



## PROYECTO

# MEJORA DE LA RESTAURACIÓN DE LA ZONA 4 FERTIBERIA (HUELVA)



### DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

Propiedad: Fertiberia S.A.



Ingeniería: Eptisa Servicios de Ingeniería S.L.



Fecha: Junio de 2022

## Índice

### DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

#### MEMORIA

<b>1. Objeto y alcance del proyecto.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Antecedentes .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Situación de las balsas .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Antecedentes.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Estudios previos disponibles.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Topografía.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Caracterización de la Zona 4 .....</b>	<b>12</b>
3.2.1. Resultados de la caracterización de las aguas internas .....	19
3.2.2. Resultados de la caracterización de los residuos .....	20
3.2.3. Descripción geológica .....	22
<b>3.3. Estabilidad geotécnica de las balsas.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4. Descripción hidrogeológica del emplazamiento .....</b>	<b>25</b>
<b>3.5. Descripción climatológica del emplazamiento .....</b>	<b>29</b>
<b>4. Descripción de la clausura proyectada .....</b>	<b>32</b>
<b>5. Definición de los trabajos de clausura .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1. Sellado de perforaciones históricas .....</b>	<b>33</b>
<b>5.2. Remodelación de taludes proyectada .....</b>	<b>34</b>
<b>5.3. Sellado de canales mareales .....</b>	<b>34</b>
<b>5.4. Protección perimetral: Tacón de arcilla y protección de escollera .....</b>	<b>38</b>
<b>5.5. Red de drenaje de aguas internas.....</b>	<b>40</b>
<b>5.6. Sistema de impermeabilización adoptado en zonas no selladas .....</b>	<b>41</b>
<b>5.7. Sistema de drenaje de aguas pluviales de escorrentía .....</b>	<b>42</b>
<b>5.8. Saneamiento de márgenes aledaños a la Zona 4.....</b>	<b>47</b>
<b>5.9. Restauración vegetal de las balsas .....</b>	<b>48</b>
5.9.1. Regularización de la superficie.....	49
5.9.2. Extendido de la tierra vegetal .....	49
5.9.3. Siembras e hidrosiembras.....	49
5.9.4. Plantaciones .....	51

5.10. Mantenimiento de zonas revegetadas .....	52
<b>6. Plan de vigilancia y monitorización ambiental.....</b>	<b>53</b>
6.1. Introducción y alcance general .....	53
6.2. Definición de operaciones .....	53
6.3. Infraestructura de vigilancia y monitorización ambiental .....	54
6.3.1. Red de control de aguas superficiales y suelos en el medio receptor .....	55
6.3.2. Red de control de aguas subterráneas .....	55
6.4. Vigilancia y monitorización ambiental antes de las obras .....	56
6.4.1. Meteorología .....	56
6.4.2. Aguas superficiales.....	56
6.4.3. Aguas subterráneas .....	57
6.4.4. Polvo .....	58
6.4.5. Emisiones radiológicas .....	59
6.4.6. Asentamiento y estabilidad.....	59
6.4.7. Estado general.....	60
6.4.8. Informe.....	60
6.5. Vigilancia y monitorización ambiental durante las obras .....	61
6.5.1. Meteorología .....	61
6.5.2. Aguas superficiales.....	61
6.5.3. Aguas subterráneas .....	62
6.5.4. Polvo .....	63
6.5.5. Emisiones radiológicas .....	63
6.5.6. Asentamiento y estabilidad.....	64
6.5.7. Estado general.....	64
6.5.8. Informe.....	65
6.6. Interrupción-paralización de la Obras .....	65
6.7. Vigilancia y monitorización ambiental postclausura .....	66
6.7.1. Meteorología .....	66
6.7.2. Aguas superficiales.....	66
6.7.3. Aguas subterráneas .....	67
6.7.4. Polvo .....	68
6.7.5. Emisiones radiológicas .....	69
6.7.6. Asentamiento y estabilidad.....	69
6.7.7. Estado general.....	69
6.7.8. Informe.....	70
6.8. Desarrollo del Plan.....	70
<b>7. Programación de las obras .....</b>	<b>72</b>
<b>8. Presupuesto .....</b>	<b>73</b>
<b>9. Documentos de los que consta el proyecto.....</b>	<b>74</b>

## Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Zona 4 de las balsas de fosfoyesos .....	7
Figura 2. Orfotografías de la Zona 4 antes del comienzo de los vertidos (1956) y en el comienzo de las actividades de compartimentalización de las balsas (1977). .....	9
Figura 3. División de la Zona 4 atendiendo a los distintos residuos que contienen. El ámbito del presente proyecto incluye los denominados Sector I y Sector II. ....	10
Figura 4. Ubicación de los sondeos donde se tomaron muestras de residuos y aguas internas en la campaña de Marzo-Junio de 2021.....	13
Figura 5. Muestras de residuo S1R1.....	14
Figura 6. Muestras de residuo S1R2.....	15
Figura 7. Muestras de residuo S2R1.....	15
Figura 8. Muestras de residuo S2BR1 .....	16
Figura 9. Muestras de residuo S3R1.....	16
Figura 10. Muestras de residuo S3R2 .....	17
Figura 11. Muestras de residuo S4R1 .....	17
Figura 12. Muestras de residuo S5BR1 .....	18
Figura 13. Muestras de residuo S5BR2 .....	18
Figura 14. Muestras de residuo S6R1 .....	19
Figura 15. Columna litológica en los apilamientos y permeabilidades asociadas (Fuente: Tragsatec).....	24
Figura 16. Distrito hidrográfico Tinto-Odiel-Piedras (Fuente: Tragsatec).....	26
Figura 17. Masas de agua subterránea en el emplazamiento (Fuente: Tragsatec).....	27
Figura 18. Situación de las balsas con respecto a la masa de agua subterránea más próxima.....	28
Figura 19. Excavación del cajón de cimentación de la barrera de arcilla en la experiencia piloto realizada sobre un canal mareal de la Zona 2. ....	35
Figura 20. Excavación del cajón de cimentación de la barrera de arcilla en la experiencia piloto realizada sobre un canal mareal de la Zona 2. A la derecha de la imagen se aprecia el dique de seguridad efectuado durante las obras. ....	36
Figura 21. Instalación de la barrera de sellado de arcilla sobre la protección de geotextil. ....	37
Figura 22. Compactación de la barrera de sellado de arcilla en la experiencia piloto mediante humectación y compactadora de rodillo con pisonos. ....	37
Figura 23. Esquema de la protección perimetral de arcilla y escollera proyectada.....	39
Figura 24. Profundidades de inundación esperables considerando el tsunami producido por la falla CWF- Cádiz Wedge Fault. (Fuente: Superposición realizada a partir de las figuras publicadas por Lima, V.V., et al, 2010). ....	40
Figura 25. Sección esquemática de la zanja de captación de aguas internas. ....	41
Figura 26. Sección tipo de cuneta de recogida perimetral.....	44
Figura 27. Sección tipo de cuneta de interior.....	45
Figura 28. Esquema de actuaciones de drenaje superficial .....	46

## Índice de tablas

Tabla 1. Valores medios de concentración de las sustancias más significativas detectadas en las aguas internas de la Zona 4.....	20
Tabla 2. Resultados obtenidos en la caracterización del residuo conforme a la Orden AAA/661/2013 .....	21
Tabla 3. Factores de seguridad obtenidos en el estudio de estabilidad .....	25
Tabla 4. Valores de precipitación (mm) en el área de las balsas en el periodo 2001-2017 .....	30
Tabla 5. Valores de evaporación (mm) en el área de las balsas en el periodo 2001-2017.....	31
Tabla 6. Elementos de descarga de aguas captadas .....	45

## ANEJOS

### ANEJO 1: CARACTERIZACIÓN ZONA 4

### ANEJO 2: CARACTERIZACIÓN RESIDUOS Y AGUAS INTERNAS

### ANEJO 3: GEOFÍSICA

### ANEJO 4: HIDROGEOLOGÍA

### ANEJO 5: GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y ESTABILIDAD

### ANEJO 6: RED DE DRENAJE SUPERFICIAL

### ANEJO 7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

### ANEJO 8: PLAN DE OBRA

## **1. Objeto y alcance del proyecto**

---

El objeto del presente proyecto es la descripción y el desarrollo de la solución propuesta por Fertiberia, S.A., para la clausura de la Zona 4 las balsas de fosfoyesos explotadas en el pasado por dicha empresa en Huelva. El presente proyecto se desarrolla con el fin de servir de proyecto para la tramitación administrativa.

## 2. Antecedentes

### 2.1. Situación de las balsas

Las balsas de fosfoyesos se sitúan en el término municipal de Huelva, en la margen derecha del Río Tinto en las denominadas Marismas de Mendaña, ocupando una superficie considerada como dominio público marítimo-terrestre. El acceso a la zona de estudio se realiza a través de la carretera N-431, que une Huelva capital con Sevilla, a unos 6 kilómetros de la ciudad de Huelva.

La Zona 4 objeto del presente proyecto ocupa una superficie de 125 hectáreas y está limitada al oeste por la Marisma de Mendaña, el siguiente estero de gran tamaño que existe a continuación de la Marisma del Rincón, y limita al este con la Ribera de la Nicoba, otro estero de gran tamaño que penetra hacia el norte, entre las localidades de Huelva y San Juan del Puerto, al norte se sitúa una zona de marisma sin depósito de fosfoyesos y la antigua carretera Huelva-Sevilla.

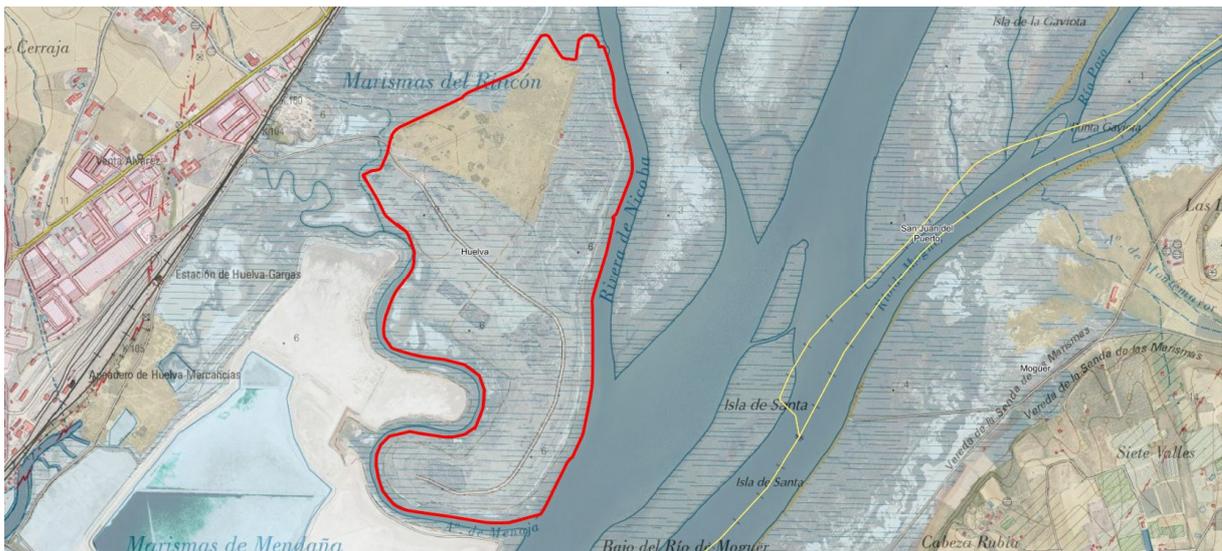


Figura 1. Ubicación de la Zona 4 de las balsas de fosfoyesos

### 2.2. Antecedentes

Conforme al Proyecto Director para la Recuperación de las balsas de fosfoyesos en las marismas de Huelva, realizado por Tragsatec en julio de 2012, el inicio histórico de las balsas de fosfoyesos se remonta al año 1964, cuando la mercantil Fertilizantes de Iberia, S.A. solicitó concesión administrativa para la ocupación de una marisma situada en el margen derecha del Río Tinto, término municipal de Huelva para una extensión de 6.000.000 m<sup>2</sup> (Expediente de concesión C-470 de Huelva).

El 21 de julio de 1965, Azamón, S.A. formalizó ante el Ministerio de Obras Públicas la solicitud de una concesión del derecho a ocupar una parcela de terreno de la zona marítimo-terrestre de Huelva, con destino a la construcción de balsas de decantación para el vertido de yeso, subproducto industrial de

la planta de ácido fosfórico situada en sus cercanías. Con posterioridad, se unió a la petición la mercantil Unión Explosivos Río Tinto, S.A. (Expediente de concesión C-469 de Huelva).

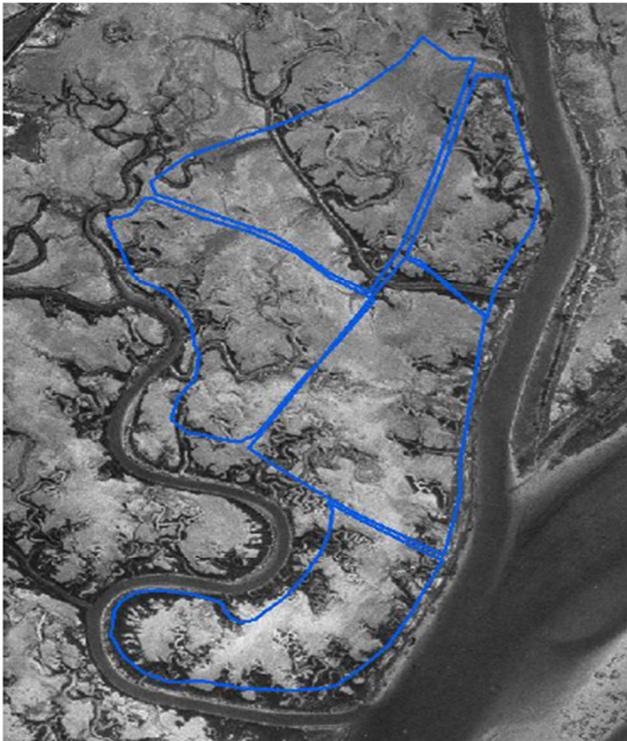
Al haber sido, dichos terrenos, solicitados por la mercantil Fertilizantes de Iberia, S.A. para idéntica finalidad, los concesionarios llegaron al acuerdo de repartir los 7.200.000 m<sup>2</sup> disponibles entre ambas concesiones tal y como así determinó la Dirección General del Puerto. Posteriormente al procedimiento de otorgamiento de la concesión, Azamón, S.A. solicitó que la concesión fuese otorgada sólo a Unión Explosivos Río Tinto, S.A.

Por Orden Ministerial de 14 marzo de 1967, se autorizó a Unión Explosivos Río Tinto, S.A. a título de precario y por 50 años la ocupación de una parcela de 3.600.000 m<sup>2</sup> (360 hectáreas) de superficie situada en la zona marítimo-terrestre de la margen derecha del Río Tinto, entre el estero de La Nicoba, el ferrocarril de Sevilla a Huelva y el estero de El Rincón, en el término municipal de Huelva, con destino a la construcción de depósitos de decantación para el vertido de yesos, subproducto de su planta industrial de ácido fosfórico.

Por Orden Ministerial de 17 de mayo de 1968, se autorizó a Fertilizantes de Iberia, S.A. la ocupación de una parcela de 3.600.000 m<sup>2</sup> (360 hectáreas) de superficie, situada en la zona marítimo-terrestre de la margen derecha del Río Tinto, entre el estero de “La Nicoba”, el ferrocarril de Sevilla a Huelva y el estero de “El Rincón”, en el término municipal de Huelva, con destino a la construcción de depósitos de decantación para el vertido de yesos, subproducto de su planta industrial de ácido Fosfórico Proyecto Director para la recuperación de las balsas de fosfoyesos en las marismas de Huelva.

Con posterioridad a estas fechas, y por el devenir de las distintas empresas concesionarias, ambas concesiones administrativas (C-469 y C470) se consolidaron en la mercantil Fertiberia SA a través de una nueva concesión (Expediente de concesión C-785 de Huelva) por el que se permitía continuar con las actividades de vertido en las parcelas citadas hasta el 31 de diciembre de 2010. A partir de esa fecha, la concesión se consideró caducada y los terrenos revertían de nuevo al Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, quedando obligada Fertiberia a llevar a cabo la regeneración ambiental de los mismos.

Las actividades de vertido en la Zona 4 comienzan a partir del año 1977, apreciándose en la fotografía aérea de dicho año el comienzo de la división de dicha zona en distintos compartimentos destinados al vertido de los fosfoyesos.



Año 1956



Año 1977

*Figura 2. Orfotografías de la Zona 4 antes del comienzo de los vertidos (1956) y en el comienzo de las actividades de compartimentalización de las balsas (1977).*

A partir de 1977 comenzaron a almacenarse los fosfoyesos mediante la formación de embalsamientos compartimentalizados delimitados por diques perimetrales que posteriormente se iban recreciendo aguas arriba, ejecutándose diques sucesivos hacia el interior de las balsas a medida que se iba decantando y solidificando el fosfoyeso. Posteriormente, sobre los fosfoyesos se vertieron distintos residuos conforme al proyecto de restauración de las balsas presentado por Fertiberia y aprobado mediante Resolución de la Consejería de Medio Ambiente de 2 de julio de 1997, en base al cual los fosfoyesos fueron cubiertos por diferentes materiales clasificados como inertes. Para la ejecución de este proyecto de restauración, Fertiberia formalizó un Convenio de colaboración con el Excmo. Ayuntamiento de Huelva y la Empresa de Gestión Medioambiental (EGMASA).

Como consecuencia de dichos acuerdos, a efectos de los materiales presentes, la Zona 4 se puede dividir en 3 áreas diferenciadas por los residuos que contienen:

- Sector I: Formado por apilamientos de fosfoyesos en la base, residuos de construcción en superficie y un área limitada en su lado oeste en la que se vertieron residuos sólidos municipales. Los RCD se vertieron en virtud del citado Convenio de Colaboración suscrito por

Fertiberia, Egmasa y el Excmo. Ayuntamiento de Huelva para la ejecución del proyecto de restauración de Fertiberia para esta zona, y particularmente en su mitad sur (Sector I), donde también se han encontrado en las columnas perforadas basuras urbanas consistentes fundamentalmente en biomasa, maderas, etc.. Estos RCD, mezclados en ocasiones con basuras, se encuentran en este Sector I de la Zona 4 en paquetes de aproximadamente 0,5-9 m de espesor sobre los fosfoyesos, con un espesor medio en torno a 4 m.

- Sector II: Formado por apilamientos de fosfoyesos en su base y residuos industriales inertizados y RCDs depositados en superficie en virtud del citado Convenio de Colaboración suscrito por Fertiberia, Egmasa y el Excmo. Ayuntamiento de Huelva para la ejecución del proyecto de restauración de Fertiberia para esta zona.
- CRI-9: Zona que se encuentra bajo la supervisión del Consejo de Seguridad Nuclear por haber contenido, depositados por EGMASA, residuos radiactivos procedentes de un accidente en una fundición de Acerinox, que posteriormente fueron retirados. Si bien no se disponen de sondeos de caracterización de esta zona, los estudios geofísicos realizados indicarían que además de los citados residuos radiactivos, en dicha zona se encontrarían igualmente almacenados una primera capa de fosfoyesos en la base y RCDs en superficie. Esta zona fue sellada mediante la instalación de una capa de 1,5 metros de espesor de arcilla compactada cubierta superiormente por una capa de tierra vegetal.



Figura 3. División de la Zona 4 atendiendo a los distintos residuos que contienen. El ámbito del presente proyecto incluye los denominados Sector I y Sector II.

La media de los espesores de materiales de relleno en la Zona 4 se encuentra en el entorno de los 10 m. Como consecuencia de la ejecución del proyecto de restauración aprobado que se ha citado con anterioridad, el Sector I cuenta además con una cobertura de tierras e inertes de alrededor de 1 m de espesor, 0,2 m de tierra vegetal y su correspondiente revegetación de especies autóctonas.

### 3. Estudios previos disponibles

---

#### 3.1. Topografía

La topografía empleada en el desarrollo del presente proyecto ha sido facilitada por Fertiberia, S.A., y corresponde a un levantamiento topográfico obtenido por restitución de un vuelo fotogramétrico efectuado en Noviembre de 2020.

#### 3.2. Caracterización de la Zona 4

A lo largo de los últimos años, se han realizado diversas campañas de caracterización de los fosfoyesos contenidos en las balsas que han dado lugar a una serie de informes de caracterización entre los que cabe destacar los siguientes, que se incluyen en el Anejo 1 del presente proyecto para su consulta, como más significativos:

- Caracterización Balsas de depósitos de fosfoyesos (Zonas 1 y 4). EMGRISA. Septiembre- Noviembre de 2010.
- Caracterización Balsas de depósitos de fosfoyesos (Zonas 1 y 4). EMGRISA. Mayo-Agosto de 2012.

De dichos estudios se desprenden los siguientes resultados en cuanto a la caracterización química de los residuos sólidos y aguas internas de la Zona 4:

- ✓ En los residuos contenidos en el área identificada en este estudio dentro de la Zona 4 de los depósitos de fosfoyesos como “Sector I”, se detectan niveles de concentración elevados de algunos metales (As, Hg, Zn, Co, Pb, Cu, Tl, Cd, Sn, Cr, Ti y V) y de manera más puntual concentraciones más moderadas de algunos compuestos del grupo de los HAPs (benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, naftaleno y benzo(a)antraceno) y TPHs.
- ✓ En los residuos contenidos en el área identificada como “Sector II”, excluido el CRI-9 bajo control radiológico por el CSN, se detectan concentraciones elevadas de algunos metales (As, Hg, Zn, Co, Pb, Cu, Tl, Cd, Sn, Cr, Ni, Ti y V) y de manera más puntual concentraciones más moderadas de tetracloroetileno, algunos compuestos del grupo de los HAPs (benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, naftaleno, benzo(a)antraceno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, fluoreno y pireno), y TPHs.
- ✓ En las aguas subterráneas contenidas en los rellenos antrópicos de la Zona 4 Sector I, delimitadas desde la pista central de acceso de camiones hacia el sur, se detectan niveles elevados de concentración de As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Zn, Tl, V e hidrocarburos totales. Se obtienen valores también valores de concentración de moderados a bajos de Ba, Hg, fenoles, algunos PAHs (naftaleno, fenantreno, fluoranteno, antraceno y criseno) y tetracloroetano.

Para la actualización de dichos estudios, Eptisa, Servicios de Ingeniería, S.L., realizó en Marzo - Junio de 2021 su propia campaña de caracterización de los residuos sólidos y aguas internas contenidos en la Zona 4 al haberse publicado desde la realización de los anteriores estudios la Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, que actualiza los criterios de admisión establecidos en la Directiva 1999/31/CEE. Igual que en el caso anterior, Eptisa, Servicios de Ingeniería, S.L., ha estimado conveniente proceder a evaluar nuevamente los fosfoyesos conforme a dicha actualización.

Con dicho fin, Eptisa, Servicios de ingeniería, S.L., ha procedido a la toma de 10 muestras de residuos sólidos y 6 muestras de aguas internas en las ubicaciones de los 6 sondeos realizados en las ubicaciones que se muestran en la siguiente figura:



*Figura 4. Ubicación de los sondeos donde se tomaron muestras de residuos y aguas internas en la campaña de Marzo-Junio de 2021.*

Las aguas internas muestreadas en los 6 sondeos se detectaron a profundidades comprendidas entre los 4 m y los 9 m, con un valor medio aproximado de 6 m de profundidad, encontrándose las aguas internas acumuladas aproximadamente en un espesor de unos 2 m por encima del cuaternario arcilloso subyacente de la marisma. Los niveles de aguas freáticas detectados por Eptisa en Abril de 2021 son consistentes con los registrados en los informes históricos de EMGRISA realizados en Noviembre de 2010, por lo que cabría esperar que dichos niveles no aumentasen significativamente al haberse registrado en épocas de lluvia en ambas campañas.

Los residuos sólidos se muestrearon en los mismos 6 sondeos realizados a las profundidades que se muestran en las siguientes figuras:

**MUESTRA S1R1**

**SONDEO S-1:  
MUESTREO DE  
RSU 3,90 a 4,05  
m (FRACCIÓN  
FINA SÓLO)**



*Figura 5. Muestras de residuo S1R1*

**MUESTRA S1R2**

**SONDEO S-1:  
MUESTREO DE  
FOSFOYESO  
BLANCO 4,60 a  
4,80 m**



Figura 6. Muestras de residuo S1R2

**MUESTRA S2R1**

**SONDEO S-2:  
MUESTREO DE  
RESIDUO NEGRO  
7,20 a 7,50 m**



Figura 7. Muestras de residuo S2R1

**MUESTRA S2BR1**

**SONDEO S-2B:  
MUESTREO DE  
RCD 1,20 a 2,00  
m (FRACCIÓN  
FINA SÓLO)**



*Figura 8. Muestras de residuo S2BR1*

**MUESTRA S3R1**

**SONDEO S-3:  
MUESTREO DE  
RESIDUO ROJIZO  
2,40 a 3,00 m  
(FRACCIÓN FINA  
SÓLO)**



*Figura 9. Muestras de residuo S3R1*

**MUESTRA S3R2**

**SONDEO S-3B:  
MUESTREO DE  
FOSFOYESO  
BLANCO 7,80 a  
8,00 m  
(FRACCIÓN FINA  
SÓLO)**



Figura 10. Muestras de residuo S3R2

**MUESTRA S4R1**

**SONDEO S-4:  
MUESTREO DE  
RESIDUO NEGRO  
1,50 a 3,00 m  
(FRACCIÓN FINA  
SÓLO)**



Figura 11. Muestras de residuo S4R1

**MUESTRA S5BR1**

**SONDEO S-5B:  
MUESTREO DE  
FOSFOYESO  
AMARILLENTO  
3,40 a 4,50 m**



Figura 12. Muestras de residuo S5BR1

**MUESTRA S5BR2**

**SONDEO S-5B:  
MUESTREO DE  
FOSFOYESO  
NEGRO 4,75 a  
4,90 m**



Figura 13. Muestras de residuo S5BR2

**MUESTRA S6R1**

**SONDEO S-6:  
MUESTREO DE  
RESIDUO ROJO  
7,10 a 7,50 m**



Figura 14. Muestras de residuo S6R1

Los resultados obtenidos en dichos ensayos, que pueden consultarse en el Anejo 2, se resumen en los siguientes epígrafes.

### 3.2.1. Resultados de la caracterización de las aguas internas

Los análisis químicos realizados sobre las aguas internas confirman los resultados que ya fueran señalados en los informes de EMGRISA anteriormente citados. Según dichos resultados las mayores concentraciones de contaminantes en las aguas se obtendrían para los metales, siendo bastante reducida la presencia y concentración de otros contaminantes minoritarios (PAHs, hidrocarburos clorados, fenoles e hidrocarburos totales de petróleo).

A modo de resumen se refleja en la siguiente tabla los valores medios de concentración de las principales sustancias detectadas.

Sustancia	AÑO 2021
	Valor medio de los puntos en los que se detecta (microgramos/l)
Arsénico	11.659
Cadmio	1.817
Cromo	1.109
Cobalto	386
Cobre	1.315
Mercurio	9
Plomo	656
Niquel	1.905
Zinc	23.011
Talio	20
Vanadio	2.875
Fenoles	35
Hidrocarburos	438

*Tabla 1. Valores medios de concentración de las sustancias más significativas detectadas en las aguas internas de la Zona 4.*

### 3.2.2. Resultados de la caracterización de los residuos

Los análisis realizados conforme a la Orden AAA/661/2013 se muestran de manera resumida en la tabla de la siguiente página.

Parámetros	Unidades	1(S2R1)	2(S4R1)	3(S6R1)	4(S1R1)	5(S3R2)	6(S5BR2)	7(S3R1)	8(S1R2)	9(S2BR1)	10(S5BR1)	RESIDUOS INERTES	RESIDUOS NO PELIGROSOS	RESIDUOS GRANULARES PELIGROSOS ADMISIBLES EN VERTEDEROS DE RESIDUOS NO PELIGROSOS	RESIDUOS PELIGROSOS
												VALORES LÍMITE DE LIXIVIACIÓN Orden AAA/661/2013, de 18 de abril L/S= 10 l/kg	VALORES LÍMITE DE LIXIVIACIÓN Orden AAA/661/2013, de 18 de abril L/S= 10 l/kg	VALORES LÍMITE DE LIXIVIACIÓN Orden AAA/661/2013, de 18 de abril L/S= 10 l/kg	VALORES LÍMITE DE LIXIVIACIÓN Orden AAA/661/2013, de 18 de abril L/S= 10 l/kg
<b>Análisis físico-químicos</b>															
Conductividad eléctrica 25°C	µS/cm	3500	3500	4900	6000	8300	5700	1600	4600	550	2500	-	-	-	-
Conductividad eléctrica 25°C	mS/m	350	350	490	600	830	570	160	460	55	250	-	-	-	-
Temperatura de medición (EC)	° C	20,5	20	20	20,4	20,2	20	19,2	19,9	20,1	20,4	-	-	-	-
Temperatura de medición (pH)	° C	20,6	20,2	20,1	20,4	20,4	20,2	19,2	20	20,2	20,5	-	-	-	-
Acidez (pH)		7,9	7,1	2,9	8,4	3,9	2,5	8	7,4	9	5,9	-	-	-	-
<b>Lixiviación</b>															
Ens. de lixiviación corto (L/S 10)	L/g ms	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0102	0,01	0,01	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/kg ms	0,032	0,21	1,2	2,7	0,0096	0,56	0,018	0,087	0,02	0,026	0,06	0,7	0,7	5
Arsénico (As)	mg/kg ms	0,011	0,19	11	9,1	0,16	4,7	0,018	1,4	0,036	0,13	0,5	2	2	25
Bario (Ba)	mg/kg ms	0,32	0,61	0,38	0,26	0,53	0,41	<0,20	0,31	<0,20	<0,20	20	100	100	300
Cadmio (Cd)	mg/kg ms	0,00084	0,0019	1	0,0051	0,21	0,9	0,00068	0,11	<0,00040	0,054	0,04	1	1	5
Cromo (Cr)	mg/kg ms	0,033	0,018	1,6	0,39	0,059	0,51	0,01	0,074	0,013	<0,0050	0,5	10	10	70
Cobre (Cu)	mg/kg ms	<0,020	<0,020	110	370	4,1	19	0,04	1,3	0,086	0,054	2	50	50	100
Mercurio (Hg)	mg/kg ms	<0,00010	0,0071	0,14	0,036	0,02	0,017	0,00021	0,0026	0,00012	0,00042	0,01	0,2	0,2	2
Níquel (Ni)	mg/kg ms	0,36	4,5	32	1,5	0,15	7,9	0,21	0,84	0,0059	0,12	0,4	10	10	40
Molibdeno (Mo)	mg/kg ms	0,62	1,1	0,55	8,2	0,032	0,056	0,15	0,57	0,071	0,049	0,5	10	10	30
Plomo (Pb)	mg/kg ms	<0,0050	0,18	0,91	0,24	0,078	1	<0,0050	<0,0051	<0,0050	<0,0050	0,5	10	10	50
Selenio (Se)	mg/kg ms	0,0086	0,043	0,67	0,31	0,0057	0,21	0,011	0,34	0,0046	0,089	0,1	0,5	0,5	7
Zinc (Zn)	mg/kg ms	0,075	17	37	2,2	1,8	13	0,053	0,13	<0,040	0,31	4	50	50	200
Cloruro lixiviable	mg/kg ms	2500	1300	4000	7800	17000	2200	1200	2900	46	400	800	15000	15000	25000
Fluoruro lixiviable	mg/kg ms	93	60	1600	53	11	4500	26	120	5,8	110	10	150	150	500
COD lixiviable	mg/kg ms	29	300	33	8700	<20	51	22	320	<20	<20	500	800	800	1000
Sulfato lixiviable	mg/kg ms	17000	28000	18000	13000	20000	19000	6800	22000	2400	14000	1000	20000	20000	50000
Índice de fenol lixiviable	mg/kg ms	<0,010	0,038	<0,010	2,3	<0,010	0,062	0,031	<0,010	<0,010	<0,010	1	-	-	-
Sólidos totales disueltos (TDS)	mg/kg ms	31000	31000	39000	55000	66000	45000	13000	35000	4300	24000	4.000	60000	60.000	100.000
<b>Características</b>															
Matena seca	% (m/m)	82,2	76,6	65,7	67,4	66,3	63,8	77	63,9	95,9	66,9	-	-	-	-
COT	g/kg ms	<5,0	20	5,6	130	<5,0	10	9,9	<5,0	<5,0	<5,0	30	-	50	60
<b>Análisis físico-químicos</b>															
Temperatura de medición (pH-KCl)	° C	22	22	22	23	22	22	22	21	22	22	-	-	-	-
Acidez (pH - kcl) (unidad de val. pH)		8,1	7,5	3,5	8,6	4,9	3,2	7,9	6,3	8	6,1	-	-	6	-
<b>Hidrocarburos Monoaromáticos</b>															
Benceno	mg/kg ms	<0,050	0,25	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	-
Tolueno	mg/kg ms	<0,050	1,3	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	-
Etilbenceno	mg/kg ms	<0,050	17	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	-
o-Xileno	mg/kg ms	<0,050	4,8	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	-
m,p-Xileno	mg/kg ms	<0,050	10	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	-
Xilenos (suma)	mg/kg ms	<0,10	15	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-	-	-	-
BTEX (suma)	mg/kg ms	<0,25	33	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	6	-	-	-
<b>Hidrocarburos de petróleo</b>															
TPH (C10-C12)	mg/kg ms	<3,0	200	6,4	17	<3,0	10	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	-	-	-	-
TPH (C12-C16)	mg/kg ms	<5,0	340	14	55	<5,0	51	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	-	-	-	-
TPH (C16-C21)	mg/kg ms	7,1	390	26	380	<6,0	110	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	-	-	-	-
TPH (C21-C30)	mg/kg ms	38	930	59	1900	<12	250	<12	<12	17	<12	-	-	-	-
TPH (C30-C35)	mg/kg ms	26	490	29	310	<6,0	130	<6,0	<6,0	12	<6,0	-	-	-	-
TPH (C35-C40)	mg/kg ms	16	240	11	70	<6,0	55	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	-	-	-	-
TPH Suma (C10-C40)	mg/kg ms	91	2600	150	2700	<38	600	<38	<38	<38	<38	500	-	-	-
<b>Bifenilos Policlorados</b>															
PCB 28	mg/kg ms	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-	-	-	-
PCB 52	mg/kg ms	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-	-	-	-
PCB 101	mg/kg ms	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0021	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-	-	-	-
PCB 118	mg/kg ms	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-	-	-	-
PCB 138	mg/kg ms	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0057	<0,0010	0,0043	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-	-	-	-
PCB 153	mg/kg ms	<0,0010	0,0018	<0,0010	0,0081	<0,0010	0,0061	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-	-	-	-
PCB 180	mg/kg ms	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0092	<0,0010	0,007	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-	-	-	-
PCB (7) (suma)	mg/kg ms	<0,0070	<0,0070	<0,0070	0,023	<0,0070	0,02	<0,0070	<0,0070	<0,0070	<0,0070	1	-	-	-
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, HAP</b>															
Naftaleno	mg/kg ms	<0,010	0,44	0,018	0,095	<0,010	0,052	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	-	-
Acenafteño	mg/kg ms	<0,010	0,065	0,16	<0,010	<0,010	<0,010	0,026	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	-	-
Acenafteño	mg/kg ms	<0,010	0,13	0,015	0,016	<0,010	0,034	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	-	-
Fluoreno	mg/kg ms	<0,010	0,15	0,038	0,028	<0,010	0,059	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	-	-
Fenantreno	mg/kg ms	0,013	0,52	0,034	0,14	<0,010	0,14	0,015	<0,010	0,013	<0,010	-	-	-	-
Antraceno	mg/kg ms	<0,010	0,084	0,065	0,02	<0,010	0,038	0,015	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	-	-
Fluoranteno	mg/kg ms	0,025	0,13	0,026	0,041	<0,010	0,036	0,065	<0,010	0,018	<0,010	-	-	-	-
Pireno	mg/kg ms	0,021	0,27	0,077	0,13	<0,010	0,37	0,058	<0,010	0,017	<0,010	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	mg/kg ms	0,012	0,11	0,023	0,048	<0,010	0,032	0,057	<0,010	0,013	<0,010	-	-	-	-
Criseno	mg/kg ms	0,013	0,12	0,016	0,057	<0,010	0,03	0,06	<0,010	0,012	<0,010	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg ms	0,018	0,092	0,024	0,049	<0,010	0,02	0,1	<0,010	0,018	<0,010	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg ms	<0,010	0,031	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	0,039	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	mg/kg ms	0,012	0,07	0,012	0,052	<0,010	0,04	0,066	<0,010	0,012	<0,010	-	-	-	-
Dibenzo(ah)antraceno	mg/kg ms	<0,010	0,018	<0,010	0,021	<0,010	0,013	0,014	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	-	-
Benzo(ghi)perileno	mg/kg ms	0,011	0,052	0,022	0,086	<0,010	0,089	0,046	<0,010	0,012	<0,010	-	-	-	-
Indeno (123cd)pireno	mg/kg ms	<0,010	0,047	<0,010	0,027	<0,010	0,015	0,053	<0,010	0,011	<0,010	-	-	-	-
HAP 10 VROM (suma)	mg/kg ms	<0,10	1,6	0,22	0,58	<0,10	0,47	0,42	<0,10	<0,10	<0,10	-	-	-	-
HAP 16 EPA (suma)	mg/kg ms	<0,16	2,3	0,53	0,82	<0,16	0,97	0,61	<0,16	<0,16	<0,16	55	-	-	-

Tabla 2. Resultados obtenidos en la caracterización del residuo conforme a la Orden AAA/661/2013

De los anteriores resultados se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La muestra extraída de los residuos correspondientes a los RCD (S2BR1) se puede considerar un residuo que sería aceptable en un vertedero de residuos inertes conforme a los niveles de contaminantes detectados y su potencial lixiviación.
- Las muestras tomadas de los distintos tipos de fosfoyesos detectados (S1R2, S3R2.S5BR1 y S5BR2) superan los criterios de aceptación en vertederos de residuos no peligrosos en contaminantes tales como cloruro, fluoruro y sólidos totales disueltos. Únicamente en la muestra que a priori parece fosfoyeso negro, de presencia muy puntual en la Zona 4 a juzgar por los sondeos realizados, se superaría también el nivel de arsénico.
- Las muestras tomadas en RSU (S1R1) superan los criterios de aceptación de residuos no peligrosos en antimonio, arsénico y TPHs y el límite de aceptación en vertederos de peligrosos en cobre y COD (Carbono Orgánico Disuelto).
- Las muestras tomadas en residuos industriales presentes mayoritariamente en el Sector II de la Zona 4 (muestras S2R1, S4R1 y S6R1) pueden dividirse en dos subcategorías, los residuos de tonalidades negras, que presentan superaciones de los niveles de TPHs y los residuos rojizos esporádicos, que probablemente sean cenizas de tostación de pirita o residuos de óxidos de titanio presentes en la Zona 4, que presentan superaciones de diversos metales (Sb, As, Ba, Cd, Ni y Se) y de fluoruros lixiviables.
- La muestra S3R1, a pesar de su tonalidad rojiza, debido a los bajos valores de contaminantes que registra probablemente represente una muestra de las arcillas de marisma rojizas que pudieron emplearse en el pasado eventualmente para la cobertura de los fosfoyesos o para realizar diques de recrecimiento.

Cabe destacar que en la Zona 4 los residuos almacenados mayoritariamente en volumen son los RCDs y los fosfoyesos, representando los de menor peligrosidad según los resultados obtenidos. Los RSU existentes en un área minoritaria del Sector I y los residuos industriales existentes en el Sector II, representarían un menor volumen de residuos en la Zona 4 pero con mayor capacidad contaminante.

### **3.2.3. Descripción geológica**

Desde un punto de vista geológico, la zona de estudio se ubica en la Cuenca del Guadalquivir (Subcuencas del Tinto y el Odiel) en su borde costero Suroccidental. Los materiales que conforman esta zona corresponden a los depósitos marinos del Neógeno arrasados o recubiertos por sedimentos continentales del Plioceno y del Cuaternario. El borde de la Cuenca en esta área queda limitada al N por los materiales Paleozoicos de la Sierra de Huelva sobre los que se depositan los materiales comentados.

El área de emplazamiento y entorno de las instalaciones del almacenamiento de fosfoyeso se localiza en las denominadas Marismas del Rincón, en la margen derecha del río Tinto, en su tramo final previo a la desembocadura al río Odiel.

El terreno de apoyo del apilamiento y balsa de seguridad está constituido por un conjunto de depósitos Cuaternarios de marisma, generalmente muy blandos y en el que a grandes rasgos se pueden discretizar tres niveles estratigráficos. Un nivel superficial arcilloso limoso, un nivel intermedio más arenoso o con mayor predominio de intercalaciones o lentejones arenosos, y un tercer nivel basal arcilloso limoso en contacto con el substrato Neógeno margoso.

Hidrogeológicamente, el nivel intermedio del Cuaternario de marisma tiene carácter de acuífero confinado. No obstante no parece existir una conexión hidráulica entre las aguas superficiales y este nivel arenoso puesto que las arcillas limosas superficiales de la marisma, muy impermeables, actuarían de barrera entre ambas.

Geomorfológicamente la zona estudiada se encuentra sometida a un proceso de modelado activo, tanto en la zona costera como en la marisma marginal. Actualmente este proceso se caracteriza por una acreción de las barras arenosas costeras en Punta Umbría, reduciéndose la capacidad de drenaje fluvial y favoreciendo la colmatación y desecación de las marismas.

Este proceso favorece el riesgo de inundaciones en épocas de máximas avenidas coincidiendo con la pleamar al producirse un efecto de remanso en la marisma.

Desde un punto de vista sismotectónico la sismicidad de la zona de estudio está relacionada con el movimiento de la Fractura Azores - Gibraltar. Por otro lado, en esta parte de la costa onubense se está produciendo un progresivo hundimiento isostático que no llega a desarrollar sismicidad ya que es un movimiento continuo que no origina acumulaciones de energía.

Además el emplazamiento presenta otros riesgos geológico-geotécnicos relacionados con los factores litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de la marisma, como son la baja capacidad portante y los asentamientos de gran magnitud, así como la existencia de niveles freáticos superficiales que dificultan el drenaje.

A efectos de barrera geológica natural, conforme a los análisis realizados históricamente por Tragsatec, los materiales geológicos subyacentes sobre los que se apoya el apilamiento de fosfoyesos (arcillas limosas de las marismas) presentan permeabilidades verticales medias del orden de  $10^{-8}$  cm/s y permeabilidades horizontales medias de  $10^{-6}$  cm/s tal y como se muestra en la siguiente figura. Dichos valores permiten considerar el subsuelo como barrera de baja permeabilidad a efectos hidrogeológicos y de transporte de contaminantes.

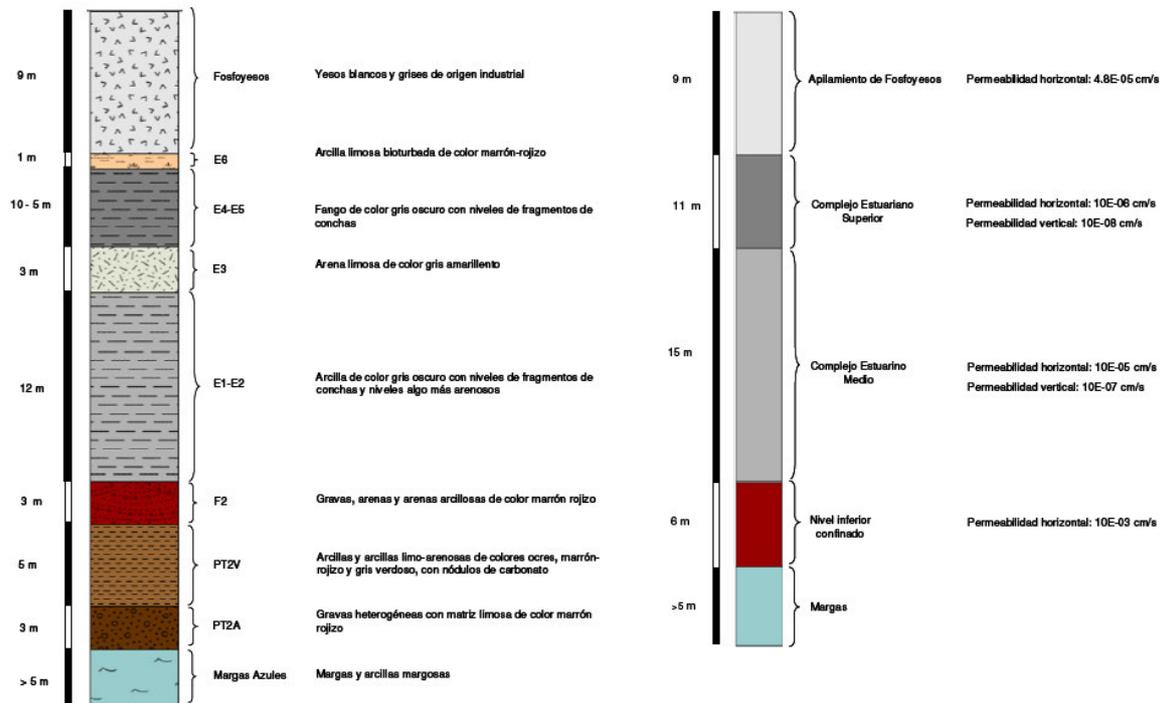


Figura 15. Columna litológica en los apilamientos y permeabilidades asociadas (Fuente: Tragsatec)

### 3.3. Estabilidad geotécnica de las balsas

En el Anejo 5 se han llevado a cabo los cálculos de estabilidad del diseño de Proyecto de Clausura de las Balsas de Fosfoyesos en el Término Municipal de Huelva.

En primer lugar, se han designado los modelos geométricos de estudio, es decir, en función de la topografía actual de los apilamientos y del diseño de las obras. El resultado de este análisis es la definición geométrica de los taludes (altura y pendiente) que se introducen en el modelo. Este aspecto es la variable principal del análisis, ya que el diseño geométrico se debe ir modificando durante el proceso de cálculo, ya que el objeto del mismo es establecer un diseño que cumpla con los requerimientos de seguridad necesarios. Se han estudiado tres perfiles.

El siguiente elemento a considerar son las hipótesis de carga. En este sentido, el estudio de estabilidad se ha llevado a cabo bajo una hipótesis de carga estática, y también analizando la ocurrencia de un sismo de acuerdo con la normativa actual y el emplazamiento de la obra.

Por otra parte, a partir de la información geotécnica que se detalla en el anejo correspondiente, y en base a las zonificaciones y a los numerosos reconocimientos geotécnicos llevados a cabo a lo largo de los años, se definen una serie de perfiles estratigráficos tipo, en los cuales se identifica, por zonas, los espesores de fosfoyesos, los de RCDs, residuos industriales, residuos sólidos urbanos y los diferentes estratos cuaternarios que conforman el paquete de marismas y el sustrato terciario base.

Asimismo, en concordancia con el análisis e interpretación de los ensayos de campo y laboratorio, y asociados a cada uno de los perfiles anteriores, se establecen los parámetros geotécnicos necesarios para los cálculos de estabilidad.

Para terminar, se establece el método de cálculo que se considera más adecuado para el tipo de rotura a analizar y se decide la herramienta informática empleada para el desarrollo del mismo.

Como resultado de los cálculos realizados se ha determinado la necesidad de remodelar parte de los taludes perimetrales existentes, de alturas aproximadas de 6 m – 7 m y pendientes aproximadas 5H:1V, para obtener taludes finales de pendientes 10H:1V en todo el perímetro en el que se cuenta con mayores espesores de sustrato de marisma con reducida capacidad resistente. Dicha remodelación se hace necesaria por motivos de estabilidad para eliminar el riesgo de ocurrencia de roturas circulares profundas a través del sustrato de marisma durante eventos sísmicos (situación eventual).

A continuación se presentan los factores de seguridad obtenidos del estudio de estabilidad, particularizados para cada uno de los perfiles analizados en situación normal y en situación accidental (sismo) una vez considerada la remodelación de taludes descrita.

<b>PERFIL</b>	<b>FS NORMAL</b>	<b>FS ACCIDENTAL</b>
<b>1</b>	2.19	1.22
<b>2</b>	1.71	1.23
<b>3</b>	2.18	1.23

*Tabla 3. Factores de seguridad obtenidos en el estudio de estabilidad*

### **3.4. Descripción hidrogeológica del emplazamiento**

Desde el punto de vista administrativo, la zona de estudio se encuentra en el marco de la cuenca del Guadalquivir, en el Distrito Hidrográfico del Tinto, Odiel y Piedras. En la siguiente figura se muestra la situación de esta zona en el ámbito de este Distrito Hidrográfico.

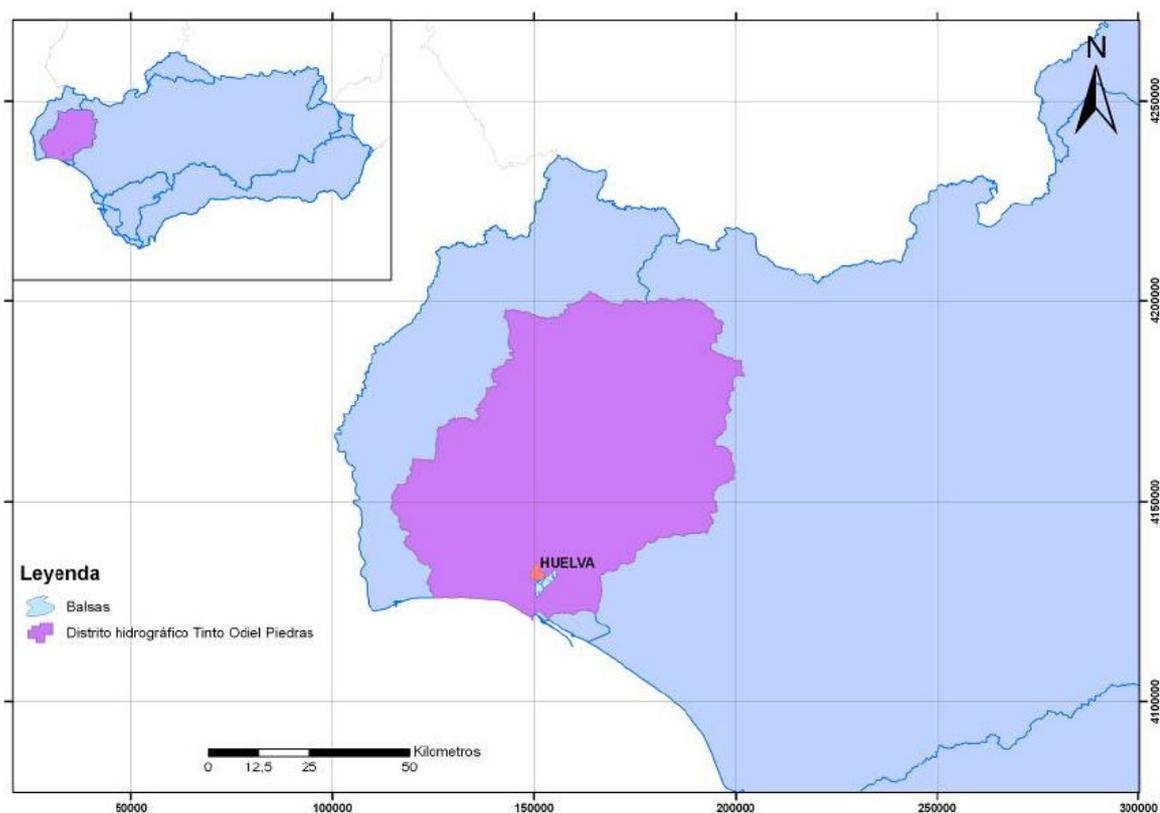


Figura 16. Distrito hidrográfico Tinto-Odiel-Piedras (Fuente: Tragsatec)

Con la entrada de la Directiva Marco del agua, -Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000-, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, estableciéndose como unidades de gestión del agua las denominadas masas de agua subterránea. En dicho contexto, y tal y como se muestra en la siguiente figura, la situación de las balsas queda fuera de los límites definidos para las nuevas masas de agua definidas en la citada Directiva.

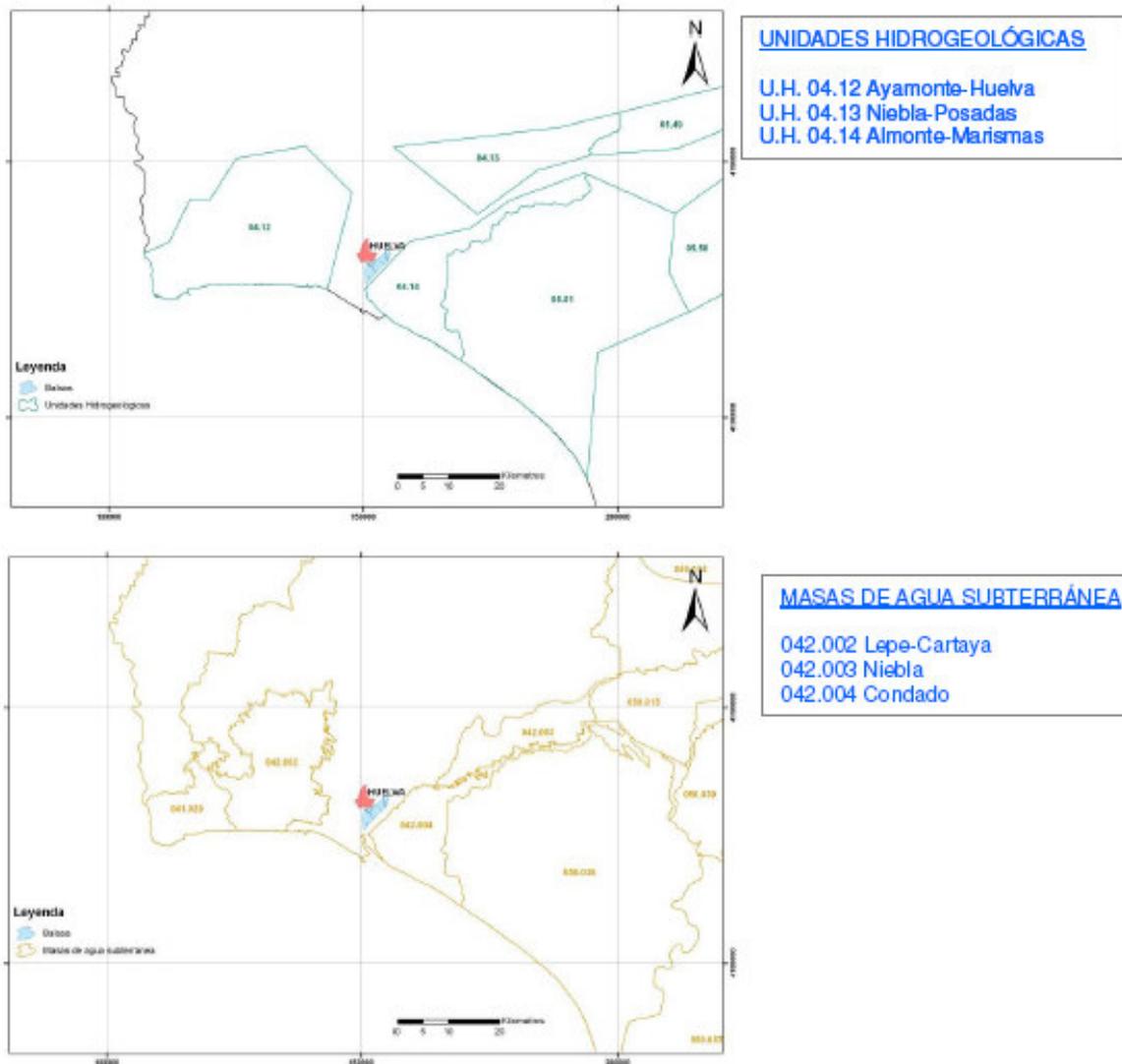


Figura 17. Masas de agua subterránea en el emplazamiento (Fuente: Tragsatec)

Adicionalmente, el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica Tinto, Odiel y Piedras, en el que se realizan nuevos estudios para la caracterización de las masas de agua subterránea, se observa que la zona donde se encuentran las balsas y su entorno, no se encuentra definida dentro de ninguna de estas masas, tal y como se muestra en la siguiente figura:



Figura 18. Situación de las balsas con respecto a la masa de agua subterránea más próxima

Considerando el ámbito de la Zona 4 exclusivamente, hidrodinámicamente se advierten dos sistemas de circulación de aguas subterráneas:

- Acuitardo superior, formado en la Zona 4 por rellenos antrópicos y la UFS, UA (de escasa representación) y UFI, que funciona como acuífero libre, con nivel freático situado como término medio a media altura de los rellenos.
- Acuífero semiconfinado inferior, formado por la UCB. El nivel piezométrico se sitúa a la altura, o ligeramente por encima, del techo de la UFS (nivel de la marisma original), y en cualquier caso es inferior al nivel freático del acuitardo superior.

El paquete acuitardo superior se recarga fundamentalmente por las precipitaciones, y drena con una dirección de flujo radial hacia el perímetro de la Zona 4, es decir, hacia la marisma y el curso del río Tinto, así como verticalmente en profundidad, hacia el acuífero inferior (rezume).

A pesar de poseer este paquete acuitardo una permeabilidad horizontal media, ponderada en base a los espesores de rellenos y UFS, muy superior ( $4.1E-07$  m/s) a la vertical (de  $9.47E-09$  a  $8.65E-09$  m/s), las descargas laterales son cuantitativamente menos importantes que las verticales, debido fundamentalmente a la elevada superficie de contacto por la que se produce el rezume vertical.

El drenaje lateral anual se cuantifica en unos 18.400 m<sup>3</sup>/año totales (para ambas zonas), entre un 0.06 y un 2.2% de sus reservas estimadas, y supone aproximadamente un 1% del caudal que circula por el curso continental del río Tinto (medido 30 km río arriba y sin tener en cuenta las corrientes mareales del estuario) en los momentos más desfavorables (estiaje), siendo inferior al 0.05% respecto a su caudal medio. Este drenaje lateral resulta ser un 0.2% del vertical en Zona 1 y algo más relevante, un 30.6% en la Zona 4.

El rezume vertical anual total se cuantifica en unos 440.000 m<sup>3</sup>/año, lo que supone del 6 al 21% de las reservas estimadas del acuitardo para Zona 4 y Zona 1 respectivamente.

El acuífero semiconfinado inferior recibe el rezume del acuitardo superior, así como en la Zona 1, aportes laterales subterráneos de los materiales acuíferos plio-cuaternarios de Huelva, y drena en dirección SE en profundidad (bajo la UFS) hacia el centro del estuario. Sufre una importante influencia mareal por su mayor permeabilidad, que en momentos de pleamar, provoca que el flujo se estanque (Zona 1) o incluso se invierta (Zona 4).

### **3.5. Descripción climatológica del emplazamiento**

La temperatura de Huelva viene definida por una media anual de 18,1°C. La temperatura está fuertemente condicionada por la cercanía de grandes masas de agua, como son el estuario del Tinto y el Odiel y el océano Atlántico. No existe ningún mes con temperatura media inferior a 10°C, indicativo de la suavidad del clima. Dentro de esta regularidad térmica, el mes de enero es el más frío y el de agosto el más cálido. Los valores extremos registrados durante esos meses son -5,8°C y 43,2°C, respectivamente.

Por lo general, las heladas son poco rigurosas, ya que las temperaturas rara vez bajan de 0°C. Los valores obtenidos en las últimas décadas reflejan cómo el número de días de heladas se ha ido reduciendo, pasando de 8 días en la década de los años 30 hasta 0,2 días en la de los 90.

En el Anejo 6 “Estudio de Revegetación” se describen con detalle las características climatológicas del emplazamiento.

Además de la relación existente entre la climatología y los aspectos relativos a las labores de revegetación y recuperación paisajística, a efectos de la presente Memoria cabe destacar la importancia que adquiere la climatología en el desarrollo del proyecto, en tanto en cuanto, hace posible la eliminación por evaporación de las aguas contenidas y drenadas de la Zona 4.

En las siguientes tablas se muestran los valores de pluviometría y evaporación en el área de las balsas en un periodo de 17 años, pudiéndose observar como el valor medio anual de evaporación es prácticamente 3 veces superior al valor medio anual de pluviometría.

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Valor medio
<b>Ene</b>	128	34	46	7	0	113	17	28	37	139	22	26	29	58	88	42	23	49
<b>Feb</b>	23	2	19	94	12	37	76	66	76	234	54	0	33	35	6	33	157	56
<b>Mar</b>	107	72	23	102	27	78	4	67	10	72	179	5	146	3	30	12	92	61
<b>Abr</b>	0	77	124	67	30	34	35	91	25	61	43	58	20	122	56	63	154	62
<b>May</b>	11	9	62	39	23	0	30	34	31	16	87	32	5	13	3	133	19	32
<b>Jun</b>	0	0	3	0	17	50	8	14	2	11	0	0	0	0	0	0	0	6
<b>Jul</b>	0	0	1	0	0	3	0	1	0	0	0	0	4	8	6	0	0	1
<b>Ago</b>	6	0	1	10	1	12	42	0	0	2	22	0	1	0	0	4	0	6
<b>Sep</b>	81	84	0	2	2	37	66	47	9	1	0	3	10	16	0	9	0	22
<b>Oct</b>	61	51	109	32	80	80	41	54	50	48	61	76	63	66	81	62	28	61
<b>Nov</b>	140	83	100	67	107	195	70	7	4	37	90	158	7	92	77	67	40	79
<b>Dic</b>	48	130	116	27	28	29	10	40	357	281	5	25	33	91	65	156	40	87
<b>Anual</b>	<b>605</b>	<b>542</b>	<b>604</b>	<b>447</b>	<b>327</b>	<b>668</b>	<b>399</b>	<b>449</b>	<b>601</b>	<b>902</b>	<b>563</b>	<b>383</b>	<b>351</b>	<b>504</b>	<b>412</b>	<b>581</b>	<b>553</b>	<b>522</b>

Tabla 4. Valores de precipitación (mm) en el área de las balsas en el periodo 2001-2017

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Valor medio
<b>Ene</b>	35	29	31	26	27	30	25	31	38	31	24	29	26	28	27	32	33	30
<b>Feb</b>	47	48	47	36	54	41	42	40	52	50	35	48	44	36	52	51	53	46
<b>Mar</b>	66	71	59	57	61	66	98	80	75	61	67	78	59	66	78	72	93	71
<b>Abr</b>	145	101	90	109	98	92	99	106	112	94	102	96	81	87	91	90	115	100
<b>May</b>	201	222	175	153	201	197	183	160	173	172	153	184	172	187	189	167	155	179
<b>Jun</b>	238	208	183	190	199	183	178	166	173	159	186	199	173	165	166	191	194	185
<b>Jul</b>	378	280	266	298	266	263	276	260	265	252	262	260	236	227	269	261	230	268
<b>Ago</b>	299	246	264	258	241	237	224	237	256	240	201	246	241	231	219	253	220	242
<b>Sep</b>	148	115	153	123	150	143	104	96	148	133	133	119	106	102	118	147	174	130
<b>Oct</b>	69	70	78	89	84	91	79	67	87	87	97	75	65	92	82	72	114	82
<b>Nov</b>	53	54	45	59	55	43	62	51	61	55	49	43	37	58	56	48	58	52
<b>Dic</b>	35	38	36	38	64	36	41	46	61	58	34	33	43	34	44	49	41	43
<b>Anual</b>	<b>1.714</b>	<b>1.482</b>	<b>1.427</b>	<b>1.436</b>	<b>1.500</b>	<b>1.422</b>	<b>1.411</b>	<b>1.340</b>	<b>1.501</b>	<b>1.392</b>	<b>1.343</b>	<b>1.410</b>	<b>1.283</b>	<b>1.313</b>	<b>1.391</b>	<b>1.433</b>	<b>1.480</b>	<b>1.428</b>

Tabla 5. Valores de evaporación (mm) en el área de las balsas en el periodo 2001-2017

#### 4. Descripción de la clausura proyectada

---

El objetivo que persigue la clausura proyectada es asegurar el confinamiento de los residuos en condiciones tales que permitan minimizar el riesgo de transporte de sus contaminantes hacia las aguas superficiales y subterráneas circundantes, asegurar la estabilidad geomecánica del apilamiento, mantener un drenaje efectivo de sus aguas internas para favorecer la estabilidad y disminuir los gradientes hidráulicos que pudieran favorecer su fuga al entorno circundante e integrar paisajísticamente el conjunto de la Zona 4, intentando afectar en lo mínimo posible la vegetación ya existente en el Sector I de la Zona 4 fruto de las labores de recuperación paisajística realizadas en el proyecto de restauración ya ejecutado en dicho sector.

Con dichos objetivos, la clausura proyectada incluye los siguientes aspectos:

- Sellado de las perforaciones históricas existentes en la Zona 4 para interrumpir la conexión hidráulica de las aguas internas de la Zona 4 y las unidades geológicas subyacentes.
- Remodelación de los taludes perimetrales de la Zona 4 que pueden presentar problemas de estabilidad en escenarios sísmicos. Cobertura y relleno de los residuos industriales del Sector II con los materiales excavados en la remodelación de taludes.
- Sellado de los canales mareales que favorecen el intercambio de agua entre las aguas internas de la Zona 4 y las aguas del río Tinto.
- Ejecución de un tacón de arcilla perimetral para impedir las posibles fugas de aguas internas de la Zona 4 a través de la interfase formada por el contacto entre los fosfoyesos y la marisma.
- Protección perimetral mediante instalación de escollera con el doble objetivo de proteger la integridad del tacón de arcilla y servir de barrera frente a tsunamis.
- Ejecución de una red de drenaje de aguas internas de la Zona 4 formada por una zanja perimetral de captación de aguas internas y una red de conducciones para su transporte hasta las balsas de evaporación de la Zona 3.
- Sellado de los taludes remodelados y de la plataforma del Sector II con materiales naturales y sintéticos impermeables.
- Ejecución de una red de drenaje de aguas superficiales que permita reducir la infiltración de aguas pluviales mediante la formación de pendientes y la generación de escorrentías limpias.
- Saneamiento de los márgenes de marisma aledaños a la Zona 4 que presenten restos de residuos
- Restauración paisajística de las zonas clausuradas y saneadas mediante el aporte de tierra vegetal, abono, plantaciones e hidrosiembra de especies autóctonas.

## 5. Definición de los trabajos de clausura

---

### 5.1. Sellado de perforaciones históricas

El sellado de perforaciones se realizará en todas aquellas perforaciones realizadas históricamente en las balsas que, conforme a sus características constructivas puedan suponer una conexión hidráulica entre la masa de residuos y los niveles permeables de gravas y arenas de la marisma. Como norma general se optará por sellar aquellas perforaciones que penetren en la marisma, mostrándose su ubicación en el Plano 4.

Para la reperforación y sellado de las perforaciones se seguirá el siguiente procedimiento:

1. En primer lugar se localiza y reconoce el área de trabajo para preparar la ubicación de los equipos, se emplaza el equipo de sondeo centrándolo lo mejor posible en la perforación ya efectuada.
2. Se utilizará una batería o trialeta acorde a las dimensiones del taladro (311 mm), trabajando a rotación con agua, ensanchándose la perforación existente y desatascando los tramos obturados por posibles derrumbes hasta el fondo.
3. Sellado propiamente dicho de la reperforación se realizará con bentonita sódica activada granular compuesta al 100% de arcilla esmectítica. Dicha bentonita proporciona una viscosidad elevada a los sistemas en base agua a los que se incorpora, proporcionando adecuadas propiedades como suspensionante, lubricante y material de sellado. Su uso está especialmente recomendado en aplicaciones de sellado de pozos al expandirse hasta 12 veces su tamaño original, cumpliendo los requerimientos de la Norma EN 1538. El mecanismo de sellado del pozo comenzaría al entrar la bentonita sódica granular en contacto con el agua ácida embebida en las balsas, produciéndose el hinchamiento de la bentonita y el taponamiento de la reperforación. La constante de permeabilidad de las bentonitas sódicas empleadas en sellados de pozos alcanza valores de  $k < 5 \times 10^{-9}$  cm/s.

Se ha optado por proceder al sellado de las reperforaciones con bentonita granular al ser un procedimiento contrastado, habitualmente empleado en el sellado de pozos de aguas subterráneas abandonados. La composición química silíceo de las bentonitas sódicas, compuestas hasta en un 95% por compuestos resistentes al ácido tales como los filosilicatos, cuarzo y feldespatos, aseguraría su durabilidad en las balsas de fosfoyesos frente a otros materiales de sellado empleados habitualmente a base de cementos que podrían verse degradados por la presencia predominante de sulfatos en las balsas.

Durante las labores de reperforación se realizará una supervisión in situ por un técnico especialista para determinar cuándo se ha alcanzado la interfase entre los fosfoyesos y la marisma, continuándose

la reperforación al menos 2 m más y rellenándose con bentonita granular desde dicho fondo hasta al menos 2 m por encima del nivel de la marisma. El relleno superior de la reperforación, por encima del tapón de bentonita, se realizará con residuo o tierras extraídos de las propias balsas.

Los materiales obtenidos durante la reperforación (tuberías de PVC, gravas, etc.) serán gestionados como residuo no peligroso.

## **5.2. Remodelación de taludes proyectada**

Como se ha comentado con anterioridad, para asegurar la estabilidad geotécnica durante eventos sísmicos se ha proyectado la remodelación de los taludes desde un 5H:1V actual a un 10H:1V en un tramo perimetral de 3.540 m (véase Plano 3). Dicha remodelación podrá realizarse mediante excavación con retroexcavadora desde la cabeza y pie del talud actual, suponiendo el previo desbroce de los taludes y un movimiento de tierras de 392.220 m<sup>3</sup>.

La tierra vegetal aprovechable en el movimiento de tierras se almacenará adecuadamente sobre la plataforma de la Zona 4 para su posterior uso en las labores de revegetación del proyecto.

Los materiales excavados en el retaluzado que no sean aprovechables se transportarán y almacenarán en el Sector II, sobre los residuos industriales, previamente a proceder al sellado y clausura de dicha área, aprovechándose dicho relleno para dotar a la plataforma del Sector II de pendientes adecuadas para la generación de escorrentías y el establecimiento de una red de drenaje de aguas superficiales que permitan reducir la infiltración de agua pluvial tras la clausura.

## **5.3. Sellado de canales mareales**

Como consecuencia de los estudios hidrogeológicos llevados a cabo en los estudios complementarios realizados por Eptisa en el pasado, se ha puesto de manifiesto la necesidad de proceder al sellado lateral de la Zona 4 con el objeto de impedir tanto la entrada de agua mareal, como la salida de las aguas internas de ésta hacia el exterior. El sellado lateral de las balsas perseguiría por tanto la inhabilitación de los canales mareales que, aun con transmisividades moderadas, representan verdaderos drenes subhorizontales que favorecen la entrada y salida de la Zona 4.

El sellado de los canales mareales se realizará mediante la ejecución de pantallas de arcilla en la salida de dichos canales, procediéndose de la siguiente manera para su ejecución:

1. Excavación de un cajón de cimentación de la barrera en el perímetro de las balsas en aquéllos puntos de intersección con los canales mareales. Dichos cajones tendrán una longitud estimada de entre 10 m a 30 m dependiendo de la anchura del canal mareal y una profundidad de al menos 2 m. De esta forma, se alcanzaría al menos una cota de fondo de -2,00 m, que conforme se ha explicado anteriormente sería suficiente para intersectar el estrato permeable

situado en la base de los canales mareales. Para la excavación de dicha zanja en condiciones seguras se procederá previamente a realizar un dique frontal de tierras sobre la marisma, que permitirá el paso de maquinaria y ejercerá de barrera ante eventuales subidas de la marea del río Tinto o de los esteros en los que se esté trabajando.



*Figura 19. Excavación del cajón de cimentación de la barrera de arcilla en la experiencia piloto realizada sobre un canal mareal de la Zona 2.*



*Figura 20. Excavación del cajón de cimentación de la barrera de arcilla en la experiencia piloto realizada sobre un canal mareal de la Zona 2. A la derecha de la imagen se aprecia el dique de seguridad efectuado durante las obras.*

2. Compactación de una barrera de arcilla de al menos 2,5 m de espesor sobre el talud exterior de fosfoyeso de la Zona 4 e intersectando el estrato permeable del canal mareal, tal y como se refleja en el Plano 7 que acompaña a la presente Adenda. Dicha capa de arcilla constituirá la principal pantalla de sellado e impermeabilización de los canales mareales, por lo que se ejecutará mediante la compactación de las arcillas en tongadas máximas de 0,5 m de espesor al 95% de la densidad Próctor Modificado, empleándose arcillas que en tales condiciones de compactación proporcionen valores de constante de permeabilidad de  $1 \cdot 10^{-7}$  cm/s. Para asegurar la integridad de dicha capa se instalará envuelta en un geotextil no tejido agujeteado de al menos 200 g/m<sup>2</sup> que ejercerá de protección contra la erosión de la arcilla y filtro. Dicho geotextil no se instalará en cambio en el cimientado de la pantalla de arcilla, al considerar que en dicho cimientado podrá ejecutarse una unión solidaria efectiva entre la arcilla de la pantalla y el material arcilloso de la marisma y que la instalación de un geotextil en dicha base podría significar cierta conexión hidráulica no deseable entre ambos lados de la pantalla.



*Figura 21. Instalación de la barrera de sellado de arcilla sobre la protección de geotextil.*



*Figura 22. Compactación de la barrera de sellado de arcilla en la experiencia piloto mediante humectación y compactadora de rodillo con pisones.*

3. Relleno y compactación del cajón de cimentación restante con las tierras de marisma excavadas anteriormente hasta alcanzar la cota original aproximada de 0,00 m.
4. Construcción de un muro de protección de escollera en el espaldón exterior de la pantalla de arcilla. Dicho muro de escollera se ejecutará con fragmentos de roca con un peso mínimo de 25 kg y su función será igualmente la protección efectiva de la pantalla de arcilla instalada. Dicho muro de escollera se instalará igualmente apoyado sobre un geotextil no tejido agujado de al menos 200 g/m<sup>2</sup>, que ejercerá de capa de separación y filtro y evitará la disgregación del muro.
5. Finalmente, se procederá a la protección superior de la pantalla de arcilla mediante la extensión de una capa de tierra vegetal de 0,5 m de espesor y la implantación de las especies vegetales autóctonas de bajo porte radicular previstas en las labores de recuperación paisajística de la Zona 4.

En la Zona 4 se realizarán un total de 12 pantallas para el sellado de canales mareales, que estarán conectadas con el tacón perimetral de arcilla que se describirá más adelante dando continuidad a la protección perimetral de la Zona 4.

#### **5.4. Protección perimetral: Tacón de arcilla y protección de escollera**

Con el objeto de establecer una protección completa del perímetro se plantea la ejecución de una protección en el perímetro de la Zona 4, que complementado con el sellado de los canales mareales, y los espaldones de protección de escollera diseñados, evitará cualquier posible contacto de las aguas mareales con el depósito de fosfoyeso, así como su derrame al exterior.

Esta protección perimetral se ejecutará mediante un tacón de arcilla compactada de 2 m de espesor horizontal que se empotra en la marisma. Dicho tacón será recubierto con un geotextil de separación y filtro en su parte externa. Adicionalmente, en la parte exterior del tacón se ejecutará una escollera que cumplirá la doble misión de proteger el tacón de arcilla de la erosión y servir de barrera frente a la ocurrencia de tsunamis.

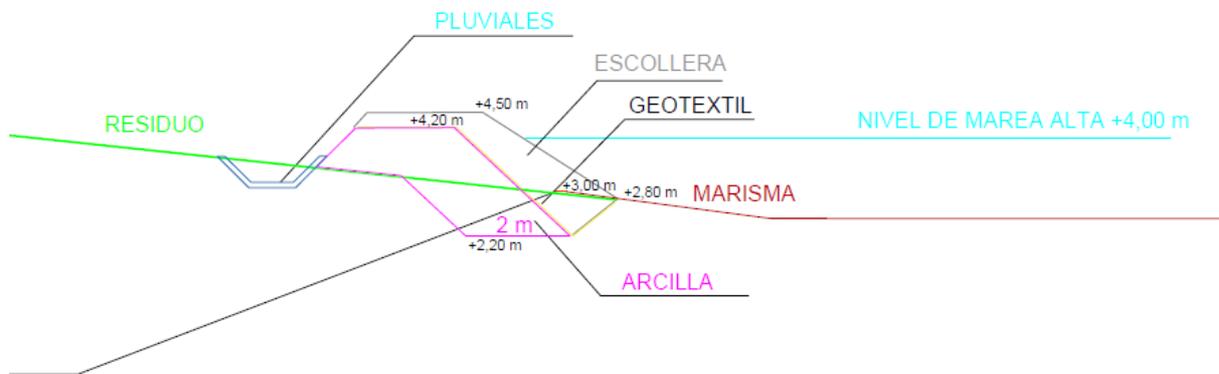


Figura 23. Esquema de la protección perimetral de arcilla y escollera proyectada

Conforme a los estudios realizados por Eptisa en enero de 2016, el área de implantación de la Zona 4, se encontraría en zonas que previsiblemente no se encontrarían en áreas susceptibles de inundación por tsunamis. Tal y como se concluía en dichos estudios, el escenario más desfavorable a este respecto se daría en el caso del tsunami originado por la falla CWF (Cádiz Wedge Fault), en el que el extremo norte de la Zona 4 y las zonas bajas de los esteros del Rincón y de Mendaña serían susceptibles de sufrir una inundación de 2,5 m sobre el nivel habitual del agua, quedando reducida dicha altura de inundación a 1 m en las zonas bajas de las marismas que circundan las balsas. Al encontrarse dichas zonas bajas a cota +1,00, dicha inundación provocaría a priori la inundación hasta cota +2,00, situándose justo al pie de la cota de los fosfoyesos.

La precisión alcanzada con el análisis realizado en los estudios mencionados no permitiría asegurar que bajo un escenario de tsunami producido por la falla Cádiz Wedge Fault no entrase en contacto el agua en ningún punto con las balsas situadas en la Zona 4, si bien sí permitiría concluir que la eventual ocurrencia de un tsunami en el área de Huelva no afectaría de manera global pudiendo ocasionar un accidente grave. No obstante, ante dicha posibilidad se ha optado por incluir una protección de escollera en aquellas zonas susceptibles de inundación en el caso más desfavorable.

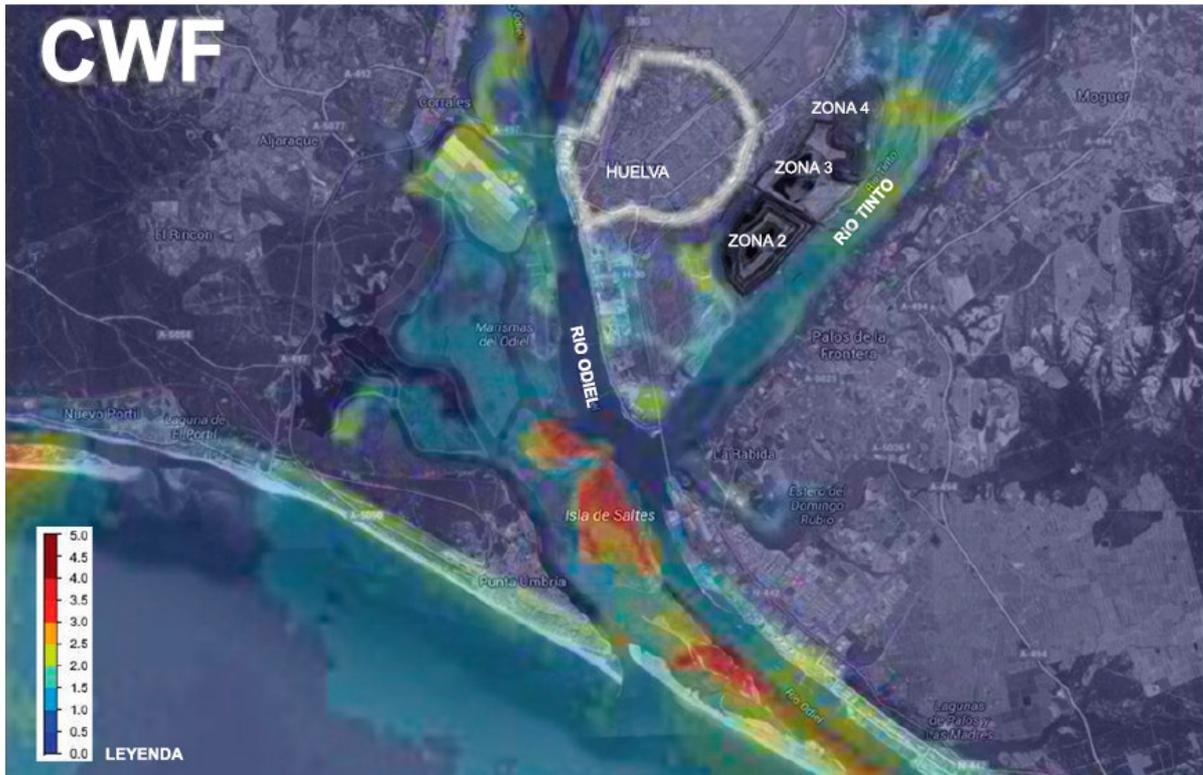


Figura 24. Profundidades de inundación esperables considerando el tsunami producido por la falla CWF- Cádiz Wedge Fault. (Fuente: Superposición realizada a partir de las figuras publicadas por Lima, V.V., et al, 2010).

Tal y como se aprecia en la figura anterior, dichas zonas estarían muy localizadas y limitadas a ciertas áreas en el extremo norte de la Zona 4 y las zonas bajas de los esteros del Rincón y de Mendaña (zonas coloreadas en verde).

Para la construcción de dicha protección de escollera se emplearán fragmentos de roca de 25 kg de peso mínimo, instalados sobre un geotextil no tejido agujeteado de al menos 500 g/m<sup>2</sup>, que actuará como capa de protección, separación y filtro.

Para la construcción de dicha protección de escollera, al igual que la incluida en el documento de Adenda, se emplearán fragmentos de roca de 25 kg de peso mínimo, instalados sobre un geotextil no tejido agujeteado que actuará como capa de protección, separación y filtro.

### 5.5. Red de drenaje de aguas internas

La red de drenaje de aguas internas tiene por objeto reducir los niveles de agua interna presentes en la Zona 4, mejorándose de esta forma la estabilidad geotécnica del apilamiento de residuos y reduciendo su gradiente hidráulico, que podría dar lugar a fugas difusas de contaminación si se acumulase agua interna en exceso.

La red de drenaje de aguas internas consistirá en la ejecución de una zanja perimetral de captación de aguas internas de 1,5 m de profundidad y 0,6 m de anchura, rellena de grava sílicea envuelta en geotextil y con una tubería perforada de PEAD de 200 mm de diámetro para la conducción efectiva de las aguas captadas. Como elemento adicional de seguridad se ha proyectado la instalación de un geodren en los primeros 15 m de talud para la captación de posibles surgencias de aguas internas que pudieran ocurrir en el contacto existente entre los fosfoyesos almacenados (más impermeables) y los RCDs (más permeables). Dicho geodren captaría y conduciría hacia el interior de la zanja de drenaje los posibles rezumes de aguas internas que pudieran surgir en el talud. Con el fin de evitar la captación de aguas pluviales de infiltración por dicho geodren y por la propia zanja se instalaría una geomembrana PEAD superior cubriendo ambos elementos.

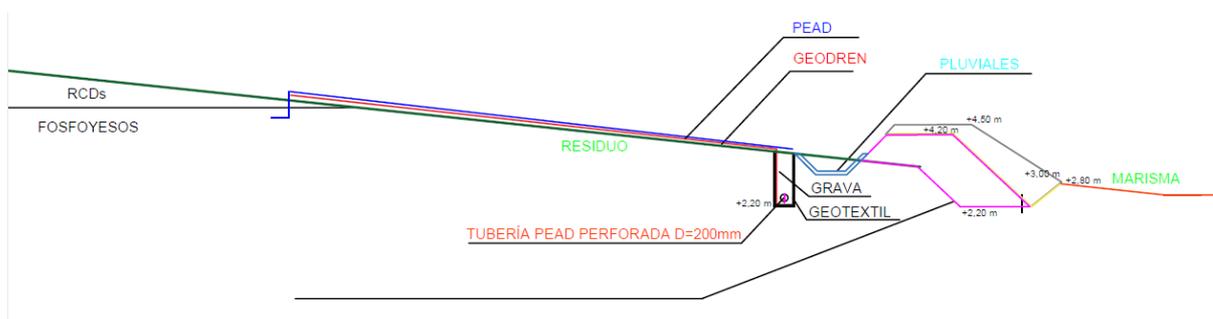


Figura 25. Sección esquemática de la zanja de captación de aguas internas.

La zanja de captación de aguas internas conformará en planta un anillo perimetral de captación que a través de dos pozos sumidero se conectará al anillo perimetral de drenaje de aguas ácidas de la Zona 3 para conducir las aguas finalmente a la balsa de evaporación para su eliminación (véase Plano 6). Todo el anillo perimetral que conforma la zanja de drenaje contará con pozos de inspección cada 200 m que permitirá en el futuro detectar eventuales colmataciones o roturas del sistema de drenaje, así como la toma de muestras de agua si se desea. El trasvase de aguas internas de la Zona 4 a las balsas de evaporación podrá realizarse por gravedad, evitándose de esta manera elementos mecánicos de bombeo que pudieran dar lugar a fallos y saturación del sistema, mediante la instalación de tuberías PEAD de 300 mm de diámetro que irán enterradas en zanja, salvo el tramo necesario para cruzar el Estero de Mendaña, antes de conectarse con el anillo de drenaje de la Zona 3.

## 5.6. Sistema de impermeabilización adoptado en zonas no selladas

Como se ha comentado con anterioridad el presente proyecto contempla el sellado de la plataforma del Sector II, que se encuentra en la actualidad sin cobertura, y los taludes remodelados al 10H:1V en este proyecto para dotarlos de estabilidad geotécnica en condiciones de sismo.

Como sistema de impermeabilización o sellado se proyecta un sistema compuesto por materiales naturales (arcillas y calizas dolomíticas) y sintéticos (geomembranas de polietileno de alta densidad) instalados de manera diferente según la zona tratada:

Plataforma del Sector II; Representa la zona de mayor potencial de infiltración de aguas pluviales, instalándose como barrera impermeable una geomembrana de polietileno de alta densidad de 1 mm de espesor cubierta por una capa de arcillas compactadas de 0,6 m de espesor.

Taludes remodelados a pendientes 10H:1V; En los taludes laterales, al tratarse de zonas de menor potencial de infiltración de aguas debido a la generación de escorrentía y la fuerte evapotranspiración, se procederá únicamente a la instalación de una capa de 0,45 metros de arcilla compactada como elemento de impermeabilización.

Conforme a las prácticas habituales todas las capas de arcilla compactada instaladas en el sellado deberán asegurar la obtención de unas constantes de permeabilidad  $k \leq 1 \cdot 10^{-7}$  cm/s.

En el Plano 5 se muestran las superficies de sellado y su configuración según zonas.

### **5.7. Sistema de drenaje de aguas pluviales de escorrentía**

La red de drenaje se ha definido en dos niveles. Por un lado, unos canales o cunetas que circunvalan el perímetro exterior a modo de interceptores a pie de talud, mientras que por otro lado se han incluido una serie líneas en el interior de la actuación con el fin de facilitar el drenaje de unas áreas con un marcado carácter plano.

Así pues, en lo tocante al denominado como “Sector II”, se ha previsto la implementación de cuatro canales perimetrales al pie del talud exterior de forma que viertan a la Rivera de Nicoba a través de dos puntos de descarga. Es decir, la correspondiente recogida de aguas pluviales de esta zona es independiente de la del resto del ámbito.

En la parte norte del “Sector I” se han incluido unas líneas de drenaje que facilitan la evacuación del agua de escorrentía de las tres zonas que vierten hacia el norte hacia un punto de descarga.

En la parte central del ámbito de actuación incluida dentro del “Sector I” se aprecian dos promontorios con materiales de diverso origen asentados sobre una base eminentemente plana, por lo que también en esta zona se ha optado por incluir una serie de líneas de drenaje que facilite la evacuación del agua de escorrentía hacia una tubería de descarga sita inmediatamente al sur del “Sector II”.

Las cunetas perimetrales alrededor del “Sector I” vierten las aguas pluviales al medio a través de cuatro obras de descarga.

En lo que respecta a la zona denominada como “CRI-9”, un análisis de las condiciones topográficas indica que la porción sudoriental de la misma, prácticamente plana, muestra una leve tendencia a

acumular la escorrentía procedente de lluvia. Es por ello que se ha planteado una línea de drenaje interior que vierte a la línea de drenaje norte del “Sector I” evacuando el agua de escorrentía hacia una tubería de descarga al Estero del Mendaña, que a su vez también recoge los caudales interceptados por un par de colectores perimetrales correspondientes al denominado como “Sector I”.

Del mismo modo la línea de drenaje del sector norte de la zona “CRI-9” facilita la recogida de los caudales de escorrentía generados hacia el colector perimetral situado al norte. Dos obras de descarga en los puntos más al noreste y más al noroeste de dicha zona “CRI-9” recogerán sendas cunetas que recorren el perímetro exterior de esa zona.

De manera general, la red de drenaje superficial está conformada por una red de canales (o cunetas) y las propias obras de descarga de los caudales transportados por estas cunetas a los cauces naturales situados en la parte oeste y este de la Zona 4, denominados Estero de Mendaña y Rivera de Nicoba respectivamente. Ambos desembocan en el río Tinto.

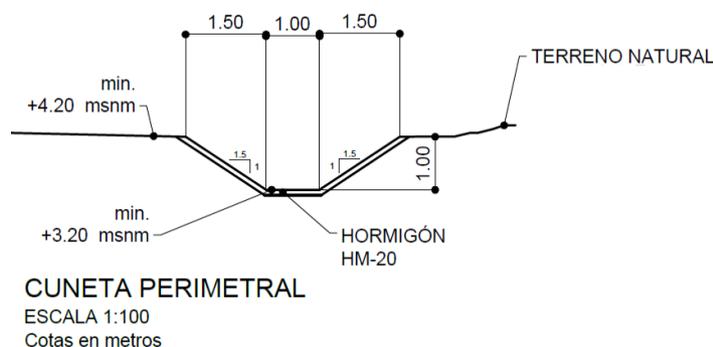
➤ Cunetas de recogida:

Se han definido dos tipos de cunetas en función de su situación en la Zona 4:

- Cuneta perimetral: bordea todo el perímetro de la Zona 4 para recoger las aguas de escorrentía generadas y conducir las hasta los puntos de descarga.

Esta cuneta se ha definido con un revestimiento de hormigón en masa HM-20 y con las siguientes medidas y características geométricas:

- Sección trapezoidal a cielo abierto.
- Anchura de solera de 1,00 m.
- Taludes de cajeros: 1V:1,5H.
- Altura: 1,00 m.
- Pendiente media del 0,2%.



*Figura 26. Sección tipo de cuneta de recogida perimetral*

Se han denominado estas cunetas en los cálculos y en los planos de definición como P-01, P-02, P-03, etc.

- Cunetas interiores: dispuestas estratégicamente en determinadas zonas para la recogida de las aguas de escorrentía vertientes.

Debido a que donde se ubican estas cunetas interiores son zonas susceptibles de sufrir asientos, en mayor o menor medida, se ha optado por prescindir de un revestimiento de cuneta tipo rígido, como en el caso de las cunetas perimetrales, y disponer un revestimiento blando a base de geomembrana de espesor 1,5 mm sobre la que se coloca una capa de arcilla compactada y otra de tierra vegetal.

Las principales características de estas cunetas interiores son:

- Sección trapezoidal a cielo abierto.
- Anchura de solera de 1,50 m.
- Taludes de cajeros: 1V:2H.
- Altura: variable de 1,20 a 1,00 m.
- Pendientes variables.

Se han denominado estas cunetas en los cálculos y en los planos de definición como I-01, I-02, I-03, etc.

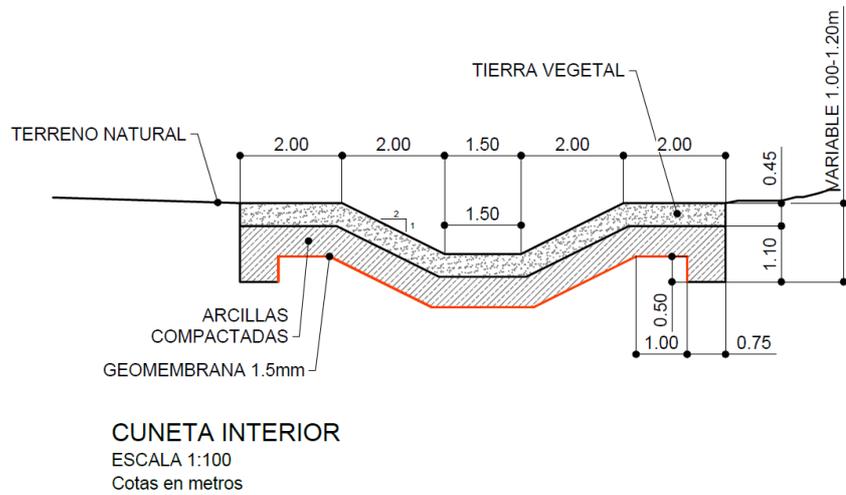


Figura 27. Sección tipo de cuneta de interior

En cuanto a las obras de descarga, se han calculado hidráulicamente las tuberías de descarga a los cauces naturales mediante la formulación de Manning anteriormente expuesta y teniendo en cuenta de que se trata de secciones cerradas con una rugosidad de paredes propia de un material plástico.

Los diámetros obtenidos para estos tubos son los que se indican en la siguiente tabla:

Denominación	Cauce de descarga	Diámetro nominal tubería de descarga (mm)	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Longitud tubería (m)
DS-1	Rivera de Nicoba (zona este)	1.000	4,00	24
DS-2	Rivera de Nicoba (zona este)	800	2,38	36
DS-3	Rivera de Nicoba (zona este)	1.000	2,25	73
DS-4	Estero del Mendaña (zona oeste)	800	1,21	51
DS-5	Estero del Mendaña (zona oeste)	1.400	7,89	33
DS-6	Estero del Mendaña (zona oeste)	1.200	4,31	43
DS-7	Estero del Mendaña (zona oeste)	1.000	2,75	43
DS-8	Rivera de Nicoba (zona este)	1.200	5,47	27

Tabla 6. Elementos de descarga de aguas captadas

En la figura siguiente se aprecia el esquema de actuaciones para el drenaje superficial descrito en el párrafo anterior:

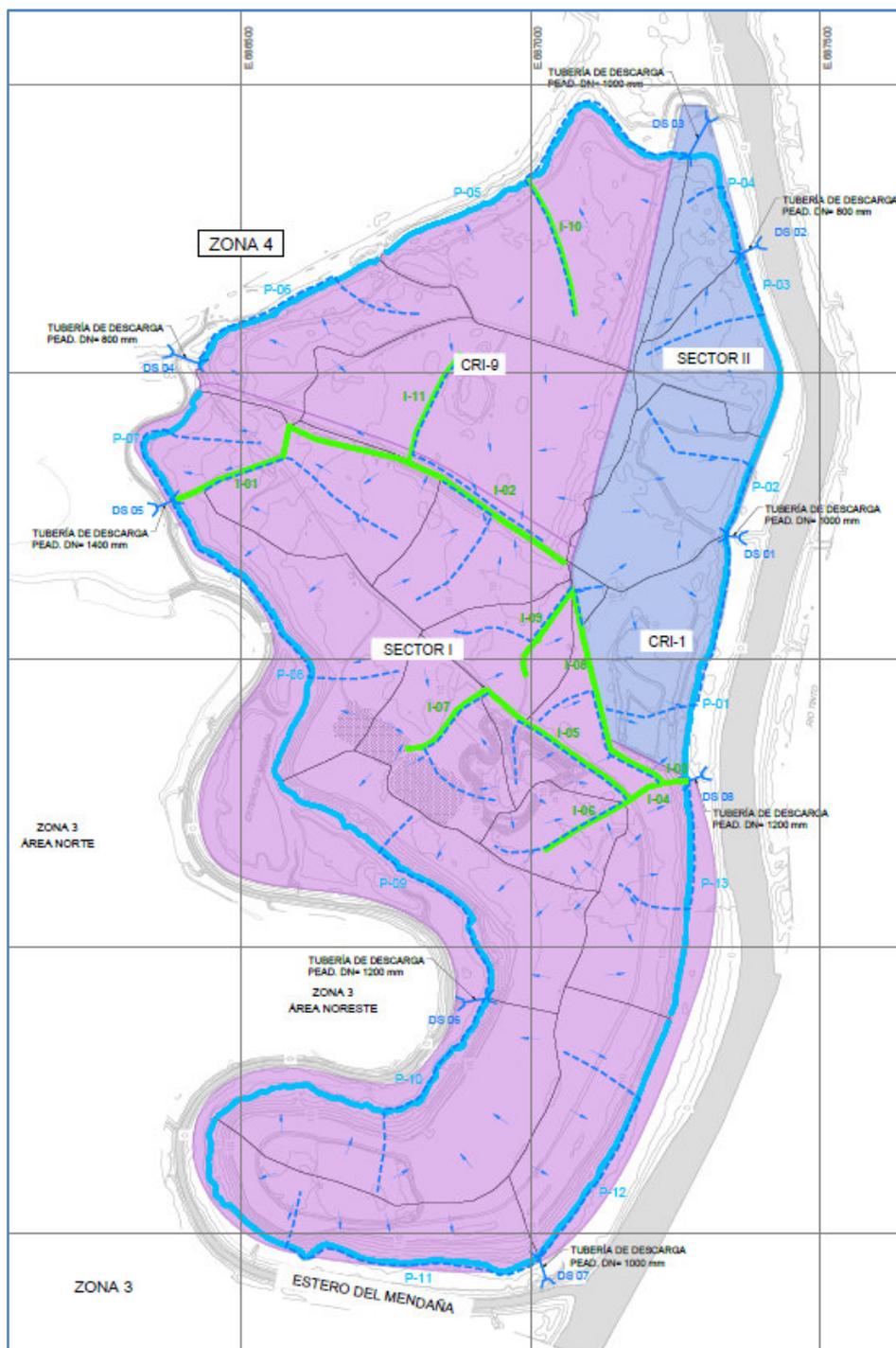


Figura 28. Esquema de actuaciones de drenaje superficial

En el Anejo 6 del presente proyecto se justifican los cálculos realizados para el diseño de la red de drenaje descrita y en el Plano 8 se muestran las cuencas de captación consideradas, la red de drenaje proyectada y los detalles de las cunetas de drenaje consideradas.

### **5.8. Saneamiento de márgenes aledaños a la Zona 4**

Se han identificado, en las áreas aledañas a la Zona 4, algunas áreas donde, aun no habiéndose producido el depósito de fosfoyesos, si se han visto afectadas por el arrastre de material depositado durante las fases de operación de los depósitos debido a las posibles entradas de agua a través de alguno de los canales mareales. Estos materiales se han decantado en algunos puntos de las zonas aledañas de marisma generando unas manchas blanquecinas superficiales por la existencia de fosfoyeso.

Del mismo modo cabe destacar que también se han identificado algunas áreas, que aunque previsiblemente podían parecer láminas de fosfoyesos arrastradas por las aguas, se ha comprobado que dichas manchas son sal depositada por desecación de las aguas marinas en los procesos mareales.

En líneas generales de los resultados obtenidos de la inspección realizada en las zonas aledañas se pueden extraer que se han detectado dos fenómenos de distinta naturaleza y origen:

- Vertidos sólidos puntuales formados por “lenguas” generados en el pasado cuando se abrían las compuertas que ejercían de aliviadero de las antiguas balsas. Al tratarse de vertidos históricos de lodos muy viscosos se solidificaban formando manchas en forma de lengua con un espesor aproximado de unos 20 - 25 cm.
- Vertidos sólidos difusos formados en casi la mayor parte del perímetro de la Zona 4 a consecuencia de filtraciones difusas intermitentes que han podido ocurrir a lo largo de la vida útil de las balsas a través de la interfase marisma-fosfoyeso. Dichas filtraciones han dado lugar a un pequeño encostramiento de unos 5 – 20 cm a lo largo de la mayor parte del perímetro de las balsas formando una franja de espesor variable.

Una vez identificadas las zonas aledañas que han sido afectadas, identificado, que el material depositado, se corresponde con fosfoyesos arrastrado por aguas mareales que interactuaban con el apilamiento por medio de alguno de los canales mareales, se prevén las siguientes medidas para la limpieza y rehabilitación de dichas zonas:

- 1º Excavación de los vertidos sólidos antiguos en forma de lenguas detectados puntualmente en el perímetro de la Zona 4. Los residuos excavados, compuestos básicamente de fosfoyesos blancos, serían transportados y almacenados en el Sector II antes de proceder a su sellado.

- 2º Excavación de la costra de pequeños rezumes existente en todo el perímetro de la Zona 4. Los residuos excavados, compuestos básicamente de fosfoyesos blancos y precipitados de fluosilicatos de las aguas ácidas, serían transportados y almacenados en el Sector II antes de proceder a su sellado.
- 3º Añadir al proyecto la construcción de un tacón de arcilla a pie de talud de la Zona 4 (conforme se describe en el apartado 5.4, en todo su perímetro, para impedir que se reproduzcan los pequeños rezumes de aguas internas ácidas que se han detectado.

Se ha cuantificado en 15.457 m<sup>3</sup> el material a retirar en los aledaños de la Zona 4, considerando las áreas estimadas de afección y el nivel de excavación medio en cada una de estas zonas. Las áreas de actuación consideradas se reflejan en el Plano 10 del presente proyecto.

### **5.9. Restauración vegetal de las balsas**

La restauración vegetal constituye la última actuación del proyecto. En el establecimiento de la vegetación en una zona, influyen entre otros, la climatología reinante y las características de los suelos existentes, que suelen ser los factores fundamentales. Si bien, existen otros factores singulares que pueden tener una repercusión crucial en las comunidades vegetales que se asientan en una zona, entre ellos la orientación, la pendiente, la existencia de niveles freáticos elevados, la salinidad, etc.

El objetivo prioritario de la implantación de la cubierta vegetal en los terrenos afectados por la clausura, es que la vegetación consolide los suelos, frene los procesos de erosión que pudieran originarse, retenga humedad en el suelo y favorezca su posterior evapotranspiración, disminuyendo el drenaje hacia las capas inferiores, así como reduzca el impacto visual de la zona.

Como se ha comentado anteriormente, el proyecto contempla la conservación de la vegetación existente sobre la plataforma del Sector I instalada en el proyecto de clausura de dicha zonas realizado con anterioridad, por lo que las áreas a revegetar nuevas en el ámbito del presente proyecto serían las siguientes:

- Taludes remodelados al 10H:1V en Sector I y Sector II
- Plataforma sellada del Sector II
- Aledaños al perímetro de toda la Zona 4 que deban ser saneados por presentar afección

A continuación se detallan las características de las actuaciones proyectadas de revegetación, tanto las relativas a las siembras como a las plantaciones.

### **5.9.1. Regularización de la superficie**

Esta actuación consistirá en la regularización, homogeneizado y perfilado de las superficies en las que se han realizado vertidos de tierras excavadas en la remodelación de taludes de la Zona 4.

Con esta actuación lo que se pretende es, con el menor movimiento de tierras, adaptar los vertidos de tierras que se han realizado a unas formas más naturales a modo de pequeñas colinas o mesetas, homogeneizando y regularizando la superficie actual, sirviendo de base para la formación de escorrentías y la restauración medioambiental.

### **5.9.2. Extendido de la tierra vegetal**

Dado que las zonas a restaurar están desprovistas de suelos adecuados para la implantación de la vegetación, es preciso aportar una capa superficial de suelo con las características adecuadas que permita el desarrollo de la vegetación que allí se va a implantar.

Para ello, se extenderá una capa de tierra vegetal de un espesor aproximado de 40 cm en zona de plataforma y 45 cm en zonas de talud sobre las capas de sellado.

### **5.9.3. Siembras e hidrosiembras**

Se proyecta implantar una cubierta herbácea a través de técnicas de siembra e hidrosiembra (según limitaciones de la maquinaria y condicionantes del terreno y pendiente). Tan sólo está exento de siembras las superficies de plantación de marisma de los aledaños perimetrales de la Zona 4.

Las labores de siembra se concentrarán en las zonas consideradas llanas (plataforma del Sector II y aledaños perimetrales) y las hidrosiembras en el resto (taludes remodelados).

La justificación y objetivos que se pretende conseguir con las siembras e hidrosiembras son:

- Rápida estabilización superficial del terreno, minimizando los procesos erosivos.
- Limitar la aparición de vegetación alóctona invasora.
- Fomento del aumento de la evapotranspiración de los terrenos
- Acortamiento de los tiempos de recuperación del impacto visual y funcional de las actuaciones proyectadas.

La mezcla de semillas planteadas en la siembras e hidrosiembras estará compuesta por gramíneas (de acción radical superficial) y leguminosas (de acción radical profunda y con capacidad de enriquecimiento del terreno con nitrógeno).

La dosis será alrededor de 30 gr/m<sup>2</sup> (300 kg/ha) y la composición de la mezcla ya ha sido usada con éxito en revegetaciones llevadas a cabo en zonas próximas, siendo:

ESPECIE	DOSIS (kg/ha)
Nombre científico	
<i>Agropyrum desertorum</i>	42
<i>Lolium perenne</i>	30
<i>Poa compressa</i>	3
<i>Lolium rigidum</i>	30
<i>Cynodon dactylon</i>	15
<i>Festuca arundinacea</i>	30
<i>Trifolium subterraneum</i>	45
<i>Onobrychis sativa</i>	45
<i>Vicia villosa</i>	30
<i>Medicago lupulina</i>	15
<i>Medicago sativa</i>	15

Tabla N° 7.- Mezcla de semillas para las siembras.

Las especies a sembrar evolucionan con el tiempo hacia praderas naturales debido a la colonización de las especies de herbáceas silvestres próximas a la zona tratada.

Las siembras se realizarán, preferentemente, de octubre a marzo, en días sin viento y con suelo poco o nada húmedo.

En el Plano 9 se reflejan las superficies a revegetar y las características de la restauración planteada.

A continuación se detallan de forma resumida el procedimiento simplificado de cada uno de los trabajos de siembra:

#### Proceso de hidrosiembra

Se seguirán los siguientes pasos:

- Aporte y extendido previo de 40 cm de tierra vegetal.
  - Hidrosembrado con las mezclas antes descritas, de la siguiente forma:
- ✓ 1ª Fase (fase de siembra): Agua, mezcla de semillas, mulch, fertilizante, fijador y aditivos. En los taludes (desmontes y terraplenes) se sembrará en sentido ascendente y se distribuirá más semilla en la parte más elevada. En esta zona hay más probabilidad de que parte de la semilla sea arrastrada por la escorrentía superficial.
- ✓ 2ª Fase (fase de tapado): Agua, mulch y fijador.

### Proceso de la siembra

Se seguirán los siguientes pasos:

- Laboreo previo (solo en la Zona 4).
- Aporte y extendido previo de 30/40 cm de tierra vegetal.
- Se añadirá fertilizante mineral de descomposición lenta de tipo 15:15:15 (NPK).
- Se realiza la siembra mecanizada con tractor y las dosis señaladas.
- Se hace un pase de rastra con rulo-compactador.

#### **5.9.4. Plantaciones**

La selección y distribución de las especies en los distintos espacios del ámbito del proyecto atenderá a los criterios y factores que intervienen en la conformación de distribución de la vegetal natural, (proximidad a la zona de influencia mareal, características y limitaciones de los suelos, salinidad, etc.), tal y como se refleja en el Plano 9.

Las plantaciones a ejecutar en el marco del proyecto se organizan en dos zonas de implantación:

- Zonas de interior: son zonas situadas en el interior de la Zona 4.
- Zonas de marisma: son zonas en las cuales se dan las condiciones características propias de las marismas, aunque por su localización no son de la denominada marisma baja, sino más bien la marisma media-alta.

La forma operativa de realizar las plantaciones será mediante el desarrollo de módulos de plantación con las especies seleccionadas.

Los módulos de plantación definidos serán, por motivos prácticos, de dos tipos:

- Módulos de dimensiones de 10 x 10 m (superficie de 100 m<sup>2</sup>).

<b>ZONAS DE INTERIOR</b>	
<b>ESPECIE</b>	<b>CANTIDAD (Uds.) (En 100 m<sup>2</sup>)</b>
<i>Pinus pinea</i>	5
<i>Tamarix canariensis</i>	2
<i>Pistacia lentiscus</i>	2
<i>Myrtus communis</i>	2
<i>Retama monosperma</i>	4

ZONAS DE INTERIOR	
ESPECIE	CANTIDAD (Uds.) (En 100 m <sup>2</sup> )
<i>Atriplex halimus</i>	3
<i>Halimium halimifolium</i>	2

- Módulos de dimensiones de 5 x 10 m (superficie de 50 m<sup>2</sup>).

ZONAS MARISMA	
ESPECIE	CANTIDAD (Uds.) (En 50 m <sup>2</sup> )
<i>Sarcocornia perennis ssp. perennis</i>	4
<i>Sarcocornia fruticosa</i>	4
<i>Suaeda vera</i>	4
<i>Atriplex portulacoides</i>	4
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	3

El diseño de los módulos de plantación se puede consultar en el Plano 9.

De forma resumida se detallan los trabajos a realizar en las plantaciones:

- Aporte y extendido previo de tierra vegetal.
- Selección y distribución de las plantaciones.
- Apertura de hoyo de plantación.
- Plantación.
- Primer riego.

### 5.10. Mantenimiento de zonas revegetadas

El objetivo principal del mantenimiento es desarrollar una serie de labores para conservar las zonas restauradas en buen estado, tanto funcional como estético.

El mantenimiento se organizará en mantenimiento de las plantaciones y mantenimiento de las siembras

Las labores de mantenimiento se realizarán durante treinta (30) años una vez ejecutadas las siembras y plantaciones.

## **6. Plan de vigilancia y monitorización ambiental**

---

### **6.1. Introducción y alcance general**

El presente Plan de Vigilancia y Monitorización Ambiental forma parte integrante del proyecto de Mejora de la restauración de la Zona 4.

El Plan de Vigilancia y Monitorización Ambiental comprende el conjunto de operaciones destinadas a controlar la posible afección ambiental que puedan originar los diferentes trabajos a realizar en el área.

Las cuestiones medioambientales del transcurso de la obra se han integrado conceptualmente en la vertiente constructiva del proyecto hasta alcanzar una minimización de las posibles afecciones. El Plan de Vigilancia y Monitorización Ambiental representa, en consecuencia, únicamente un control y seguimiento, no un plan de minimización de afecciones ya que este, ha sido integrado en el proyecto.

La vigilancia ambiental, considerada en su perspectiva más amplia, comprende un antes, un durante y un después de la obra. Sin conocer la situación pre-operacional, difícilmente se podrán identificar posibles afecciones, ya que ante un problema descubierto durante el transcurso de las obras o después de ellas podrían plantear dudas sobre su origen. Por ello, resulta imprescindible determinar/conocer el estado medioambiental previo a la obra, para con los controles efectuados durante la ejecución y con posterioridad a la misma, poder deducir en su caso que afecciones ha habido y actuar, si procede, en consecuencia.

En la actualidad FERTIBERIA está desarrollando diferentes controles y trabajos de índole medioambiental en el área donde se desarrollará el proyecto de obras. El Plan de Vigilancia y Monitorización Ambiental del presente proyecto tiene en cuenta esta situación de tal forma que las operaciones y controles que se definen se centran en el entorno más próximo a la zona de actuación.

La vigilancia ambiental se realizará los días que la empresa encargada de realizarlo indique por considerarlos más representativos y adecuados a la vigilancia a llevar a cabo. En todo caso, se evitará realizar muestreos en aquellos días donde los resultados puedan verse afectados por condiciones climáticas adversas.

### **6.2. Definición de operaciones**

El Plan de Vigilancia y Monitorización Ambiental comprende operaciones a efectuar antes, después y durante los trabajos de construcción contemplados en el Proyecto. Estas operaciones descritas en los siguientes apartados, deberán ser confirmadas-ajustadas (periodicidad, etc.) si las circunstancias de la obra así lo aconsejan.

Los aspectos que serán controlados y evaluados serán los siguientes:

- Meteorología: Pluviometría, etc.
- Aguas superficiales: Cursos superficiales en el entorno.
- Aguas subterráneas.
- Polvo.
- Emisiones radiológicas.
- Asentamiento y estabilidad.
- Estado general.

En función de la situación concreta de las obras estos controles variarán en periodicidad y alcance.

El desarrollo de la vigilancia ambiental exigirá la disposición de elementos o instalaciones fijas, así como la realización de inspecciones, muestreos, análisis, etc. de forma periódica o discontinua. En los siguientes apartados se definen las operaciones a efectuar, así como las obras o instalaciones fijas a realizar para poder llevar a cabo esta vigilancia.

### **6.3. Infraestructura de vigilancia y monitorización ambiental**

Para llevar a cabo el Plan de Vigilancia Ambiental se ha diseñado una red de control que incluye los diferentes puntos donde se realizarán las campañas de muestreo, previo a la obra, durante la ejecución de la obra y en el periodo de postclausura.

El diseño de esta red de control es uno de los aspectos determinantes para poder llevar a cabo la vigilancia ambiental antes de las obras, durante la ejecución de las obras y en el periodo de postclausura. Para el diseño de dicha red se parte de la información contenida en los informes y estudios previos y de la clausura proyectada en el presente documento.

Dadas las características observadas y debido a la existencia de diversos tipos de agua tanto en profundidad como en superficie, se concluye que el diseño de la red de muestreo debe llevarse a cabo prestando especial atención a la selección y ubicación de los puntos que constituyen dicha red.

La red de control estará constituida por dos subredes que dará cobertura a los siguientes ámbitos de control:

- Aguas superficiales y suelos del medio receptor
- Aguas subterráneas

En los siguientes apartados se describe cada una de las subredes que componen la red de control para la realización de la vigilancia ambiental.

### 6.3.1. Red de control de aguas superficiales y suelos en el medio receptor

En el ámbito del proyecto de clausura de las balsas de fosfoyesos se ha considerado como medio receptor los esteros, ríos, lagunas y canales en el entorno de la zona de actuación que corresponde a la Zona 4 incluida en el presente proyecto. En el entorno de esta zona se llevará a cabo la vigilancia y control ambiental durante la obra y en el periodo de postclausura.

Para la identificación del estado previo a las obras, la posterior vigilancia durante la ejecución de las mismas y durante el periodo de postclausura de las aguas superficiales y el suelo en el medio receptor se ha diseñado la red de muestro que incluirá los diferentes esteros en el entorno de la zona de actuación así como el río Tinto.

Esta red de control de las aguas superficiales y suelos del medio receptor incluye un total de cuatro puntos de muestreo, dos de ellos en el cauce de río Tinto y el resto en los esteros próximos al apilamiento de la Zona 4. Los puntos de muestreo del río Tinto están situados uno de ellos aguas arriba del apilamiento y el otro aguas abajo del apilamiento.

El resto de los puntos de muestreo están repartidos en los diferentes esteros, uno en la riera de la Nicoba, al norte de la Zona 4 y otro en el Estero de Mendaña.

A continuación en la siguiente tabla se muestran las ubicaciones y coordenadas de cada uno de los puntos de muestreo.

RED DE CONTROL AGUAS SUPERFICIALES Y SUELOS MEDIO RECEPTOR			
Cod.	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM (H29)	
		X	Y
ASMR-1	Aguas arriba Río Tinto	693.050	4.131.779
ASMR-2	Rivera de la Nicoba	687.450	4.127.650
ASMR-3	Esteros de Mendaña	686.419	4.126.777
ASMR-4	Río Tinto	686.428	4.124.822

### 6.3.2. Red de control de aguas subterráneas

Esta subred se ha diseñado para la realización de la vigilancia ambiental mediante el muestreo de los diferentes tipos de aguas subterráneas definidas en la zona ámbito del proyecto, así como del sustrato en profundidad.

Esta red está constituida por 5 piezómetros que presentan diferentes profundidades alcanzando de esta manera los siguientes niveles para la realización de la vigilancia ambiental:

- Aguas internas de la Zona 4
- Aguas de marismas
- Aguas niveles inferiores

Para el diseño de la red de control de aguas subterráneas se han tenido en cuenta la profundidad, la las unidades geológicas que atraviesan cada uno de los sondeos y las características hidroquímicas de las aguas.

La red consta, por ello, de un conjunto de piezómetros que pueden dividirse en tres tipologías conforme a los niveles establecidos anteriormente, correspondientes a las aguas subterráneas procedentes de los fosfoyesos, las aguas procedentes de la marisma y los niveles inferiores de aguas.

#### **6.4. Vigilancia y monitorización ambiental antes de las obras**

A continuación se describen los controles incluidos en el Plan de Vigilancia y Monitorización Ambiental previo al inicio de las obras.

##### **6.4.1. Meteorología**

Se recopilarán datos climatológicos procedentes de las diferentes estaciones meteorológicas existentes en la zona de actuación, así como de cualquier otra del entorno que permita establecer la climatología general del área y servir de referencia. Los datos a recopilar y evaluar se refieren a:

- Pluviometría
- Temperatura
- Dirección y velocidad del viento
- Presión atmosférica

Se procesarán los datos semihorarios para la obtención de los valores diarios y mensuales de pluviometría y temperatura media.

Esta recopilación se reflejará en el preceptivo informe.

##### **6.4.2. Aguas superficiales**

Se realizará una campaña de muestreo a lo largo de la red de control con el objeto de conocer el estado de los cauces de los ríos y esteros en el entorno de la zona de actuación previo al inicio de las obras de clausura.

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* se describirán las características hidromorfológicas y el estado de los esteros, canales mareales, lagunas y ríos próximos a la zona de actuación. Se medirán caudales y se llevará a cabo la toma de muestras para la realización de la analítica de caracterización fisicoquímica básica que incluirá los parámetros: sólidos en suspensión, pH, conductividad, fluoruros, cloruros, sulfatos, fósforo, DBO<sub>5</sub>, DQO y metales (al menos Hg, As, Cd, Pb, Cr, Cu, Ba y Zn).
- *Descripción del método:* La toma de muestras se realizará directamente en botellas de vidrio de color topacio con tapón autoprecinto, recogiendo un mayor volumen de muestra que el necesario para réplicas y contrastes.
- *Periodicidad:* Una antes del inicio de las obras.
- *Puntos de muestreo:* Se han establecido 4 puntos de muestreo de aguas superficiales ubicados aguas arriba y aguas abajo de los principales cauces de agua existentes en la zona de proyecto.
- *Umbral:* No aplica
- *Informe resultante:* Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección de las aguas durante la ejecución del proyecto.

Se compararán los datos con los de seguimiento y estudios previos realizados.

#### 6.4.3. Aguas subterráneas

Al igual que es necesario certificar la situación preoperacional de las aguas superficiales, es necesario adoptar el mismo criterio respecto a las aguas subterráneas aguas arriba y aguas debajo de la zona ámbito del proyecto.

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Las analíticas básicas incluirán como mínimo los siguientes parámetros:
  - ✓ Sólidos en suspensión
  - ✓ Conductividad
  - ✓ pH
  - ✓ Fluoruros
  - ✓ Cloruros
  - ✓ Sulfatos
  - ✓ Fósforo
  - ✓ Metales (al menos Hg, As, Cd, Pb, Cr, Cu, Ba y Zn).

- *Descripción del método:* En el caso de que la muestra se tome en un pozo de control que contenga agua de forma habitual en su interior, se procederá a una medida de nivel de la lámina de agua y a una purga del mismo hasta conseguir la estabilización de los parámetros de conductividad y pH, posteriormente se tomará la muestra. Si se trata de un pozo en el que no es habitual la presencia de una cantidad de agua significativa, la toma de muestras se llevará a cabo sin realizar purga del mismo y posteriormente se vaciará por completo para que recoja agua de nuevo para la próxima campaña. La toma de muestras se realizará empleando muestreadores desechables. Cada muestra se tomará directamente en una botella de vidrio color topacio con tapón autoprecinto recogiéndose un mayor volumen de muestras que el necesario para réplicas y contrastes.
- *Periodicidad:* Se efectuarán al menos dos campañas de muestreo y análisis antes del inicio de las obras con objeto de minimizar errores y, sobre todo, evidenciar variaciones hidroquímicas debidas a fluctuaciones hidrogeológicas (aguas alta-medias-bajas).
- *Puntos de muestreo:* se han establecido 5 puntos de muestreo de aguas subterráneas ubicados aguas arriba y aguas abajo de la zona ámbito de actuación del proyecto.
- *Umbral:* No aplica
- *Informe resultante:* todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección de las aguas durante la ejecución del proyecto.

#### 6.4.4. Polvo

La emisión de polvo antes del inicio de las obras se entenderá asociada a:

- Posible emisión de las diferentes zonas de apilamiento del fosfoyeso.
- Posible emisión de polvo derivada del tráfico actual por los viales del área de la zona de actuación.
- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Polvo en suspensión atmosférica, polvo depositado en vegetación, polvo depositado en las proximidades de los apilamientos.
- *Descripción del método:* Observación y registro cualitativo de los factores a observar anteriormente citados. Únicamente en el caso que se manifieste o se sospeche la presencia de compuestos químicos de relevancia ambiental diferentes a los indicados anteriormente en el aire se planteará la realización de muestreos directos y subsiguientes análisis. Los resultados obtenidos irán acompañados con datos del observatorio meteorológico para las fechas y momentos en los que se efectuó el reconocimiento.

- *Periodicidad*: Se efectuarán al menos dos campañas de inspección-reconocimiento en épocas o días meteorológicamente diferenciados (al menos una de ellas con vientos moderados-fuertes) antes del inicio de las obras.
- *Puntos de muestreo*: Diferentes ubicaciones en el entorno de la zona de actuación.
- *Umbral*: No aplica
- *Informe resultante*: Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección del polvo durante la ejecución del proyecto.

#### 6.4.5. Emisiones radiológicas

Previo al inicio de las obras de clausura, se realizará un análisis de emisiones radiológicas.

- *Responsable de la observación*: Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar*: Control radiológico en las zonas identificadas por el depósito de fosfoyesos negros.
- *Descripción del método*: Estimación del riesgo de exposición externa a radiaciones ionizantes mediante la medida de la tasa de dosis equivalente ambiental a un metro del suelo, y la medida de dosis integrada durante las jornadas de trabajo.
- *Periodicidad*: Se efectuará al menos una campaña de control radiológico previo al inicio de las obras.
- *Puntos de muestreo*: Se llevaran a cabo los muestreos en distintos puntos de la Zona 4 y sus alrededores.
- *Umbral*: No aplica
- *Informe resultante*: Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección debida a las emisiones radiológicas durante la ejecución del proyecto.

#### 6.4.6. Asentamiento y estabilidad

Previo al inicio de las obras se realizará un levantamiento topográfico del total de la zona de actuación, de cara a tener los parámetros de origen para el seguimiento del asentamiento y estabilidad del apilamiento.

- *Responsable de la observación*: Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar*: Asentamientos y estabilidad en el terreno.
- *Descripción del método*: Se realizará un levantamiento topográfico.

- *Periodicidad:* Uno al año
- *Puntos de muestreo:* Toda la zona de actuación del proyecto.
- *Umbral:* No aplica
- *Informe resultante:* Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección sobre el asentamiento o estabilidad durante la ejecución del proyecto.

#### **6.4.7. Estado general**

Por control del estado general se entiende el control de elementos, infraestructuras, actividades, etc. del área y, una vez comenzadas las obras, de aquellas expresamente construidas o dispuestas. En este sentido, y antes del inicio de las obras, se efectuará un reconocimiento exhaustivo-completo del área y entorno inspeccionándose y registrándose el emplazamiento y características de aspectos tales como:

- Construcciones, instalaciones, etc.
- Actividades continuas, semicontinuas y esporádicas.
- Infraestructuras.
- Usos del terreno.
- Etc.

El objetivo de este control es garantizar que toda actividad y uso del terreno está vigilada y es compatible con las obras que van a llevarse a cabo.

El control del estado general antes de las obras será recogido en el correspondiente informe.

#### **6.4.8. Informe**

Sin perjuicio de los informes parciales realizados respecto a cada uno de los elementos o aspectos sometidos a control, todos los controles efectuados en el marco de la vigilancia ambiental antes de las obras, serán recogidos en un informe síntesis o de recapitulación de este en el que se:

- Resumirán los datos y resultados de cada control.
- Destacarán los resultados más significativos.
- Evaluarán dichos resultados.
- Extraerán conclusiones, no sólo en relación con la afección medioambiental en sí misma, sino respecto al conjunto de la obra, incluyendo especialmente aspectos de seguridad y salud.

## 6.5. Vigilancia y monitorización ambiental durante las obras

Los controles y evaluaciones incluirán los mismos aspectos ambientales indicados anteriormente adaptados a la situación y desarrollo del proyecto y de las obras previstas en cada momento. Conceptualmente la obra es asimilable a una obra de construcción de ingeniería civil, donde se produce pequeña movilización de los materiales apilados y a la finalización de la obra se lleva a cabo la revegetación de las superficies.

### 6.5.1. Meteorología

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Pluviometría, temperatura, dirección y velocidad del viento y presión atmosférica.
- *Descripción del método:* Recogida directa de datos de los factores a observar. Se procesarán los datos semihorarios procedentes de las estaciones meteorológicas para la obtención de los valores diarios y mensuales de pluviometría y temperatura media.
- *Periodicidad:* Al menos una vez al mes.
- *Puntos de muestreo:* Estaciones meteorológicas en la zona de actuación.
- *Umbral:* No aplica
- *Informe resultante:* Mensualmente se entregará un informe en el que se reflejarán los datos meteorológicos.

### 6.5.2. Aguas superficiales

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Datos de caudal y calidad de aguas superficiales. Se llevará a cabo la toma de muestras para la realización de la analítica de caracterización fisicoquímica básica que incluirá los parámetros: sólidos en suspensión, pH, conductividad, fluoruros, cloruros, sulfatos, fósforo, DBO<sub>5</sub>, DQO y metales (al menos Hg, As, Cd, Pb, Cr, Cu, Ba y Zn).
- *Descripción del método:* La toma de muestras se realizará directamente en botellas de vidrio de color topacio con tapón autoprecinto, recogiendo un mayor volumen de muestra que el necesario para réplicas y contrastes.
- *Periodicidad:* Mensual. En función de la marcha de las obras y de los resultados que se vayan obteniendo, se ajustará la cantidad de análisis a efectuar.
- *Puntos de muestreo:* Se han establecido 4 puntos de muestreo de aguas superficiales ubicados aguas arriba y aguas abajo de los principales cauces de agua existentes en la zona de proyecto.

- *Umbral:* Los establecidos en la ley
- *Informe resultante:* Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección de las aguas durante la ejecución del proyecto.

### 6.5.3. Aguas subterráneas

El control de las aguas subterráneas durante las obras se efectuará con criterio similar al indicado para las aguas superficiales.

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Las analíticas básicas incluirán como mínimo los siguientes parámetros:
  - ✓ Sólidos en suspensión
  - ✓ Conductividad
  - ✓ pH
  - ✓ Fluoruros
  - ✓ Cloruros
  - ✓ Sulfatos
  - ✓ Fósforo
  - ✓ Metales (al menos Hg, As, Cd, Pb, Cr, Cu, Ba y Zn).
- *Descripción del método:* En el caso de que la muestra se tome en un pozo de control que contenga agua de forma habitual en su interior, se procederá a una medida de nivel de la lámina de agua y a una purga del mismo hasta conseguir la estabilización de los parámetros de conductividad y pH, posteriormente se tomará la muestra. Si se trata de un pozo en el que no es habitual la presencia de una cantidad de agua significativa, la toma de muestras se llevará a cabo sin realizar purga del mismo y posteriormente se vaciará por completo para que recoja agua de nuevo para la próxima campaña. La toma de muestras se realizará empleando muestreadores desechables. Cada muestra se tomará directamente en una botella de vidrio color topacio con tapón autoprecinto recogiendo un mayor volumen de muestras que el necesario para réplicas y contrastes. Se deberá establecer que parámetros son representativos y se adaptará el programa analítico a los resultados obtenidos en las distintas campañas y a las necesidades del control hidrogeológico.
- *Periodicidad:* Se efectuará un control mensual, y siempre que las circunstancias lo requieran. En función de la marcha de las obras y de los resultados que se vayan obteniendo, se ajustará la cantidad de muestreos y análisis a efectuar.

- *Puntos de muestreo*: Se han establecido 5 puntos de muestreo de aguas subterráneas ubicados aguas arriba y aguas debajo de la zona ámbito de actuación del proyecto.
- *Umbral*: El indicado en la ley
- *Informe resultante*: Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección de las aguas durante la ejecución del proyecto.

Las campañas se asociarán siempre con los datos meteorológicos de la estación de referencia referidos a los días de toma de datos y anteriores.

#### 6.5.4. Polvo

Sin perjuicio de los procedimientos o controles que se realicen en el ámbito de la seguridad y salud, durante las obras se deberá realizar un semicontinuo seguimiento de la emisión de polvo en toda la zona de actuación del proyecto.

- *Responsable de la observación*: Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar*: Polvo en suspensión atmosférica, polvo depositado en vegetación, polvo depositado en las proximidades de los apilamientos.
- *Descripción del método*: Observación y registro cualitativo de los factores a observar anteriormente citados. Únicamente en el caso que se manifieste o se sospeche la presencia de compuestos químicos de relevancia ambiental diferentes a los indicados anteriormente en el aire se planteará la realización de muestreos directos y subsiguientes análisis. Los resultados obtenidos irán acompañados con datos del observatorio meteorológico para las fechas y momentos en los que se efectuó el reconocimiento.
- *Periodicidad*: Se realizará un seguimiento semicontinuo.
- *Puntos de muestreo*: Diferentes ubicaciones en el entorno de la zona de actuación.
- *Umbral*: Presencia de compuestos químicos en el polvo existente en las zonas a observar.
- *Informe resultante*: Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección del polvo durante la ejecución del proyecto.

#### 6.5.5. Emisiones radiológicas

- *Responsable de la observación*: Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar*: Control radiológico en distintos puntos de la Zona 4 y sus alrededores.

- *Descripción del método:* Estimación del riesgo de exposición externa a radiaciones ionizantes mediante la medida de la tasa de dosis equivalente ambiental a un metro del suelo, y la medida de dosis integrada durante las jornadas de trabajo.
- *Periodicidad:* Se efectuará una campaña anual durante la ejecución de la obra
- *Puntos de muestreo:* Se llevaran a cabo los muestreos en distintos puntos seleccionados por el consultor de protección radiológica que efectúe los trabajos.
- *Umbral:* Los establecidos en la ley
- *Informe resultante:* Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección debida a las emisiones radiológicas durante la ejecución del proyecto.

#### **6.5.6. Asentamiento y estabilidad**

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Asentamientos y estabilidad en el terreno.
- *Descripción del método:* Se realizará un levantamiento topográfico.
- *Periodicidad:* Uno al año
- *Puntos de muestreo:* Toda la zona de actuación del proyecto objeto de su clausura.
- *Umbral:* Detección de inestabilidad en la zona.
- *Informe resultante:* Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección sobre el asentamiento o estabilidad durante la ejecución del proyecto.

#### **6.5.7. Estado general**

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Elementos e infraestructuras que se van construyendo así como de las actividades (y sus variaciones) que se desarrollen en el entorno.
- *Descripción del método:* Control discontinuo mediante reconocimientos discontinuos exhaustivos-completos del área y entorno inspeccionándose y registrándose el emplazamiento y características de aspectos tales como:
  - Construcciones, instalaciones, etc.
  - Actividades continuas, semicontinuas y esporádicas.

- Infraestructuras.
- Usos del terreno.
- *Periodicidad*: Control discontinuo a lo largo de las obras.
- *Puntos de muestreo*: Construcciones, instalaciones, viales de acceso, infraestructuras, usos del terreno, etc.
- *Umbral*: Actividad y/o uso del terreno incompatible con las obras que se estén llevando a cabo.
- *Informe resultante*: Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección sobre el estado general durante la ejecución del proyecto.

#### **6.5.8. Informe**

Los controles de los aspectos reflejados en los anteriores apartados se plasmarán sucesivamente en registros y documentos de acuerdo con el procedimiento de gestión de la información que sea establecido. Sin perjuicio de ello, al finalizar las obras se emitirá un informe recapitulativo de todos los controles efectuados, mediante el que se certifique la situación ambiental y, en su caso, se determine el origen de las posibles afecciones ambientales provocadas por las obras y las medidas seguidas para evitarlas y minimizarlas.

#### **6.6. Interrupción-paralización de la Obras**

Si por el motivo que sea las obras son interrumpidas o paralizadas la vigilancia ambiental continuará según los criterios que se indican a continuación.

La vigilancia ambiental con ocasión de interrupción o paralización de las obras se fundamentará en el control cada tres meses de los aspectos anteriormente mencionados en la fase de ejecución de obra según los métodos expuestos en cada caso:

- Meteorología: Pluviometría, etc.
- Aguas superficiales: Cursos superficiales en el entorno.
- Aguas subterráneas.
- Polvo
- Emisiones radiológicas
- Asentamiento y estabilidad
- Estado general.

## 6.7. Vigilancia y monitorización ambiental postclausura

Acabadas las obras, la vigilancia ambiental continuará en el plazo y en las condiciones que se establezcan. Se ha considerado en el presente proyecto, un control durante 30 años a partir de la clausura de las balsas según el programa que se detalla en los próximos apartados

La topología de análisis que se indica, así como en general el conjunto del programa, deberá ser revisada y ajustada a partir de los datos obtenidos durante la vigilancia ambiental en el transcurso de las obras.

### 6.7.1. Meteorología

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Pluviometría, temperatura, dirección y velocidad del viento y presión atmosférica.
- *Descripción del método:* Recogida directa de datos de los factores a observar. Se procesarán los datos semi-horarios procedentes de las estaciones meteorológicas para la obtención de los valores diarios y mensuales de pluviometría y temperatura media.
- *Periodicidad:* Al menos una vez al mes.
- *Puntos de muestreo:* Estaciones meteorológicas en la zona de actuación.
- *Umbral:* No aplica
- *Informe resultante:* Mensualmente se entregará un informe en el que se reflejarán los datos meteorológicos.

### 6.7.2. Aguas superficiales

El control de las aguas superficiales después de la obras comprende la obtención de datos de caudal y calidad de las aguas (aguas arriba y abajo) de la zona de actuación para evidenciar posibles afecciones de las obras ejecutadas sobre las aguas superficiales. El control se realizará de acuerdo con el siguiente programa:

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Datos de caudal y calidad de aguas superficiales. Se llevará a cabo la toma de muestras para la realización de la analítica de caracterización fisicoquímica básica que incluirá los parámetros: sólidos en suspensión, pH, conductividad, fluoruros, cloruros, sulfatos, fósforo, DBO<sub>5</sub>, DQO y metales (al menos Hg, As, Cd, Pb, Cr, Cu, Ba y Zn).

- *Descripción del método:* La toma de muestras se realizará directamente en botellas de vidrio de color topacio con tapón autoprecinto, recogiendo un mayor volumen de muestra que el necesario para réplicas y contrastes.
- *Periodicidad:*

<b>AGUAS SUPERFICIALES</b>		
<b>Años</b>	<b>Caudal</b>	<b>Calidad química</b>
Primero	Cada 3 meses	Cada 3 meses
Resto	Cada 3 meses	Cada 3 meses

- *Puntos de muestreo:* Se han establecido 4 puntos de muestreo de aguas superficiales ubicados aguas arriba y aguas abajo de los principales cauces de agua existentes en la zona de proyecto.
- *Umbral:* Los establecidos en la ley
- *Informe resultante:* Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección de las aguas durante la ejecución del proyecto.

### 6.7.3. Aguas subterráneas

El control de las aguas subterráneas durante las obras se efectuará con criterio similar al indicado para las aguas superficiales.

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Las analíticas básicas incluirán como mínimo los siguientes parámetros:
  - ✓ Sólidos en suspensión
  - ✓ Conductividad
  - ✓ pH
  - ✓ Fluoruros
  - ✓ Cloruros
  - ✓ Sulfatos
  - ✓ Fósforo
  - ✓ Metales (al menos Hg, As, Cd, Pb, Cr, Cu, Ba y Zn).

- *Descripción del método:* En el caso de que la muestra se tome en un pozo de control que contenga agua de forma habitual en su interior, se procederá a una medida de nivel de la lámina de agua y a una purga del mismo hasta conseguir la estabilización de los parámetros de conductividad y pH, posteriormente se tomará la muestra. Si se trata de un pozo en el que no es habitual la presencia de una cantidad de agua significativa, la toma de muestras se llevará a cabo sin realizar purga del mismo y posteriormente se vaciará por completo para que recoja agua de nuevo para la próxima campaña. La toma de muestras se realizará empleando muestreadores desechables. Cada muestra se tomará directamente en una botella de vidrio color topacio con tapón autoprecinto recogiendo un mayor volumen de muestras que el necesario para réplicas y contrastes. Se deberá establecer que parámetros son representativos y se adaptará el programa analítico a los resultados obtenidos en las distintas campañas y a las necesidades del control hidrogeológico.
- *Periodicidad:*

<b>AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>		
<b>Años</b>	<b>Caudal</b>	<b>Calidad química</b>
Primero	Cada 3 meses	Cada 3 meses
Resto	Cada 3 meses	Cada 3 meses

- *Puntos de muestreo:* Se han establecido 5 puntos de muestreo de aguas subterráneas ubicados aguas arriba y aguas debajo de la zona ámbito de actuación del proyecto.
- *Umbral:* el indicado en la ley
- *Informe resultante:* Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección de las aguas durante la ejecución del proyecto.

Las campañas se asociarán siempre con los datos meteorológicos de la estación de referencia referidos a los días de toma de datos y anteriores.

#### **6.7.4. Polvo**

Salvo anomalía detectada en el último control efectuado en el transcurso (término) de las obras, no se prevé la realización de controles referidos a polvo después de las obras, ya que el material ha quedado encapsulado y no existen fuentes de emisión de polvo que provoquen afección.

#### **6.7.5. Emisiones radiológicas**

- *Responsable de la observación:* Propiedad y entidad independiente.
- *Factor a observar:* Control radiológico de la Zona 4 y sus aledaños.
- *Descripción del método:* Estimación del riesgo de exposición externa a radiaciones ionizantes mediante la medida de la tasa de dosis equivalente ambiental a un metro del suelo, y la medida de dosis integrada durante las jornadas de trabajo.
- *Periodicidad:* Se efectuará una campaña anual durante la fase de postclausura
- *Puntos de muestreo:* Se llevaran a cabo los muestreos en los puntos seleccionados por el consultor independiente que realice los trabajos.
- *Umbral:* Los establecidos en la ley
- *Informe resultante:* Todos los datos obtenidos se recogerán en el preceptivo informe que servirá de base para evaluar la posible afección debida a las emisiones radiológicas durante la ejecución del proyecto.

#### **6.7.6. Asentamiento y estabilidad**

Una vez finalizadas las obras se seguirán efectuando levantamientos topográficos anuales que servirán para que se pueda determinar cualquier cambio en la topografía. Los controles de asentamiento y estabilidad se recogerán adecuadamente.

#### **6.7.7. Estado general**

El control del estado general comprende el conjunto de inspecciones y mediciones a efectuar respecto a los siguientes aspectos:

- Capa o cobertura vegetal
- Canales, cunetas o colectores de drenaje de aguas.
- Lugares de inspección.
- Otras construcciones e instalaciones
- Otras infraestructuras.
- Uso del terreno.
- Actividades del entorno.
- Etc.

Cada control se recogerá de acuerdo con el procedimiento de información establecido, y servirá, como el resto de controles en otros ámbitos, para arbitrar, en su caso, las medidas oportunas.

#### **6.7.8. Informe**

Todos los controles efectuados en el marco de la vigilancia ambiental después de las obras serán recogidos y recapitulados en un informe con la periodicidad que se establezca (mínimo anual).

El informe recogerá los datos meteorológicos, los boletines analíticos de las muestras analizadas, los caudales y cualquier incidencia que se haya producido.

#### **6.8. Desarrollo del Plan**

El Plan de Vigilancia Ambiental será desarrollado por una empresa ajena al Contratista de la ejecución material de las obras y a la Dirección Facultativa de las mismas y será designada por la Propiedad.

La ejecución de todas las construcciones e instalaciones serán supervisadas y controladas por la empresa que desarrolle el Plan de Vigilancia Ambiental.

Con anterioridad al inicio de la vigilancia ambiental, la firma o empresa que lo vaya a desarrollar entregará a la Propiedad un Plan de Vigilancia Ambiental que comprenderá, al menos, en relación con las inspecciones, pruebas, ensayos y controles a efectuar lo siguiente:

- Procedencia y características generales de materiales, equipos y medios auxiliares a utilizar.
- Organización funcional y nominal del seguimiento ambiental acorde con las necesidades y exigencias. Los medios, ya sean propios o ajenos, estarán debidamente homologados.
- Procedimientos, instrucciones, planos y documentos análogos que desarrollen la metodología a emplear en cada tipo de control, incluyendo los requisitos relativos al transporte, manejo, almacenamiento, e instalación de los materiales y componentes a utilizar así como de las muestras a adquirir.
- Procedimiento de gestión de documentación relativa a la vigilancia ambiental de forma que se garantice tanto su confidencialidad y custodia como su utilidad.

El Contratista estará obligado a los procedimientos que indique la Propiedad en relación con la vigilancia ambiental, su documentación y su gestión. Sin perjuicio de las normas a fijar por la Propiedad, todas y cada una de las inspecciones, pruebas, ensayos y controles deberán estar documentadas convenientemente y estos documentos en poder de la Propiedad.

Sin perjuicio del procedimiento de gestión de la documentación y de los informes de seguimiento ambiental, la empresa que desarrolle el seguimiento queda obligada a disponer y diligenciar un Libro

de Seguimiento Ambiental en el que, sucesiva y diariamente, vayan recogiendo sistemáticamente los diferentes controles y actividades, así como resultados más significativos.

La Propiedad dispondrá de una copia del Libro de Seguimiento Ambiental que irá recreciéndose progresivamente con la documentación que aporte la empresa que efectúe el seguimiento ambiental.

## **7. Programación de las obras**

---

El plazo de ejecución de las obras proyectadas se estima en 28 meses. En el Anejo 8 del presente proyecto se presenta la justificación del Plan de Obra en función del orden, duración y secuencia de las actividades a realizar y su representación en un Diagrama de Gantt.

## 8. Presupuesto

---

El Presupuesto de Ejecución Material del conjunto de las obras descritas en el presente Proyecto, incluyéndose el control de calidad de las obras, asciende a la cifra de 13.008.396,04 euros (TRECE MILLONES OCHO MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y SEIS EUROS Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO).

En el Documento N° 5 “Presupuesto” se desglosan y justifican los diferentes capítulos del presupuesto.

## 9. Documentos de los que consta el proyecto

---

El presente proyecto consta de los siguientes documentos que deberán ser tomados como un conjunto para la interpretación de las soluciones propuestas:

### **DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS**

MEMORIA

ANEJO 1: CARACTERIZACIÓN ZONA 4

ANEJO 2: CARACTERIZACIÓN RESIDUOS Y AGUAS INTERNAS

ANEJO 3: GEOFÍSICA

ANEJO 4: HIDROGEOLOGÍA

ANEJO 5: GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y ESTABILIDAD

ANEJO 6: RED DE DRENAJE SUPERFICIAL

ANEJO 7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

ANEJO 8: PLAN DE OBRA

### **DOCUMENTO Nº 2: PLANOS**

### **DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**

### **DOCUMENTO Nº 4: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

MEMORIA

PLANOS

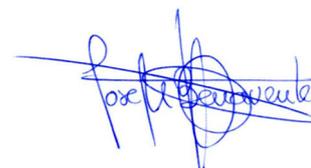
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

PRESUPUESTO

### **DOCUMENTO Nº 5: PRESUPUESTOS**

Huelva, Junio de 2022

En nombre y representación de Eptisa, Servicios de Ingeniería, S.L.



Fdo.: José Miguel Benavente Delgado

Ing. Industrial Colegiado nº 13.608