



## VALORACIÓN DE LOS ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS AL "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA CLAUSURA DE LAS BALSAS DE FOSFOYESOS SITUADAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE HUELVA"

El presente informe se emite a petición de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes administrativos

El informe tiene su inicio en la solicitud (con fecha del 17 de octubre de 2014) remitida por la Subdirección General de Dominio Público Marítimo-Terrestre, Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, Secretaría de Estado de Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente al IGME, solicitándose informe sobre la valoración del "PROYECTO CONSTRUCTIVO CLAUSURA DE LAS BALSAS DE FOSFOYESO SITUADAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE HUELVA".

Dicho proyecto fue contestado con el informe denominado "VALORACIÓN DEL ESTUDIO 'PROYECTO CONSTRUCTIVO PROYECTO CONSTRUCTIVO CLAUSURA DE LAS BALSAS DE FOSFOYESO SITUADAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE HUELVA'".

Durante dicha valoración se estipuló la necesidad de elaboración de estudios complementarios al proyecto constructivo.

Con fecha 15 de Febrero de 2016, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar remite al IGME los siguientes estudios complementarios para su valoración técnica:

- Estudio hidrogeológico de drenaje
- Estudio de estabilidad dinámica
- Estudio de cobertera
- Análisis de riesgos medioambientales
- Plan de vigilancia ambiental
- Plan de emergencia

#### 1.2 Documentación consultada

Se ha consultado la siguiente documentación, suministrada por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar en formato digital:

- Tomo I de III
  - o Introducción y antecedentes
  - o Objeto
  - o Resumen ejecutivo
  - o Estudio hidrogeológico de drenaje
- Tomo II de III



- o Estudio de estabilidad dinámica

- Tomo III de III

- o Estudio de cobertera
- o Análisis de riesgos medioambientales
- o Plan de vigilancia ambiental
- o Plan de emergencia

### 1.3 Objetivo

El objetivo de este informe es valorar los aspectos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos y medioambientales de las balsas de fosfoyesos contenidos en los estudios complementarios aportados, de acuerdo con el conocimiento científico actual dentro del ámbito competencial del Instituto Geológico y Minero de España.

## 2. OBSERVACIONES

### 2.1 Resumen ejecutivo

Los estudios realizados se han focalizado en las siguientes disciplinas:

- Estudio hidrogeológico de drenaje
- Estudio de estabilidad dinámica
- Estudio de cobertera
- Análisis de riesgos medioambientales
- Plan de vigilancia ambiental
- Plan de emergencia

Tras la consulta del resumen ejecutivo elaborado cabe destacar los siguientes aspectos:

- En el apartado "Actuaciones complementarias" se destacan dos acciones: sellado de perforaciones de Investigación y el sellado de canales mareales. Al margen de las mismas, no se menciona ni entra a valorar ninguna de las propuestas del informe "VALORACIÓN DEL ESTUDIO 'PROYECTO CONSTRUCTIVO CLAUSURA DE LAS BALSAS DE FOSFOYESO SITUADAS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE HUELVA'" consistentes en:
  - o Sustitución de zanjas drenantes por zanjas rellenas con gavión y barrera geotextil permeable.
  - o Instalación de pie de escollera en todo el perímetro de los fosfoyesos.
- Otros aspectos de carácter operativo, como la recomendación de evitar el uso de maquinaria pesada o el trabajo por tramos para evitar dejar en exposición simultánea una gran cantidad de superficie, tampoco parecen haber sido valorados.
- Deberá explicarse detalladamente el proyecto constructivo y el resultado del sellado de los canales mareales y el dren perimetral: profundidad de las pantallas selladoras, caudales que podrán asumir los drenes perimetrales, grado de impermeabilización alcanzado, etc.
- Una vez analizados los contenidos disueltos de arsénico y fosfatos en la ría del Tinto (ver apartado 2.4.3. Análisis del medio receptor del presente informe) y el estudio hidrogeológico



aportado, se solicita que el proyecto constructivo de las pantallas de impermeabilización explique, en particular, cómo y en qué medida las actuaciones previstas van a redundar en una mejora de la calidad de las aguas de la ría del Tinto con respecto a estos parámetros, dada la imposibilidad de realizar una impermeabilización total de la estructura. Se deberá evaluar la existencia y la magnitud del impacto residual tras la clausura y sellado de la estructura.

## 2.2 Estudio hidrogeológico de drenaje

Tras la consulta del estudio hidrogeológico de drenaje elaborado cabe destacar los siguientes aspectos:

- Por motivos operativos la elaboración del modelo se ha limitado al intervalo de tiempo comprendido entre los meses de agosto y noviembre de 2015. Aunque bajo nuestra perspectiva se trate de un modelo válido, es necesario que dicho modelo sea considerado de carácter provisional y no se considere como un modelo definitivo de funcionamiento hasta que sea completado el año hidrogeológico. De esta manera, se considera que los aspectos hidrogeológicos deben quedar necesariamente integrados en el plan de vigilancia ambiental.
- Ciertos aspectos que se han replanteado para el nuevo modelo, como las conexiones hidráulicas o los parámetros de permeabilidad, se ajustan mucho mejor a la realidad. En tales circunstancias, y a modo de recomendación, ya sería factible la elaboración de los escenarios transitorios de clausura y restauración (simulaciones de flujo) que anteriormente se recomendaron para escenarios de 100 – 500 años. En su defecto, aprovechando la existencia del modelo bidimensional ya existente, elaborado con MODFLOW, cabría la posibilidad de realizar un contraste entre un modelo con celdas sin condición de dren y el modelo existente (celdas con condición de dren) para, de esta manera, justificar la solución adoptada (sellado de canales mareales y drenaje perimetral).
- Cabe destacar que el cuadro 31, denominado "Balance hídrico tentativo por sección radial unitaria", induce a confusión por el modo en que está diseñado: en la segunda parte del mismo se da a entender que la descarga del nivel arenoso intermedio aglutina la mayor parte del lixiviado proveniente de los fosfoyesos (6.1 l/d respecto a 7.0 l/d de las filtraciones provenientes de los fosfoyesos), cuando en realidad los canales perimetrales suponen la vía de desagüe principal de los fosfoyesos dado que recogerían casi un 70% (15.4 l/d respecto a 22.4 l/d) del agua de infiltración.

## 2.3 Estudio de estabilidad dinámica

Tras la consulta del estudio estabilidad dinámica elaborado, caben destacar los siguientes aspectos:

### 2.3.1 Campaña de reconocimientos y ensayos geotécnicos

La campaña realizada se considera suficiente. La información recopilada junto con la información recogida por las numerosas campañas anteriormente realizadas debería resultar suficiente para despejar cualquier incertidumbre relativa a la caracterización geotécnica de los fosfoyesos.

### 2.3.2 Caracterización geotécnica de los materiales

La documentación existente resulta más que suficiente. Se recomienda realizar una correcta gestión y conservación de las muestras sólidas durante la vida del proyecto con el objeto de tratar de evitar, en la



medida de lo posible, nuevas tomas de muestra de la balsa de fosfoyesos en caso de que fuera necesario realizar nuevas campañas de muestreo (y evitar así posibles problemas de contaminación). Igualmente sería recomendable, dado el elevado volumen de información obtenida, su puesta en orden mediante el uso de bases de datos que facilite su almacenamiento y consulta.

### 2.3.3 Potencial de karstificación

Conforme a las recomendaciones realizadas con anterioridad, no se han encontrado referencias al potencial de karstificación entre la documentación aportada.

A partir de los mapas tomográficos aportados es posible distinguir zonas con un mayor contenido en humedad (resistividad más baja), así como zonas intermedias en las que se alcanzan valores pico de resistividad. Cualquiera de estas zonas podría estar asociada a la existencia de los numerosos sondeos verticales realizados, no obstante también cabe la posibilidad de que algunas de dichas anomalías correspondan a zonas internas en las que se hayan ido generando paulatinamente huecos por la karstificación de la matriz yesífera (que pueden tanto haber quedado secos como haber quedado colmatados). En cualquier caso esta información no se ha valorado.

El estudio del potencial de karstificación podría apoyarse igualmente en los datos de los CPTu, dado que en el sondeo 2 a una profundidad de 12 m y en el sondeo 7 a una profundidad de 13 m podrían darse las circunstancias por las cuales la sonda hubiera contactado por un hueco (resistencia en punta = 0 y mínima resistencia en el fuste). En cualquier caso, ninguno de estos datos ha sido interpretado bajo la perspectiva de evaluación del potencial de karstificación.

### 2.3.4 Cálculos de estabilidad

#### 2.3.4.1 Cálculos estáticos y pseudoestáticos

En el apartado donde se dice:

*A este respecto se ha definido la ley de presiones hidrostáticas situando el nivel freático de acuerdo con el cálculo de filtraciones realizado en el Proyecto de Ingeniería Básica, y que se considera plenamente vigente, ya que la geometría del diseño planteado y los parámetros de permeabilidad empleados son acordes con lo que se define en el presente proyecto. Esta ley afectará solamente a los suelos citados, y se presenta como una línea de definición de color azul en las salidas gráficas de los cálculos de estabilidad.*

Considerando que los parámetros de permeabilidad empleados por el proyecto resultaban inicialmente erróneos y podían no resultar representativos del nivel freático real existente, y que dicho párrafo ha sido "herencia textual" de trabajos anteriores se recomienda la sustitución de dicho párrafo.

Por otro lado, en el apartado donde se habla de:

*Cabe destacar que la posición del nivel freático así establecida responde al momento de final de construcción, es decir, cuando el agua embalsada dentro de los actuales reservorios se habrá eliminado. Es decir que a posteriori de este momento, a medida que se vaya eliminando el agua de lixiviado remanente en la masa de suelo, la carga hidrostática irá disminuyendo, y por tanto aumentando el nivel de seguridad frente a la estabilidad.*

Cabe interpretar que los cálculos están realizados para el momento en que el agua embalsada se considere eliminada, lo cual resulta controvertido dado que el agua de la balsa es el agua del conjunto de



la misma y su eliminación va a depender en gran medida de la capacidad que los elementos drenantes a establecer que van a permitir sacar agua del sistema, y del que en ningún caso se esperan resultados a corto plazo. Una vez consultado el contenido del texto se ha esclarecido que esta agua embalsada se refiere exclusivamente al sobrenadante, por lo que, pese a inducirnos al error interpretativo, el párrafo en sí resulta correcto.

#### 2.3.4.2 Cálculos dinámicos

Conforme a las recomendaciones derivadas del estudio se recomienda la instalación de la estación sismológica en las condiciones definidas por el mismo.

### 2.4 Análisis de riesgo ambiental

Tras la consulta del apartado de análisis de riesgo ambiental elaborado, cabe destacar los siguientes aspectos:

#### 2.4.1 Riesgo por tsunami

- Las conclusiones obtenidas parecen indicar que, en caso de producirse alguna afección debida a un tsunami en la zona de actuación esta sería de carácter puntual, no obstante, dicho riesgo no debe ser infravalorado. Por ello, consideramos que debe ser considerada la posibilidad de la instalación del previamente mencionado nivel de escollera al pie de talud, al menos en las zonas del perímetro de la balsa de fosfoyesos que pudieran verse afectadas por la ola. El diseño constructivo final debería, por tanto, y siempre que fuera posible integrar dicha estructura junto con el canal de drenaje perimetral y las estructuras de sellado de los canales mareales.

#### 2.4.2 Riesgo radiológico

Este apartado no se valora por no considerarse dentro del ámbito competencial del IGME.

#### 2.4.3 Análisis del medio receptor

Una vez analizado el documento, cabe destacar los siguientes aspectos:

- Con respecto a los puntos de muestreo: los puntos de muestreo evaluados en el Análisis del Medio Receptor no son suficientes para evaluar la influencia a las balsas de fosfoyesos sobre las aguas de la ría. El punto T1, localizado en el río Tinto, no sirve como referencia, puesto que sólo identifican las características hidroquímicas propias de este río. Debería haberse ubicado un punto de muestreo aguas arriba de la balsa de fosfoyesos, en la ría, antes de la afluencia del estero de Mendaña, y otro punto aguas debajo de la afluencia del estero del Rincón. Una vez mostrada la afección de las balsas de fosfoyesos sobre la calidad de las aguas superficiales, y una vez establecida en el Plan de Vigilancia Ambiental la realización de un estudio de calidad previo en la fase preoperacional, se propone la inclusión de dichos puntos de muestreo en el Plan de Vigilancia Ambiental, como se detalla más adelante.
- Concentraciones de metales en agua: el estudio de calidad de las aguas superficiales realizadas en el documento denominado Análisis del Medio Receptor, pone de manifiesto las elevadas concentraciones de metales disueltos en el río Tinto (punto de muestreo T1), superando los valores imperativos para aguas limitadas establecidos en la Orden de 14 de febrero de 1997.



(BOJA de 4 de marzo de 1997). La concentración de metales disminuye en línea general en el eje longitudinal de la ría, por efecto dilución y aumento del pH, con el consiguiente paso de los metales desde la fracción disuelta al sedimento, siendo las concentraciones inferiores en los puntos de muestreo T2 y T3. Pese a esta disminución, en los puntos T2 y T3 se producen superaciones de los límites fijados, en término medio o en alguna de las campañas. Tal es el caso de zinc, el cobre, cadmio y arsénico (este último en el punto T2 en alguna de las campañas realizadas, no así en su valor medio). Cabe reseñar que esta tendencia a la disminución de la concentración de elementos en disolución en el eje longitudinal de la ría, no se produce en el caso de los fosfatos y del arsénico, presentándose los mayores valores en el punto T2, inmediatamente aguas abajo de la ubicación de las balsas de fosfoyesos. Esto parece indicar que los contenidos en estos dos elementos están relacionados directamente con la presencia de las balsas. En el caso de los fosfatos es lógico, debido a la naturaleza de los propios fosfoyesos. Sin embargo, el caso del arsénico podría ser difícil establecer una relación directa, debido a la presencia de arsénico en los sedimentos. Utilizando los datos de las analíticas del Análisis del Medio Receptor, se ha realizado un análisis de correlación, tanto paramétricas como no paramétricas, entre estos dos compuestos. Pese a que el número de casos de análisis es pequeño ( $n=18$ ), el análisis muestra una correlación superior a 0.8.

Además, las pruebas de análisis de la varianza (pruebas ANOVA y Kruskal-Wallis) muestran que hay diferencias significativas en el contenido, tanto de fosfatos como de arsénico, entre los tres puntos de muestreo. La posible redisolución del arsénico desde el sedimento hacia el agua, en principio no parece plausible. En la tesis doctoral, del año 2010, de Juan José Vicente Martorell, de la Universidad de Cádiz, denominada "Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa suratlántica andaluza afectados por contaminación difusa", se explica como el arsénico es el metal más disponible en las aguas de la zona donde está ubicada la balsa de fosfoyesos, ya que se presenta mayoritariamente en la fracción disuelta y, sin embargo, en los sedimentos se encuentra en una fase inerte, lo que indica que en el estuario no se produce la removilización de arsénico desde los sedimentos a las aguas, debiéndose su presencia en las mismas a aportes externos que la contaminan. Por tanto, tanto las concentraciones de arsénico disuelto, como de fosfatos, estarían directamente influenciados por las balsas de fosfoyesos.

Concentraciones de metales en sedimentos: como bien se reseña en el documento Análisis del Medio Receptor, las concentraciones de metales en los sedimentos de la ría del Tinto son superiores a las de otras zonas de Andalucía. Además, las concentraciones de metales en los sedimentos superan los valores de "Concentración o nivel de efecto probable" para la vida acuática de las guías de calidad de sedimentos, tanto de la US. EPA., como del Canadian Council of Ministers of the Environment, dos de los principales referentes a nivel mundial cuando se evalúa la contaminación de los sedimentos. Prácticamente en todos los parámetros analizados, la concentración de metal en el sedimento aumenta en el eje longitudinal de la ría, siendo superiores en el punto ubicado más aguas abajo. Esto parece indicar que la composición de los sedimentos está relacionada en mayor medida con la precipitación de metales procedentes del río Tinto, siendo éste un comportamiento típico de los ecosistemas de estuarios, en los que la mezcla del agua de los ríos con el agua del mar provoca el paso de los metales disueltos en las aguas hacia los sedimentos por efecto, entre otros pero particularmente importante en este caso, de la variación de pH.

## 2.5 Plan de vigilancia Ambiental

Tras la consulta del apartado del plan de vigilancia ambiental cabe destacar los siguientes aspectos:



- Con respecto a los puntos de muestreo para el control de las aguas superficiales: Se consideran suficientes y adecuados los puntos de muestreo establecidos en el plan de vigilancia ambiental, no así la ubicación de alguno de ellos. Se deberá valorar la ubicación de un punto de muestreo en el río Tinto, aguas arriba y aguas abajo de las balsas de fosfoyesos. El punto ASMR-1 no sirve como punto de control de la afección de las balsas a las aguas superficiales, puesto que la analítica va a reflejar las características hidroquímicas propias del río Tinto, sin servir por tanto como referencia para el control y seguimiento de la afección a las aguas superficiales. A modo orientativo, se propone la ubicación de dos puntos de muestreo en la ría del Tinto, uno aguas arriba de la afluencia del estero de Mendaña y otro punto ubicado aguas abajo de la afluencia del estero del Rincón.
- Respecto a la definición de la situación preoperacional: previamente al desarrollo del proyecto de clausura, tal y como se refleja en el plan de vigilancia ambiental, se deberá establecer la situación preoperacional de calidad, tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas. En el caso de las aguas superficiales, como se ha comentado en el punto anterior, se deberán ubicar dos puntos de muestreo en la ría del Tinto, uno aguas arriba del punto de afluencia del estero de Mendaña y otro aguas abajo de la afluencia del estero del Rincón, con el fin de que sirvan de elemento diferenciador de la afección de las balsas de fosfoyesos sobre las aguas de la ría y para el seguimiento de la calidad de las aguas superficiales tras las actuaciones previstas.
- Parámetros analíticos: Se consideran adecuados los parámetros analíticos que se proponen en el plan de vigilancia ambiental para realizar su seguimiento, tanto en el caso de las aguas superficiales como de las aguas subterráneas.
- Periodicidad de la toma de muestras: la periodicidad de la toma de muestras de aguas superficiales deberá adecuarse a lo establecido en el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. Con respecto a la toma de muestra de aguas subterráneas, se considera adecuado el periodo semestral de toma de muestras y análisis durante los primeros dos años y de carácter anual posteriormente. En el caso de que las analíticas semestrales no demuestren que las medidas adoptadas están siendo eficaces, se deberá valorar la posibilidad de seguir realizando muestreos semestrales.

## 2.6 Plan de Emergencia

Este apartado no se valora por no considerarse dentro del ámbito competencial del IGME.

## 3. CONCLUSIONES

Los estudios complementarios aportados por Fertiberia S.A. se consideran, en general, adecuados y suficientes según los requerimientos del anterior informe. Se deberá, no obstante, tener en cuenta las siguientes consideraciones:



- Se considera necesario la instalación de escollera en aquellas zonas perimetrales en las que un teórico tsunami pudiera afectar a las bermas de las balsas de fosfoyesos.
- Existen dudas acerca de aspectos concretos, por su bajo grado de concreción, del proyecto constructivo de las barreras de impermeabilización y sellado de las estructuras. En el proyecto constructivo se deben explicar, de forma pomenorizada, las actuaciones y el resultado del sellado de los canales mareales y el dren perimetral: profundidad de las pantallas selladoras, caudales que podrán asumir los drenes perimetrales, grado de impermeabilización alcanzado, etc.
- De la evaluación del documento Análisis del medio receptor se desprende que parece existir una relación entre la existencia de las balsas de fosfoyesos y los contenidos de arsénico y fosfatos en las aguas de la ría de Huelva. Por tanto, el Proyecto constructivo de las pantallas de impermeabilización deberá justificar cómo y en qué medida las actuaciones previstas van a redundar en una mejora de la calidad de las aguas de la ría del Tinto con respecto a estos parámetros, dada la imposibilidad de realizar un sellado total de la estructura. Se deberá evaluar la existencia y la magnitud de un posible impacto residual tras la clausura y sellado de la estructura.
- Completar el estudio de potencial de karstificación con los datos ya obtenidos en el estudio de tomografía eléctrica y de CPTs.
- Aspectos que se deben añadir al Plan de Vigilancia Ambiental:
  - o El estudio hidrogeológico se debe completar para un año hidrológico completo.
  - o Instalación de un sismógrafo de acuerdo a las condiciones establecidas en el estudio de estabilidad dinámica.
  - o Se deben realizar inspecciones periódicas del drenaje perimetral, vigilando la existencia de posibles roturas o saturaciones del mismo.
  - o Con respecto al control de las aguas superficiales, es necesario modificar la ubicación de algunos puntos de muestreo. El punto ASMR-1 no sirve como punto de control de la afección de las balsas a las aguas superficiales, puesto que la analítica va a reflejar las características hidroquímicas propias del río Tinto, sin servir por tanto como referencia para el control y seguimiento de la afección a las aguas superficiales. Sería necesario añadir dos nuevos puntos de muestreo en la ría del Tinto, un punto de muestreo aguas arriba de la afluencia del estero de Mendaña y otro punto aguas abajo de la afluencia del río Tinto del estero del Rincón. Estos puntos de muestreo se deberán añadir igualmente en el estudio de la situación preoperacional.
  - o La periodicidad de la toma de muestras se considera suficiente y adecuada. Sin embargo, con respecto a la toma de muestra de aguas subterráneas, está previsto un periodo semestral durante los primeros dos años y de carácter anual posteriormente. En el caso de que las analíticas semestrales no demuestren que las medidas adoptadas están siendo eficaces, se deberá valorar la posibilidad de seguir realizando muestreos semestrales.





En la realización de este informe han colaborado Francisco Javier Fernández Naranjo y Virginia Rodríguez Gómez, técnicos del IGME.

Firmado

Lucas Vadillo Fernández  
Jefe del Área de Recursos Energéticos y Sostenibilidad Minera