



Proyecto de Orden por la que se establece una instrucción técnica complementaria para determinar bajo qué circunstancias un vertedero clausurado ya no constituye un riesgo significativo para el medio ambiente.

I

El Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero tiene entre sus objetivos la prevención y reducción de los efectos negativos en el medio ambiente y la salud de las personas derivados del depósito de residuos en vertedero.

En el ciclo de vida de los vertederos cabe distinguir al menos dos periodos bien diferenciados tanto desde el punto de vista administrativo como operativo: uno primero, la fase activa, en la que el vertedero admite los residuos autorizados para su eliminación hasta completar las cantidades autorizadas; y uno segundo posterior, la fase de clausura, en la que el vertedero ya colmatado es acondicionado para aislar del medio ambiente la masa de residuos depositados. Los instrumentos administrativos que las regulan son, respectivamente, las resoluciones de autorización y de clausura, debiéndose incluir en ambas un programa de vigilancia que permita evaluar las posibles afecciones al medio ambiente.

Los programas de vigilancia, tanto durante la fase de explotación como durante el periodo postclausura, están regulados en los artículos 15 y 16 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, parcialmente desarrollados en su anexo III en lo que se refiere a sus aspectos técnicos. Además, tal y como dispone el artículo 16.3 del mencionado real decreto, la duración mínima del periodo de vigilancia postclausura es de treinta años.

La finalidad de los programas de vigilancia se centra en la comprobación de los siguientes aspectos: 1) que los sistemas de impermeabilización de superficie y fondo así como los sistemas de drenaje funcionan adecuadamente no produciéndose cantidades significativas de lixiviados y, en caso de producirse éstas, son evacuadas no verificándose ni inyecciones de lixiviados en el subálveo ni acumulaciones de éstos en la masa de residuos, 2) que no se producen afecciones al medio hídrico, particularmente a las aguas subterráneas, 3) que los gases de vertedero que eventualmente se puedan generar no producen afecciones significativas y, 4) que la masa de residuos vertidos tiene un comportamiento mecánico adecuado siendo estable desde un punto de vista geotécnico.

Las condiciones en que operan los vertederos pueden experimentar cambios sustanciales a lo largo de su ciclo de vida, por lo que es razonable que los



antedichos programas sean de naturaleza dinámica adaptándose a circunstancias cambiantes. De este modo, las características y contenido del programa de vigilancia en la fase operativa y el aprobado en la resolución de clausura pueden ser objeto de modificaciones.

Transcurridos los treinta años que debe durar, como mínimo, el periodo de vigilancia postclausura del vertedero, el artículo 16.3 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, contempla la posibilidad de que las autoridades ambientales competentes den continuidad a los programas de vigilancia en el caso de que se juzgue que los vertederos puedan constituir un riesgo para el medio ambiente. En consecuencia, durante los programas de vigilancia, particularmente en la fase postclausura, se deberá hacer acopio de información en calidad y cantidad suficiente para valorar si los aspectos arriba señalados determinan la existencia de riesgos.

La mera acumulación de la información ambiental generada en la puesta en práctica sistemática de los programas de vigilancia no permite por sí misma dar respuesta a la cuestión central (si los vertederos ya clausurados constituyen o no un riesgo para el medio ambiente). Por el contrario, dicha información debe ser interpretada en referencia con algún tipo de criterio que se pueda establecer al respecto.

Lógicamente dichos criterios deben adoptarse en línea con la información que se genere en los programas de vigilancia, particularmente en la fase postclausura. En consecuencia, en su anexo único se han establecido criterios para la valoración de los resultados de los programas de vigilancia en los cuatro aspectos abordados en los mismos: generación y acumulación de lixiviados, afección a las aguas subterráneas, tasas generación de gases de vertedero y concentraciones límite para algunos de éstos, y estabilidad mecánica de la masa de residuos.

El cumplimiento de la totalidad de los criterios aplicables en cada vertedero permitirá evaluar si dicho vertedero ya no constituye un riesgo para el medio ambiente en ninguna de sus componentes. En estas circunstancias las autoridades ambientales competentes, de acuerdo con el artículo 16.4 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, podrán eximir a las entidades explotadoras de los vertederos de sus deberes de vigilancia y mantenimiento.

Si por el contrario al concluir el periodo de vigilancia postclausura se concluyese que no se verifica satisfactoriamente uno o más de los criterios establecidos en esta instrucción técnica, las autoridades ambientales competentes están facultadas a prorrogar en el tiempo dichos programas y, en su caso, imponer las medidas correctoras que se estimen convenientes.



Las prórrogas de los programas de vigilancia no constituyen en sí mismas medidas para la eliminación o mitigación de efecto ambiental alguno y, por el contrario, tienen por objeto recabar información adicional para la valoración detallada y cuantificación de dichos efectos ambientales, o bien, servir como instrumento para la comprobación de la eficacia de las medidas reparadoras concretas que se hayan podido poner en práctica.

Por último, conviene señalar que siendo esta orden de aplicación a los vertederos que ya han concluido su periodo de vigilancia postclausura, tiene además el potencial de ser aplicada en cualquier momento del ciclo de vida del vertedero.

III

En la definición de criterios establecidos en esta instrucción se ha tomado en consideración la necesidad de fundamentar éstos en información relevante disponible. En este sentido los criterios se han relacionado con los resultados de los programas de vigilancia de los vertederos, programas legalmente establecidos desde hace más de dos décadas y que atienden a las variables ambientales arriba señaladas.

La mayor parte de los criterios establecidos en esta instrucción son de carácter objetivo al estar fundamentados en la información numérica que se obtiene en la aplicación sistemática de los programas de vigilancia. Por otra parte, éstos se fundamentan en un análisis estadístico elemental de los datos emergentes de dichos programas. Esta aproximación estadística se justifica en el hecho de que las variables ambientales evaluadas en los programas de vigilancia son, en muy buena medida, de naturaleza estocástica.

En relación con la formación y acumulación de lixiviados, se debe señalar que el anexo III del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, deja a juicio de las autoridades ambientales competentes determinar si los balances hídricos constituyen o no un método adecuado para estos fines, no cerrando la puerta, sin embargo, a plantear métodos alternativos basados en medidas directas de acumulación en piezómetros de vigilancia de lixiviados instalados en el vaso de vertido para la acumulación, o en el examen del estado de la cubierta de sellado para la evaluación de las posibilidades de formación.

En los vertederos en los que se han depositado residuos biodegradables la diagénesis de la materia orgánica comporta la producción de gases de vertedero. La formación de gases es un fenómeno no lineal que se prolonga durante décadas trascendiendo ampliamente la fase operativa de los vertederos. En relación con la formación de gases será necesario atender tanto las tasas de



generación de dichos gases como la composición y valores límite de algunas especies químicas concretas. En este sentido dos especies son de particular interés en la evaluación de las posibilidades de afección al medio ambiente y la salud de las personas: el anhídrido sulfuroso y el metano, ambos mencionados en el anexo III del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio.

La posibilidad de afección al medio hídrico es una de las cuestiones más ampliamente consideradas en el anexo III del real decreto mencionado, estableciendo los requisitos mínimos de una red piezométrica de vigilancia. En consecuencia, los criterios planteados respecto de la afección a las aguas subterráneas estarán relacionados con el análisis de la información sobre la calidad de las aguas obtenida de dicha red.

El último de los aspectos a considerar en la clausura definitiva de los vertederos es el relativo a la estabilidad geomecánica de la masa de residuos. En este sentido, el anexo III del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, establece la obligación de evaluar periódicamente los posibles movimientos que se puedan producir en la masa de residuos mediante levantamientos topográficos periódicos. En consecuencia, el criterio de estabilidad derivará del análisis de los resultados de dichos levantamientos.

Conviene por último hacer una consideración sobre aquellos casos en que no se satisface uno o más de los criterios establecidos. En tal situación esta orden plantea una prórroga del programa de vigilancia y la aplicación de los criterios a la luz de la nueva información generada. En el caso de que en esta reevaluación se estimase que los incumplimientos persisten, no se tendrá la razonable certeza de que los vertederos no constituyan un riesgo significativo para el medio ambiente. En tales circunstancias, las autoridades ambientales competentes tendrán que evaluar caso por caso y mediante análisis de riesgos específicos qué consecuencias tienen los incumplimientos y qué alternativas se pueden plantear. Ambas medidas (el establecimiento de una prórroga y la realización de análisis de riesgos específicos) se encuadran entre las primeras medidas a adoptar señaladas en el artículo 16.3. del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio.

IV

Esta norma se adecua a los principios de buena regulación establecidos en el artículo 129 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, y, en particular, a los principios de necesidad, proporcionalidad y eficacia, justificándose en la necesidad de proteger el medio ambiente y, a su vez, la salud de las personas, por lo que se pretende objetivar las posibilidades de afección al medio ambiente



para dar plenamente cumplimiento a lo previsto en el artículo 1 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, junto con la necesidad de establecer las medidas y procedimientos necesarios para reducir, prevenir e impedir los efectos negativos del vertido. Además, esta orden regula lo imprescindible y no impone requisitos adicionales a los ya existentes, al estar fundamentado en los registros de información derivados de la aplicación de los programas de vigilancia y mantenimiento postclausura de los vertederos.

De acuerdo con el principio de seguridad jurídica, la norma es coherente con el resto del ordenamiento jurídico, nacional y de la Unión Europea, en particular, con el principio establecido en la Ley 7/2022, de 8 de abril, que concede absoluta prioridad a la adopción de medidas para reducir el impacto en el medio ambiente derivado de la gestión de los residuos.

Y finalmente, en aplicación del principio de eficiencia, la norma no contiene nuevas cargas administrativas y no supondrá incremento de recursos humanos o económicos para la Administración. En la elaboración de esta orden, de conformidad con lo previsto en el artículo 26.6 de la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, y del artículo 16 en conexión con el artículo 18.1.h), ambos de la Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE), se han realizado los trámites de audiencia e información pública. De esta manera se ha consultado a los ciudadanos, a las Comunidades Autónomas, a las ciudades de Ceuta y Melilla y a las Entidades Locales a través de la Comisión de coordinación en materia de residuos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, así como a las entidades representativas de los sectores afectados. Asimismo, se ha recabado el preceptivo informe del Consejo Asesor de Medio Ambiente en virtud del artículo 19.2.a) de la Ley 27/2006, de 18 de julio.

La habilitación para desarrollar esta orden se encuentra en el artículo 16.5 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, que faculta al titular del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico para establecer por orden ministerial la instrucción técnica complementaria para determinar bajo qué circunstancias un vertedero clausurado ya no constituye un riesgo significativo para el medio ambiente y su fundamento constitucional en el artículo 149.1.23ª que atribuye al Estado la competencia exclusiva en materia de legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las comunidades autónomas de establecer normas adicionales de protección.

En su virtud, dispongo:



Artículo 1. *Objeto.*

El objeto de esta orden es establecer una instrucción técnica complementaria para determinar bajo qué circunstancias un vertedero clausurado ya no constituye un riesgo significativo para el medio ambiente en cumplimiento de lo previsto en el artículo 16.5 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Artículo 2. *Ámbito de aplicación.*

Esta orden se aplica a todas las clases de vertederos señalados en el artículo 5 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, que hayan completado el periodo de vigilancia postclausura señalado en el artículo 16.3 del mismo real decreto. No obstante, las autoridades ambientales competentes podrán establecer que los criterios que se regulan en esta orden se apliquen en cualquier momento del ciclo de vida de un vertedero.

Artículo 3. *Evaluación de los resultados del programa de vigilancia postclausura y cumplimiento de los criterios.*

1. A la finalización del periodo de vigilancia postclausura, las autoridades ambientales competentes procederán a evaluar los resultados de los programas de vigilancia determinando el grado de cumplimiento de los criterios establecidos en el anexo único.

2. Los criterios mínimos que se valorarán son:

- a) Grado de aislamiento hidráulico del vertedero y formación de lixiviados
- b) Afección a las aguas subterráneas
- c) Tasas de generación de gases y su composición
- d) Estabilidad mecánica de la masa de residuos

3. Las autoridades ambientales competentes podrán tener en consideración otras variables adicionales a las señaladas en el apartado anterior en atención a las circunstancias específicas que se pudieran producir en un vertedero clausurado.

4. Si como resultado de la evaluación de los resultados del programa de vigilancia postclausura se determinase que se satisfacen simultáneamente la totalidad de los criterios establecidos en el anexo único, las autoridades ambientales competentes podrán considerar que un vertedero clausurado ya no



comporta un riesgo significativo para el medio ambiente o para la salud de las personas.

Artículo 4. Prórroga del programa de vigilancia postclausura y su finalidad.

1. En aquellos vertederos en los que no se satisfaga alguno de los criterios señalados en el anexo único, las autoridades ambientales competentes podrán prorrogar cinco años el programa de vigilancia postclausura con la finalidad de:

a) recabar información adicional que permita una valoración detallada y cuantificación de los efectos ambientales derivados de los incumplimientos de dichos criterios o,

b) comprobar la eficacia de las medidas correctoras que las autoridades ambientales competentes puedan establecer.

2. El contenido de los programas de vigilancia postclausura prorrogados se centrará con preferencia en aquellas variables en las que no se haya podido demostrar la condición de riesgo no significativo.

3. Los parámetros a considerar serán como mínimo los incluidos en los programas de vigilancia postclausura pudiendo ampliarse a juicio de la autoridad ambiental competente a otras variables distintas a las señaladas en el anexo único. Igualmente, a juicio de la autoridad ambiental competente, los programas de vigilancia prorrogados podrán comportar un incremento en el número de puntos de medida, su frecuencia, o la ampliación de los parámetros medidos.

4. Los resultados de los programas de vigilancia postclausura prorrogados se evaluarán de acuerdo con los criterios señalados en el anexo único.

5. Si del análisis de los resultados de la prórroga del programa de vigilancia postclausura se desprendiese que persisten los incumplimientos, los titulares de los vertederos clausurados elaborarán un análisis de riesgos que se refiera específicamente a las variables del programa de vigilancia que no se ajusten a los criterios establecidos en el anexo único.

6. Los costes de la puesta en práctica de los programas de vigilancia postclausura prorrogados o de las medidas correctoras que puedan ser requeridas se satisfarán con cargo a las fianzas o garantías financieras señaladas en el artículo 11.1. c) del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio. En el caso de que dichas garantías se hubieran agotado, dichos costes serán asumidos, por este orden, por:

-Los titulares de los vertederos clausurados y/o por,



-Las personas físicas o jurídicas a la que se haya transferido la titularidad de los terrenos ocupados por los vertederos.

Sin perjuicio de lo arriba señalado, las autoridades ambientales competentes podrán ejecutar subsidiariamente el programa de vigilancia postclausura o las medidas correctoras oportunas pudiendo reclamar las cantidades gastadas para estos fines a los titulares de los vertederos o a las personas físicas o jurídicas a la que se les haya transferido la titularidad de los terrenos ocupados por los vertederos.

Artículo 5. Finalización del programa de vigilancia postclausura en los vertederos clausurados

1. A la conclusión de los programas de vigilancia postclausura, de los programas de vigilancia prorrogados o del correspondiente análisis de riesgos, previa evaluación de los resultados, las autoridades ambientales competentes, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 16.4 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, resolverán si el vertedero ya no constituye un riesgo para el medio ambiente y, en caso contrario, adoptarán alguna medida adicional de las señaladas en el artículo 16.3. incluyendo entre éstas posibles restricciones en el uso del terreno.

2. La comprobación de que los vertederos clausurados que han finalizado el periodo mínimo de vigilancia postclausura ya no constituyen un riesgo significativo para el medio ambiente comportará la finalización de las obligaciones de mantenimiento y vigilancia por parte del titular del vertedero sin perjuicio de que las autoridades ambientales competentes puedan imponer algún tipo de vigilancia posterior con sus propios medios.

Disposición final primera. Título competencial.

Esta orden se dicta al amparo del artículo 149.1.23.^a de la Constitución Española, que atribuye al Estado competencia exclusiva en materia de legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las comunidades autónomas de establecer normas adicionales de protección.

Disposición final segunda. Autorización para la actualización del anexo único.

Se faculta a la persona titular del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a actualizar los criterios establecidos en el anexo único, adaptándolo al progreso científico y técnico.



Disposición final tercera. *Entrada en vigor.*

La presente orden entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

ANEXO ÚNICO

Criterios para la determinación de niveles de riesgo significativo para el medio ambiente en vertederos clausurados

A. Criterio 1. Grado de aislamiento hidráulico del vertedero y formación de lixiviados

A.1. Fundamento del criterio

Los vertederos, de acuerdo con lo señalado en el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, son instalaciones para la eliminación de residuos, hidráulicamente aisladas de su entorno. Este aislamiento se sustancia en estructuras de ingeniería laterales y de fondo que se traducen en unos determinados valores de conductividad hidráulica equivalente y dotadas de sistemas de drenaje de fondo para la evacuación de los lixiviados. Además del aislamiento de fondo, el mencionado real decreto contempla la obligación de dotar de un aislamiento en superficie para evitar la libre infiltración de aguas pluviales y de escorrentía superficial en el caso de los vertederos de residuos peligrosos y no peligrosos, dejando a juicio de las autoridades ambientales esta posibilidad para el caso de los vertederos de residuos inertes.

Prevenir dentro de lo posible la infiltración de agua que se pueda poner en contacto con la masa de residuos es la medida que se juzga más efectiva para evitar la formación de lixiviados. El éxito de dicha prevención descansa en muy buena medida en las características de las cubiertas de la masa de residuos y el mantenimiento de su integridad a largo o muy largo plazo- centenares de años-. En este sentido en el Anexo I.5 del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, recoge recomendaciones sobre los elementos genéricos de que deben constar dichas cubiertas. No obstante, cómo se materialicen estas recomendaciones en los proyectos de sellado específicos debe constituirse en un elemento central al que las autoridades deberán atender con preferencia en las resoluciones de clausura. El sellado en superficie (su estado de conservación) es particularmente importante en el caso de los vertederos de residuos inertes para los que no existe obligación legal de dotarlos de sistemas de drenaje de lixiviados.



La funcionalidad y el estado de conservación de los sistemas de drenaje, por otra parte, pueden comprometer el objetivo de mantener en mínimos la cantidad de lixiviados en la masa de residuos, evitando consecuencias negativas tanto en términos de potencial de contaminación de las aguas subterráneas como en términos de estabilidad mecánica de dicha masa.

De acuerdo con lo expuesto, este criterio deberá atender tanto a la prevención en la formación de los lixiviados como a una adecuada evacuación de éstos en caso de que se formen.

En el primer caso, la prevención de formación de lixiviados se valora mediante la comprobación de la integridad de las cubiertas a partir de observaciones visuales detalladas de la totalidad del vaso de vertido clausurado, prestando atención a la existencia de indicios o evidencias de erosión en regueros que pudieran actuar como vía preferente para la entrada de aguas.

En el segundo caso, la adecuada evacuación de los lixiviados formados se valora asumiendo la premisa de que no hay acumulación significativa de lixiviados en términos estadísticos. Este extremo, en términos prácticos, se demuestra determinando si con un nivel de significación dado el intervalo de confianza de la mediana (percentil 50) de las diferencias entre entradas y salidas del sistema incluye o no el valor 0. En el caso de medidas directas en piezómetros dispuestos en el vaso de vertido se considerarán las variaciones de nivel piezométrico, determinándose si el intervalo de confianza de la media de las observaciones incluye o no el valor 0 con un nivel de significación dado.

A. 2. Procedimiento

A.2.1. Prevención de lixiviados

Se procederá a un examen visual detallado de las cubiertas a fin de determinar la existencia de indicios o evidencias de infiltraciones significativas (p.e. regueros de erosión profundos, descuelgues locales, calveros en la vegetación, láminas expuestas o abombadas, soldaduras deterioradas, etc.).

A.2.2. Acumulación de lixiviados

A.2.2.1. Análisis de acumulación de lixiviados mediante balances hídricos

Con los resultados de los 10 últimos balances hídricos ($i=10$) se construirá una tabla de diferencias entre las entradas del año i menos las salidas del año $i+1$ y se determinará el intervalo de confianza del valor mediano de las diferencias comprobándose la situación del valor 0 respecto de dicho intervalo.



Como quiera que, dado el reducido número de observaciones es previsible que el valor mediano de la tabla de diferencias no sea todo lo estable que sería deseable. En estas condiciones es probable que hubiera que relajar en exceso la confianza del intervalo en el que se fundamenta el criterio. En consecuencia, como solución de compromiso, se sugiere que las observaciones sean remuestreadas con reemplazo (“bootstrapping”) con un número de iteraciones igual o mayor a 500, estimándose el valor mediano como la media de los 500 valores medianos determinados en el remuestreo.

A.2.2.2. Análisis de acumulación de lixiviados mediante medidas piezométricas directas

Con los resultados de los diez últimos años de observaciones ($i=10$) se construirá una tabla de diferencias entre los niveles del año i menos los niveles año $i+1$ y se determinará el intervalo de confianza del valor mediano de las diferencias comprobándose la situación del valor 0 respecto de dicho intervalo.

Al igual que A.2.2.1. el valor mediano se determinará como el valor medio de las medianas de un remuestreo con reemplazo con un número de iteraciones igual o mayor a 500.

A.3. Definición de los criterios

1.3.1. Prevención de lixiviados

Se considerará que se satisface el criterio si en un examen visual detallado no se aprecia la existencia de indicios o evidencias de infiltraciones significativas (p.e. regueros de erosión, descuelgues locales, calveros en la vegetación, etc.)

1.3.2 Acumulación de lixiviados

Se considerará que se satisface el criterio si el intervalo de confianza del valor mediano determinado por los procedimientos 1.2.2.1 ó 1.2.2.2 y calculado con una confianza del 95% contiene el valor 0 (cero).

B. Criterio 2. Afección a las aguas subterráneas

B.1. Fundamentos del criterio

El Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, establece la obligación de que los vertederos dispongan de una red de vigilancia de la calidad de las aguas subterráneas basado en una red piezométrica de control. Señala, además, las características mínimas que debe reunir dicha red tanto en lo relativo a su disposición espacial - “aguas arriba” o “aguas abajo” del vertedero- como a la periodicidad mínima con las que los piezómetros deben muestrearse.



Igualmente, señala en su anexo III la obligación de establecer niveles de intervención para determinados parámetros.

Para la evaluación de la afección a las aguas subterráneas por un vertedero se dan una serie de circunstancias que condicionan el establecimiento de los propios criterios. Entre estas circunstancias cabe mencionar la composición química de los lixiviados y la cantidad de datos generados en la aplicación del programa de vigilancia, entre otras.

La composición química de los lixiviados (vector principal de la contaminación) es extremadamente variable, tan variable como la naturaleza y composición de los residuos que se hayan depositar en una instalación. El anexo III del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, no especifica, sin embargo, los parámetros químicos a determinar en el programa de vigilancia de las aguas subterráneas siendo éstos fijados en la práctica en cada autorización. Como regla general dichos parámetros suelen incluir componentes mayoritarios (aniones y cationes), parámetros inespecíficos (pH, conductividad, DQO, etc) y, menos frecuentemente, un número limitado de componentes minoritarios (metales y, más raramente, algún compuesto orgánico).

La aplicación sistemática de programas de vigilancia durante los treinta años del periodo postclausura da lugar a un conjunto de observaciones de una considerable extensión al ser estos de carácter multiparamétrico y con una frecuencia mínima semestral.

La consideración de estas circunstancias lleva a plantear unos criterios de valoración fundamentados en la búsqueda de relaciones de causalidad en las posibles variaciones en el quimismo de las aguas entre piezómetros de referencia-aguas arriba- y piezómetros de control –aguas abajo-

En el caso de la red de control de la calidad de las aguas subterráneas, de acuerdo con la frecuencia de muestreo establecida en el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, es previsible contar con un número de observaciones suficiente para recurrir a métodos estadísticos paramétricos en caso de que las observaciones se ajusten a una distribución normal, y no paramétricos en caso contrario. En el primer caso se compararán valores medios aguas arriba y aguas abajo del vertedero y en el segundo, valores medianos.

Por otra parte, en aquellos casos en que la red de control del vertedero cuente con más de un piezómetro de referencia los valores medios o medianos se calcularán agregando los resultados obtenidos en los distintos piezómetros para construir una única serie de datos de referencia.



Tanto en la serie de los piezómetros de referencia como en la de los piezómetros de control se procederá a identificar y, en su caso, a excluir valores espurios por métodos estadísticos adecuados.

Como quiera que los programas de vigilancia de la calidad de las aguas subterráneas en el entorno de las instalaciones de vertido suelen ser, según se ha indicado anteriormente, de carácter multiparámetro y el criterio establecido en esta instrucción se fundamenta en el contraste de hipótesis, el número de comparaciones entre valores medios o medianos entre piezómetros de referencia y de control puede crecer rápidamente incrementándose con la misma rapidez la probabilidad de cometer errores de tipo II. En consecuencia, a efectos de mantener las probabilidades de error en márgenes razonables se seleccionará un número limitado de parámetros químicos sobre los que plantear los contrastes. En tal sentido se estima que ese número debe oscilar entre 5 y 7 parámetros incluyendo parámetros inorgánicos tales como cloruros y sulfatos, algún parámetro orgánico como los compuestos BTEX o TPH y algún parámetro inespecífico robusto, como puede ser la conductividad eléctrica, DBO o DQO. En la selección de dichos parámetros habrá también que tener en cuenta que no podrán incluirse entre éstos aquellos que presenten valores por debajo del límite de cuantificación o detección con frecuencias superiores al 50%.

B.2. Procedimiento

B.2.1. No superación de niveles de intervención

Con los resultados analíticos de los treinta últimos años de operación de la red de vigilancia y control se comprobará que en ningún momento de este periodo se han superado los niveles de intervención.

B.2.2. Comparación de valores de concentración en piezómetros de referencia y control

Con los resultados analíticos de los diez últimos años de operación de la red de vigilancia y control se comprobará que no existen diferencias estadísticamente significativas entre piezómetros de referencia y control para los parámetros químicos de control definidos de acuerdo con lo señalado en el punto B.1 de este anexo único.

B.3. Criterios de valoración

Se considerará que se satisface este criterio si en ningún momento del periodo de vigilancia postclausura (treinta últimos años) se han alcanzado los niveles de intervención señalados en el anexo III del Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, y, además, que se cumpla una de las siguientes condiciones:



– Para valores de concentración en piezómetros de referencia y control de parámetros en los que se asuma un ajuste a una distribución normal o logarítmico-normal

Se considerará que se satisface el criterio si no se rechaza la hipótesis nula (no diferencia significativa entre los valores medios de los piezómetros de referencia y los valores medios observados en los piezómetros de control). Esta circunstancia se verifica cuando en el análisis de la varianza de 1 factor el estadístico F (variabilidad entre grupos/variabilidad dentro de los grupos) el p valor es superior al nivel de significación fijado para esta prueba ($\alpha=0,01$).

Si se rechazase la hipótesis nula significará que sí existen diferencias significativas en los valores promedio de los piezómetros de referencia y control y se realizarán comprobaciones múltiples entre todos los pares posibles (piezómetros de referencia piezómetros de control) mediante la prueba de Bonferroni con un nivel de significación $\alpha=0,05$ tomando en consideración el signo de la diferencia de medias.

-Para valores de concentración en piezómetros de referencia y control de parámetros en los que no se pueda asumir un ajuste a una distribución normal o logarítmico-normal.

Se considerará que se satisface el criterio si no se rechaza la hipótesis nula (no diferencia significativa entre los valores medianos de fondo y los valores medianos observados en los piezómetros de control). Esta circunstancia se verifica si en una prueba de Kruskal-Wallis el valor del estadístico H tiene un p valor superior al nivel de significación fijado para esta prueba ($\alpha=0,01$).

Si se rechazase la hipótesis nula significará que sí existen diferencias significativas en los valores promedio de los piezómetros de referencia y control se realizarán comprobaciones múltiples entre todos los pares posibles (piezómetros de referencia-piezómetros de control) mediante la prueba de Mann-Whitney con un nivel de significación $\alpha=0,05$ tomando en consideración el signo de la diferencia de los valores medianos.

C. Criterio 3. Tasas de generación y composición de gases

C.1. Fundamentos del criterio

En aquellos vertederos que han admitido residuos biodegradables es esperable que durante un dilatado periodo de tiempo tras su clausura se



produzcan gases en volúmenes que sean decrecientes en el tiempo. El Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por otra parte, establece la obligación de que los gases producidos sean recogidos y aprovechados o tratados. De este modo tanto durante la fase operativa de los vertederos como en periodo de vigilancia postclausura, los sistemas de captación y aprovechamiento de gases permanecerán en funcionamiento en tanto tales sistemas sean técnicamente viables.

Los gases de vertedero, por otra parte, son mezclas de gases de proporción variables. Alguno de estos componentes puede tener carácter explosivo e incluso tóxico en determinadas concentraciones. Este es el caso del metano -CH₄- y del anhídrido sulfuroso -SH₂-respectivamente.

Atendiendo a ambos extremos, el criterio relativo a los gases de vertedero se atenderá tanto a sus tasas de generación como a las concentraciones de las especies gaseosas mencionadas.

En relación con las tasas de generación de gases habrá de tenerse en consideración los límites en que técnicamente pueden operar los dispositivos de tratamiento de gases, particularmente las antorchas, y la superficie ocupada por el vertedero para emisiones difusas.

C.2 Procedimiento

En el caso de que a la conclusión del periodo de vigilancia postclausura estén en funcionamiento pozos o dispositivos de extracción se determinará el caudal de gas de vertedero extraído por la totalidad de estos dispositivos así como las concentraciones de CH₄ y SH₂.

Además, se estimarán las tasas de emisión difusas y concentraciones de CH₄ y SH₂ mediante un número representativo de medidas en superficie no inferior a 5 por Ha y mediante métodos adecuados (p.e. cámaras de flujo).

C.3 Criterios de valoración

Se evaluarán independiente tanto los valores límite de emisión como las concentraciones límite máximas entendiéndose que se satisface el criterio en su conjunto cuando se satisfacen simultáneamente tanto las tasas de emisión como las concentraciones de los gases de vertedero.

C.3.1. Tasas de emisión de gases de vertedero

C.3.1.1. Para medidas de gases en pozos de extracción

Se considerará que se satisface el criterio si la cantidad total de gases de vertedero extraíble no excede los 50 m³/hora.



C.3.1.2. Para medidas de gases en superficie

Se considerará que se satisface el criterio si las tasas de emisión son iguales o inferiores a 1 l CH₄/m²hora.

C.3.2. Concentración de gases

Se considerará que se satisface el criterio cuando:

- la concentración horaria promedio de CH₄ es inferior a 16000 mg/m³ (1) y,
- la concentración horaria promedio de SH₂ es inferior a 7 mg/m³ (1)

(1) Determinadas a 1 Atmósfera de presión 25°C.

D. Criterio 4. Estabilidad mecánica de la masa de residuos

D.1. Fundamento del criterio

Los asentamientos en la masa de residuos pueden darse a lo largo de toda la vida de los vertederos, comenzando durante la fase operativa de los mismos y prolongándose más allá de ésta durante el periodo postclausura.

La escala de los asentamientos viene determinada por multitud de factores tales como: la naturaleza de los residuos depositados, la velocidad de llenado del vertedero, el grado de compactación alcanzado durante la operación del vertedero, los espesores y la naturaleza de las cubiertas diarias y los equipos de compactación utilizados, entre otros. Estos asentamientos pueden expresarse como acortamientos de la potencia inicial de la masa de residuos.

Entra dentro de lo razonable suponer que su magnitud vaya atenuándose en el tiempo de modo asintótico, siendo de escala mayor al inicio del periodo de vigilancia postclausura y mucho menor, aunque sin llegar a desaparecer por completo, en las últimas etapas de dicho periodo. Considerando que entra dentro de lo previsible que existan asentamientos de carácter residual incluso más allá de los treinta años de vigencia del periodo postclausura y que la magnitud de los mismos puede ser extremadamente variable entre las distintas clases de vertedero, se ha establecido un criterio basado en el análisis de variabilidad de las tasas anuales de asentamiento con independencia de su escala.

El Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, en el punto 6 de su anexo III, contempla la obligación de realizar levantamientos topográficos anuales como parte del programa de vigilancia a efectos de determinar el nivel de llenado de las celdas de vertido. Lógicamente en fase de vigilancia postclausura carece de sentido valorar el nivel de llenado y dichos levantamientos topográficos se



orientarán a valorar la dinámica de los asentamientos. Para ello se establecerá un mínimo de dos secciones de medida (una en la coronación del vertedero y otra en el talud) estando compuesta cada sección por un cierto número de puntos de medida de cota. El análisis de la evolución de cotas entre campañas consecutivas de medida permite definir una tasa de acortamiento anual.

D.2 Procedimiento

A partir de las cotas determinadas en los levantamientos topográficos de los diez últimos años del programa de vigilancia postclausura, en un número mínimo de 10 puntos por sección y en un mínimo de 2 secciones, para cada punto de cada sección se construirá una tabla de tasas de acortamiento anuales expresadas en % en un modelo como el recogido.

año (i)	cota	Acortamiento anual cota año i+1- cota año i	Tasa acortamiento anual (%)
1	xxx		
2	xxx	xxx	xxx
3	xxx	xxx	xxx
....			
10	xxx	xxx	xxx

$$Tasa\ acortamiento\ año\ i = 100 - \left[\frac{cota\ año\ i \cdot 100}{cota\ año\ (i - 1)} \right]$$

D.3 Criterio de valoración

Se considerará que se satisface el criterio cuando para todos los puntos de todas las secciones los coeficientes de variación- cociente entre la desviación estándar y valor medio de la serie- de las tasas de acortamiento anual de los diez últimos años son inferiores a 0,5.