

DISEÑO DE VERTEDEROS PARA LA MINIMIZACIÓN DE LOS VERTIDOS DE LIXIVIADOS

Miguel Angel Vigil Berrocal

Francisco Ortega Fernández

Gemma Marta Martínez Huerta

Sara Rodríguez Sousa

Universidad de Oviedo

Abstract

The raise of the environmental awareness is resulting in social pressure towards pollution caused by dumping. Joint with the many potential environmental damages of having dumping as a final method of waste elimination, leachate creation caused by rainfall water running off pollutants from the landfill area is a potential source of soil and ground and underground water contamination.

This studio presents a list of technical measurements developed for landfill design and inertization, emphasizing in minimize pollution by leachate. This design approach suggests as well the implementation of a management and deposition procedure that tries to slow down run-off by using the waste material as a barrier, as well as the implementation of waste inerting techniques using biological, chemical, physical and energy processes in order to confine and isolate pollutants from rainfall water.

Keywords: *landfill; waste; leachate; dumping; inerting*

Resumen

El crecimiento de la cultura ambiental, está teniendo como consecuencia una presión social hacia la contaminación por vertidos. Frente a los muchos inconvenientes ambientales que presenta el vertido como método final de eliminación de residuos, destaca la generación de lixiviados como vehículo de arrastre de todo tipo de sustancias nocivas y potencial fuente de contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas.

Este estudio presenta una guía de procedimientos tecnológicos para la inertización y diseño de vertederos haciendo especial énfasis en la minimización de la contaminación por lixiviados. Esta aproximación al diseño sugiere la aplicación según el caso, de un procedimiento de gestión y deposición que use el propio material vertido como barrera natural al tránsito del agua además de la aplicación de mecanismos de inertización a través de técnicas biológicas, químicas, energéticas y físicas, con el fin de confinar y aislar los residuos del contacto con las aguas de precipitación.

Palabras clave: *vertedero; residuo; lixiviado; vertido; inertización*

1. Introducción

La creciente preocupación de la sociedad por la preservación del medioambiente genera en la actualidad una creciente presión hacia la contaminación por vertidos por parte de la industria que se traduce en mayores restricciones legales y en ocasiones incluso en la denegación de permisos de vertido.

El vertido, como método final de eliminación de residuos presenta numerosos inconvenientes ambientales, entre los que destaca la generación de lixiviados al producirse el arrastre de agua de lluvia sobre su superficie y las capas inferiores, sacando del contorno del vertido todo tipo de sustancias nocivas que conllevan graves riesgos de contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas.

Dichos lixiviados pueden ser tratados y neutralizados siguiendo diferentes métodos. No obstante, tal y como ocurre para la mayoría de los fenómenos contaminantes, las estrategias preventivas resultan ser las más eficaces a la hora de minimizar los efectos perniciosos de la actividad humana por lo que, apoyándose en un caso práctico de un vertedero ejemplo en España, este estudio se centra en la descripción de una metodología que asista a la toma de decisiones ya en la fase de diseño del vertedero, y así conseguir reducir o eliminar el impacto de los lixiviados en su entorno.

2. Definición del problema

En esta parte del estudio se procede a describir los problemas generados por el vertido como eliminación de residuos particularizando en los lixiviados.

2.1 Problemática de los Vertidos

Los problemas relacionados con la contaminación de los vertederos han ido adquiriendo más relevancia con el tiempo, tanto porque se ha alcanzado un mayor conocimiento del riesgo potencial que representan para la salud pública y el medio ambiente, como por el tamaño del problema y el coste derivado de su cuidado, mantenimiento y restauración para las empresas. Los materiales y residuos peligrosos se pueden clasificar en cuatro categorías generales (Castells, 2000):

- Hidrocarburos de petróleo
- Compuestos orgánicos volátiles
- Compuestos inorgánicos
- Elementos inorgánicos (metales pesados, ácidos, bases y sales)

Los perjuicios al medio ambiente ocasionados por los vertederos dependen del tipo de residuo depositado, no obstante, se pueden resumir en (Sarsby et al., 2007):

- Contaminación de masas de agua debido al arrastre de partículas nocivas presentes en el vertedero por parte del agua de lluvia. Estos cursos de agua pueden ser tanto superficiales, como subterráneos en el caso de que la percolación de los lixiviados alcance capas inferiores
- Contaminación de suelos
- Contaminación del aire debido a emisiones de gases tóxicos y de efecto invernadero producto de reacciones de descomposición de los residuos vertidos
- Impactos negativos en la flora y fauna locales por destrucción de hábitat
- Impacto paisajístico

De entre los anteriores impactos destaca la contaminación por medio de lixiviados por lo que en adelante, este estudio se centrará en este fenómeno.

2.2 Problemática de los lixiviados

Un lixiviado de un vertedero es el líquido resultante al percolar agua de lluvia a través de los residuos depositados en él. Este lixiviado por tanto es contaminado por materia en suspensión y disuelta, y según la naturaleza del residuo vertido puede llegar a ser altamente contaminante en caso de alcanzar cursos de agua superficiales, subterráneos o acuíferos. Para evitar daños al medio ambiente es necesario controlar dicho efluente, sea mediante el

confinamiento en un depósito controlado, o mediante un tratamiento previo a difusión en otros cursos de agua que reduzca su peligrosidad (Aparicio, 2001).

3. Descripción de técnicas para la minimización del impacto de los lixiviados de un vertedero

Esta sección describe de manera somera varios métodos para limitar la contaminación por medio de lixiviados desde dos puntos de vista diferentes. Por un lado, minimizando la generación de los efluentes (prevención), y por otro aplicando técnicas de inertización que anulen o reduzcan su impacto (corrección). Para ilustrar cómo se puede reducir la generación de lixiviados, este artículo utilizará un caso práctico real de un vertedero siderúrgico localizado en el Norte de España.

3.1 Inertización de vertederos

La EPA (Agencia de Medio Ambiente de EE.UU.), entiende por tratamiento de residuos, cualquier método o procedimiento que modifique el carácter químico, físico o biológico de un residuo con el fin de convertirlo en inerte, menos peligroso o manipulable de forma más segura.

La inertización de residuos se entiende como el conjunto de tratamientos a que puedan someterse los residuos antes de su deposición final, para evitar que interactúen desfavorablemente con el medio ambiente. En ocasiones es necesario o recomendable someterlos a un tratamiento previo o pretratamiento para facilitar la labor o gestión posterior. (Castells, 2000)

La inertización de vertederos comprende un conjunto de procedimientos que, mediante la contención, retirada, transformación o destrucción de las sustancias contaminantes, permite la recuperación total o parcial de éstos. Las restricciones en las propiedades de los vertidos actuales limita la necesidad de inertización de vertederos actuales, pero existe un amplio campo en vertederos o escombreras antiguas, en las que no existía un control tan exhaustivo de su composición.

Existen aproximaciones muy diversas a la inertización de vertederos. La siguiente figura recoge algunas de las técnicas más comunes, aplicables a la gestión de residuos, de acuerdo con los tipos básicos de procesos: físico-químicos, químicos, energéticos o biológicos.

Figura 1: Técnicas de inertización de residuos



Estas técnicas también pueden agruparse en función de la ubicación de los residuos durante su tratamiento. Así, se dividen en dos tipos:

- Técnicas *in situ*, que se aplican sobre el vertedero en su posición de origen
- Técnicas *ex-situ*, que se emplean fuera del vertedero, bien sea antes de la deposición de los residuos o tras la retirada de los mismos.

Existe una clara evolución hacia un empleo creciente de las técnicas de inertización mediante retirada o destrucción de los contaminantes, frente a la inmovilización o contención, así como de la aplicación de las técnicas *in situ* frente a su aplicación *ex situ*, aunque los tratamientos de contención pueden ser un procedimiento eficaz y económico para lograr la disminución del riesgo al impedir la migración de los contaminantes.

3.1.2 Sellado de vertederos

Una vez que los componentes peligrosos han sido eliminados o disminuidos a niveles tolerables, o si esto no ha sido posible, es necesario depositar los materiales remanentes en lugares aislados y protegidos de modo que no intervengan sobre el entorno y estén protegidos de las situaciones meteorológicas, mecánicas e incluso geológicas. Esto se consigue con un sistema de cierre generalmente conocido como sellado. Esto no deja de ser un sistema de inertización global *in situ*, que no precisa del tratamiento de cada uno de los materiales depositados.

El sistema de sellado de un vertedero consiste en una serie de cubiertas que aíslan los residuos vertidos y permiten el drenaje controlado de los lixiviados y los gases

El aislamiento se inicia durante la construcción colocando la base impermeable del vertedero. Cuando finaliza la actividad y se cierra el vertedero, se coloca la superficie de recubrimiento.

A continuación se muestran varios tipos genéricos de sellado dependiendo del tipo de vertido (Real Decreto 1481, 2001):

Figura 2: Vertederos de residuos inertes que barreras de protección bajo la masa de residuos

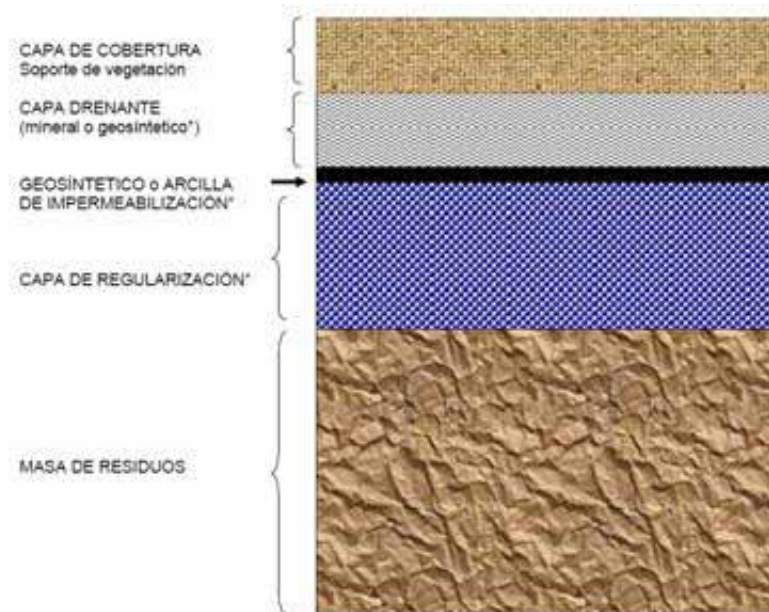


Figura 3: Vertederos de residuos no peligrosos con contenido significativo de materia orgánica biodegradable (>15% de residuos vertidos)

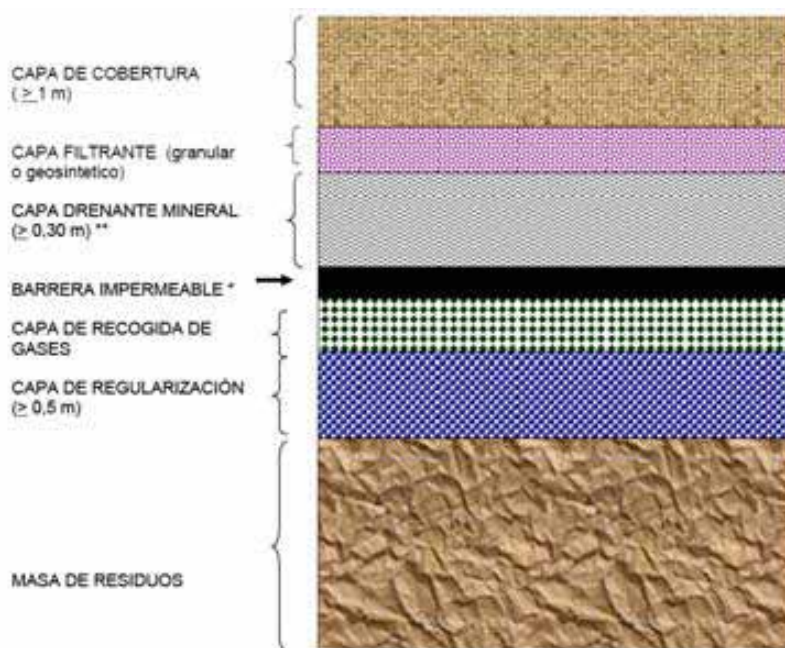


Figura 4: Vertederos de residuos no peligrosos con contenido no significativo de materia orgánica biodegradable ($\leq 15\%$ de residuos vertidos)

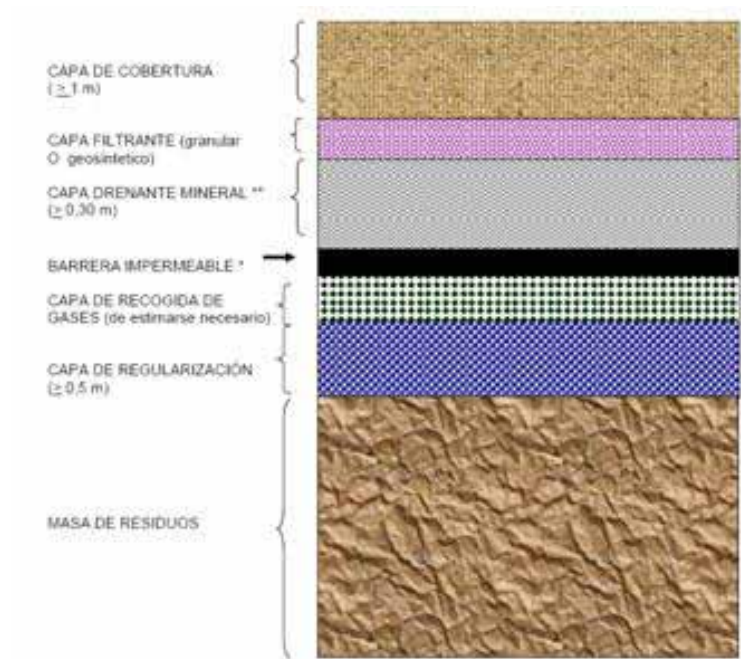
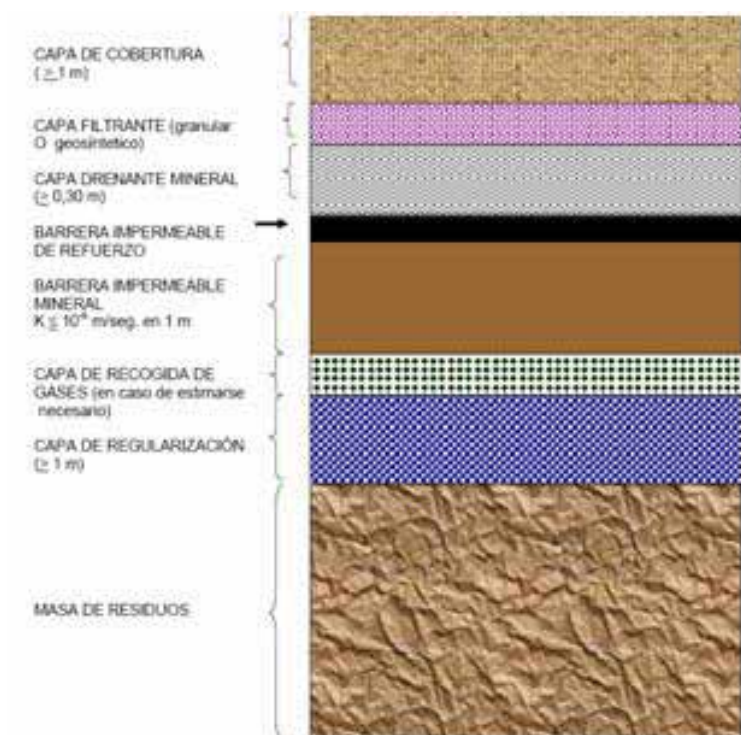


Figura 5: Vertederos de residuos peligrosos



3.1.3 Aislamientos

El aislamiento de vertederos se aplica cuando la descontaminación resulta técnica o económicamente inviable o cuando la contaminación está localizada en una zona concreta.

Para desarrollar las barreras de aislamiento se utilizan diversas sustancias, como el cemento, cal, plásticos, arcilla, etc. El procedimiento tiene el inconveniente que se pueden producir grietas por las que los contaminantes pueden fugarse, aunque con la ventaja es que económicamente resulta más rentable que otros procedimientos de sellado (RD 1481, 2001).

3.2 Minimización de los lixiviados de vertedero

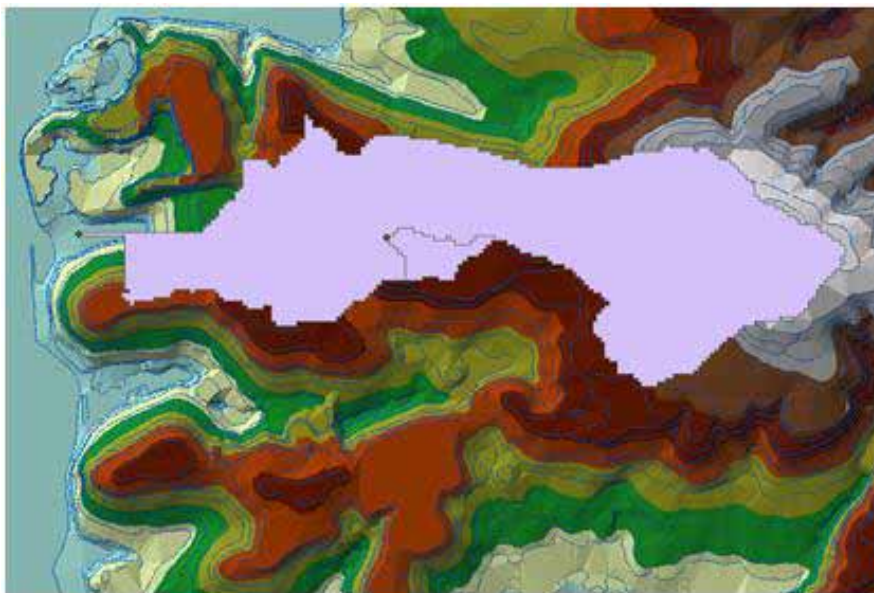
La manera más lógica de disminuir la contaminación por lixiviados, sean tratados o no, es reducir su volumen.

Para tal efecto, la construcción de un canal perimetral es una medida efectiva que se ilustra a continuación por medio del siguiente caso práctico real.

El vertedero aloja diversos tipos de residuos siderúrgicos provenientes de una planta cercana y viene siendo explotado desde 1982. Actualmente aún posee una capacidad de unos 4.000.000m³ y se le estima una vida útil hasta el 2025. El vertedero se encuentra en un valle y tiene una planta de tratamiento de lixiviados aguas abajo.

Cálculos realizados a partir de Sistemas de información Geográfica muestran que la cuenca hidrográfica cuyas aguas drenan en dirección al vertedero tiene una superficie de 136,75ha, de las cuales parte son recogidas por un río canalizado y no llegan al vertedero, reduciendo la superficie de la cuenca hidrográfica efectiva a 72,01ha.

Figura 6: Cuenca hidrográfica del vertedero



A partir de modelos de cálculo de la evapotranspiración y de valores de precipitación se ha estimado el balance hídrico en el suelo y se ha estimado un valor de percolación de 498,93mm anuales, que para la superficie de estudio se obtienen:

$$498,93mm = 498,93 \frac{l}{m^2} \times 720.100m^2 = 359.279.493l$$

Por lo tanto se puede estimar en 360.000m^3 la generación anual de lixiviados si no estuviese rodeado de un canal perimetral.

Sin embargo, el vertedero está totalmente rodeado por un canal perimetral de 3181m de longitud, de manera que capta todas las aguas que proceden de fuera del vertedero reduciendo así la superficie de la cuenca hidrológica efectiva en 21,5ha por lo cual se reduce el volumen a 240.000m^3 , es decir, una media de $650\text{m}^3/\text{día}$, lo que supone una reducción del 30% de aguas de lixiviación a tratar en la planta del vertedero.

3.2.1 Atenuación de los efectos de una avenida

Continuando con el caso práctico como referencia, las plantas de tratamiento de lixiviados que sirven a un vertedero son diseñadas para atender un caudal previsible de lixiviados, determinado por las características hidrológicas de la cuenca en la que se enclava el vertedero. Sin embargo, en periodos de abundante precipitación el volumen de líquido a tratar puede llegar exceder la capacidad de la planta y provocar vertidos incontrolados a su desagüe. Para evitar que se produzca este hecho, una opción sería sobredimensionar la planta de tratamiento para cubrir caudales extremos. No obstante ésta sería una solución demasiado costosa y además, el carácter imprevisible de dichos fenómenos meteorológicos no eliminaría por completo el riesgo de desbordamiento de la planta.

Para el vertedero estudiado, se han realizado el cálculo hidráulico para la avenida a 100 años siguiendo la metodología establecida en la Instrucción de Carreteras IC5.2, obteniéndose los siguientes resultados sin canal perimetral:

Tabla 1: Caudal de avenida a 100 años

Intensidad, It (mm/h)	50,454
Coefficiente de escorrentía (C)	0,508
Caudal (m^3/s)	6,150
Caudal específico (m^3/ha)	0,085

Para el caso más extremo, la avenida máxima, los datos no se pueden extrapolar a valores diarios, debido a que la propia naturaleza de una máxima avenida no establece una duración definida de la misma, que puede variar de horas incluso a más de un día. Por esta razón, se establece debido a la existencia del canal perimetral, se consigue un ahorro del agua que llega a la planta de tratamiento de lixiviados, proporcional a la superficie de la cuenca cuyas aguas llegan al canal perimetral (30%), calculándose del siguiente modo [LUR06]:

$$Q = 6,17 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{30\%} = 6,17 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 0,3 = 1,85 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

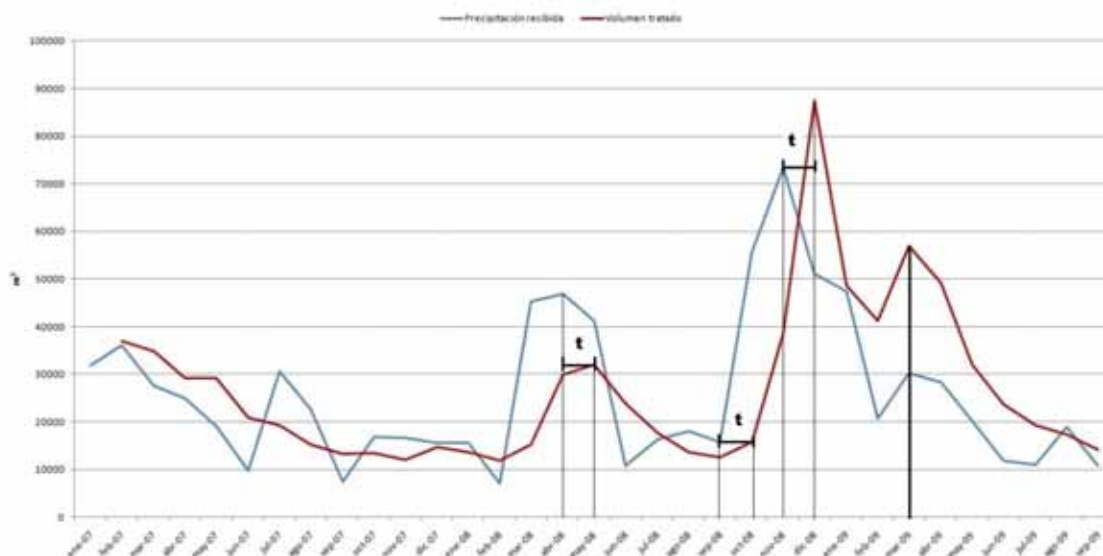
Esta sería el caudal de agua ($1,85 \text{m}^3/\text{s}$) que en caso de máxima avenida, no atravesaría el vertido reduciendo la demanda de tratamiento en la planta.

Por otro lado, otro modo de reducir los efectos de una avenida sería ralentizar el flujo de agua a través del vertedero, de manera que para cuando ese exceso lixiviado llegue a tratamiento, la avenida ya se haya terminado y una planta con un dimensionamiento razonable sea capaz de hacerle frente.

Para tal efecto, se podría utilizar la capacidad de retención de agua del propio material vertido como reservorio de agua con efecto de minimizar las máximas avenidas durante periodos de abundante lluvia.

Durante el estudio realizado en el vertedero del caso práctico, se ha encontrado que periodos intensos de lluvia no se correspondían inmediatamente con un aumento en el caudal de lixiviados que llegan a ser procesados en la planta de tratamiento, aumento que sí es aforado aproximadamente un mes después. Dicho fenómeno se ha encontrado para todas las series de datos de que se dispone e indica que el residuo vertido actúa atrapando el agua que percola a su través y que una vez alcanza su punto de saturación, comienza a liberarla.

Figura 7: Histograma del vertedero entre 2007 y 2009



Además, se ha constatado que durante periodos en los cuales el volumen de material vertido es considerablemente mayor, el desfase entre el momento en que se produce el pico de lluvia y el momento en el que se mide un aumento del volumen de lixiviado a tratar en la planta se acentúa, lo que corrobora el hecho de que el propio material vertido actúa reteniendo el agua infiltrada y retrasando el vertido.

Asimismo, dicho efecto retardante, podría ser reforzado por medio de sistemas de gestión del vertedero que establezcan que se dispongan los bancales de forma que promuevan la formación de encharcamientos o prolongando el tiempo que tarda el agua en atravesar el vertedero hasta la planta de tratamiento, como por ejemplo disponiendo las tongadas de vertido en forma de V sucesivas.

4. Conclusiones

Hay muchos factores que determinan la elección del proceso de tratamiento de residuos y vertederos y probablemente sea imposible encontrar la solución perfecta para cada caso. No obstante, para todos los casos al menos se debe considerar cuidadosamente la naturaleza del residuo, el objetivo del tratamiento, la adecuación técnica al caso concreto y los condicionantes económicos.

Por otro lado, los métodos pasivos ideados en la fase de diseño son efectivos para todos los casos siempre y cuando se realicen correctamente. En el caso del drenaje perimetral, es

importante señalar que un dimensionamiento adecuado maximizará su capacidad de canalizar el agua de escorrentía fuera del vertedero, especialmente en periodos de abundante precipitación y avenida. También, como se ha señalado anteriormente, una metodología que establezca claramente aspectos del día a día del vertedero tales como la forma de disponer el material vertido para prolongar el tiempo de permanencia del lixiviado en el vertedero en caso de avenida sería de gran utilidad a la hora de cumplir los requerimientos ambientales. No obstante, es de gran importancia tener en cuenta cuando se diseñe un vertedero que con el paso del tiempo irá aumentando el material acumulado y con él la cantidad de agua que es retenida, y que cuando éste alcance su punto de saturación también será mayor el volumen de agua que en corto periodo de tiempo desagüe ininterrumpidamente, ocasionando potenciales picos de demanda para la planta de lixiviados que podrían rebasar su capacidad, por lo que sería interesante considerar dentro del plan de gestión del vertedero en que momento se debería aplicar alguna medida para reducir dicha capacidad de retención.

5. Referencias

- Alexander, M. Biodegradation and Bioremediation 2nded. Academic Press, London. 1999.
- Aparicio, F.J.. "Fundamentos de Hidrología de Superficie". Ed. Limusa. Mexico, 2001.
- Castells, X.E. Reciclaje de Residuos Industriales; Edit. Díaz de Santos. 2000
- Orden de 14 de mayo de 1990, por la que se aprueba la instrucción de carreteras 5.2IC "Drenaje superficial" (BOE nº123, de 23 de mayo de 1990)
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero
- Sarsby R.W., Felton A.J. Felton Geotechnical and Environmental Aspects of Waste Disposal Sites; CRC Press, 2007