pueden provocar daños a personas o bien impactos ambientales severos o irreversibles.

En situación dinámica, cuando de acuerdo con el apartado de limitaciones, sea necesario un análisis de sismicidad, el coeficiente de seguridad será como mínimo de 1.2 en vertederos de residuos inertes, 1.3 en vertederos de residuos no peligrosos y 1,4 en vertederos de residuos peligrosos.

Se considerará en los cálculos de estabilidad la hipótesis de obturación de los drenajes. En dicha situación se estimará la posición del nivel de lixiviados y se calculará la estabilidad. Se admitirá una reducción de 0.10 en el coeficiente de seguridad sobre los valores especificados. Esta misma reducción se podrá adoptar durante el proceso de explotación del vertedero.

7 Cerramientos

El vertedero deberá disponer de medidas de seguridad que impidan el libre acceso al emplazamiento. Las entradas estarán cerradas fuera de las horas de servicio. El sistema de control y acceso de cada instalación deberá incluir un programa de medidas para detectar y disuadir el vertido ilegal en el emplazamiento.

ANEXO III

Procedimientos de control y vigilancia en las fases de explotación y de mantenimiento posterior a la clausura

1 Introducción

El presente Anexo especifica los requisitos mínimos que deben cumplir los procedimientos de los planes de vigilancia y control en la fase de explotación y en la fase de mantenimiento posterior a la clausura, con el objetivo último de comprobar que los residuos han sido admitidos para su eliminación de acuerdo con los criterios fijados para la clase de vertedero de que se trate; los procesos dentro del vertedero se producen en la forma deseada; los sistemas de protección del medio ambiente funcionan plenamente como se pretende y, en general, se cumplen las condiciones de la autorización del vertedero.

El Plan de Vigilancia y Control del Vertedero constará, como mínimo, de las siguientes fases:

- Construcción de la Red de Vigilancia.
- Obtención de Datos Pre-operativos, que servirán de “blanco” de comparación
- Programa de Vigilancia y Control de Explotación
- Programa de Vigilancia y Control y Programa de Mantenimiento posteriores a la clausura.

Para la aplicación del Plan de Vigilancia y Control, la instalación dispondrá de una Red de Vigilancia que, aplicando los requisitos recogidos en este Anexo, permitirá disponer de, como mínimo, datos meteorológicos en el emplazamiento de la instalación, datos sobre aguas superficiales, emisión de lixiviados y de gases, sobre las aguas subterráneas potencialmente afectadas por el vertedero y sobre la topografía y otros datos de la zona de vertido.

2 Red de obtención de datos meteorológicos

Las autoridades competentes fijarán cómo deben recogerse los datos meteorológicos. Estos podrán recogerse en estaciones meteorológicas

instaladas en el propio vertedero o estimarse a partir de datos de estaciones meteorológicas de organismos oficiales.

Cuando dicha información se base en datos de estaciones ajenas al vertedero, se aplicarán los siguientes criterios:

- Podrá darse por válida la estimación a partir de datos de una única estación cuando, siendo dicha estación la más próxima al vertedero, se justifique convenientemente que el vertedero se encuentra dentro del ámbito de cobertura de la misma, por tener condiciones geográficas semejantes (respecto a altitud y latitud), no existir accidentes relevantes del terreno que puedan dar lugar a comportamientos climáticos distintos en el vertedero y en el lugar de emplazamiento de la estación, y cuando la estación disponga de registros con series de datos suficientemente representativas de acuerdo a los criterios del Instituto Nacional de Meteorología.
- En los demás casos, se estimarán los datos a partir de los datos obtenidos en las tres estaciones más próximas que representen un comportamiento climático semejante al de la situación del vertedero y formen un triángulo en el que quede inscrito el mismo.

La autoridad competente podrá dar como válidos la recogida de datos meteorológicos a partir de estaciones de medida instaladas en el vertedero cuando las mismas presenten capacidad de realizar registros automáticos independientemente de la presencia de personal de servicio en las instalaciones. La Entidad explotadora deberá aportar la documentación justificativa relativa a la homologación y estandarización de los equipos de toma de datos instalados. Además el explotador deberá redactar y cumplir obligatoriamente un plan de calibración y mantenimiento de los sensores meteorológicos durante toda su vida útil.

Salvo que la autoridad competente para otorgar la autorización del vertedero lo considere innecesario, en el Plan de Vigilancia y Control del vertedero se incluirá la realización de un balance hídrico de la instalación.

Para la realización del balance hídrico del vertedero, la recogida de los datos meteorológicos se llevará a cabo con las frecuencias mínimas indicadas en los cuadros 1, 2 y 3 del presente anexo.

3 Red de vigilancia y control de las aguas superficiales y de los lixiviados

El muestreo de lixiviados y de aguas superficiales (cuando las haya) deberá hacerse en los lugares y con la frecuencia que garantice que será representativo de su composición.

La red de muestreo de aguas superficiales considerará el control de los puntos de descarga de la red de desvío de pluviales, cauces que drenen el vaso de vertido, las masas de aguas situadas al menos un ámbito de 1.000 m respecto al perímetro de la instalación. En función de los resultados de dicho análisis se justificarán los puntos de control de aguas superficiales (número y posición) que se deben aplicar sobre dichos elementos.

Se establecerán un mínimo de dos puntos de toma de muestras (uno aguas arriba de la instalación y otro aguas abajo) en el caso de las aguas superficiales asociadas a cauces; un punto para las masas de agua independientes situadas aguas abajo y un punto de toma de muestras en el último punto de descarga de cada tramo independiente de la red de desvío de pluviales.

La red de control de lixiviados deberá incluir, al menos, dos puntos de control del nivel de lixiviados en la masa del apilado de residuos y, al menos, un punto de control de lixiviados por cada celda diferenciada en los casos especificados en el siguiente cuadro

- Vertederos que admitan anualmente una cantidad media de residuos superior a 50.000 t/año
- Vertederos que supongan la formación de una masa de apilado de altura igual o mayor de 20 m
- Vertederos que presenten un talud frontal general con pendiente igual o superior a 2H : 1V
- Vertederos en los que la evacuación de lixiviados requiera de medios mecánicos o no pueda realizarse por gravedad
- Vertederos con almacenamiento de sustancias biodegradables
- Vertederos en los que la calificación de riesgos haya resultado con una valoración⁵ de media o alta.
- Vertederos de residuos peligrosos susceptibles de reaccionar entre si o entre sus lixiviados

Las balsas superficiales de almacenamiento de lixiviados podrán ser utilizadas como puntos de muestreo, siempre que dispongan de sistemas para la

⁵ De acuerdo a las definiciones establecidas en el apartado 12 del Anexo 1.

prevención de los cambios de composición por pérdida o entrada de aguas o líquidos.

Las instalaciones de tratamiento de lixiviados deberán disponer de puntos de control de la cantidad y calidad de los lixiviados a la entrada y la salida de la unidad de tratamiento.

La frecuencia mínima de la toma de muestras y análisis de lixiviados en la Fase de explotación y en la Fase de mantenimiento posterior a la clausura serán las especificadas en los cuadros 1, 2 y 3 del presente anexo⁶. Los parámetros que deberán medirse y las sustancias que deberán analizarse variarán conforme a la composición de los residuos depositados, y deberán indicarse en el documento de autorización del vertedero. Con carácter orientativo, se recomienda incluir, como mínimo, los parámetros reflejados en los cuadros 1, 2 y 3 del presente anexo.

Las tomas de muestras y medición (volumen y composición) del lixiviado deberán realizarse por separado en cada punto en que se descargue el lixiviado de la instalación según norma UNE-EN 25667:1995, sobre “Calidad del agua. Muestreo. Parte 2: guía para las técnicas de muestreo (ISO 5667-2: 1991)”.

4 Red de vigilancia y control de la emisión de gases

En los Puntos de Toma de Muestras de Gases de los vertederos en los que se depositen residuos biodegradables, se controlarán las emisiones de gas mediante análisis de compuestos como⁷: CH₄, CO₂, O₂, H₂S y H₂, entre otros. En los vertederos con capacidad de liberación de gases distintos de los de biodegradación, y en especial en los vertederos de residuos peligrosos, la autorización (en sus apartados relativos al Plan de Vigilancia y Control) deberá indicar específicamente, en función de la composición de los residuos a gestionar; los parámetros y frecuencias objeto de control.

El control de gases deberá ser representativo de cada sección del vertedero e incluirá el control de la emisión difusa de gases a través de la capa de sellado del vertedero. En aquellos vertederos en los que no se proceda al

⁶ A la vista de los datos y de las características particulares del vertedero (composición de los residuos, morfología del vertedero –en túmulo, enterrado, etc- , sistema de tratamiento de gases, etc), la Autoridad competente podrá, mediante decisión motivada, reducir la frecuencia de toma de muestras cuando se considere que una frecuencia menor garantizará un nivel de control adecuado. No obstante lo anterior, la conductividad del lixiviado se deberá medir como mínimo una vez al año.

⁷ Estas mediciones se refieren principalmente al contenido de materia orgánica en el residuos. En el caso de los vertederos de residuos peligrosos también se tendrán en cuenta los compuestos volátiles y semivolátiles.

aprovechamiento energético de los gases, su control se realizará también en los puntos de emisión o de quema de dichos gases.

La frecuencia de la toma de muestras y análisis de emisiones potenciales de gases serán, como mínimo, las especificadas en los cuadros 1, 2 y 3 del presente anexo, para la Fase de explotación⁸ y la Fase de mantenimiento posterior a la clausura⁹, en la que también se comprobará periódicamente la eficacia del sistema de extracción y tratamiento de gases.

Aquellos vertederos cuya morfología implique el apoyo lateral del vaso contra el terreno (en valle, en ladera o enterrado) y que gestionen residuos no peligrosos biodegradables o peligrosos con capacidad de liberación de gases, deberán prever algún sistema de control de la zona no saturada del terreno con el objeto de vigilar la migración lateral de gases.

5 Red de vigilancia y control de las aguas subterráneas

La instalación estará dotada de un sistema permanente de piezómetros de control que permitan la supervisión del nivel de las aguas subterráneas y la toma de muestras para la determinación analítica de su composición. El diseño de la red de piezómetros tendrá en cuenta la estructura hidrogeológica y el modelo conceptual del flujo hidrogeológico, y será aprobado por la Autoridad competente. En ningún caso el número de piezómetros de control de la instalación será inferior a tres por cada uno de las unidades hidrogeológicas y/o acuíferos identificadas que presenten un funcionamiento diferenciado.

Se podrán utilizar puntos preexistentes de control de aguas subterráneas cuando así lo autorice la Autoridad competente, y siempre que sus condiciones garanticen unas condiciones de control equivalentes o superiores a las expresadas más adelante.

Las mediciones para controlar la posible afección del vertido de residuos a las aguas subterráneas se realizarán en, al menos, un punto de control situado aguas arriba del vertedero en la dirección del flujo de aguas subterráneas entrante (en la unidad hidrogeológica y/o acuífero objeto de control) y en, al

⁸ La frecuencia de la toma de muestras podrá reducirse si la evaluación de los datos indica que mayores intervalos son igualmente efectivos mediante permiso justificado emitido por la Autoridad competente. En vertederos de residuos orgánicos esta frecuencia se mantendrá para CH₄, CO₂ y O₂; para otros gases la Autoridad competente podrá establecer frecuencias y listas de comprobación distintas en función de la composición de los residuos depositados y para reflejar la composición de los mismos.

⁹ La frecuencia de toma de muestras podrá adaptarse en función de las características particulares del vertedero (composición, morfología del vertedero –en túmulo, enterrado, etc- , sistema de tratamiento de gases, etc) mediante permiso justificado emitido por la Autoridad competente.

menos dos puntos situados aguas abajo del vertedero en la dirección del flujo saliente.

Se recomienda que al menos uno de los puntos situados aguas abajo se localice según los siguientes criterios:

- en la cota piezométrica más baja en la zona de flujo saliente identificada en el estudio hidrogeológico
- incluido dentro de la isócrona correspondiente a los 30 años establecida en el estudio hidrogeológico

Si por la complejidad hidrogeológica de la localización o por la extensión de la zona de vertido se detectase la existencia de más de una región de salida se ubicará un punto de control por cada punto de salida.

La Autoridad competente, podrá disponer en la autorización de la instalación el incremento del número de puntos de control de aguas subterráneas sobre la base de los resultados del reconocimiento hidrogeológico específico y teniendo en cuenta la necesidad de la detección rápida de cualquier vertido accidental (en su caso) de lixiviados. Como criterios para determinar esta necesidad de incrementar el número de piezómetros de control, al menos se tendrán en cuenta los siguientes:

- Que se trate de un vertedero donde no se cumpla la presencia de barrera geológica natural.
- Que se trate de un vertedero de Residuos No Peligrosos de capacidad superior a 50.000 Toneladas de residuos anuales.
- Que se trate de un vertedero de Residuos Peligrosos con superficie de zona de vertido superior a 3 Ha.
- Permitir el control de toda la longitud del perímetro coincidente con la zona de salida aguas abajo, por cada unidad hidrogeológica o acuífero diferenciado, y en función de las condiciones geológicas e hidrogeológicas particulares de cada vaso.

Los piezómetros estarán georreferenciados (coordenadas X, Y y Z) y dotados de un sistema de cierre y protección de su parte superior para prevenir la entrada de aguas pluviales o líquidos desde superficie. Se ejecutarán en materiales de suficiente durabilidad disponiendo de una zona filtrante (protegida por una zona anular de material granular de naturaleza silíceo) para muestreo y control. En posición superior a la zona filtrante, el piezómetro se protegerá hasta la zona superficial mediante revestimiento ciego y un anular sellado con material impermeable en una longitud no inferior a los 2 metros.

Los piezómetros deberán profundizar un mínimo de 5 metros en la zona saturada, salvo cuando la profundidad del nivel freático respecto de la cota más baja del vaso de vertido sea superior a 30 metros en vertederos para residuos inertes, 50 metros en vertederos para residuos no peligrosos y 100 metros en vertederos para residuos peligrosos, casos en que la autoridad competente tomará una decisión motivada sobre la profundidad de los piezómetros y sobre su función.

Antes de iniciar las operaciones de vertido se tomarán muestras, como mínimo en tres puntos, a fin de establecer valores de referencia para posteriores tomas de muestras.

La toma de muestras se realizará según Norma ISO 5667-11 (1993), sobre "Guías para el muestreo de aguas subterráneas".

Con carácter orientativo, las frecuencias y parámetros que, como mínimo, habrán de analizarse comprenderá los indicados por los cuadros 1, 2 y 3 del presente anexo. Los parámetros objeto de análisis en las muestras tomadas deberán establecerse en función de la composición prevista del lixiviado y de la calidad del agua subterránea en la zona.

Mediante decisión motivada, la autoridad competente podrá modificar las frecuencias y las listas de parámetros a controlar. La decisión deberá tener en cuenta la composición de los residuos depositados y la movilidad de las aguas subterráneas. Si existieran fluctuaciones en los niveles de aguas subterráneas, deberá aumentarse dicha frecuencia.

La frecuencia deberá fijarse previendo la posibilidad, si se produce una evolución anormal de los valores medidos, de aplicación de medidas correctoras entre dos tomas de muestras, es decir en función del conocimiento y evaluación de la velocidad de flujo de las aguas subterráneas.

6 Red de vigilancia y control de la topografía de la zona: datos sobre el vaso de vertido.

El control de la estabilidad del vaso de vertido se llevará a cabo en un número mínimo de puntos de medida que fijará la autoridad competente. Los vertederos en que los residuos depositados presenten taludes frontales de altura superior a 20 m o pendientes mayores de 2,5H : 1V, deberán contar como mínimo con dos secciones de control (una en la zona de pie de talud y otra en la zona de coronación) definidas como resultado de un estudio de estabilidad específico, y

en las que se controlarán los movimientos horizontales y verticales de la masa de residuos, así como de las estructuras asociadas al vaso de vertido.

Los parámetros a controlar y las frecuencias mínimas de control serán las indicadas en los cuadros 1, 2 y 3 del presente anexo.

La descripción de la estructura y composición del vaso de vertido durante la explotación incluirá: la superficie ocupada por los residuos, el peso (en t), volumen (en m³) y composición de los residuos, datos de peso (en t) y volumen (en m³) de la capa de tierras de cobertura intermedia, el método de depósito y explotación, el tiempo y la duración del depósito, así como el cálculo de la capacidad restante en el vaso.

CUADRO 1. Vertederos para Residuos Inertes

1.A Frecuencias del control

CONTROLES	ACCIÓN	FRECUENCIA MINIMA	
		FASE EXPLOTACIÓN	FASE POSTCLAUSURA
Datos meteorológicos	Medida del Volumen de precipitación	Dato mensual	Dato anual
	Medida de Temperatura (mín., máx., 14:00h y HCE)	Dato mensual	Dato anual
	Medida de Evaporación (lisímetro u otro medio adecuado)	Dato mensual	Dato anual
	Medida de Humedad atmosférica (14:00 h y HCE)	Dato mensual	Dato anual
	Medida de Dirección y fuerza del viento dominante.	Dato mensual	No se exige.
Controles de los datos de emisión: aguas superficiales y lixiviados. Controles de la Protección de las aguas subterráneas	Frecuencia de medida del caudal de aguas superficiales	De acuerdo a la autorización	De acuerdo a la autorización
	Frecuencia de Cuantificación del Volumen de Lixiviados	De acuerdo a la autorización	De acuerdo a la autorización
	Frecuencia de Medida del Nivel de las Aguas superficiales, subterráneas o Niveles Freáticos	De acuerdo a la autorización	De acuerdo a la autorización
	Frecuencia de Determinación de la composición de aguas superficiales, subterráneas y lixiviados (ver parte 1B del cuadro)	De acuerdo a la autorización	De acuerdo a la autorización
Control de topografía de la zona. Datos sobre el vaso de vertido y asentamientos	Frecuencia de Control de Asientos y Subsidiencias	De acuerdo a la autorización	De acuerdo a la autorización
	Frecuencia de Control de Movimientos horizontales de la masa de residuos	De acuerdo a la autorización	De acuerdo a la autorización
	Frecuencia de Reconocimientos e inspecciones de grietas, hundimientos y erosiones.	De acuerdo a la autorización	De acuerdo a la autorización
	Frecuencia del levantamiento topográfico , estructura y composición del vaso de vertido	De acuerdo a la autorización	De acuerdo a la autorización

CUADRO 1. Vertederos para Residuos Inertes

1.B Parámetros a analizar para la determinación de la calidad de aguas subterráneas y lixiviados

PARÁMETRO
pH
Conductividad
DQO
COD
TOC
Alcalinidad y Dureza (como CaCO ₃)
Sólidos Disueltos y Sólidos Sedimentables
Cloruros
Fluoruros
Sulfatos y Sulfuros
Arsénico
Cadmio
Cromo total y Cromo VI
Mercurio
Plomo
Bario
Cobre
Zinc
Antimonio
Níquel
Selenio
Molibdeno
Fenoles
Presencia de hidrocarburos y aceites.

CUADRO 2. Vertederos para Residuos No Peligrosos

2.A Frecuencias del control

CONTROLES	ACCIÓN	FRECUENCIA MINIMA	
		FASE EXPLOTACIÓN	FASE POSTCLAUSURA
Datos meteorológicos	Medida del Volumen de precipitación	Datos de valor medio diario	Datos de valor diario y estadísticos mensuales.
	Medida de Temperatura (mín., máx., 14:00h y HCE)	Datos del valor medio diario	Datos de las medias mensuales.
	Medida de Evaporación (lisímetro u otro medio adecuado)	Datos del valor medio diario	Datos del valor diario y estadísticos mensuales
	Medida de Humedad atmosférica (14:00 h y HCE)	Datos del valor medio diario	Datos de las medias mensuales.
	Medida de Dirección y fuerza del viento dominante.	Datos del valor medio diario	No se exige.
Controles de los datos de emisión: aguas superficiales y lixiviados. Controles de la Protección de las aguas subterráneas	Frecuencia de medida del caudal de aguas superficiales	Trimestral	Semestral
	Frecuencia de Cuantificación del Volumen de Lixiviados	Mensual	Semestral
	Frecuencia de Medida del Nivel de las Aguas subterráneas o Niveles Freáticos	Trimestral	Semestral
	Frecuencia de Determinación de la composición de aguas superficiales, subterráneas y lixiviados. <u>Nivel Simplificado</u> (ver parte 2B del cuadro)	Trimestral	Semestral
	Frecuencia de Determinación de la composición de aguas superficiales, subterráneas y lixiviados a <u>Nivel Completo</u> (ver parte 2B del cuadro)	Anual	Bianual
Control de los Datos de emisión: gases	Frecuencia de Determinación de la composición en vertederos para Residuos No Peligrosos biodegradables	Mensual	Semestral
	Frecuencia de Determinación de la composición en vertederos para otros Residuos No Peligrosos con capacidad de liberación de gases	La justificada en la autorización	La justificada en la autorización
Control de topografía de la zona. Datos sobre el vaso de vertido y asentamientos	Control de Asientos y Subsidiencias	Trimestral	Semestral
	Movimientos horizontales	Semestral	Anual
	Reconocimientos e inspecciones de grietas, hundimientos y erosiones en el caso de R. No Biodegradables.	Mensual	Semestral
	Reconocimientos e inspecciones de grietas, hundimientos y erosiones en el caso de R. Biodegradables	Quincenal	Semestral
	Levantamiento topográfico, estructura y composición del vaso de vertido en el caso de capacidad de gestión inferior a 50.000 t/año	Anual	- - -
	Levantamiento topográfico, estructura y composición del vaso de vertido en el caso de capacidad de gestión igual o superior a 50.000 t/año	Semestral	- - -

CUADRO 2. Vertederos para Residuos No Peligrosos

2.B Parámetros a analizar para la determinación de la calidad de aguas subterráneas y lixiviados

PARÁMETRO	ALCANCE ANALÍTICO		PARÁMETRO	ALCANCE ANALÍTICO	
	Nivel Simplificado	Nivel Completo		Nivel Simplificado	Nivel Completo
pH	X	X	Plomo	X	X
Temperatura		X	Aluminio		X
Conductividad	X	X	Bario	X	X
DQO	X	X	Berilio		
DBO ₅	X	X	Boro		
COD	X	X	Cobre	X	X
TOC	X	X	Hierro		X
Alcalinidad y Dureza (como CaCO ₃)	X	X	Plata		X
Carbonatos/bicarbonatos		X	Zinc	X	X
Calcio		X	Talio		
Magnesio		X	Teluro		
Potasio	X	X	Antimonio	X	X
Sodio		X	Níquel	X	X
Sólidos Disueltos y Sólidos Sedimentables	X	X	Selenio	X	X
Cianuros	X	X	Cobalto		
Cloruros	X	X	Molibdeno	X	X
Fluoruros	X	X	Vanadio		
Nitratos y Nitritos	X	X	Coliformes totales	X	X
Nitrógeno Kjeldahl Total	X	X	Coliformes fecales	X	X
Amonio	X	X	Fenoles	X	X
Sulfatos y Sulfuros	X	X	Presencia de hidrocarburos y aceites.	X	X
Fósforo Total	X	X	Presencia DE HPA		X
Arsénico	X	X	Presencia de Orgánicos Volátiles y Semivolátiles.		X
Cadmio	X	X	Presencia de pesticidas y herbicidas		X
Cromo Total y VI	X	X	BTEX		X
Manganeso		X	PCBs	X	X
Mercurio	X	X			

CUADRO 3. Vertederos para Residuos Peligrosos

3.A Frecuencias del control

CONTROLES	ACCIÓN	FRECUENCIA MINIMA	
		FASE EXPLOTACIÓN	FASE POSTCLAUSURA
Datos meteorológicos	Medida del Volumen de precipitación	Datos de valor medio diario	Datos de valor diario y estadísticos mensuales.
	Medida de Temperatura (mín., máx., 14:00h y HCE)	Datos del valor medio diario	Datos de las medias mensuales.
	Medida de Evaporación (lisímetro u otro medio adecuado)	Datos del valor medio diario	Datos del valor diario y estadísticos mensuales
	Medida de Humedad atmosférica (14:00 h y HCE)	Datos del valor medio diario	Datos de las medias mensuales.
	Medida de Dirección y fuerza del viento dominante.	Datos del valor medio diario	No se exige.
Controles de los datos de emisión: aguas superficiales y lixiviados. Controles de la Protección de las aguas subterráneas	Frecuencia de medida del caudal de aguas superficiales	Mensual	Trimestral
	Frecuencia de Cuantificación del Volumen de Lixiviados	Mensual	Trimestral
	Frecuencia de Medida del Nivel de las Aguas subterráneas o Niveles Freáticos	Mensual	Trimestral
	Frecuencia de Determinación de la composición de aguas superficiales, subterráneas y lixiviados. <u>Nivel Simplificado</u> (ver parte 3B del cuadro)	Mensual	Trimestral
	Frecuencia de Determinación de la composición de aguas superficiales, subterráneas y lixiviados a <u>Nivel Completo</u> (ver parte 3B del cuadro)	Semestral	Anual
Control de los Datos de emisión: gases	Frecuencia de Determinación de la composición de los mismos para Residuos Peligrosos con capacidad de liberación de gases	Mensual	Trimestral
Control de topografía de la zona. Datos sobre el vaso de vertido y asentamientos	Frecuencia de Control de Asientos y Subsidiencias	Trimestral	Semestral
	Frecuencia de Control de Movimientos horizontales de la masa de residuos	Trimestral	Semestral
	Frecuencia de Reconocimientos e inspecciones de grietas, hundimientos y erosiones.	Semanal	Trimestral
	Frecuencia del levantamiento topográfico, estructura y composición del vaso de vertido	Trimestral	- - -

CUADRO 3. Vertederos para Residuos Peligrosos

3.B Parámetros a analizar para la determinación de la calidad de aguas subterráneas y lixiviados

PARÁMETRO	ALCANCE ANALÍTICO		PARÁMETRO	ALCANCE ANALÍTICO	
	Nivel Simplificado	Nivel Completo		Nivel Simplificado	Nivel Completo
pH	X	X	Plomo	X	X
Temperatura		X	Aluminio		X
Conductividad	X	X	Bario	X	X
DQO	X	X	Berilio		X
DBO ₅		X	Boro		X
COD	X	X	Cobre	X	X
TOC	X	X	Hierro		X
Alcalinidad y Dureza (como CaCO ₃)	X	X	Plata		X
Carbonatos/bicarbonatos		X	Zinc	X	X
Calcio		X	Talio		X
Magnesio		X	Teluro		X
Potasio	X	X	Antimonio	X	X
Sodio		X	Níquel	X	X
Sólidos Disueltos y Sólidos Sedimentables	X	X	Selenio	X	X
Cianuros	X	X	Cobalto		X
Cloruros	X	X	Molibdeno	X	X
Fluoruros	X	X	Vanadio		X
Nitratos y Nitritos		X	Coliformes totales		
Nitrógeno Kjeldahl Total	X	X	Coliformes fecales		
Amonio		X	Fenoles	X	X
Sulfatos y Sulfuros	X	X	Presencia de hidrocarburos y aceites.	X	X
Fósforo Total	X	X	Presencia DE HPA	X	X
Arsénico	X	X	Presencia de Orgánicos Volátiles y Semivolátiles.	X	X
Cadmio	X	X	Presencia de pesticidas y herbicidas		X
Cromo Total y VI	X	X	BTEX	X	X
Manganeso	X	X	PCBs	X	X
Mercurio	X	X			

7 Indicadores de control y niveles de intervención

Dentro del Plan de Vigilancia y Control de la instalación se definirán unos indicadores de control y unos niveles de intervención en relación con los parámetros medidos para el control de aguas superficiales, subterráneas, lixiviados y de la topografía del vertedero. En el caso del control de las aguas subterráneas, se fijarán para cada piezómetro o punto de control.

Los indicadores de control se definirán de forma que sirvan para:

- comprobar que se cumplen con los objetivos de calidad u otros requisitos ambientales establecidos legalmente en el lugar de emplazamiento del vertedero
- evaluar la situación respecto a los objetivos de calidad u otros requisitos ambientales establecidos específicamente para la instalación en su autorización
- detectar una posible evolución anormal de los valores observados, en relación con las series históricas de datos disponibles

Los niveles de intervención se establecerán en la autorización de la instalación siempre que sea posible. Se fijarán teniendo en cuenta los datos del estado preoperativo del vertedero (“blanco” de comparación), las formaciones hidrogeológicas en el lugar de emplazamiento del vertedero, la calidad de las aguas subterráneas y superficiales, sus variaciones locales, así como los posibles usos que se estén dando a las mismas.

La Entidad explotadora notificará, en el plazo máximo de 24 horas, a la autoridad competente que otorgó la autorización al vertedero, así como al Ayuntamiento en el que se ubique el mismo, toda variación de los parámetros de control que pueda suponer un efecto negativo sobre el medio ambiente o la salud de las personas, en particular cuando se confirme la superación de un nivel de intervención.

Cuando se alcance un nivel de intervención, se deberá hacer una verificación mediante la repetición de la toma de muestras. Si se confirma el valor, deberá aplicarse un plan de emergencia, que deberá haber sido establecido previamente en la autorización. No obstante lo anterior, la entidad explotadora acatará la decisión final de la autoridad competente sobre la naturaleza y el calendario de las medidas correctoras que deban adoptarse.

Como resultado de la aplicación del Plan de Vigilancia y Control, y en los términos que fije la autorización de la instalación, la Entidad explotadora del

vertedero entregará a la autoridad competente informes ordinarios o extraordinarios sobre vigilancia y control de la calidad de las aguas superficiales, subterráneas, lixiviados y de la topografía del vertedero.

Los informes ordinarios presentarán los datos referentes a la aplicación ordinaria del Plan de Vigilancia y Control del vertedero. Los informes extraordinarios se emitirán siempre que se supere un nivel de intervención y, por tanto, se haya aplicado el plan de emergencia.

8 Contenido mínimo del Plan de mantenimiento posterior al cierre del vertedero

Un año antes del comienzo de las operaciones de clausura y sellado, la Entidad explotadora remitirá para su revisión por la Autoridad Competente el Plan de Mantenimiento Post-clausura del vertedero, quien lo confirmará o modificará para adaptarlo a la situación real del vertedero, si esta fuera distinta a la prevista en el momento de la autorización.

Las tareas que como mínimo se incluirán en el Plan de Mantenimiento de vertederos de residuos no peligrosos o peligrosos serán:

- Mantenimiento de la capa de sellado
- Conservación y operación del sistema de drenaje y evacuación de lixiviados
- Operación y Conservación del sistema de evacuación y tratamiento de gases
- Conservación de las zanjas de desvío de pluviales
- Estado de la red de pozos de control de lixiviados y aguas subterráneas
- Mantenimiento y gestión de la balsa de lixiviados
- Conservación y Funcionamiento del sistema de tratamiento de lixiviados o (en su ausencia) retirada de lixiviados y transporte a instalación de tratamiento
- Conservación y Mantenimiento de Taludes, bermas y caminos de servicio
- Conservación y Mantenimiento de Plantaciones
- Mantenimiento de los elementos de cerramiento y señalización
- Reparaciones de desperfectos en taludes, sellado, láminas, cunetas y bajantes
- Conservación y mantenimiento del sistema de vigilancia y control.

En el caso de vertederos de residuos inertes, las tareas a incluir en el Plan de Mantenimiento serán indicadas por la autoridad competente en el momento de aprobación del plan de clausura y de mantenimiento posterior a la clausura del vertedero.

APENDICE

RECOMENDACIONES TECNICAS SOBRE EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE BARRERAS DE IMPERMEABILIZACION Y SISTEMAS DE DRENAJE EN VERTEDEROS Y SOBRE LAS OPERACIONES DE VERTIDO

(Texto no normativo)

1 RECOMENDACIONES TÉCNICAS SOBRE EL DISEÑO DE VERTEDEROS: BARRERAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y SISTEMAS DE DRENAJE EN VERTEDEROS

a) Estudio de las características del emplazamiento y de la Barrera Geológica Natural durante la definición del Proyecto Constructivo

El proyecto que sirva de base para la construcción y puesta en marcha del vertedero, incluirá un estudio detallado geológico, geotécnico e hidrogeológico que complementará el ya efectuado durante la fase de estudio de ubicación del vertedero y que como mínimo contendrá los siguientes aspectos relativos a las condiciones del emplazamiento del vertedero.

*** Reconocimiento Geológico**

Respecto al estudio geológico se elaborará un mapa del emplazamiento para determinar la distribución cartográfica de las unidades litológicas y su distribución estructural.

La cartografía a escala 1:5000; 1:1.000 o 1:500, en función de las características y complejidad del emplazamiento, se apoyará en una interpretación geomorfológica previa, preferentemente a escala 1:5.000, y se realizará de acuerdo con las prácticas habituales de trabajo en los reconocimientos de campo.

En el caso que sea preciso se pueden emplear técnicas geofísicas de apoyo. Estas pueden ser, sin que signifiquen limitación alguna, sísmica, eléctrica, radar o magnética.

La profundidad de la investigación deberá alcanzar, al menos en un punto 30 m por debajo de la cota de fondo del vertedero o bien penetrar como mínimo 5 m en la primera zona saturada que se encuentre. En este último caso se mantendrá como mínimo una profundidad de 15 m por debajo de la cota de fondo del vertedero.

Las cartografías geológicas y geofísicas se acompañarán de las correspondientes leyendas e informes explicativos que, en función de las características específicas del emplazamiento, correlacionarán e integrarán los datos geológicos y geotécnicos reflejando sus características más específicas en cuanto a:

- Litología, estratigrafía, tipos de contacto petrología, mineralogía, distribución espacial de las unidades, etc.

- Estructura, plegamiento y fracturación, discontinuidades, zonación sismotectónica, neotectónica.
- Estudio de estabilidad de los materiales, su clasificación geomecánica y en aquellos casos que se requiera un estudio tensional del terreno.
- Identificación, descripción y cartografía de deslizamiento, zonas de movilización de laderas o caída de bloques

* Reconocimiento geotécnico

Se realizará una campaña geotécnica tendente a cubrir los siguientes objetivos:

- Caracterizar las variaciones, profundidad, parámetros específicos, extensión y características de los materiales del emplazamiento.
- Identificar los yacimientos de suelos y otros depósitos, asignándoles el uso mas adecuado, en la construcción del vertedero.
- Caracterizar geotécnicamente el emplazamiento con atención especial a la estabilidad de laderas y asientos previsible.
- Establecer las condiciones del comportamiento mecánico de planos de discontinuidad, bloques o cuñas.
- Determinar los parámetros geotécnicos de diseño o ampliar la investigación, si se considera necesario, para poder establecer las medidas correctoras.

Los reconocimientos geotécnicos mínimosⁱ son:

- *Calicatas. Toma de muestras*

Las calicatas se efectuarán en emplazamientos donde los afloramientos sean suelos.

Las calicatas, de 4 a 5 m, de profundidad, se distribuirán en una malla que cubra el área del emplazamiento, con un mínimo de seis unidades para aquellos vertederos de superficie igual o inferior a 2 hectáreas y un mínimo de 3 calicatas por hectárea para los de superficie mayor. Se hará una descripción de los materiales y se tomarán muestras representativas, localizadas en un plano. Se confeccionará una Base de Datos de cada uno de los puntos de reconocimiento identificados en el plano con los siguientes contenidos:

- Localización
- Fecha y datos de excavación

ⁱ Para el estudio de emplazamientos de superficie superior a 5 Ha y siempre que el técnico que suscribe el estudio geológico e hidrogeológico justifique que la homogeneidad de los terrenos encontrados permite el adecuado conocimiento y caracterización de los mismos, se podrán reducir las intensidades de calicatas.

- Identificación y firma del ingeniero geotécnico o geólogo autor del reconocimiento
- Cota del punto
- Profundidad de la excavación
- Descripción de cada horizonte, profundidad, textura, color, mineralogía, tamaño grano, consistencia y densidad relativa, contenido de humedad, grado de alteración, procedencia geológica, y otras características.
- Identificación y clasificación de los horizontes, tomando fotos de cada punto de muestreo

Se tomarán las medidas oportunas durante la campaña para no deteriorar en el futuro fondo del vaso la calidad de la barrera geológica natural.

- *Sondeos*

En emplazamientos homogéneos y de menos de 50.000 m² de extensión se efectuará un mínimo de tres sondeos geotécnicos con una distribución y profundidad que defina adecuadamente la distribución en profundidad de los niveles geotécnicos.

El conjunto de los sondeos permitirá conocer la columna estratigráfica representativa de las zonas de apoyo inferior y laterales del vertedero. Al menos uno de ellos debe alcanzar unos 30 m de profundidad, de acuerdo a los criterios fijados en el epígrafe "*Reconocimiento Geológico*", con respecto al horizonte de apoyo del futuro vertedero, con testificación continua para obtener información precisa de los materiales del subsuelo. Se podrá interrumpir si se alcanza antes un sustrato impermeable de gran potencia conocido en la zona. Como mínimo se empotrará cada sondeo 5 m en dicha formación. En suelos se tomarán muestras inalteradas cada 3 m de profundidad para los ensayos y análisis de laboratorio y se realizaran ensayos S.P.T. con la misma frecuencia, como mínimo uno por cada nivel geotécnico. En suelos arcillosos se pueden efectuar de modo complementario ensayos de penetración, con penetrómetro manual cada metro, o bien de molinete.

Si la zona es geológicamente compleja o de más de 50.000 m² de extensión, se deben realizar sondeos adicionales para poder identificar las variaciones estratigráficas, estructurales y geotécnicas. Al menos se recomienda efectuar dos sondeos adicionales por cada unidad geológica identificada en cartografía y no caracterizada por los sondeos iniciales o uno por cada 50.000 m² de incremento en la superficie ocupada por el vertedero.

Se deberán aportar datos sobre la clasificación de los suelos y de los depósitos que se encuentren, con atención a la textura, color, mineralogía, humedad, grado de alteración, procedencia, etc.. Las descripciones visuales de los

testigos deberán acompañarse de ensayos de laboratorio sobre muestras representativas de cada horizonte estratigráfico.

Las rocas se clasificarán de acuerdo con su litología, mineralogía, color, tamaño de grano, grado de cementación, de alteración, densidad y orientación de fracturas y otras características físicas que caractericen la roca.

Junto con los testigos de los sondeos, etiquetados y fotografiados se incorporará la siguiente información de cada sondeo:

- Localización y cota
- Fecha
- Identificación de la compañía perforadora y del geólogo del sondeo
- Firma del autor de la descripción.
- Diámetro de perforación y profundidad
- Tipo de revestimiento y método de perforación
- Tipo y volumen de los fluidos o aditivos usados
- Coeficiente de penetración o resistencia a la penetración
- Intervalos de muestreo y % de recuperación
- Descripción litológica
- Identificación de los acuíferos, niveles de agua o zonas de alta permeabilidad o claramente fracturadas
- Cualquier contaminación observada
- Registro de pérdidas de lodos u otras dificultades encontradas
- Descripción, fotografías y clasificación de las rocas testificadas
- En roca se medirá el R.Q.D. y se valorará la alteración, resistencia y fracturación de los testigos.

Aquellos sondeos situados dentro del vaso de vertido, se impermeabilizarán con una mezcla de cemento bentonita de modo previo a la construcción del vaso.

- *Ensayos*

Sobre las muestras de suelos que se tomen, se realizarán los siguientes ensayos geotécnicos de laboratorio, de forma que sean representativos y para poder caracterizar su comportamiento geotécnico cuando sea preciso.

Identificación

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Clasificación de Suelos
- Humedad natural

- Densidad in situ
- Granulometría por sedimentación (% de contenido de arcilla)

Compactación, resistencia y deformabilidad

- Proctor modificado / normal
- Curvas de compactación
- Ensayo Edométrico
- Expansividad
- Ensayos de resistencia al corte: Compresión simple, Corte directo, triaxial.

Los ensayos de identificación se efectuarán en un mínimo del 50% de las muestras obtenidas, y los de compactación, resistencia y deformabilidad en un mínimo del 25%. Se dispondrá en cualquier caso un mínimo de tres analíticas completas. Los ensayos se adecuarán a la naturaleza del suelo.

- *Estabilidad de los materiales*

Los materiales geológicos del emplazamiento serán tales que se garantice la imposibilidad de ocurrencia de fenómenos de desplazamientos, corrimientos, deslizamientos, subsidencias, hundimientos o cualquier otro que ponga en riesgo la estanqueidad de la masa de residuos.

Para investigar la estabilidad de los materiales del emplazamiento se prestará atención a:

- Los materiales débiles e inestables para cimentación, incluyendo suelos, depósitos antrópicos, escombreras u otros materiales susceptibles de asentamientos excesivos.
- Las laderas inestables
- Los suelos susceptibles de ceder por un pequeño incremento de la presión de compactación, porosidad o compresión tensional o por una pequeña disminución en la tensión.
- Los deslizamientos preexistentes o laderas inestables localizadas en materiales similares a los del emplazamiento.
- La estabilidad de los terrenos frente a movimientos sísmicos, por lo que se evaluará los riesgos de fallamiento o desgarramiento de los materiales geológicos y geomembranas sintéticas.
- La topografía y geomorfología de los emplazamientos para prevenir los riesgos de erosión de los materiales y asegurar la estanqueidad del vertedero.
- La presencia de grietas, escarpes de deslizamiento, bloques inestables, cuñas o evidencias de caída o basculamiento de materiales.

Una vez realizados los pertinentes reconocimientos geotécnicos y caracterización del emplazamiento habrá que evaluar los siguientes aspectos:

- Identificar las laderas naturales potencialmente inestables y otras áreas que pudieran desestabilizarse como consecuencia de actuaciones constructivas, tales como excavaciones o relleno de materiales u otras modificaciones en el emplazamiento.
- Considerar la estabilidad de la cimentación del vertedero teniendo en cuenta el modelado (morfología específica) y las condiciones geológicas del emplazamiento, cargas estáticas y dinámicas y cualquier otro factor que pudiera influir.
- Determinar la compresibilidad de las unidades geológicas infrayacentes y el asentamiento potencial del relleno del vertedero. Estimar los asientos totales y diferenciales, basándose en los adecuados métodos de campo y ensayos de laboratorio.

* Reconocimiento hidrogeológico

La hidrogeología y evaluación de los valores especificados del coeficiente de permeabilidad para la barrera geológica natural se comprobarán mediante métodos representativos, atendiendo a la dirección de flujo subterráneo y a sus características geológicas e hidrogeológicas.

Para caracterizar hidrogeológicamente el emplazamiento es necesario además de los estudios y datos recopilados en otras fases del estudio (hidrogeología regional, inventario de puntos de agua, balance hidrogeológico,...) la identificación en profundidad del terreno así como acometer los ensayos hidrogeológicos pertinentes que informen sobre la dirección y gradiente de flujo del agua subterránea. Se requerirá la disposición de al menos tres sondeos en los que se puedan medir estos parámetros. En el caso que se encuentre el agua subterránea a gran profundidad (> 50 m bajo el fondo del vaso), si se justifica su no afección, no será preciso alcanzarla en el reconocimiento. En esta situación se documentará de modo detallado la información previa que pudiera existir a este respecto.

En las zonas no saturadas habrá que:

- Determinar la conductividad hidráulica mediante ensayos de campo.
- Precisar la porosidad y grado de humedad de los suelos no saturados por medio de ensayos de laboratorio o técnicas geofísicas.

- Evaluar la variación espacial y temporal de estas propiedades.

En las zonas saturadas habrá que:

- Determinar la conductividad hidráulica de todas las zonas saturadas y de los niveles acuíferos identificados por medio de ensayos de campo.
- Según las características y necesidades habrá que determinar los siguientes parámetros de los acuíferos:
 - Permeabilidad
 - Transmisividad
 - Niveles piezométricos y gradiente
 - Dirección y caudal de flujo
 - Gradiente vertical entre niveles acuíferos
 - Porosidad eficaz y coeficiente de almacenamiento
 - Conductividad hidráulica de los acuitardos por medio de ensayos de campo o laboratorio
 - Calidad del acuífero. Composición química

Para determinar los parámetros señalados se aprovecharán los sondeos y calicatas ejecutadas, efectuando en ellos ensayos “in situ” hidrodinámicos o bien ensayos de laboratorio sobre muestras, según proceda. Para la obtención de la permeabilidad se pueden efectuar los siguientes ensayos:

* *Infiltración en sondeos*

Se aprovechará la ejecución de los sondeos para ejecutar ensayos “in situ” de infiltración, tanto en zona saturada como no saturada. En este ensayo se medirá la infiltración del agua en los distintos tramos característicos de la columna del sondeo, la superficie de infiltración podrá ser el fondo de la perforación o bien los laterales del tramo ensayado. En la zona donde se sitúe la barrera geológica natural se ejecutará como mínimo un ensayo por cada sondeo en el caso de vertederos de residuos no peligrosos e inertes. En el caso de vertederos de residuos peligrosos como mínimo se realizarán dos ensayos por sondeo dentro del ámbito correspondiente a la posición de la barrera geológica natural. En el resto de la columna litológica objeto de reconocimiento como mínimo se realizará un ensayo por nivel hidrogeológico.

* *Permeámetro autopercutor*

En niveles muy impermeables (permeabilidad inferior a 10^{-9} m/s), puede ser necesario el empleo de este equipo más especializado. Su resultado será más representativo que el método anterior y sería sustitutivo de aquél en dichos casos. Consiste en la introducción de un volumen de agua limitado, midiendo el tiempo.

* *Doble infiltrómetro*

Aprovechando las calicatas efectuadas se podrá ejecutar en su fondo este ensayo. Consiste en la medición de la infiltración de un volumen de agua situado en el interior de un cilindro que tiene un nivel de agua constante en un cilindro concéntrico exterior al primero. Los resultados de este ensayo pueden complementar a los de infiltración, anteriormente referidos.

* *Ensayos de Laboratorio. Permeabilidad en ensayo triaxial*

Se efectuarán sobre muestras de suelo obtenidas generalmente de los sondeos. En el tramo correspondiente a la barrera geológica natural se efectuará una determinación cada metro en cada sondeo. Para obtener un valor representativo de la permeabilidad en la barrera geológica natural se dispondrá un número mínimo de cuatro sondeos, efectuando los ensayos sobre muestras de suelos, en la barrera geológica natural, del modo descrito. Se indicará la presencia de niveles más permeables u otros que pudieran deteriorar la calidad de dicha barrera.

* *Ensayos de bombeo. Otros*

En el caso de ser necesario se efectuarán en las capas acuíferas ensayos de bombeo. Los valores obtenidos en este ensayo serán los más representativos. Para determinación de direcciones y velocidad de flujo se pueden emplear trazadores.

Para la determinación de la permeabilidad en el emplazamiento de la barrera geológica natural, se aplicará la metodología de ensayos de laboratorio, salvo que se disponga la técnica "in situ" del permeámetro autoperforador que se admite como el método más exacto. Ello se debe a la baja permeabilidad de dicha barrera. En el caso de una barrera artificial de aportación, la determinación de laboratorio será el método más apropiado.

Los ensayos de infiltración convencionales en sondeos y el ensayo de doble infiltrómetro serán considerados de modo general ensayos de contraste, de menor precisión en estos materiales.

Con los ensayos efectuados se adoptará un valor característico en el emplazamiento. Si la barrera geológica natural es homogénea (en su permeabilidad) y no presenta fisuración los datos de laboratorio serán representativos. En el caso que sea así se adoptará un factor multiplicador (coeficiente de seguridad) que se justificará en cada caso, con el apoyo de los ensayos de campo, para considerar la mayor permeabilidad existente "in situ" por la presencia de heterogeneidades. Este factor nunca será menor de 10.

b) Barrera geológica de aportación

La barrera geológica artificial tendrá una densidad seca de cómo mínimo la correspondiente al 95% del Ensayo Proctor Modificado y su humedad se encontrará en el intervalo -1, +3 con relación a la humedad óptima del ensayo.

Valores recomendados para diversos parámetros de esta capa son:

- Porcentaje de finos (tamiz 0.08 UNE) > 30%
- Índice de plasticidad: 10 – 30
- Partícula máxima < 2 cm.

La resistencia al corte de la capa cumplirá las especificaciones requeridas para garantizar la estabilidad de la masa de vertido.

Al igual que en la barrera geológica natural, se evaluará que el flujo y la composición química de los lixiviados no afectará a la estructura de la barrera, dicho ataque puede aumentar la permeabilidad.

En el caso que fuera previsible un flujo significativo de lixiviados, no habitual, a través de la barrera impermeable y existiera un impacto notorio sobre el medio (aguas subterráneas, usos del suelo y aguas), sería necesario un estudio detallado que conllevaría una caracterización mineralógica y química detallada de la arcilla.

La caracterización mineralógica se efectuaría mediante difracción de rayos X, determinando la cantidad de filosilicatos así como de carbonatos y sales solubles, y los minerales presentes en la arcilla con especial atención a los de carácter expansivo.

Las características químicas tendrían que determinar, al menos, silicatos de aluminio, magnesio, carbono orgánico total.

En el caso de no encontrar materiales adecuados cerca del emplazamiento puede plantearse el empleo de mezclas de suelo – bentonita u otro aditivo que puedan alcanzar los objetivos de impermeabilidad. El material más empleado es la bentonita de tipo sódico. Hay que evaluar su vulnerabilidad frente al ataque de ciertos lixiviados.

c) Geosintético de impermeabilización

El material polímero empleado suele ser polietileno de alta densidad (PEAD), aunque se pueden emplear otros materiales poliméricos, como el polipropileno (PP).

* *Compatibilidad de la geomembrana con los residuos*

La resistencia química de los geosintéticos de impermeabilización puede ser evaluada mediante el Método 9090 de la EPA (U.S. Environmental Protection Agency) o similar.

En la capa impermeable de sellado solamente deberá tenerse en cuenta dicha compatibilidad, en su caso, frente a los gases del vertedero.

Debe prevenirse la introducción en el vertedero de residuos que produzcan lixiviados susceptibles de atacar el material de fabricación de los geosintéticos.

El objetivo del análisis es asegurar que los materiales no perderán su función durante el período operativo del depósito y post-clausura.

* *Características del geosintético*

En relación a las características de las láminas se tendrán en cuenta las especificaciones indicadas por la norma UNE 104-425.

El fabricante deberá presentar las certificaciones que avalen los ensayos de las láminas de polietileno de alta densidad para los siguientes apartados de la norma UNE 104300:2000 EX:

CARACTERÍSTICA	Unidad	Apartado	Frecuencia
Densidad	g/cm ³	Apdo. 4.1	Por lote
Espesor y variación en el borde	mm	Apdo. 4.2	Por rollo
Tolerancia la anchura	Mm	Apdo. 4.3	Por rollo

CARACTERÍSTICA	Unidad	Apartado	Frecuencia
Contenido en negro de carbono y cenizas	%	Apdo. 4.5	Por lote
Dispersión de negro de humo	-	Apdo. 4.6	Por lote
Índice de fluidez	g/10 min.	Apdo. 4.7	Por lote
Resist. Tracción, pto. Fluencia, alargamiento			
Resistencia a la tracción	Mpa	Apdo. 4.10	10.000 m ²
Esfuerzo en el pto. de fluencia	Mpa	Apdo. 4.10	10.000 m ²
Alargamiento en la rotura	%	Apdo. 4.10	10.000 m ²
Alargamiento en el pto. de fluencia	%	Apdo. 4.10	10.000 m ²
Resistencia a la perforación			
Resistencia a la perforación	N/mm	Apdo. 4.11	10.000 m ²
Recorrido	Mm	Apdo. 4.11	10.000 m ²

En obras menores de 10.000 m² se considerará un ensayo por obra.

* *Cálculos para el diseño*

La membrana flexible deberá ser capaz de soportar su propio peso en los taludes del vaso. Así mismo, deberá tenerse en cuenta la carga que ejerce el residuo a medida que aumenta su altura de apilado.

La capacidad de carga de la lámina en función de su espesor, por ello con objeto de calcular la tensión que puede soportar, deberá reflejarse claramente la densidad de la membrana, ángulo de fricción, espesor y límite elástico.

A la hora de efectuar el citado cálculo deberán tenerse en cuenta los posibles asentamientos del residuo.

En el diseño se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- Se tomará un factor de seguridad de 3 a la hora de evaluar la relación entre la tensión máxima y la de trabajo.
- El espesorⁱⁱ mínimo, para láminas de polietileno de alta densidad será $2 \cdot 10^{-3}$ m.
- Sobre la membrana flexible (y en caso necesario bajo ella) deberá colocarse un geotextil no tejido con objeto de ofrecer una protección adecuada frente a punzonamiento. La resistencia de este geotextil frente a punzonamiento y

ⁱⁱ Para los vertederos que en la fecha de aprobación de la presente norma se encuentre en operación y en los que el espesor de la lámina de polietileno de alta densidad (PEAD) sea de $1,5 \cdot 10^{-3}$ m, se podrán mantener en explotación bajo el cumplimiento de la condición de aumentar en un 50 % la frecuencia de las actividades de control y vigilancia relativas a la protección de las aguas subterráneas con respecto a las especificaciones indicadas en los apartados de desarrollo del Anexo III.

eventualmente tracción será, al menos, el doble de la membrana a que protege.

- Cuando la lámina sea texturizada (rugosa) y tenga inserciones de superficie para aumentar el rozamiento, en ningún caso tendrá menor peso/m² que la original del mismo espesor nominal. La resistencia a tracción en dos direcciones perpendiculares no variará en más del 10% respecto a los nominales (del mismo espesor).

* *Capa de arcillas geosintéticas*

Consta de modo habitual de una capa de bentonita entre dos geotextiles o bien una combinación de bentonita y geomembrana. Existen diversos medios de conexión entre ambos geosintéticos en zona de taludes, dicho aspecto es fundamental, al condicionar su resistencia al corte. Se suministrará dicha capa lo más seca posible antes de su instalación (humedad < 20%).

Se evaluará la posibilidad de existencia de ciclos humedad-sequedad que puedan afectar a su comportamiento.

Se considerará al igual que antes la compatibilidad química con los posibles lixiviados, en el caso que proceda para preservar su integridad. Se tendrán en cuenta, así mismo, las especificaciones de la norma UNE 104425.

Las características mínimas a exigir a las capas de arcilla geosintéticas son las siguientes:

Propiedades	Norma	Unidad	Valor
Peso total unitario	UNE EN 965	g/m ²	5.300
Espesor	UNE EN 964-1	mm	6,5
Contenido de bentonita	ASTM D 5993	Kg/m ²	5,0
Peso geotextil tejido	UNE EN 965	g/m ²	130
Peso geotextil no tejido	UNE EN 965	g/m ²	200
Porcentaje de montmorillonita		%	70
Resistencia al corte directo en seco y en húmedo	ASTM D 3080 Carga 25 kN/m ²	°	25
Resistencia a tracción (En ambos sentidos)	UNE EN ISO 10319	kN/m	12
Permeabilidad. K	DIN 18130	m/s	≤ 1*10 ⁻¹¹

Se darán las garantías necesarias para que la bentonita no tenga un movimiento entre los geotextiles y/o pérdida de material que

puedan condicionar su función e integridad, esta consideración será necesaria sobre todo en zona de taludes..

d) Sistema de Drenaje

En cuanto a la capa de drenaje, cumplirá las siguientes condiciones:

- Pendiente mínima tras los máximos asientos previsibles: 2%
- Nivel de lixiviados: Siempre inferior al espesor de la capa drenante.
- Cubrirá el fondo y las paredes del vaso.
- Su instalación no dañará a las capas inferiores

* *Elementos de drenaje:*

- *Capa de gravas:*

- El coeficiente de permeabilidad hidráulica se será al menos de 10^{-3} m/s.
- El contenido de finos (tamiz 0.08 UNE) no sobrepasará el 5%. El coeficiente de uniformidad será menor de tres.
- El tamaño de árido se encontrará preferentemente en el rango 2cm –4cm.
- De modo preferente se utilizará grava de tipo no caliza, con un contenido de carbonatos menor de un 30% en peso. Se justificará en caso contrario, evaluando su estabilidad frente al ataque químico potencial de los lixiviados.
- Si su ubicación se hace sobre una geomembrana impermeable, protegida con geotextil, el árido que este en contacto con ella cumplirá las condiciones de resistencia a punzonamiento.

- *Geosintéticos de drenaje:*

Cuando en casos excepcionales la autoridad competente autorice soluciones de diseño distintas de la de referencia, se podrá plantear la colocación de geocompuestos de drenaje (georedes), siempre que tengan adecuada capacidad de drenaje y no presenten riesgos de colmatación.

Se tendrá en cuenta la presión vertical sobre el geocompuesto cuando se evalúe la capacidad hidráulica, así como la potencial precipitación de los lixiviados en su interior, que supondrá una disminución de su capacidad hidráulica.

- *Tuberías de drenaje:*

Se recomienda la colocación de tuberías ranuradas de drenaje uniformemente repartidas en la capa de drenaje para la extracción del lixiviado, cumpliendo los siguientes requisitos:

- La pendiente mínima de dichas tuberías será del 2% después de los asentamientos previsibles.
- Diámetro mínimo de las conducciones de lixiviados de 150 mm.
- Capas drenantes de material competente, gravas rodadas o de cantos no angulosos y con conductividad hidráulica mínima de, una vez colocadas, al menos 1×10^{-3} m/seg.
- Las tuberías se distanciarán aproximadamente 20 m como máximo unas de otras, minimizándose su longitud.
- El material con que esté fabricado el tubo garantizará que el sistema de drenaje no perderá su funcionalidad durante la vida útil del vertedero (construcción, explotación, post-clausura), debido a las acciones físicas, químicas o biológicas.
- Los registros mantendrán un espaciado que permita la limpieza de las instalaciones de los canales de lixiviado. El acceso a la red de las conducciones de drenaje deberá estar accesible desde ambos extremos de los colectores de drenaje.

- *Tuberías de Evacuación:*

Llevarán los lixiviados procedentes de los sistemas de drenaje hasta la balsa de lixiviados o bien a pozos de registro de control. Sus características son las mismas que las especificadas en el punto anterior, sólo que serán conductos con paredes sin ranurar.

* *Protección del Drenaje (filtro)*

Tanto los materiales de drenaje como las tuberías de evacuación deben ser protegidos mediante un material filtrante, contra la intrusión de partículas finas que puedan ocasionar su colmatación.

Para ello deberá usarse un material intermedio con menores aberturas que las de los materiales de drenaje, de modo que cumpla la condición de filtro descrita más adelante.

- *Geotextiles:*

Los Geotextiles son un material filtrante y de drenaje cuya eficacia ha sido ampliamente contrastada. Ocupan un espacio vertical muy reducido, son fáciles de instalar y no sufren alteraciones al trabajar bajo carga. En relación a su aplicación en las instalaciones de vertido se tendrá en cuenta la aplicación de la Orden del Ministerio de Ciencia y Tecnología de 29 de noviembre de 2001, y las especificaciones de la norma UNE 104425.

Los geotextiles están formados por fibras o filamentos poliméricos. Los espacios entre las fibras o filamentos son fundamentales para la infiltración. Estos deben ser suficientes para permitir el paso del flujo de líquido y lo bastante pequeños para evitar su atasco por partículas que penetren en ellos.

Las características principales de estos materiales serán:

- Deberán ser químicamente resistentes al lixiviado.
- Los geotextiles deberán ser suficientemente resistentes para reforzar las aperturas de los materiales de drenaje a los que protegen.

Se distinguen dos tipos:

- Geotextiles tejidos: Son fabricados con fibras o filamentos entrecruzados en direcciones perpendiculares.
- Geotextiles no tejidos: Las fibras o filamentos se encuentran aleatoriamente dispuestas, de modo que no existe una dirección de flujo definida.

Los tres elementos de diseño esenciales son: flujo (perpendicularmente a su plano) adecuado, retención, prevención de la obstrucción.

El primero se asegura comparando la razón entre la permeabilidad admisible con la requerida.

La relación entre la permeabilidad admisible de un geotextil y su espesor (k/b) se ajustará a la norma ASTM D 4.491.

La segunda parte del diseño es la determinación de la malla necesaria para la retención de partículas del lixiviado,

procedentes de materiales superiores, Se establece que el 95% de aquellas serán retenidas en él.

El tamaño d95 de un geotextil (ensayo UNE-EN ISO 12956:1999) es la apertura para la cual el 5% de las partículas pasan a través del mismo.

Otros ensayos referentes a los geotextiles serán:

Condiciones analíticas:	ASTM D 1.776
Muestreo:	UNE- EN 963:1995
Permeabilidad:	UNE- EN ISO 11058
Resistencia a microorganismos:	UNE- EN 12225:2001
Peso:	UNE- EN 965:1995
Resistencia a penetración:	UNE- EN 918:1996
Resistencia a tensión:	UNE- EN ISO 10319:1996 UNE- EN ISO 10321:1996

Si existe materia orgánica en el lixiviado y una alta probabilidad de precipitación del lixiviado, se recomienda el empleo de geotextiles tejidos al presentar una superficie específica menor al paso del lixiviado. No se recomienda la envoltura de las tuberías de drenaje en geotextiles por esta razón.

- *Arenas:*

En el diseño del filtro granular se requiere la distribución granulométrica de las gravas de drenaje y de las partículas que contiene el lixiviado.

Los límites de granulometría de la arena para alcanzar un flujo y unas retenciones adecuadas serán:

Flujo adecuado:	d85a > (5) d15g.d.	
Retención adecuada:	d15a < (5) d85f.i.	
Donde:	d85a y d15a:	parámetros de caracterización de la arena, d85a tamaño de malla por el que pasa el 85% de la arena.
	d15g.d.:	grava del drenaje.
	d85 f.i :	finos del lixiviado.

La curva granulométrica de las arenas empleadas deberá ajustarse a los valores d85 a y d15a requeridos.

El Ensayo correspondiente será el UNE 7.139 58

Se evaluará la idoneidad del empleo del filtro de arena, al presentar un riesgo de oclusión por la mayor superficie específica de las partículas del filtro.

* *Capas de drenaje operacionales.*

Estarán situadas sobre capas de cubrición operacionales. Su colocación será opcional, cuando se considere necesaria la captación de lixiviados en dichos niveles. En este caso es fundamental considerar los potenciales asientos del nivel de apoyo, que pueden afectar la operatividad del drenaje, así como la impermeabilidad de la barrera. Sus especificaciones serán las mismas que se han establecido. El espesor de la capa de drenaje será como mínimo de 0.3 m.

Estas capas de drenaje serán de consideración sobre todo en vertederos de residuos peligrosos, de modo que se pueda efectuar su control por celdas independientes.

2 RECOMENDACIONES TECNICAS SOBRE CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y SISTEMAS DE DRENAJE EN VERTEDEROS

a) Planteamientos previos a la construcción

La construcción de las barreras de protección de un vertedero se ejecutará conforme a las especificaciones del Pliego de Condiciones y Planos del Proyecto.

De modo previo a la construcción el Contratista presentará a la Propiedad un Programa detallado de Obra, en el que se identifiquen las principales unidades y los plazos de ejecución. Otros aspectos que presentará son:

- **Materiales a emplear y procedencia. Características.**
Se atenderá principalmente a la obtención de los materiales para las capas drenantes e impermeables de ser precisas. Se presentarán las características de dichos materiales que permitan establecer su idoneidad de acuerdo a las especificaciones del Proyecto.
- **Geosintéticos a emplear y procedencia. Características.**
Se indicarán los suministradores y características de dichos materiales, comprobando que cumplen las especificaciones del proyecto. De modo especial se atenderá que cumplen las especificaciones de resistencia al deslizamiento entre geosintéticos y geosintéticos-suelo, que pueden influir en la estabilidad de la masa de vertido o en la integridad de la barrera impermeable, así como en el caso de empleo de geocompuestos drenantes, de ensayos de transmisividad en su plano, que justifique su capacidad de drenaje.
- **Plan de control de Calidad.**
Independiente del Control de Calidad de la Propiedad, el Contratista presentará, de acuerdo a las especificaciones del Pliego un Plan de Control de todos los materiales a emplear en la construcción y de las unidades ejecutadas.

Dada la singularidad e importancia en la construcción de un vertedero de las capas minerales impermeables y geosintéticos, en este apartado se describen en concreto consideraciones y condiciones que deben de cumplir estas unidades.

b) Capas minerales impermeables

El material impermeable seleccionado presentará las características especificadas. Su puesta en obra contemplará los siguientes aspectos:

- Acondicionamiento
- Preparación del apoyo
- Compactación
- Protección contra la desecación

Acondicionamiento

** Ajuste de la humedad*

Acorde a las especificaciones de compactación, los suelos compactados del lado húmedo tienden a tener, dentro del rango definido, menor permeabilidad y resistencia.

Si un suelo tiene que humectarse o secarse, se tiene que extender en una capa suelta que no supere 30 cm durante unos días. No se puede emplear para compactar un suelo helado.

** Eliminación de partículas gruesas*

Se recomienda que el tamaño máximo en la capa de suelo que se va a compactar no sobrepase 2 cm. Si por encima del suelo compactado se va a disponer una geomembrana, para la tongada superior se comprobará que dicho tamaño no punzonerá el geosintético. Respecto a los bloques de suelo arcilloso duro, presentes en la capa a compactar, se comprobará que el equipo de compactación, con la energía prevista, puede romperlos, remoldearlos y compactarlos.

** Aditivos*

Si el suelo a emplear no alcanza los requisitos de permeabilidad se puede emplear para alcanzar dicho objetivo bentonita. La bentonita sódica es más efectiva que la cálcica. Este aditivo puede ser disuelto o degradado en contacto con ciertos lixiviados, por lo que de emplearlos hay que garantizar su estabilidad en el tiempo. Para la fabricación del suelo-bentonita se recomienda partir de un suelo granular, no cohesivo.

La dosificación se podrá hacer en una planta o bien sobre el suelo ya extendido y mezclado "in situ", en este último caso hay que garantizar su homogeneidad.

Otros aditivos que se pueden emplear son cemento, cal u otras arcillas.

Preparación del apoyo

En el caso que se disponga una capa impermeable sobre el suelo natural, se eliminará de modo previo la capa vegetal y zonas de menor consistencia, o que pudieran dar un aporte excesivo de humedad, de modo que la disposición de la capa se efectúe en las condiciones previstas.

Si se coloca sobre un geosintético se comprobará de modo previo que éste se encuentra debidamente apoyado y anclado, así como que no afectará a su integridad durante las labores de compactación.

Compactación

** Equipo*

Se recomienda el empleo de compactadores tipo “pata de cabra” que penetren totalmente el espesor de la tongada a compactar, con un peso mínimo de 18.000 Kg. En el caso que se empleen mezclas de suelo-bentonita o similares los compactadores vibratorios convencionales pueden ser adecuados.

Cuando se coloquen capas impermeables en taludes se observará el ángulo del talud. Si este es superior a 3H-1V no se podrán extender tongadas continuas que abarquen fondo y taludes, que es la disposición óptima. En este caso se compactará la capa impermeable de los taludes por tongadas horizontales, evitando que los contactos entre tongadas constituyan un plano preferente de filtración. Dado que el espesor de la capa en taludes en este caso será mayor que el prescrito en el diseño, por la necesidad de operación del equipo, se deberá reperfilear el espesor una vez compactado.

Espesor de tongada y número de pasadas

Estos dos factores están relacionados estrechamente, ya que fijan las propiedades de la capa compactada una vez se han definido los puntos anteriores.

Son habituales espesores de tongada entre 15 y 25 cm, se recomienda un valor de 20 cm. Estos valores aseguran los objetivos

de compactación en todo el espesor y una adecuada conexión entre tongadas.

El número de pasadas del equipo influirá en la densidad alcanzada y la permeabilidad. De modo habitual se encuentra en el rango 5-15.

Para fijar estos aspectos se ejecutará una pista de ensayo, en la que se pueden verificar todos los aspectos que intervienen en la compactación, comprobando su resultado. El tamaño de la pista debe ser de ancho al menos tres veces el espesor del equipo de compactación, e igual o superior en longitud. El grosor debe ser el mismo que la capa a construir. Sobre esta capa se pueden efectuar ensayos de densidad y humedad "in situ" e infiltrómetros de doble anillo para medir la permeabilidad.

Durante la ejecución de la obra se adopta la siguiente densidad mínima de ensayos de campo:

ENSAYO	Ud / Ha / Tongada
Densidad y humedad "in situ"	4
Infiltrómetro de doble anillo	2
Densidad Proctor	1
Permeabilidad en triaxial	1
Granulometría. Límites de Atterberg	1

* *Conexión entre tongadas*

Se garantizará que la conexión entre tongadas no constituirá un camino preferencial de potenciales filtraciones, para ello se podrán emplear dos tipos de acciones:

- Rodillos con patas de longitud suficiente que penetre totalmente la capa a compactar.
- Preparación de la superficie de la última tongada compactada antes de disponer la siguiente, mediante discos, escarificadores u otro equipo similar y humectar su superficie.

* *Protección contra la desecación*

Una vez compactada una tongada o se haya ejecutado una capa mineral impermeable, es precisa la protección de la superficie contra la desecación o la congelación, para evitar su deterioro. Con este objeto se pueden adoptar las siguientes acciones:

- Compactar la superficie dejándola lisa: Se crea una capa dura en superficie que minimiza la migración y los cambios de humedad.
- Humectar la superficie: Sobre todo en épocas calurosas; se evitará crear humedades excesivas.
- Cubrición de la capa mediante una lámina de plástico: Se lastrará con sacos y se comprobará que no alcanza una temperatura tal que pueda desecar el contacto.
- Protección de la capa mediante un suelo de cubrición: Su espesor mínimo será de 30 cm.

c) Geosintéticos

Los geosintéticos deberán ir acompañados de la información de identificación de acuerdo a las especificaciones de marcado CE en aquellos casos en que sea de aplicación

Normas para consulta

UNE 53.131 - Plásticos. Tubos de polietileno para conducciones de agua a presión. Características y métodos de ensayo.

UNE 53.421 - Membranas impermeabilizantes. Determinación de la resistencia a los microorganismos.

UNE EN 10320 – En relación al empaquetado y etiquetado de los materiales recibidos en obra (En aquellos casos en que sea de aplicación).

UNE 104.300 – Plásticos. Láminas de polietileno de alta densidad (P.E.A.D.), para la impermeabilización de obra civil. Características y métodos de ensayo.

UNE 104.311 - Plásticos. Láminas de polietileno de alta densidad (P.E.A.D.), coextruido con otros grados de polietileno para la impermeabilización de obra civil. Características y métodos de ensayo.

UNE 104425 – Sistemas de Impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad (P.E.A.D.)

UNE 104.481 - Membranas impermeabilizantes, métodos de ensayo. Comprobación de la estanqueidad de las uniones entre láminas impermeabilizantes. Método del aire a presión en el canal de prueba.

Geomembranas

* *Características*

Las geomembranas de polietileno de alta densidad son las que presentan mayor resistencia a un amplio conjunto de compuestos químicos.

Se recomienda utilizar láminas del mayor ancho posible con el fin de minimizar el número de uniones en obra.

* *Colocación de las geomembranas*

La extensión y colocación de geomembranas se realizará de forma continua. Así mismo se realizarán los taludes y la base de forma diferenciada e independiente. Las láminas una vez presentadas se soldarán cuidando que su temperatura sea la misma para evitar tensiones en las soldaduras.

Las operaciones de cierre de base y talud y anclaje a obras de fábrica se realizarán a las horas más frías del día.

Los pasos a seguir para la colocación son los siguientes:

- Extensión y numeración de los paños.
- Anclaje provisional de los mismos (si fuere necesario)
- Soldadura y numeración de las mismas
- Comprobación de soldaduras
- Anclaje definitivo

Bajo ninguna circunstancia se permitirá el tráfico no controlado de maquinaria sobre la geomembrana sin una protección adecuada.

* *Soldadura*

Las geomembranas de polietileno de alta densidad serán unidas única y exclusivamente por alguno de los siguientes métodos. No se permitirán uniones de tipo adhesivo, químico u otros que no se hallen contemplados en este punto.

- *Soldadura doble*

La soldadura de las geomembranas será siempre del tipo doble con canal intermedio de comprobación. Las dimensiones de esta soldadura serán las de la figura adjunta.

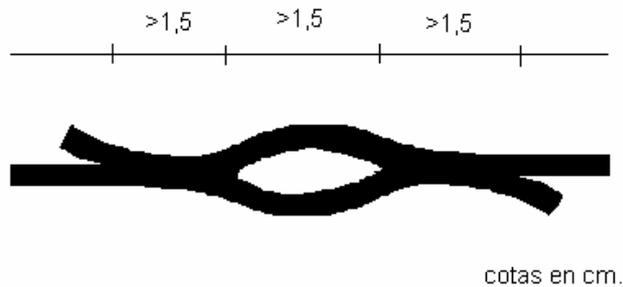


Figura: Dimensiones mínimas de la soldadura doble.

La anchura del solape será siempre mayor de 10 cm.

La maquinaria a utilizar podrá ser de cuña caliente, aire caliente o ambas, pero siempre será automática, y con un sistema de control de la temperatura de soldado, a ser posible digital y con impresión de las condiciones de soldadura: (presión de los rodillos, velocidad y temperatura)

La temperatura y velocidad de soldadura, se regulará según las condiciones climatológicas, y a partir de ensayos previos realizados in-situ con tensiómetro automático de campo.

Las geomembranas a soldar estarán limpias y exentas de polvo o grasa, para lo cual en ocasiones será necesario limpiarlas con un paño previamente.

Las soldaduras dobles con canal de comprobación se comprobarán según UNE 104-481-3-2. Aquellas soldaduras que no cumplan la anterior comprobación podrán repararse de alguna de las dos formas siguientes:

- Si el punto de fuga es localizable se reparará mediante una soldadura por extrusión.
- Si la soldadura es completamente defectuosa se reparará insertando un nuevo paño del mismo material de anchura no inferior a 1m. el cual se suelda a los paños cuya soldadura era defectuosa, comprobándose de nuevo las nuevas soldaduras.

- *Soldadura por extrusión.*

Se realiza con una máquina extrusora portátil que aporta material del mismo tipo que la geomembrana. Se pondrá especial énfasis en que la materia prima de la geomembrana y el material de aporte sean del mismo fabricante, para garantizar la durabilidad de la misma.

La operación de soldadura por extrusión consiste en:

- Limpieza enérgica de la zona a soldar
- Unión mediante calor
- Lijado de una zona de aproximadamente de 6 cm. común a ambas láminas. Este lijado se realizará siempre en dirección perpendicular a la soldadura, no eliminando más de un 10% del espesor de la lámina.
- Extrusión del material de aporte.

El cordón de soldadura tendrá una anchura mínima de 3 cm. y una altura mínima del espesor de la geomembrana.

La comprobación de ésta soldadura se podrá realizar dejando embebido un cordón de hilo de cobre para su comprobación con chispómetro, o mediante el procedimiento de la campana de vacío.

Este tipo de soldadura será solo utilizable en zonas de unión de varios paños y en puntos donde no sea posible la realización de la soldadura doble.

* *Anclaje de las geomembranas*

Cualquier anclaje estará calculado para soportar la tracción máxima a la que pueda estar sometido, con un coeficiente de seguridad mínimo de 3 para la tensión sobre los geosintéticos (tensión máxima / tensión de trabajo) y de 2 para la capacidad de rozamiento del anclaje. Los 'valores resistentes' se determinarán teniendo en cuenta su evolución "in situ" a largo plazo (fluencia, degradación) y su deformación. Los geosintéticos tendrán las protecciones precisas (otros geotextiles,...) Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Anclaje con zanjas: La distancia de la zanja al borde será tal que la tracción no desestabilice dicho tramo, nunca será menor de 1 m. La profundidad y ancho de la zanja no será menor de 0,5 m.

- Anclaje en bermas: El anclaje se puede efectuar de modo preferente por el peso propio de las tierras de cubrición. En el caso de ejecutar zanjas se cuidará de modo especial la calidad de las soldaduras transversales en el caso de emplearlas para conexión de dos tramos, su situación será siempre en la zona de pie del talud superior
- Conexión con elementos singulares: cuando haya que restituir la continuidad de un geosintético de impermeabilización, o anclarlo en elementos de fábrica, se pueden emplear piezas especiales de dicho material previamente introducidos en la fábrica, con soldadura posterior, dispositivos de compresión (brida-contrabrida), ...

En todos estos sistemas se verificará que no se producen concentraciones de tensiones que puedan desgarrar el material, por movimientos o asentamientos de la masa.

Utilización de otros geosintéticos

** Geotextiles*

El material recibido en obra se identificará según EN UNE 10320. Se tendrán en cuenta los aspectos previstos por la Directiva 93/68/CE y la Orden de 29 de noviembre de 2001 del Ministerio de Ciencia y Tecnología en lo relativo a la aplicación del marcado CE aplicado a los geotextiles.

La extensión de los geotextiles se hará de forma continua, cuidando el anclaje eventual de los mismos durante la instalación para evitar posibles movimientos por viento.

Los geotextiles se unirán por termofusión o cosido con hilo sintético de los mismos con un solapo mínimo de 20 cm.

Si las uniones se realizan por simple solape este no será menor de 50 cm. Se evitarán las uniones transversales en los taludes a no ser que estas se realicen por cosido. Cuando sea preciso las uniones podrán ser ensayadas según UNE EN ISO 10321.

Se pondrá especial cuidado en la instalación del geotextil de filtro.

** Geocompuestos drenantes*

Se utilizan a veces como sustitutos de capas de drenaje de material granular, cumplirán las especificaciones establecidas, así como la adecuada aplicación de las normas armonizadas en vigor.

Los geocompuestos drenantes se colocarán de forma continua colocando seguidamente el material que le siga para evitar su desplazamiento por el viento.

En cuanto a la unión se realizará de forma que el núcleo que lo forma quede “a testa” y se solape el geotextil con 10 cm. mínimo unido por termofusión para asegurar la continuidad del filtro.

En taludes se evitarán uniones transversales. Caso de realizarse se unirán también los núcleos de forma que la resistencia de la unión se mantenga.

* *Geocompuestos impermeabilizantes*

Están formados por bentonita encapsulada entre dos geotextiles. Además será estrictamente necesario que exista una masa de fibras en la bentonita que una ambos geotextiles impidiendo la pérdida y movimiento de bentonita, y que los geotextiles no estén perforados para que no fluya la bentonita por esos huecos al hidratarse.

La forma de unión de los paños será mediante solape de no menos de 15 cm. con pasta de bentonita o polvo de bentonita entre ambos paños.

En uniones transversales este solape será de más de 30 cm. Se recomienda el empleo de productos de anchos superiores o iguales a 5 m.

* *Geocompuestos de protección*

Su colocación se realiza igual que la de los geotextiles.

* *Geomallas*

Se utilizan cuando es necesario incrementar la resistencia al deslizamiento entre dos geointéticos, o bien del conjunto residuos-terreno. Si va a estar en contacto con los lixiviados es necesario que el material empleado sea estable. La unión se efectuará habitualmente por solape lateral.

3 RECOMENDACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS OPERACIONES DE VERTIDO.

Se denomina operación al conjunto de actuaciones que se desarrollan durante el funcionamiento del vertedero hasta su clausura, encaminadas a garantizar una adecuada disposición de los residuos admitidos.

El proceso se iniciará con el Protocolo de Aceptación y la identificación de los residuos, previa a su admisión en el vertedero.

Uno de los objetivos necesarios para conseguir una buena explotación del vertedero será limitar la producción de lixiviados. Esta restricción se conseguirá no solamente fijando el porcentaje de humedad de los residuos que son admitidos, sino la cantidad absoluta de agua que entre en el vertedero.

Además de estas precauciones, debe minimizarse en lo posible el contacto de las aguas de lluvia con los residuos, para que no adquieran características químicas que hagan necesario su tratamiento posterior.

La explotación se realizará, por tanto, cuidando especialmente la cubrición de los residuos y disponiendo éstos en capas controlables de forma que sea posible realizar esta cubrición con facilidad, incluyendo tanto la parte superior como el frente de los mismos.

a) Disposición de los residuos

Los residuos deberán depositarse, de modo general, en celdas de altura en el rango 2,5 m – 3,5 m una vez compactados. Se podrán emplear mayores espesores siempre que se justifique una adecuada compactación de los residuos y su estabilidad local durante dichos trabajos, así como la protección e idoneidad del frente de vertido.

Los residuos se compactarán por tongadas de 40 cm de espesor máximo, mediante compactadores tipo “pata de cabra”, hasta el objetivo de densidad especificado en el proyecto. Esta condición no aplicará en aquellos vertederos en que la forma de disposición de los residuos sea en “balas” o “contenedores”.

Por encima de los residuos compactados se colocará una capa de cobertura de unos 20 cm con fines sanitarios. Esta capa evitará la aparición de volantes, olores, animales,... además de impedir el contacto directo de las aguas pluviales con los residuos. Con dicho objeto la capa de cubrición tendrá una pendiente transversal que facilite la evacuación de las aguas pluviales y evite la creación de puntos bajos por donde se pueda infiltrar el agua. Salvo que se especifique concretamente, las capas de cubrición no tendrán una función impermeable, como en las

capas minerales de las barreras. En el caso que así se requiriera se deberá preparar el apoyo sobre residuos de la capa a compactar, y se dispondrá por encima una capa de drenaje operacional. Puede ser preciso su mantenimiento junto con los drenajes dispuestos, por los asentamientos que tenga el vertedero.

Dentro de una misma terraza (piso) se irán formando celdas independientes mediante dicha capa de cubrición cubriendo el talud del frente de vertido una vez se haya alcanzado la capacidad prevista de la celda. La capacidad de la celda se establecerá en función de la entrada de residuos, del equipo de compactación, disponibilidad de tierras y de la situación y protección ambiental requerida. Las aguas pluviales que hayan entrado en contacto con los residuos se recogerán y se tratarán para cumplir con las condiciones de vertido a cauce público establecidas en la autorización de la instalación.

El sistema de explotación tenderá a reducir el máximo esta última posibilidad. Cuando sea totalmente preciso minimizar esta situación se puede plantear acciones extraordinarias como cubrición inmediata de los residuos con tierras, láminas lastradas,...

Durante el proceso de explotación se cuidará especialmente la gestión de las aguas superficiales de escorrentía, las aguas que hayan podido estar en contacto con los residuos y los lixiviados, de modo que se optimice su tratamiento en función de su calidad. Es por ello preciso la preparación de un plan de explotación detallado que considere los siguientes aspectos:

- Proceso de rellenado del vertedero. Protección Ambiental.
- Captación en cada fase de los distintos tipos de aguas.
- Conexiones. Minimización de aguas contaminadas.
- Mantenimiento y protección de las instalaciones.
- Plan de Emergencia. Dentro de las especificaciones descritas en el apartado correspondiente.

Durante la explotación de la primera capa de residuos a disponer se cuidará especialmente que se empleen los equipos adecuados y que se tienen las protecciones precisas para no dañar los elementos presentes en la impermeabilización de fondo. Esta acción se extenderá a las celdas que estén en contacto con los taludes excavados del vaso.

Conforme se vaya incrementando la altura de explotación, es habitual disponer bermas, con un máximo desnivel entre ellas no superior a 20

m, de modo que mejore la estabilidad de la masa de vertido y permita el acceso al vertedero. Su anchura será superior a 4 m.

El talud de explotación permitirá su ejecución con adecuada seguridad, considerando su estabilidad y la erosión de las aguas de escorrentía. Este último aspecto será de atención preferente cuando el talud sea superior a 3H – 1V, disponiendo las medidas correctoras precisas para evitar esta acción (captación de aguas pluviales en coronación, sistemas protectores de erosión,....).

La instalación dispondrá de un sistema de lavado de ruedas para los vehículos que circulen por el interior del vertedero con el fin de evitar la dispersión de los residuos fuera del vertedero.

b) Ubicación de los residuos en el vertedero

En vertederos de residuos peligrosos o bien de no peligrosos en los que por la heterogeneidad de los residuos se observe la conveniencia de su localización se adoptará un sistema a dicho efecto.

Para ello el vertedero se dividirá en una serie de zonas en cada piso.

Cada una de ellas estará subdividida por un sistema de coordenadas en varias subzonas que se identificarán por letras y/o números. Estas podrán recibir varias capas de residuos que se irán diferenciando.

El objetivo de esta subdivisión será la identificación de la zona adecuada para cada residuo y permitirá un mayor control de la utilización del vertedero, ya que se irá obteniendo un mapa donde quedará localizada cada carga de residuos. Se evaluará la conveniencia de disponer de una capa de drenaje operacional, en el caso sobre todo de vertederos de residuos peligrosos, para su control.

Los residuos no deben mezclarse indiscriminadamente, deberán segregarse de forma que se asegure la inmovilización de los mismos, evitando que reaccionen unos con otros.

Puntos a tener en cuenta en la línea de la argumentación anterior:

- Los residuos que contengan metales pesados deberán verterse conjuntamente con hidróxidos, ya que un pH alto disminuye su solubilidad, mientras que un pH bajo la incrementa de modo considerable.

- Deberá ser evitado el vertido conjunto de residuos orgánicos con residuos de compuestos oxidantes a fin de evitar las reacciones potenciales entre los mismos.
- La zona donde se viertan residuos que contengan metales pesados deberá cubrirse con materiales que contengan cal, carbonatos y sulfatos, a fin de provocar su retención y asegurar la inmovilidad de los hidróxidos y sales de los metales pesados.
- La zona que reciba residuos que contengan compuestos inorgánicos solubles en agua, tales como permangatos, cromatos y dicromatos necesitará una cubierta reductora y un medio básico precipitante.
- Por otro lado, la disposición de las diferentes capas de residuos, junto con la utilización de materiales de cubrición intermedia juega un papel clave en la inmovilización de los residuos a largo plazo.

En general, se pueden distinguir entre los siguientes tipos de residuos para un esquema genérico de segregación:

- Orgánicos
- Inorgánicos de carácter básico
- Inorgánicos de carácter ácido
- Inorgánicos con metales reactivos o lixiviables
- Inorgánicos poco reactivos con trazas de contaminantes

Para la disposición de las distintas zonas se tendrán en cuenta los siguientes criterios (se presenta a continuación una relación de mezclas no recomendables):

- Los residuos orgánicos aceptables se colocarán en una zona de nivel topográfico bajo, debido al alto potencial de sus lixiviados para incorporar metales.
- Los residuos que contienen metales reactivos se colocarán en la zona de nivel más alto, evitando su contacto con otros lixiviados.

- Los residuos de carácter básico se colocarán adyacentes y aguas debajo de la zona con residuos de metales reactivos, con el fin de inmovilizar, por precipitación, los metales incorporados en lixiviados.
- Los residuos ácidos se colocarán en la zona más baja de modo que estén separados de los residuos básicos por medio de los residuos orgánicos, evitando así las reacciones entre sus lixiviados.