



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DIAGNÓSTICO DE DAÑOS Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN EN EL DEPÓSITO DE AGUA DE LA CONDUCCIÓN TURIA-SAGUNTO EN EL TM DE SAGUNTO (VALENCIA). ESTUDIO DE SOLUCIONES.

Memoria

Trabajo final de grado

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas.

Curso: 2014/15

Autor: Rafael Pleguezuelos Martí

Tutor: José Miguel Adam Martínez

Valencia, Junio de 2015



DOCUMENTOS QUE CONSTITUYEN EL PRESENTE TRABAJO FINAL DE GRADO

DOCUMENTO Nº 1 .MEMORIA Y ANEJOS

Memoria

Anejos de la Memoria

Anejo Nº1 Estudio de soluciones

Anejo Nº2 Presupuestos y mediciones

Anejo Nº3 Análisis del comportamiento del estudio de soluciones

MEMORIA



ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	3
1.1.AGENTES.....	3
1.2.INFORMACIÓN PREVIA	3
1.3.ENTORNO	4
2.ANTECEDENTES.....	6
3.ESTADO ACTUAL DEL DEPÓSITO.....	6
4.ESTUDIO DE SOLUCIONES.....	12
5.CONCLUSIONES.....	17



1. INTRODUCCIÓN

1.1 AGENTES

Promotor: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Confederación Hidrográfica del Júcar.

Dirección postal: Avenida Blasco Ibáñez nº 48, 46010 Valencia, nº de fax: 96-3938800

Propiedad: Excmo. Ayuntamiento de Sagunto

1.2 INFORMACIÓN PREVIA

Se recibe por parte de la administración pública el encargo del “Informe de evaluación y Diagnóstico de daños en el depósito de agua de la conducción Turia-Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia)” con la inclusión de detalles, equipos de trabajos, sistemas constructivos y estudios pertinentes.

Objeto del trabajo :

El objeto del trabajo es la evaluación y diagnóstico del estado de un depósito situado en Sagunto y que tras su uso y explotación se ha visto deteriorado.

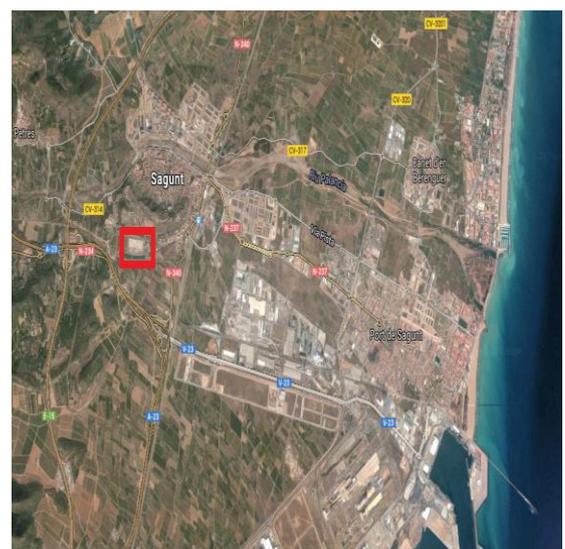
Emplazamiento: Camino Cementerio N01, 20 ,46500 Sagunto

Acceso: Se puede acceder al depósito mediante un camino al este del mismo, cercano a la N-340

Localización 39.674847, -0.292309

1.3 ENTORNO

Nos encontramos en un depósito de hormigón armado de 150.000 metros cúbicos situado en el Término Municipal de Sagunto (Valencia), donde antiguamente se hallaba una cantera. El agua procede del río Turia y cuenta con su propia red de canalización y distribución. En la misma instalación se encuentra la planta potabilizadora, abasteciendo a las localidades circundantes (mayoritariamente Sagunto y el Puerto de Sagunto).



Figs. 1,2 y 3. Localización

El depósito se dispone en la parte inferior del castillo de Sagunto por la parte suroeste, a menos de 2 km del casco urbano y a una cota de unos 65 m sobre el nivel del mar. Además de abastecer agua para el consumo humano, la tipología de este tipo de depósito asegura que a los diferentes puntos de abastecimiento llegue la presión necesaria, y también puede usarse para casos de emergencia, como por ejemplo incendios.

Tras haberse llenado completamente por primera vez se observa un pequeño deslizamiento en el muro de contención, por lo que se ha de cerrar por motivos de seguridad y efectuar un estudio para evaluar las causas de fallo y evitar cualquier catástrofe.

En 1997 en Melilla ocurrieron situaciones similares en un depósito de menos capacidad (25.000 metros cúbicos), pero no se actuó con suficiente tiempo y se produjo el colapso de los muros, una riada en la zona somera y la muerte de 9 personas.

Linderos:

Norte: Calle Cementerio 01

Sur: Calle Cementerio 01

Este: Calle Cementerio (acceso desde Sagunto)

Oeste: Carrer Racó (campos de naranjos)



Fig.4 Panorámica general del depósito

Coordenadas geográficas:

Longitud Madrid: 04° 34' 15''

Latitud Madrid: 39° 40' 24''

Longitud Greenwich: 00° 17' 08''

Latitud Greenwich: 39° 40' 55''



2. ANTECEDENTES

El día 15 de Diciembre de 2014 se realizó una visita al depósito para una primera valoración de su estado. Esta visita fue guiada por el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Jose Miguel Adam Martínez, quien fue informando sobre los antecedentes y la casuística del depósito.

De forma previa al estudio, se han efectuado diversos estudios sobre los daños detectados en el depósito. Los estudios e informes recopilados, que han servido de base para una primera toma de contacto han sido:

- Abril de 2004. “Informe técnico sobre el estado de una de las cámaras del depósito de agua bruta de Sagunto”, firmado por D. Sergio Moyano.
- Febrero de 2005. “Informe técnico sobre el estado del depósito de agua bruta de Sagunto”, firmado por D. Sergio Moyano.
- Junio de 2005 “Informe sobre los corrimientos detectados en uno de los muros del depósito final de la conducción Turia-Sagunto”, firmado por D. José Soler Sanz.
- Planos del proyecto constructivo “Modificación nº1 del complemento de caudales al Camp de Morvedre. Conducción Turia-Sagunto (Valencia)”, firmado por D. José M^a Añon (sin fecha).

3. ESTADO ACTUAL DEL DEPÓSITO

La capacidad del tanque fue construida para abastecer a una población de 63.000 personas cerca del mar en la costa mediterránea. El tanque se dispone a una distancia de 500 metros del pueblo de Sagunto, en la pendiente de una colina que previamente había sido una cantera.

El tanque se divide en dos secciones de planta rectangular(A y B), de hormigón armado con una superficie de 250 m de largo y 100 de ancho como refleja la Figura 5.

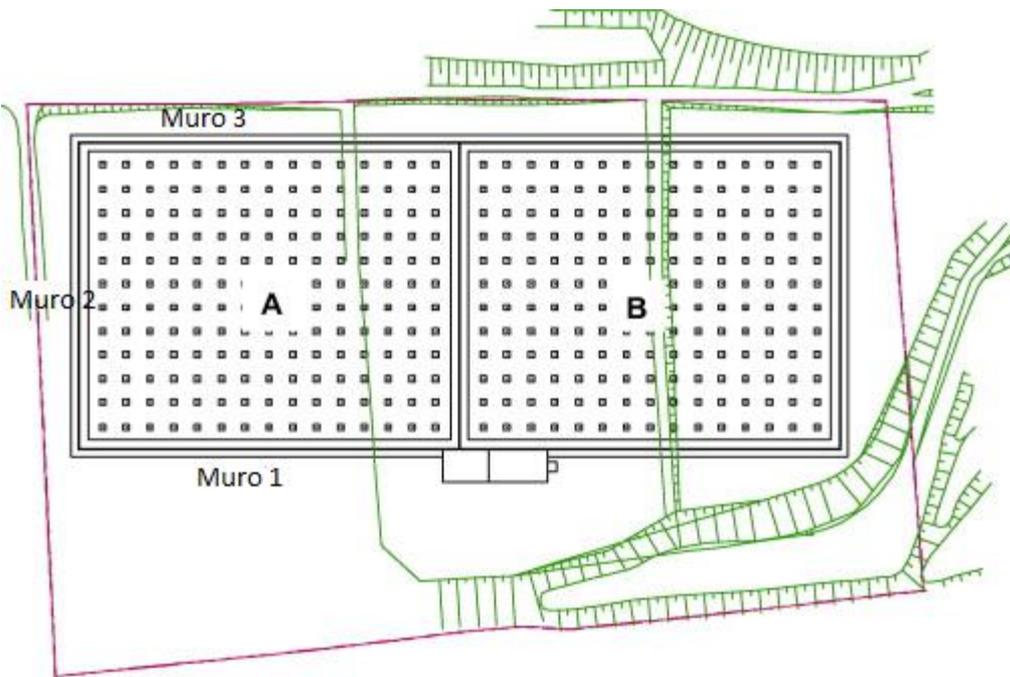


Fig. 5. Planta del depósito



Fig.6.Muro 2



Fig.7. Muro 1

Los muros exteriores son muros ménsula de 6,05 metros de altura y con una zapata de 0,7x5.7 m. La cubierta se trata de un forjado reticular de casetones recuperables de canto 25+5 cm, intereje 0,8 m y nervio de 12 cm. Los pilares se disponen cada 8 m, apoyando en unas zapatas de 1,6 m x 1,6 m, con una sección de 30 cm x 30 cm. En la parte inferior de la zapata del muro ménsula se dispone una losa de cimentación de 0,25 m.



Figs. 8 y 9. Muro 3 e interior del depósito

La conexión entre la losa superior y los muros se efectúa con apoyos de neopreno, siguiendo el mismo alineamiento que los pilares. A su vez, estos neoprenos descansan sobre una pieza rectangular de mortero de cemento. La conexión entre la losa inferior y la zapata del muro se efectúa con una junta de dilatación continua (Fig. 11).

Los muros perimetrales disponen de respiraderos en forma de cuadrado para ventilar el flujo interior del agua (Fig.10).



Fig. 10. Respiradero en muros perimetrales

El depósito abastece principalmente a la población de Sagunto, tomando el agua de un depósito intermedio que obtiene el agua del canal Júcar-Túria. El agua llega por medio de una tubería de 800 mm de diámetro hasta la depuradora, para ser utilizada posteriormente a su tratamiento. También existe un conducto alternativo de 400 mm de diámetro con válvula de mariposa, que permite una circulación alternativa al de la depuración.

La capacidad máxima de la conducción es de $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

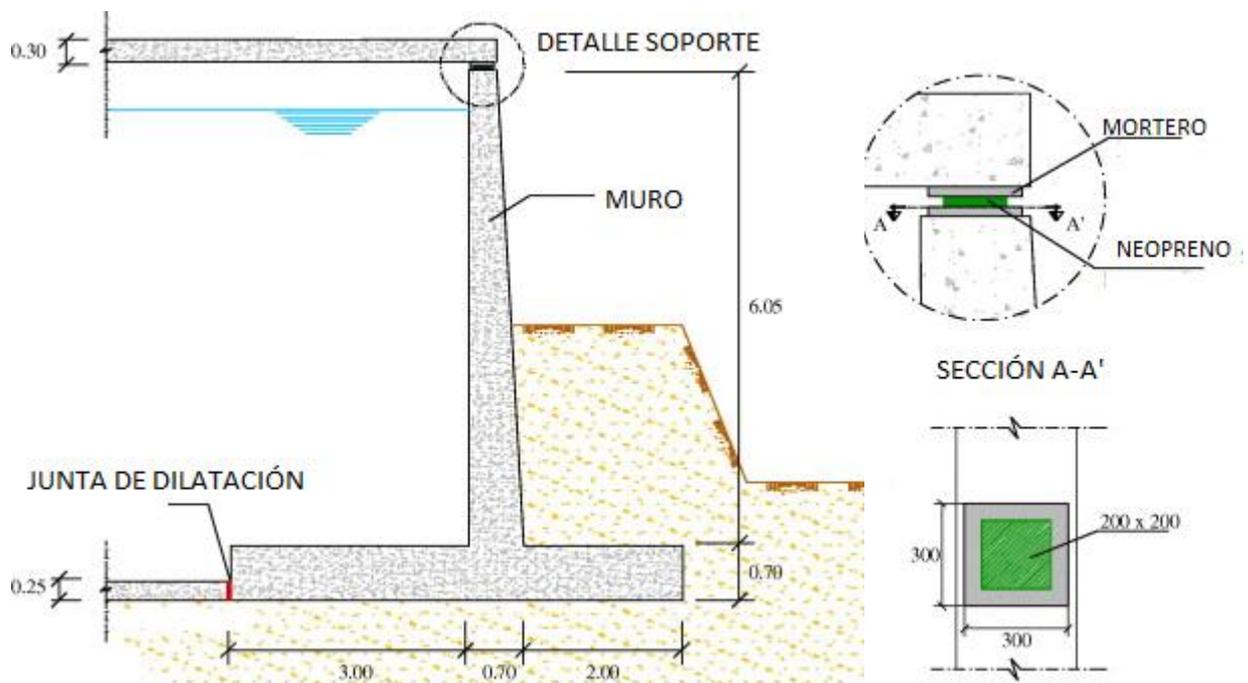


Fig.11. Sección del muro ménsula

Una vez realizados los estudios y cálculos descritos en el Trabajo Final de Grado de Jonatan Rodríguez “Diagnóstico Daños del depósito de agua de la conducción Turia-Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia)” se alcanza un diagnóstico final de lo sucedido y se llega a una serie de conclusiones:

1. El depósito fue construido en una antigua cantera, bajo un relleno mal compactado, como se puede comprobar en el Trabajo Final de Grado Jonatan Rodríguez Herrera “Diagnóstico Daños del depósito de agua de la conducción Turia-Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia)” concretamente en el Anejo N°1 Estudio geológico y geotécnico, este hecho será uno de los problemas del giro del muro debido a que este no tiene la suficiente capacidad portante como para soportar las acciones sobre él.



Fig.12.Vista cantera y relleno

2. Los movimientos del muro ménsula número son ocasionados por una combinación de vuelco y deslizamiento.

3. Tras el cálculo del factor de seguridad frente a deslizamiento del muro se obtienen unos resultados inaceptables. El factor de seguridad al deslizamiento no cumple el valor prefijado por la norma de 1,5. Este valor será menor debido a la lámina de PVC que encontramos debajo del depósito.



4. La tensión máxima sobre el terreno no es excesivamente elevada, pero debido a la mala compactación del relleno –tanto el que se halla bajo el depósito como el que está frente a la puntera- y a la posible saturación del mismo, los movimientos que se han producido en el muro son importantes e inadmisibles

5. El movimiento de vuelco ha provocado el fallo del soporte de neopreno entre el muro y el forjado reticular. En consecuencia, muchas zonas del muro presentan desconchamientos del hormigón tras el choque entre los dos cuerpos rígidos. También ha provocado la abertura de las juntas de dilatación –tanto en el alzado del muro como en el la cubierta-.

6. A parte del estudio de la estabilidad del depósito, en el Trabajo Final de Grado del alumno Jonatan Rodríguez Herrera “Diagnóstico Daños del depósito de agua de la conducción Turia-Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia)”, concretamente en el Anejo Nº3 se comprueban cada uno de los elementos estructurales que forma el mismo, concluyéndose que el dimensionamiento de los principales elementos de hormigón es **correcto**.

Dado que las condiciones de estabilidad del depósito no son aceptables, se requiere la corrección de la estructura existente. Para mitigar todos los problemas que se comentan anteriormente se plantea un **estudio de soluciones** con diferentes propuestas de actuación y diferentes soluciones de la que finalmente se realizara una valoración global para determinar las soluciones más óptimas a ejecutar para solucionar los problemas del depósito una vez puesto en carga.

4. ESTUDIO DE SOLUCIONES

En el estudio de soluciones se tiene como objeto reflejar las diferentes posibilidades para solucionar los problemas nombrados anteriormente, las ventajas y las desventajas de cada método, el método constructivo y la economía, para adoptar aquella solución óptima.

En primer lugar se procederá a detallar las medidas para reforzar el terreno. Las soluciones de mejora son las siguientes:

- INYECCIONES: Son intervenciones mediante las cuales se inyectan determinados productos en el interior de un suelo con el fin de obtener mejoras (mayor resistencia a compresión, disminuye la permeabilidad del terreno).

Se realizan bombeando el producto a través de pequeños taladros o en el extremo de un trépano que se introduce en el interior de una perforación previamente realizada. Para realizar este tipo de operaciones se debe estudiar previamente la estabilidad, la viscosidad, el tiempo de fraguado, la resistencia, la compresión y la durabilidad. La efectividad de estos métodos no está totalmente asegurada ya que cada terreno y cada ejecución de las inyecciones presentan muchas incógnitas.

- Inyecciones de compactación
- Inyecciones de cementación
- Inyecciones de impregnación
- Inyecciones de relleno
- Inyecciones de fracturación

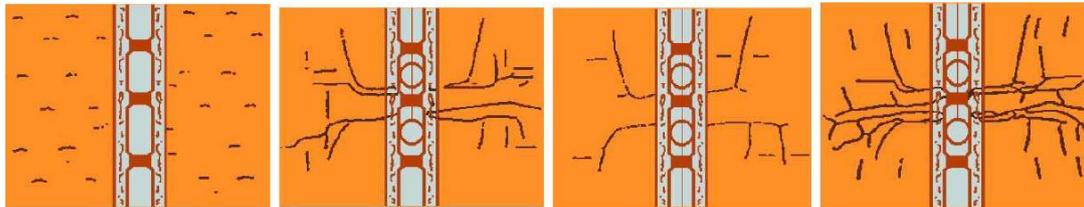


Fig.13. Inyección sobre el terreno

- **MICROPILOTES:** La técnica de micropilotes consiste en la perforación cilíndrica de pequeño diámetro, normalmente $\text{Diámetro} < 300\text{mm}$ que se refuerza mediante la introducción de una armadura metálica formada por barras de acero quedando un todo conjunto solidarizado con el terreno mediante una inyección a presión de una lechada de cemento o mortero.

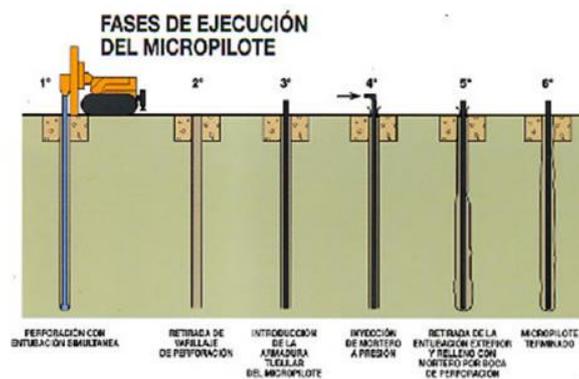


Fig.14. Representación fases micropilote

- **JET GROUTING:** Se trata de un sistema de inyección que utiliza presiones muy altas, desplazan las partículas hacia afuera y mezclan el suelo adyacente con una lechada de cemento. Esta serie de columnas de nuevo suelo, y el espacio confinado entre ellas, originan un terreno mejorado para efectuar la cimentación o corregir defectos.

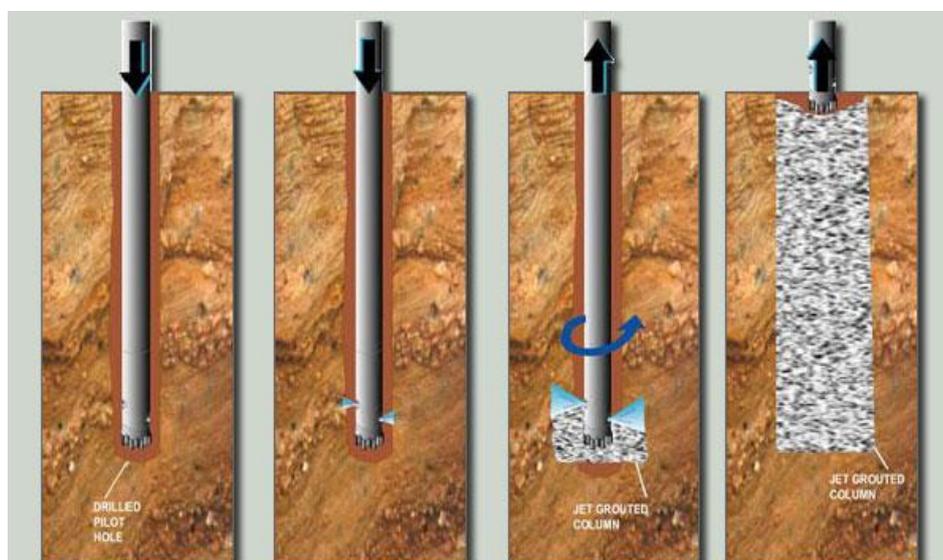


Fig.15. Secuencia inyección Jet Grouting

A continuación se detallan las medidas para evitar el deslizamiento del muro perimetral del depósito. Para solucionar estos problemas se han propuesto las siguientes soluciones:

- **VIGA DE ATADO:** Esta es una de las posibles soluciones que se ejecuta para hacer contribuir el peso del agua almacenada en el depósito así como el peso propio del forjado en la estabilidad de los muros. Se pretende que el atado de los muros a la solera y las zapatas funcionen como todo un conjunto. Se redactara todo el cálculo estructural necesario para definir por completo la geometría y las dimensiones de la viga de atado.

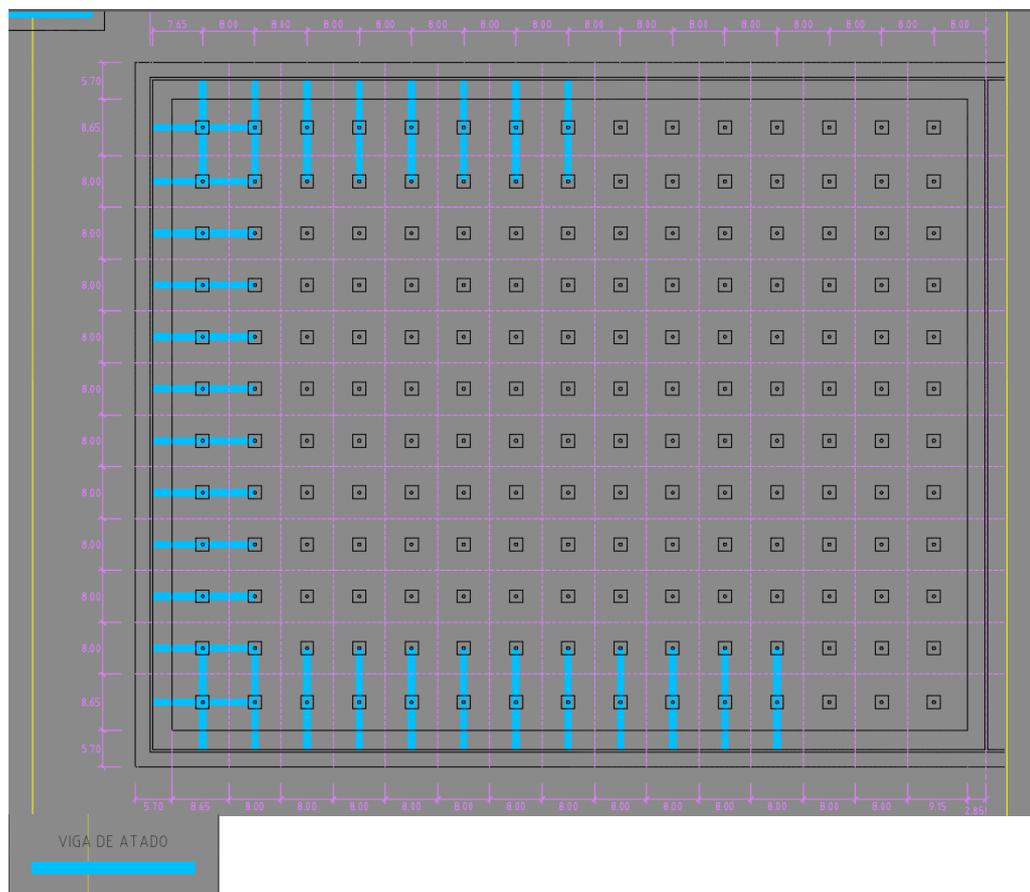


Fig.16. Viga atado

- SOLUCIÓN MEDIANTE LLENADO PARCIAL DEL DEPÓSITO: Otra posible solución que podemos adoptar para evitar el problema del deslizamiento del muro perimetral del depósito sería evitar el llenado hasta la cota original como fue diseñado en el proyecto inicial. Con este llenado parcial se calcula la cota hasta la que el depósito puede entrar en carga sin producir deslizamiento.

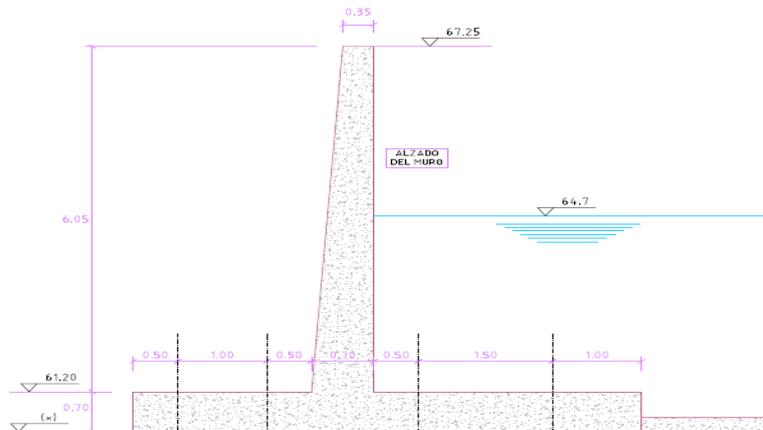


Fig.17. Llenado parcial depósito

- SOLUCIÓN MEDIANTE LA COLOCACIÓN DE ESCOLLERA PERIMETRALMENTE ALREDEDOR DEL RELLENO: Como una posible medida de corrección para solucionar el problema que presenta el depósito frente al deslizamiento una vez puesto en carga podría ser la colocación perimetralmente de escollera alrededor del relleno de la zapata. Con este relleno evitaremos el deslizamiento ejerciendo un empuje de la escollera respecto al terreno una vez el depósito entre en carga e intente movilizar el terreno.

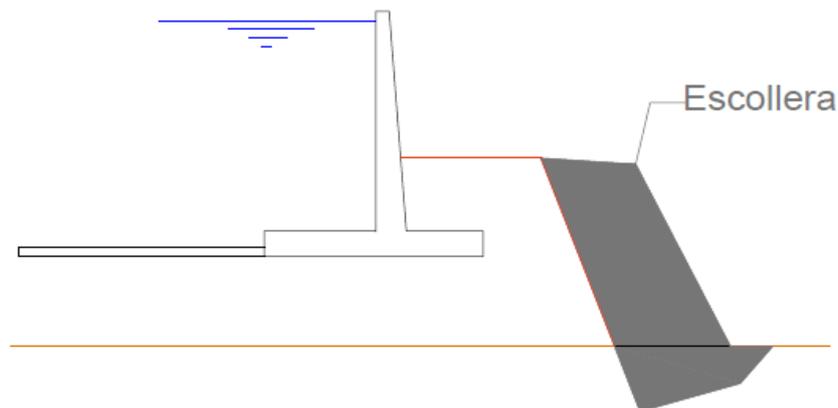


Fig.18. Escollera sobre relleno



5. CONCLUSIONES

Después de redactar minuciosamente todos y cada uno de los métodos así como una vez realizados los cálculos y presupuestos de cada uno de los métodos se ha realizado una valoración cuantitativa de cada método en función de los siguientes criterios:

- Economía
- Seguridad y salud
- Eficacia
- Mantenimiento
- Afección medioambiental
- Rapidez y control de ejecución

La valoración de cada aspecto se realiza numéricamente puntuando cada criterio y obteniendo un valor que nos permitirá elegir una solución definitiva. Se elegirá la solución más valorada para evitar el deslizamiento del muro perimetral así como la medida para la mejora del terreno.

- SOLUCIONES ADOPTADAS

Una vez contrastados todos los métodos tanto de mejora del terreno como de mejora frente al deslizamiento obtendremos las siguientes soluciones:

- MEDIDA PARA EL REFUERZO DEL TERRENO: Como método más óptimo para la mejora del terreno utilizaremos la inyección de fracturación explicada anteriormente. El coste de esta inyección será de 795.885,30€, económicamente es la opción más cara pero a la vez la más efectiva. La principal función de esta inyección es la densificación y reagudización del terreno, creando una red completamente estructurada del terreno.

El efecto de esta mejora en el terreno es similar a un armado del terreno. Los detalles y la explicación de esta inyección están detallados a lo largo del estudio de soluciones.

También se simula el comportamiento del terreno mediante el método de los elementos finitos con el programa 'PLAXIS' del comportamiento del depósito.

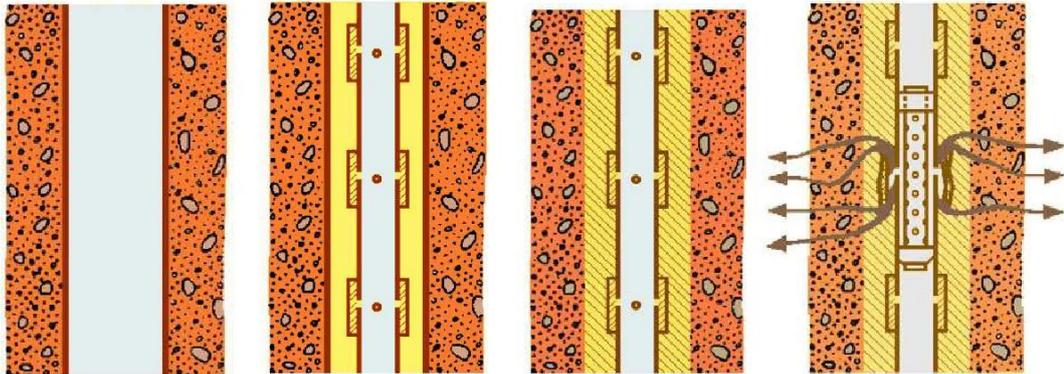


Fig.19. Inyección de fracturación

- SOLUCIÓN ESTRUCTURAL FRENTE AL DESLIZAMIENTO: Como solución estructural más óptima para evitar el deslizamiento, se deduce de la valoración que la viga de atado es el método adecuado y eficiente para solucionar los problemas de deslizamiento.

El coste de la viga de atado asciende a un total de 102.263,41€ , es una solución relativamente económica respecto a las otras soluciones planteadas.

Para ejecutar la viga de atado será necesaria la demolición de una parte de la cara oeste del muro así como el vaciado por completo de esta parte del depósito.

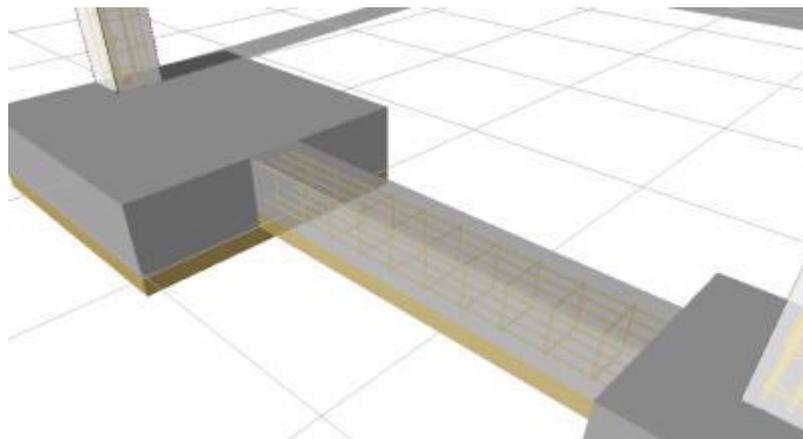


Fig.20. Viga de atado