



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS

TRABAJO FINAL DE GRADO

2014/2015

---

**DIAGNÓSTICO DE DAÑOS Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN EN EL DEPÓSITO DE AGUA  
DE LA CONDUCCIÓN TURIA – SAGUNTO EN EL T.M. DE SAGUNTO (VALENCIA)**

**REPARACIÓN Y REFUERZO**

---

**Autor:** Christian Peralta González

**Tutor:** José Miguel Adam Martínez

**Convocatoria:** Septiembre 2015

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

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO Nº1 CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTOS

1. MICROPILOTES
2. PÓRTICO PROVISIONAL

ANEJO Nº2 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

ANEJO Nº3 PROPUESTA DE AUSCULTACIÓN

ANEJO Nº4 PLAN DE OBRA

ANEJO Nº5 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

## **DOCUMENTO Nº2 PLANOS**

1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

2 CAMINOS PROVISIONALES Y VÍAS DE ACCESO

3 SEGURIDAD Y SALUD

4 MICROPILOTES

5 PÓRTICO PROVISIONAL

6 AUSCULTACIÓN

## **DOCUMENTO Nº3 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

## **DOCUMENTO Nº4 PRESUPUESTO**

CAPÍTULO 1 MEDICIONES GENERALES

CAPÍTULO 2 CUADRO DE PRECIOS Nº1

CAPÍTULO 3 CUADRO DE PRECIOS Nº2

CAPÍTULO 4 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

CAPÍTULO 5 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

## **DOCUMENTO Nº5 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

MEMORIA

PLANOS

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1 MEDICIONES GENERALES

CAPÍTULO 2 CUADRO DE PRECIOS Nº1

CAPÍTULO 3 CUADRO DE PRECIOS Nº2

CAPÍTULO 4 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

CAPÍTULO 5 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

DIAGNÓSTICO DE DAÑOS Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN EN EL DEPÓSITO DE AGUA DE LA CONDUCCIÓN TURIA – SAGUNTO  
EN EL T.M. DE SAGUNTO (VALENCIA). REPARACIÓN Y REFUERZO

**DOCUMENTO NÚM. 1**

**MEMORIA Y ANEJOS**

DIAGNÓSTICO DE DAÑOS Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN EN EL DEPÓSITO DE AGUA DE LA CONDUCCIÓN TURIA – SAGUNTO  
EN EL T.M. DE SAGUNTO (VALENCIA). REPARACIÓN Y REFUERZO

# **MEMORIA GENERAL**

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	AGENTES .....	3
1.2	INFORMACIÓN PREVIA .....	3
1.3	ENTORNO .....	4
2	DESCRIPCIÓN DEL DEPÓSITO .....	5
3	ANTECEDENTES.....	8
4	DIAGNÓSTICO DE DAÑOS .....	8
4.1	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN .....	9
4.2	VISITAS A OBRA .....	9
4.3	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO .....	11
4.4	ESTUDIO TOPOGRÁFICO .....	12
4.5	ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL MURO MÉNSULA .....	12
4.6	COMPROBACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL .....	13
4.7	DIAGNÓSTICO FINAL Y CONCLUSIONES.....	13
5	ESTUDIO DE SOLUCIONES.....	15
5.1	MEDIDAS DE REFUERZO DEL TERRENO .....	15
5.1.1	Inyecciones.....	15
5.1.2	Micropilotes: .....	16
5.1.3	Jet Grouting: .....	16
5.2	MEDIDAS CONTRA EL DESLIZAMIENTO .....	17
5.2.1	Viga de atado.....	17
5.2.2	Llenado parcial del depósito: .....	18
5.2.3	Escollera perimetral tras el relleno:.....	18
5.3	VALORACIÓN .....	18
5.4	CONCLUSIONES .....	19
5.4.1	MEDIDA PARA EL REFUERZO DEL TERRENO:.....	19
5.4.2	SOLUCIÓN ESTRUCTURAL FRENTE AL DESLIZAMIENTO:.....	19
5.5	Justificación de la solución final. Micropilotes inclinados .....	20
6	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....	22
6.1	TRABAJOS PREVIOS.....	22

6.1.1	CAMINOS PROVISIONALES Y VIAS DE ACCESO .....	22
6.1.2	APUNTALAMIENTO DE CUBIERTA Y DEMOLICIÓN DE MURO .....	22
6.1.3	EJECUCIÓN DE PÓRTICO PROVISIONAL Y DESAPUNTALAMIENTO DE CUBIERTA	23
6.2	REFUERZO DE LA CIMENTACIÓN .....	23
6.3	TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.....	28
6.3.1	Impermeabilización de juntas entre paneles y juntas de dilatación: .....	28
6.3.2	Revestimiento superficial contra la oxidación de las armaduras: .....	28
6.4	TRABAJOS FINALES .....	28
6.4.1	Reconstrucción del muro ménsula: .....	29
6.4.2	Limpieza del depósito: .....	29
6.4.3	Relleno del trasdós: .....	29
6.4.4	Auscultación: .....	30
7	Plazo de ejecución:.....	31
8	Plazo de garantía:.....	31
9	Clasificación del contratista:.....	31
10	Resumen General de Presupuestos: .....	32

## 1 INTRODUCCIÓN

---

### 1.1 AGENTES

El presente Trabajo Final de Grado “Diagnóstico de daños y propuesta de actuación en el depósito de agua de la conducción Turia-Sagunto en el término municipal de Sagunto (Valencia)” para la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia, tiene como objetivo la obtención del título de Grado en Ingeniería de Obras Públicas.

El equipo de trabajo que ha llevado a cabo el conjunto del proyecto se constituye por Jonatan Rodríguez Herrera, Rafael Pleguezuelos Martí y Christian Peralta González.

El proyecto completo se compone de tres trabajos presentados independientemente por cada uno de los integrantes.

-Evaluación y diagnóstico de daños en el depósito:

Estudio realizado por Jonatan Rodríguez Herrera con la colaboración de los demás integrantes del equipo y presentado como el Trabajo Final de Grado “*Diagnóstico de daños y propuesta de actuación en el depósito de agua de la conducción Turia- Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia). Diagnóstico*”.

-Estudio de soluciones:

Estudio realizado por Rafael Pleguezuelos Martí con la colaboración de los demás integrantes del equipo y presentado como el Trabajo Final de Grado “*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*.”

-Reparación y Refuerzo:

Estudio realizado por Christian Peralta González con la colaboración de los demás integrantes del equipo y presentado como el Trabajo Final de Grado “*Diagnóstico de daños y propuesta de actuación en el depósito de agua de la conducción Turia- Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia). Reparación y Refuerzo*.”

La realización del proyecto ha sido posible gracias a la ayuda del tutor del TFG y profesor de la escuela antes mencionada D. José Miguel Adam Martínez, quién nos proporcionó la información necesaria para poder diagnosticar las causas de los daños que presenta el depósito, nos asesoró en las dudas que surgieron durante el trabajo, y administró las tareas del equipo de trabajo.

### 1.2 INFORMACIÓN PREVIA

Se recibe por parte de la administración pública el encargo del "Diagnóstico de daños y propuesta de actuación 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.

El objeto del trabajo es la evaluación y diagnóstico del estado de un depósito de agua de 150.000 m<sup>3</sup> situado en Sagunto, y, que tras su construcción y puesta en carga tuvo que ser vaciado por seguridad al detectar movimientos en los muros exteriores y actualmente se encuentra fuera de servicio.

La dirección del depósito es: Camino Cementerio N01, 20 ,46500 Sagunto.

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

### 1.3 ENTORNO

Como se ha mencionado el depósito que nos ocupa se encuentra en el término municipal de Sagunto.

Sagunto es una ciudad de la Comunidad Valenciana, España. Es la capital de la comarca del Camp de Morvedre, situada en el norte de la provincia de Valencia a orillas del río Palancia, y distanciado 25 km de la capital valenciana.

El depósito se dispone en el pie de la ladera oeste de la colina que alberga el castillo y del teatro romano de la ciudad. La distancia al casco urbano es menor a 2 km y tiene una cota de unos 65 m sobre el nivel del mar.

En este mismo emplazamiento, años atrás, existía una cantera de extracción que tras su explotación dejó un socavón que abarcaba tanto la ladera antes mencionada como parte importante de la superficie que ahora ocupa el depósito estudiado.

El depósito se encuentra en un sitio estratégico diseñado para poder abastecer a las localidades circundantes, que se encuentran en llanuras de baja cota. Los municipios que mayor volumen consumen son Sagunto y Puerto de Sagunto, situado a una distancia de 6 km.

El agua que almacena esta infraestructura pública procede del río Turia, la cual discurre por las redes de canalización y distribución propias del depósito.

En el mismo recinto que alberga al depósito se encuentran las instalaciones de la planta potabilizadora.

Los viales cercanos al recinto son los siguientes:

Norte: Camino agrícola

Este: Camino Cementerio 01 (acceso desde Sagunto).

Las carreteras más importantes cercanas al depósito:

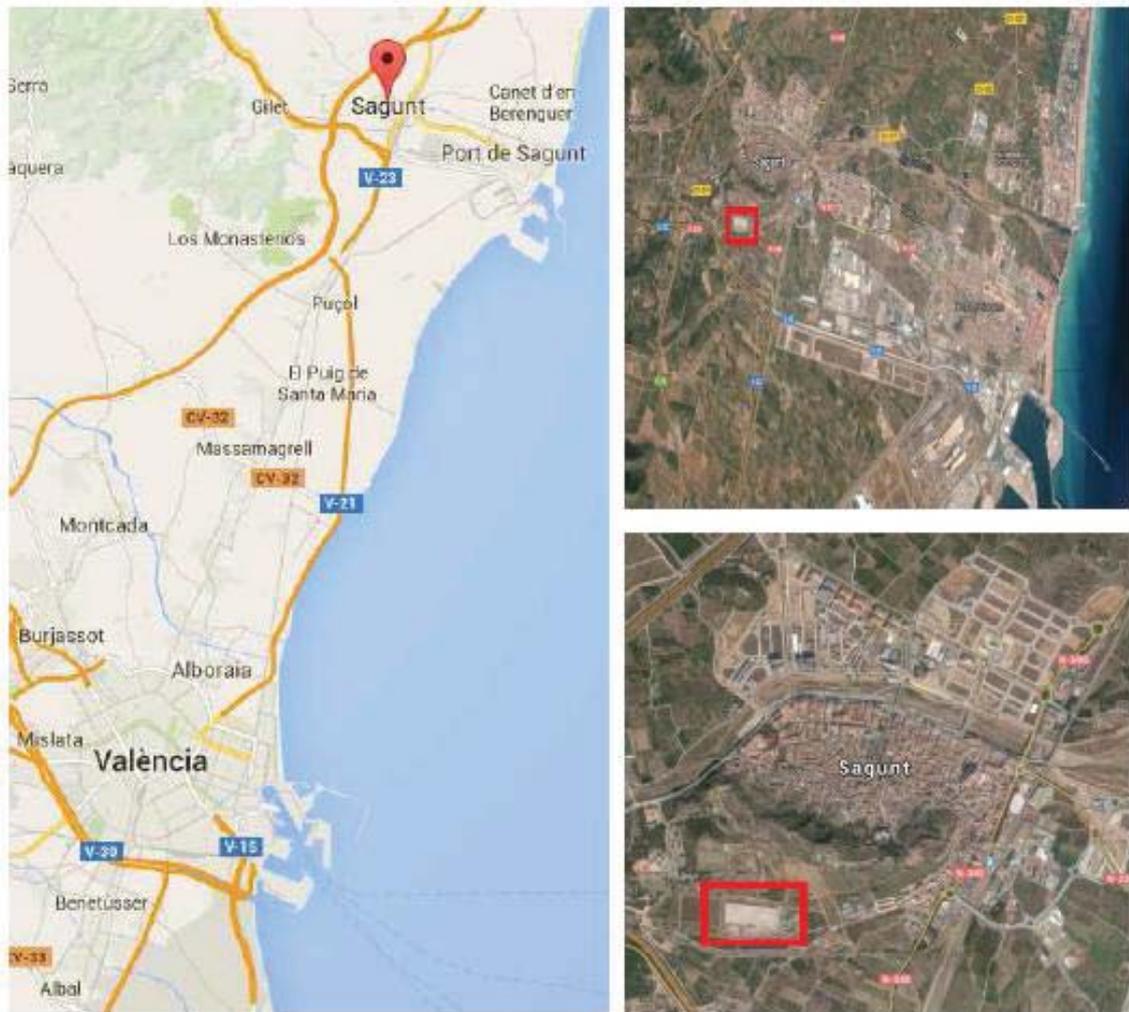
A 23 por el sur

AP 7 por el oeste

CV 314 por el oeste

N 340 por el este

N 234 por el sur



Figuras 1, 2 y 3 Localización.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL DEPÓSITO

La obra objeto de este proyecto son 2 depósitos de hormigón armado adosados, independientes e iguales. Ambos depósitos tienen una forma rectangular en planta, con una dimensión total de 256m x 96m y suponen una capacidad total de 150.000 m<sup>3</sup>.

Así se refleja en la figura siguiente:

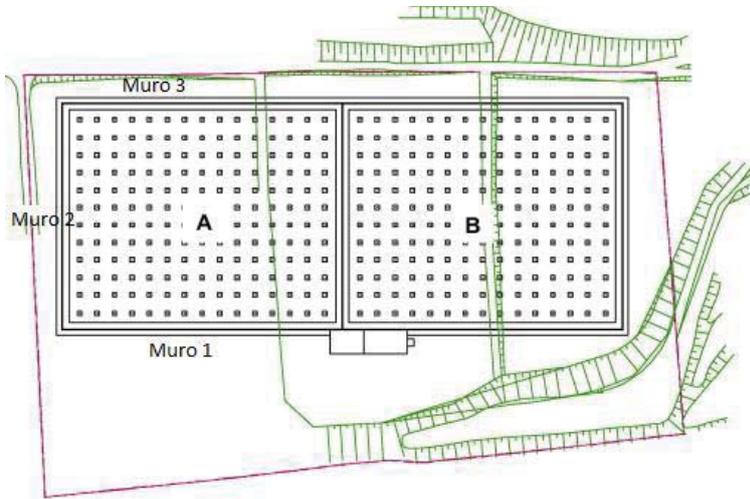


Figura 4: Planta general del depósito

La estructura principal del depósito es de hormigón armado y se compone de pilares interiores y muros ménsula en el perímetro.

Cada depósito consta de un total de 180 pilares dispuestos cada 8 m en ambas direcciones. Estos pilares tienen una altura de 6.10 desde cimentación y una sección de 30 x 30 cm. Transmiten las cargas al terreno por medio de zapatas de hormigón armado de dimensiones en planta de 1.6 x1.6 m y un espesor de 0.5 m.

Los muros perimetrales soportan los empujes horizontales de la presión hidrostática además de la parte que les corresponde de las cargas de cubierta.

Son muros de hormigón fuertemente armados construidos en tramos de 4 metros con un alzado de 6.05 m de altura y un espesor variable desde 0.35 m en coronación hasta 0.7 m en la base. La cimentación del muro tiene un ancho de 5.70 m y un espesor de 0.70 m.

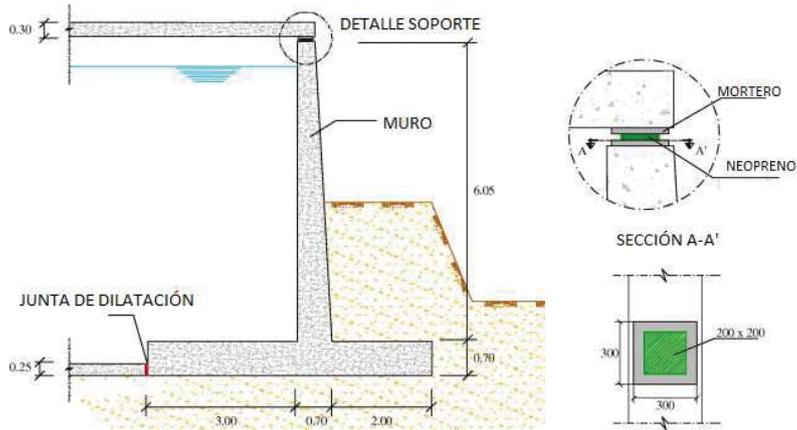


Figura 5: Esquema de sección transversal y detalles de apoyos.

Existe también una losa de cimentación de hormigón armado en toda la planta del depósito con un espesor de 0.25 m, que arranca desde la base de las cimentaciones de muros y pilares.

La conexión entre la losa inferior y la zapata del muro se efectúa con junta de dilatación continua.

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.

Ésta cubierta transmite las cargas a los pilares a base de capiteles de 2.4 x 2.4 m y 0.25 m de canto y a los muros perimetrales a través de apoyos de neopreno que se disponen siguiendo la alineación de los pilares. Estos neoprenos descansan sobre un dado de mortero de cemento colocado sobre el muro.



Figura 6: Interior del depósito

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 potabilizadora, para ser utilizada tras su tratamiento. También existe un conducto alternativo de 400 mm de diámetro con válvula de mariposa, que permite una circulación alternativa al de la potabilización.

La capacidad máxima de la conducción es de 1 m<sup>3</sup>/s.

### 3 ANTECEDENTES

---

El día 15 de Diciembre de 2014 se realizó una primera 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 nos 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<sup>a</sup> Añon (sin fecha).

### 4 DIAGNÓSTICO DE DAÑOS

---

El primer paso a la hora de afrontar el proyecto encargado “Diagnóstico de daños y propuesta de actuación en el depósito de agua de la conducción Turia- Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia) es,

como el propio nombre indica, diagnosticar las patologías que sufre el depósito, para ello se han realizado una serie de actuaciones que a continuación se describen.

#### 4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

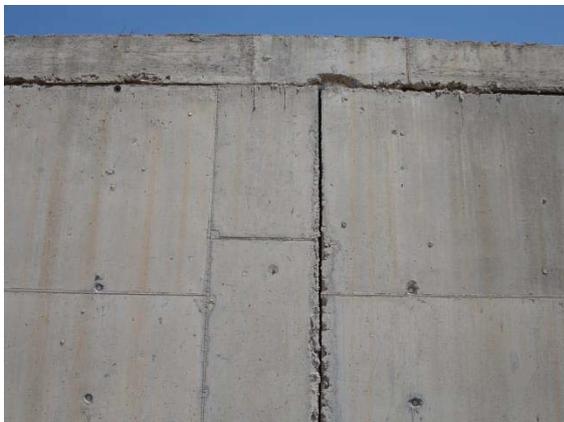
En primer lugar se buscó información tanto de la construcción del depósito como del fallo que había sufrido. Se recopilaron los datos del proyecto de construcción e informes del fallo que se habían realizado con anterioridad, que se mencionan en el apartado anterior.

También se realizaron una serie de visitas a la zona afectada y se llevaron a cabo estudios topográficos y geotécnicos para disponer de datos reales de los movimientos que habían sufrido los muros y de las características del terreno donde apoyaba la infraestructura.

#### 4.2 VISITAS A OBRA

En las visitas a la zona se observaron una serie de fallos que se nombran a continuación:

Se veía claramente que el muro 2 había sufrido un pequeño vuelco además del deslizamiento, esto se dedujo del movimiento relativo entre los diversos tramos de ejecución del muro, más notable en los encuentros con los muros 1 y 3. El movimiento era mayor en la parte alta del muro y en las juntas de cubierta, pero también se veía separación entre las juntas de las cimentaciones.



Figuras 7 y 8: Abertura de juntas en muros



Figuras 9 y 10: Deslizamiento relativo en cimentación y abertura de juntas en cubierta

Era notable también que el agua se estancaba en la cubierta del depósito debido a la falta pendiente de evacuación y también al desnivel irregular en toda la superficie. Esta patología además podría generar cargas no previstas en el proyecto.



Figura 11: Retención de pluviales en la cubierta

Se observaron además armaduras corroídas en varias zonas del depósito.



Figuras 12 y 13: Corrosión de las armaduras

### 4.3 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

Para llevar a cabo la caracterización geotécnica del terreno de sustentación del depósito se realizó un extenso estudio utilizando para ello sondeos y calicatas.

El factor que condicionó la necesidad del estudio geotécnico fue además del vuelco del muro, la sospecha de que la antigua cantera fuera rellena para la construcción del depósito.

Se realizaron un total de 11 sondeos de hasta 15 metros de profundidad, ensayando los testigos por el método SPT para determinar su consistencia.

Gracias a estos ensayos se determinó que un área extensa de la cimentación del depósito A, descansaba sobre un estrato de relleno mal compactado de hasta 4 metros de espesor, mientras que la sección B fue construida sobre un terreno con alta capacidad portante. Los valores arrojados del ensayo SPT variaban desde 2 hasta 16.

En estos sondeos también se encontró la posible causa del deslizamiento del muro, una lámina de PVC que se ubicaba entre la cimentación y el terreno.



Figura 14: Lámina de PVC bajo la cimentación

Se realizaron también 3 catas a lo largo del muro más afectado, muro 2, con el fin de comprobar si existía un buen drenaje bajo la estructura. Se encontró de nuevo la lámina de PVC entre la cimentación y el terreno.

Se detalla todo el proceso del estudio, los datos obtenidos de los ensayos y la caracterización de los estratos subyacentes al depósito en el ANEJO Nº1 *Estudio Geológico y Geotécnico* del Trabajo Final de Grado de Jonatan Rodríguez Herrera.



Figuras 15 y 16: Catas

#### 4.4 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El estudio topográfico se realizó mediante equipo topográfico tradicional y se centró sobre todo en el muro 2, el cual había sufrido mayores desplazamientos. Este trabajo reflejó movimientos diferenciales entre los diferentes tramos de muro, pero con una media de aproximadamente 6 cm en la parte alta y 2 en la base.

#### 4.5 ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL MURO MÉNSULA

Para estudiar las posibles causas del fallo del muro se realiza el estudio de la estabilidad, calculando los coeficientes de seguridad frente a vuelco y deslizamiento. Se sigue la Guía de Cimentaciones para Obras de Carreteras para calcular estos coeficientes y se determina aceptable el coeficiente frente al vuelco e inaceptable el coeficiente frente a deslizamiento.

Se comprobó además la estabilidad mediante el software geotécnico de elementos finitos PLAXIS, corroborando los resultados anteriores.

Se detalla todo el proceso del estudio y los datos obtenidos en la aplicación del programa informático en el ANEJO Nº2 *Estudio de Estabilidad del Muro Ménsula*, del Trabajo Final de Grado de Jonatan Rodríguez.

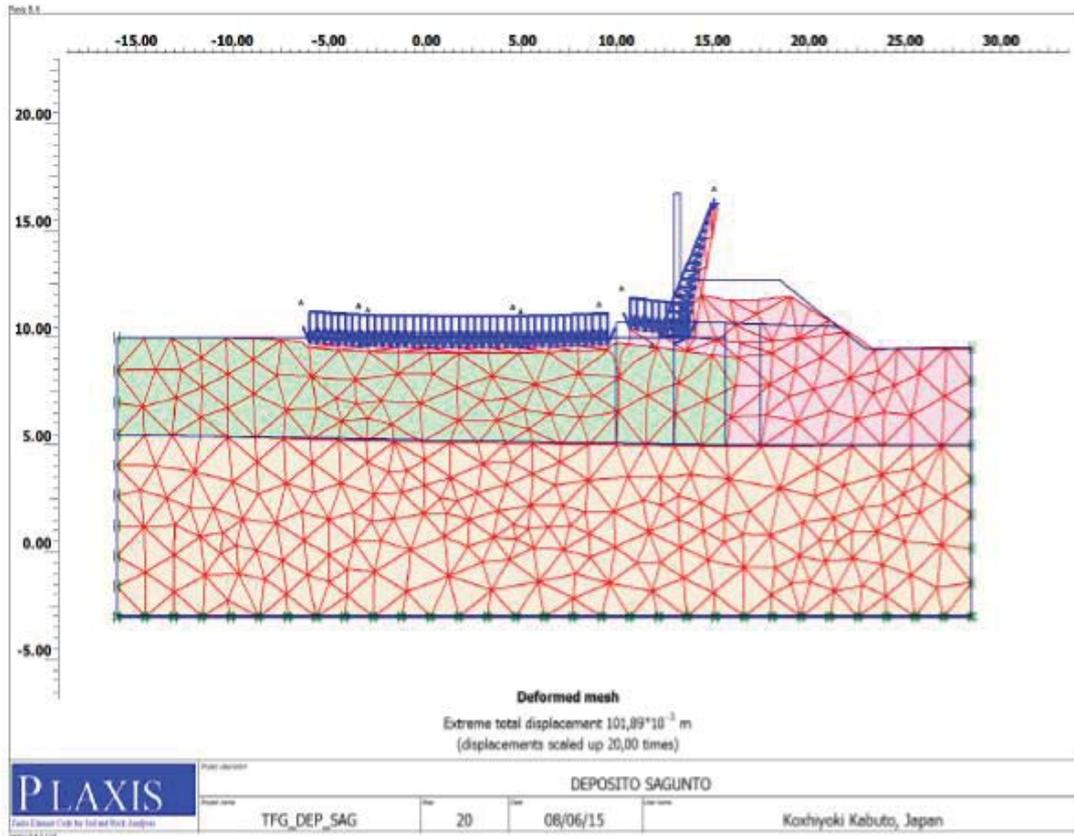


Imagen 17: Estudio de estabilidad . Plaxis

#### 4.6 COMPROBACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

Como comprobación del diseño estructural del depósito, se realizó el cálculo de forjado, cimentaciones, pilares y muros.

Se siguió la EH-91 para la comprobación estructural, ya que era la normativa vigente durante el diseño de la estructura.

Como herramienta de cálculo se utilizó el programa informático CYPECAD de CYPE Ingenieros S.A., planteando un modelo a partir de las acciones actuantes en una superficie del depósito de 40 m x 40 m.

Los resultados de este estudio determinaron que la estructura fue diseñada y dimensionada correctamente.

#### 4.7 DIAGNÓSTICO FINAL Y CONCLUSIONES

Del Trabajo Final de Grado de Jonatan Rodríguez Herrera, *“Diagnóstico de daños y propuesta de actuación en el depósito de agua de la conducción Turia- Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia). Diagnóstico”*, donde se expone todo el proceso de diagnóstico, las hipótesis de partida, los estudios realizados y los métodos utilizados, podemos extraer también la conclusión final de todo este trabajo:

1. El depósito fue construido en una antigua cantera, bajo un relleno mal compactado .Este hecho será uno de los problemas del giro del muro debido a que no tiene la suficiente capacidad portante como para soportar las acciones sobre este.
2. Los movimientos del muro ménsula número 2 son debidos a la combinación de momento excéntrico y carga horizontal, que provocan el deslizamiento y un asiento plástico en el terreno bajo la puntera.
3. Tanto la ejecución de las catas como los sondeos detecta una lámina de PVC entre la zapata del muro y el terreno. El coeficiente de rozamiento entre la zapata y el terreno podría disminuir, afectando negativamente a los coeficientes de seguridad frente a la estabilidad
4. Tras el cálculo del factor de seguridad frente a deslizamiento del muro 2 se obtienen unos resultados inaceptables. Con un ángulo de rozamiento del terreno de  $30^{\circ}$ , el factor de seguridad es de 1,21, lejos del factor de seguridad de 1,5 que establece la norma. Además, la presencia de la lámina de PVC reduciría aún más este factor.
5. Respecto al cálculo del factor de seguridad frente a vuelco, el valor obtenido es de 2,8, por lo que supera el establecido por la norma de 1,8 para una combinación de acciones característica. Sin embargo se comprueba que el desplazamiento en coronación puede llegar a ser de hasta 10 cm, poniendo este hecho en peligro la integridad del depósito y llegando al estado límite de servicio.
6. Los cálculos mediante el programa informático PLAXIS evidencian los resultados obtenidos a partir de la formulación de la GCOC. La deformación del muro hacia el relleno frente a éste es clara, y el movimiento, tanto de la coronación del muro como de la puntera de la cimentación, es inaceptable.
7. 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.
8. El movimiento de vuelco ha provocado el fallo del soporte de neopreno entre el muro y el forjado reticular de casetones. 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 entre paneles - tanto en el alzado del muro como en la cubierta-. Muchas zonas en los paramentos del muro presentan armaduras corroídas debido al escaso recubrimiento de hormigón.
9. Todos los cálculos se han obtenido sin incluir la posible subpresión que ejerce el agua sobre la estructura. Por lo tanto, el estado del depósito puede ser aún peor que el presentado.
10. A parte del estudio de la estabilidad del depósito, 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 alguna actuación al respecto.

## 5 ESTUDIO DE SOLUCIONES

---

Rafael Pleguezuelos Martí en su Trabajo Final de Grado “*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.*”, expone las diferentes posibilidades para solucionar los problemas que se diagnosticaron anteriormente, las ventajas y desventajas de cada proceso, el método constructivo y una estimación del presupuesto de construcción. Todo ello con el fin de adoptar una solución económica, eficaz, segura, de escaso mantenimiento y con la mínima afección medioambiental.

### 5.1 MEDIDAS DE REFUERZO DEL TERRENO

En primer lugar detalla las medidas de refuerzo del terreno, que tienen la finalidad de evitar el hundimiento y vuelco del muro ménsula.

#### 5.1.1 Inyecciones

Que consisten en introducir en el terreno productos, que ayuden a mejorar la resistencia a compresión del mismo y disminuir su permeabilidad.

El sistema consiste en bombear producto por pequeños taladros realizados anteriormente y distribuidos sobre la superficie a mejorar.

Este espaciamiento dependerá del tipo de inyección a realizar, de compactación, de cementación, de impregnación, de relleno o de fracturación.

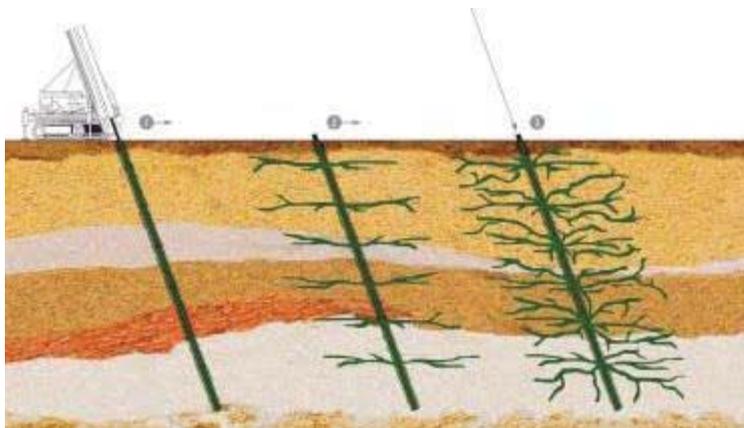


Figura 18: Inyecciones

### 5.1.2 Micropilotes:

Que consiste en la perforación cilíndrica de pequeño diámetro, normalmente Diámetro < 300mm que se refuerza mediante la introducción de una armadura metálica formada por barras de acero o tubo de acero quedando todo un conjunto solidarizado con el terreno mediante una inyección a presión de una lechada de cemento o mortero.

La inyección puede ser en una sola pasada, "Inyección Global Unificada" o inyecciones repetitivas con selección de la zona, "Inyección Repetitiva y Selectiva".

Su uso es extendido y se pueden englobar en tres grupos: Elementos portantes trabajando a compresión, elementos a tracción en estabilización de taludes y en estructuras de contención de tierras.

En el caso que nos ocupa más que una mejora del terreno, los micropilotes son un refuerzo o recalce de la cimentación existente.

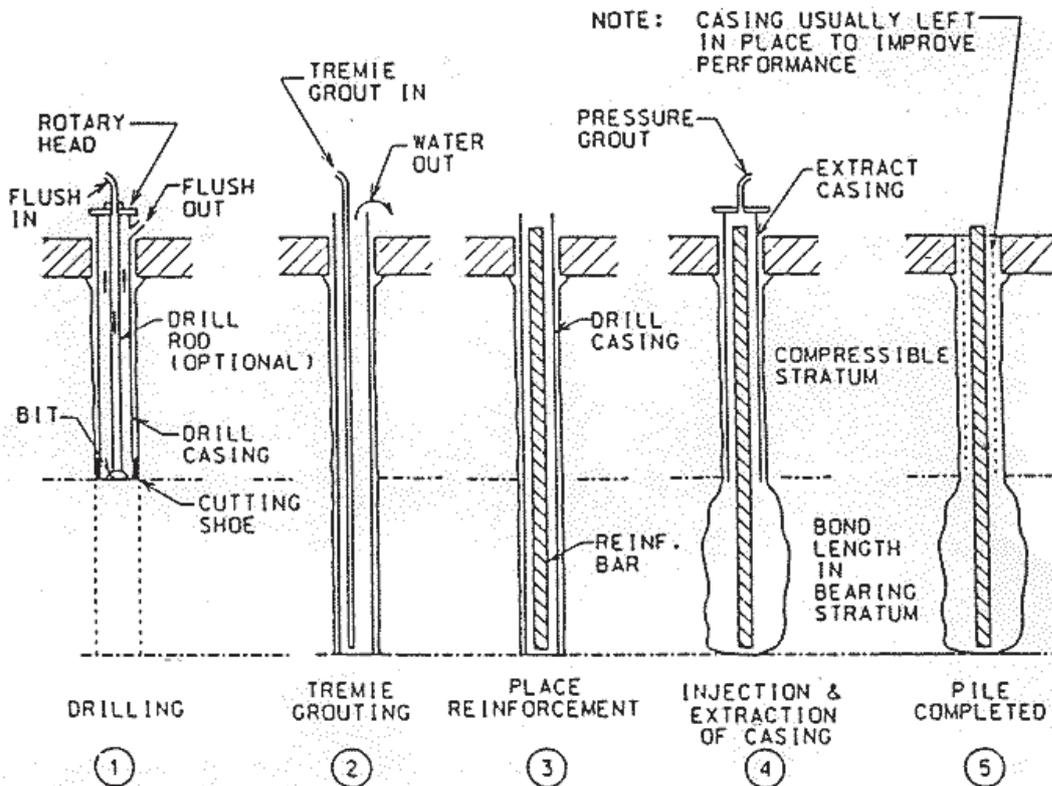


Figura 19: Micropilotes

### 5.1.3 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 en nuestro caso corregir defectos.

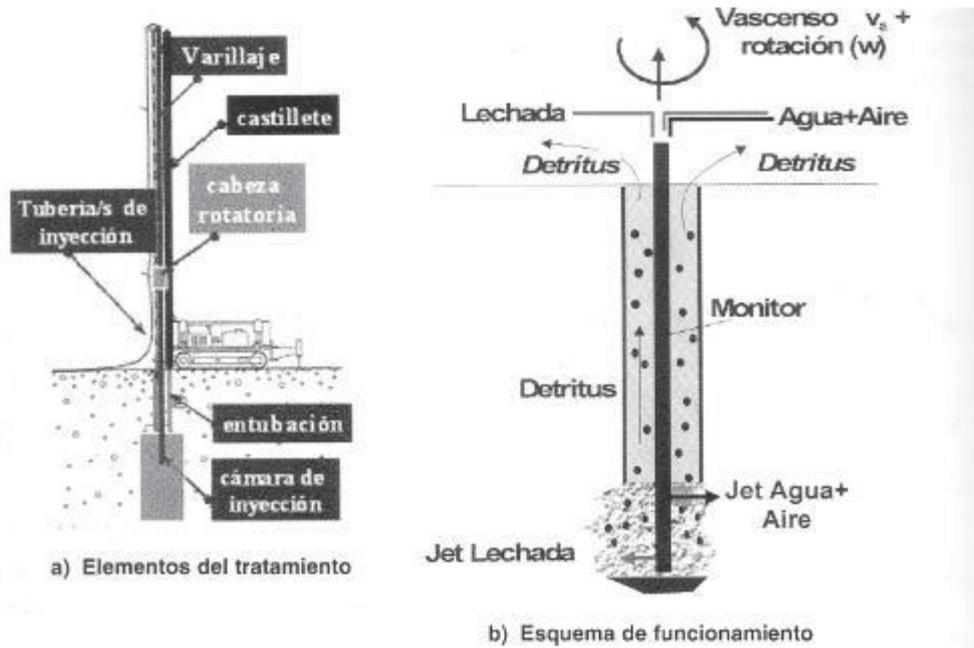


Figura 20: Jet Grouting

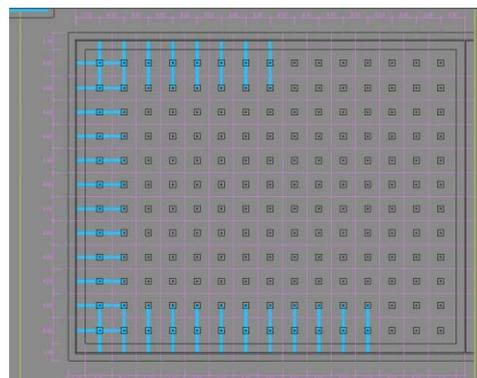
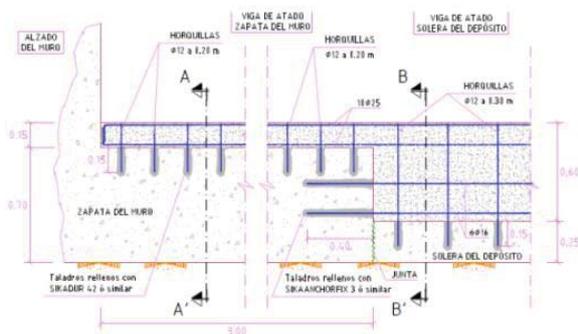
## 5.2 MEDIDAS CONTRA EL DESLIZAMIENTO

El siguiente grupo de medidas tienen como misión evitar el deslizamiento del muro perimetral, que provoca el empuje horizontal de la presión hidrostática.

### 5.2.1 Viga de atado

Esta es una de las posibles soluciones que podrían ejecutarse para hacer contribuir el peso del agua almacenada en el depósito así como el peso propio del forjado y pilares en la estabilidad de los muros. Consiste en unir la cimentación del muro, que no consta del peso y el rozamiento necesario para garantizar la estabilidad frente al deslizamiento del mismo, tanto a las zapatas de los pilares como a la solera. De este modo conseguimos una superficie mayor y una carga vertical mayor, que contribuye a la estabilidad del muro ménsula.

Como se detalla en el Anejo Nº1 Estudio de soluciones del trabajo de Rafael Pleguezuelos, se tienen que atar dos filas de pilares con la cimentación del muro para garantizar la estabilidad frente al deslizamiento.



Figuras 21 y 22: Vigas de atado



actuación, Rafael realizó una valoración cuantitativa, ponderando con el mismo peso cada uno de los siguientes criterios:

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

## 5.4 CONCLUSIONES

La conclusión del trabajo fue de esta manera fue escoger la solución con mayor valoración, tanto para mejorar el terreno bajo la cimentación como para evitar el deslizamiento.

Se exponen a continuación las soluciones adoptadas y el motivo principal de su elección:

### 5.4.1 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.

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

### 5.4.2 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.

Los cálculos de estabilidad con los diferentes métodos de mejora del terreno y de estabilidad frente al deslizamiento están detallados en el Anejo nº3: Análisis del comportamiento del estudio de soluciones, documento del Trabajo Final de Grado "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.", redactado y expuesto por Rafael Pleguezuelos Martí.

La valoración económica de los métodos expuestos, queda reflejada en el Anejo nº2: Presupuesto y mediciones, del trabajo final de grado mencionado anteriormente.

## 5.5 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN FINAL. RECALCE CON MICROPILOTES IRS

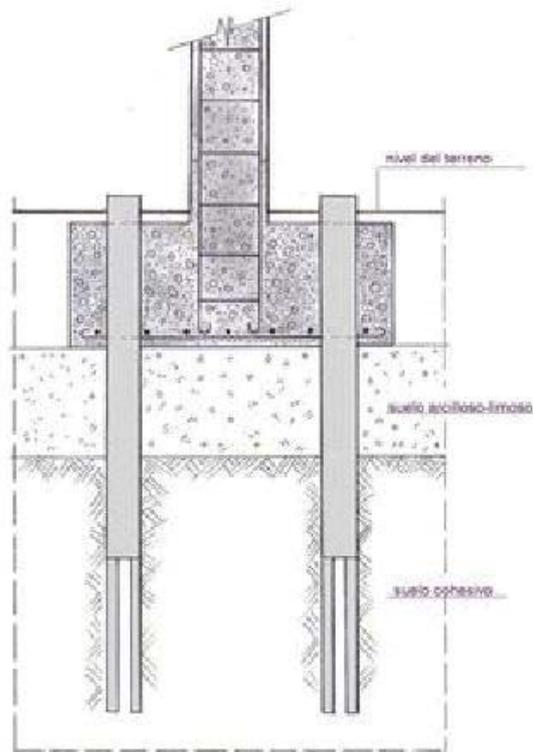


Figura 24: Recalde con micropilotes IRS

Gracias al Estudio de Soluciones llevado a cabo por Rafael Pleguezuelos en su trabajo final de grado, en el que se detallan las características principales, las ventajas y desventajas y los métodos constructivos de muchas de las soluciones posibles para subsanar las patologías más importantes que sufre el depósito, nos damos cuenta de que muchas de estas soluciones son igualmente efectivas. Tanto que hay que seguir un método de evaluación numérico para elegir una de ellas.

El método de valoración seguido para concluir el estudio puede que no sea el más adecuado, ya que adquiere la misma ponderación cada uno de los criterios tenidos en cuenta.

Por otra parte el estudio ha propuesto subsanar cada patología con soluciones distintas, sin tener en cuenta si se podrían solucionar tanto el deslizamiento como el vuelco con un mismo método.

Teniendo en cuenta estas objeciones y cada una de las soluciones descritas en el trabajo de Rafael Pleguezuelos, se estudia otra solución que podría ahorrar en tiempo y dinero y solucionar ambas patologías en una sola intervención.

Como se describe en el Anejo Nº1 Estudio de Soluciones del trabajo antes mencionado, los micropilotes tienen multitud de ventajas con respecto a otros métodos como son:

- Que las cargas concentradas sobre el terreno se distribuyen, por medio de los micropilotes, a los demás estratos no afectados directamente por las mismas.
- La puesta en carga de los micropilotes es muy rápida ya que esta se produce cuando comienza el fraguado del mortero. Fraguado rápido gracias a la alta dosificación de cemento y los golpes de aire a presión controlada.
- Las obras pueden programarse en tiempo y coste, en particular si se conocen datos característicos del terreno.
- Rapidez, economía y mínimas molestias en la obra, comparado a otros sistemas.
- Son capaces de perforar cualquier tipo de obra de fábrica.
- Se utilizan equipos muy versátiles que pueden trabajar en cualquier obra singular.

A parte de estas, las principales ventajas que han impulsado el estudio de esta solución son:

- La facilidad para ejecutar los micropilotes con inclinación, que permiten así resistir esfuerzos horizontales como en nuestro caso el empuje hidrostático del agua.
- La posibilidad de incorporar los micropilotes a la cimentación existente sin la necesidad de ejecutar elementos estructurales adicionales.

Algunas de las desventajas mencionadas de este método como la posibilidad de colapso en terrenos flojos, por la utilización de agua durante la perforación o las excesivas vibraciones que pueden producir algunos métodos de perforación, se pueden evitar con la elección adecuada del método de perforación.

Además de esto si consideramos que se evita la ejecución de 32 vigas de atado de 16 metros de largo con sus correspondientes anclajes a solera y a pilares, y que ya en los presupuestos provisionales los micropilotes eran la solución más económica para el refuerzo del terreno, es evidente que esta solución nos aporta un ahorro económico y en tiempo de ejecución en comparación con las soluciones propuestas anteriormente.

En la solución propuesta, la ejecución de las vigas de atado, podría tener una duración de hasta 40 días laborales y las inyecciones de fracturación durarían de 20 a 25 días laborales, mientras que en la solución final el tiempo de ejecución del recalce se reduce a 30 días laborales.

El presupuesto estimado de la ejecución de las vigas de atado es de 102.263,41€ que sumado al gasto en inyecciones de fracturación (795.885,30€) hace un total de 898.148,71€ en medidas para evitar el deslizamiento y el vuelco, mientras que la ejecución de los micropilotes suma un total de 328.615,04 €

Estas cifras son extraídas del Anejo Nº2 del Trabajo Final de Grado *“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.”* y del Documento Nº4 del Trabajo Final de Grado *“Diagnóstico de daños y propuesta de actuación en el depósito de agua de la conducción Turia- Sagunto en el TM de Sagunto (Valencia). Reparación y Refuerzo.”*

La eficacia de este método queda comprobada en el *Anejo Nº1 Cálculos y Dimensionamiento.*

## 6 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

---

### 6.1 TRABAJOS PREVIOS

#### 6.1.1 CAMINOS PROVISIONALES Y VIAS DE ACCESO

Para permitir el paso de maquinaria y material a la obra, se deben ejecutar caminos provisionales alrededor del depósito y su acceso desde la vía principal.

Paralelo al muro 3 transcurre un camino agrícola, por el cual se hará un acceso a la altura del encuentro con el muro 2. Se tendrá que retirar el vallado existente que rodea las instalaciones del depósito, en la zona del acceso y colocar en su lugar un vallado provisional de obra.

Los caminos interiores de la obra se ejecutarán a la vez que la máquina vaya haciendo el desmonte del relleno del trasdós de los muros. El material procedente de este desmonte servirá para hacer el terraplén de los caminos que transcurren alrededor de los muros 1, 2 y 3 a la cota de la cimentación de estos.

Si es necesario se realizará un desbroce en el pie del talud para que la máquina pueda trabajar sin problemas.

La retirada del relleno de trasdós se ejecutará con una retroexcavadora mixta avanzando desde el acceso ejecutado. La máquina se instalará siempre en el pie del talud y retirará la tierra más próxima al muro para dejarla en la zona baja del talud. El material se depositará en tongadas no mayores a 30 cm y se compactará con un pequeño rodillo vibrante autopropulsado.

El proceso seguirá hasta haber descubierto la cimentación exterior del muro. Si sobra material de desmonte se acopiará en una zona próxima para utilizarlo en el terraplén de los próximos caminos.

Una vez descubierta la cimentación del muro se procederá mediante topografía a replantear la situación de los micropilotes y la inclinación de cada uno de ellos.

#### 6.1.2 APUNTALAMIENTO DE CUBIERTA Y DEMOLICIÓN DE MURO

Para ejecutar los micropilotes en la parte interior de la cimentación es necesario demoler una parte del muro dañado para facilitar el acceso de la maquinaria al interior del depósito.

Antes de demoler el muro hay que apuntalar la cubierta en el área que cargaba su peso sobre el muro a demoler.

Una vez apuntalado, se puede proceder a la demolición por medios manuales mediante martillo neumático y equipo de oxicorte para cortar las armaduras. Picando el muro siempre de arriba hacia abajo, en una sola cara del muro y con ayuda de andamiaje adecuado.

Se dejarán las armaduras de anclaje a la cimentación sin cortar. Se limpiarán, se doblarán hacia el interior del depósito dejándolas pegadas a la solera y se recubrirán con una lámina de polietileno para posteriormente hormigonar encima y formar una rampa para el paso de la maquinaria al interior.

Se intentará respetar también las bandas impermeables de goma de las juntas de hormigonado, o dejar una roza para embeber otra banda nueva, con el fin de conseguir la impermeabilización de la junta entre hormigones.

### 6.1.3 EJECUCIÓN DE PÓRTICO PROVISIONAL Y DESAPUNTAMIENTO DE CUBIERTA

Para poder retirar los puntales dispuestos en el interior del depósito y permitir el paso de la maquinaria, se montará un pórtico metálico provisional, compuesto por dos HEB 260 en los pilares y un HEB 200 en el dintel, creando empotramientos en los encuentros de los perfiles mediante soldadura y en el pie de los pilares mediante una placa base anclada con pernos a la cimentación.

Posteriormente se retirarán los puntales de la cubierta de manera progresiva y se replanteará la situación de cada uno de los micropilotes a ejecutar en la parte interior de la cimentación.

Se detalla el cálculo de este pórtico en el Anejo N°1 Cálculos y Dimensionamiento, y se ilustran sus medidas y sistema de montaje en el Documento N°2 Planos.

## 6.2 REFUERZO DE LA CIMENTACIÓN

El procedimiento de ejecución de micropilotes con inyección por medio de tubos manguito (inyección repetitiva y selectiva (IRS)) se realizará con la siguiente secuencia:

### Perforación

Para ejecutar la perforación se elige el método por rotación en vez de la rotoperCUSión, ya que induce menores vibraciones a la estructura y el terreno bajo la cimentación no requiere de percusión para su disgregación.

Teniendo en cuenta la contención de las tierras durante la perforación, es preferible la ejecución por el método Dulpex A, que consiste en la perforación por rotación simultánea de camisa y mecha de perforación en seco.

Se elige este método para evitar la utilización de líquidos de contención que puedan lavar el relleno bajo la zapata. Es un método más limpio y seguro, que garantiza el recubrimiento de la armadura.

El proceso es el siguiente:

1. Replanteo del punto de perforación.
2. Posicionamiento del equipo y resbaladera en la dirección de perforación.

3. Perforación hasta cota de fondo + 0.3 m.
4. Retirar por completo la mecha de perforación.
5. Hormigonado por flujo inverso dentro de la camisa de perforación desde el fondo de la misma para arrastrar material suelto.
6. Colocación de la armadura cerrada dentro del taladro relleno.
7. Nivelar la armadura y fijar.

#### Colocación de armadura

Antes de proceder a la colocación de armadura se debe comprobar que la profundidad del taladro es la indicada en proyecto y que la perforación se encuentra libre de obstáculos.

Colocación de la armadura tubular con uniones a rosca y manguitos de empalme entre los distintos tramos.

Las armaduras tubulares irán provistas de centradores que se colocarán en cada tramo de tubería y nunca con separación mayor de 5m entre dos consecutivos. Estos garantizan el recubrimiento de la armadura.

Al introducir la armadura en sus respectivos taladros se debe tener especial cuidado de no golpearlas ni forzarlas para no alterar la posición de ninguno de sus elementos( centradores, manguitos,etc.)

Se tomarán medidas para garantizar que no se aflojan los manguitos de empalme entre tramos de tubo una vez introducidos en el terreno

#### Ejecución de las inyecciones

El tiempo transcurrido entre la colocación de la armadura y la inyección debe ser el menor posible y nunca superior a 24 horas.

El método de inyección en este caso será la Inyección Repetitiva y Selectiva (IRS).

Este método nos permite aumentar la capacidad del micropilote y a la vez confinar el terreno que queda entre dos de ellos, con la consecuencia mejora de la capacidad portante. Se efectúa una inyección controlada idónea en terrenos de consistencia baja y predominio de finos.

El proceso de inyección es el siguiente:

- Inyección previa de fondo a boca de taladro, a través de un tubo tremie, hasta que la lechada o mortero de cemento que rebose por la boca del taladro sea de las mismas características (en color y consistencia) que la inyectada inicialmente. A su vez se extrae la camisa de perforación.
- Inmediatamente después del relleno del taladro se introduce la armadura tubular con el fondo cerrado y los manguitos colocados en las ranuras.
- Tiempo de fraguado adecuado de la “gaine” antes de proceder a la inyección por los manguitos.

- Inyección por etapas en fases ascendentes. Se realizará mediante la colocación de un obturador doble en la zona del tubo a nivel del manguito por donde se desee inyectar. Para que la inyección sea posible es necesario que la vaina se rompa por la presión de la mezcla que se inyecta desde del tubo, por lo que su composición y resistencia deberán ser adecuadas al efecto.
- Finalmente, se rellenará con mortero o lechada el interior de la tubería que constituye la armadura tubular del micropilote.

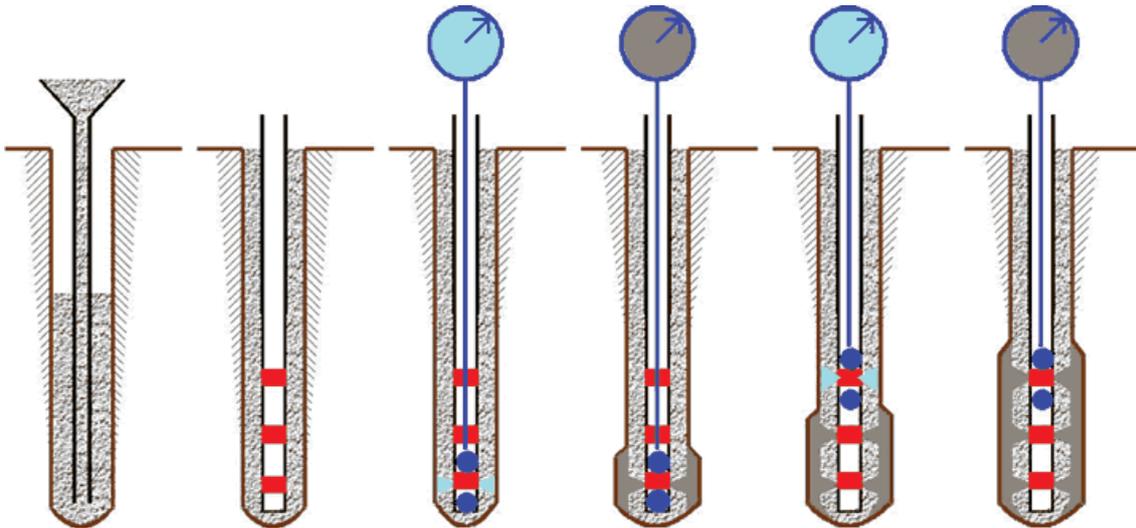


Figura 25: Proceso de inyección con IRS.

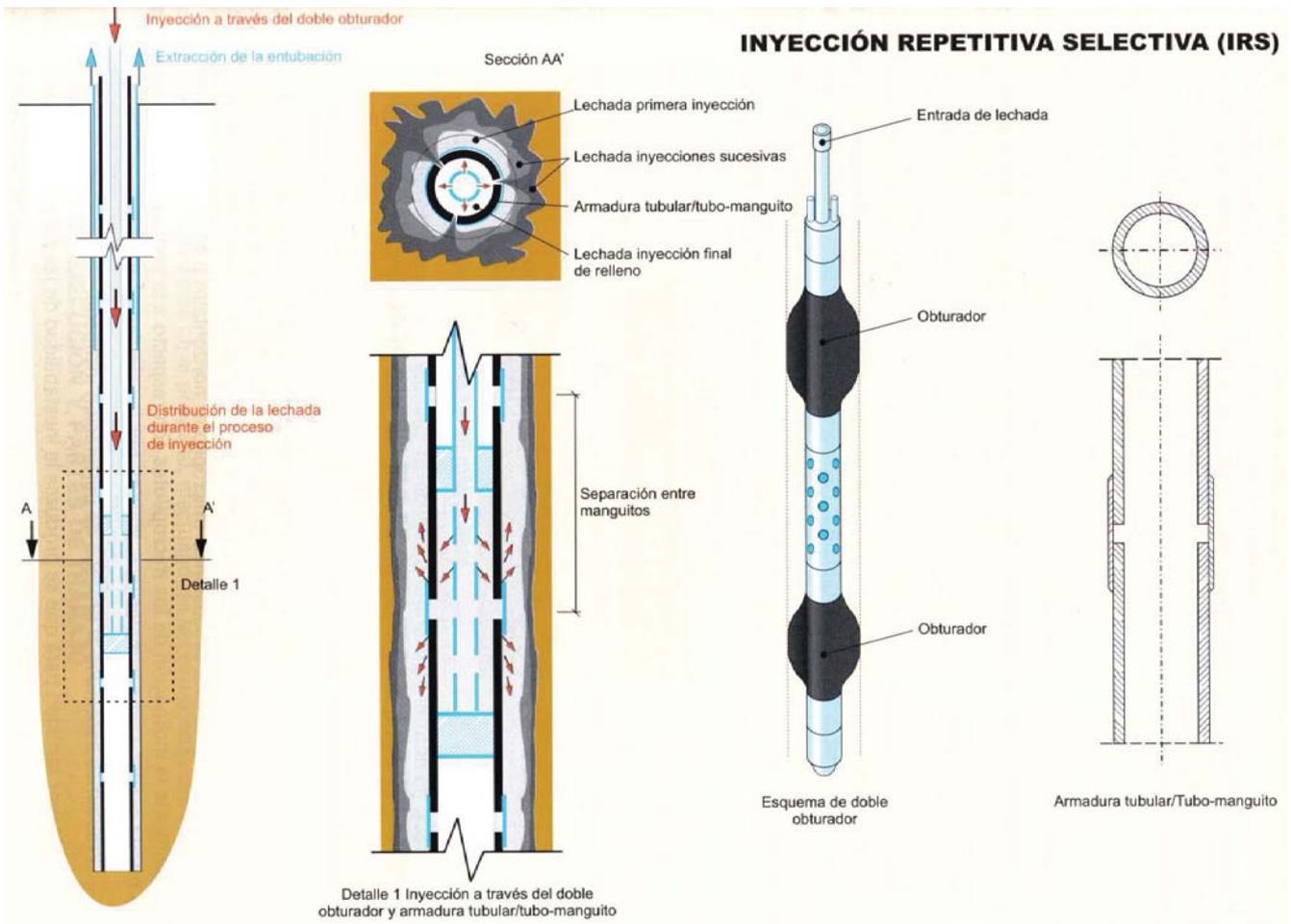


Figura 26: Tubo manguito para inyección repetitiva y selectiva

### Conexión con la cimentación

Se llevará a cabo el sistema de transmisión directa de las cargas a la cimentación existente. El espesor de la cimentación es capaz de transmitir por rozamiento con el micropilote los esfuerzos a los que está sometida.

La conexión se realiza mediante el contacto entre la cimentación previamente perforada y la adherencia entre la lecha inyectada y la armadura tubular.

La armadura tubular llevará soldadas barras corrugadas en dirección vertical para mejorar la adherencia con la lechada.

Una vez inyectado el micropilote se eliminará la lechada que haya caído en la perforación de la cimentación mediante chorro a presión. En lugar de la lechada inyectada en el micropilote se rellenará este espacio con una lechada o mortero expansivo sin retracción para garantizar el contacto entre las diferentes superficies.

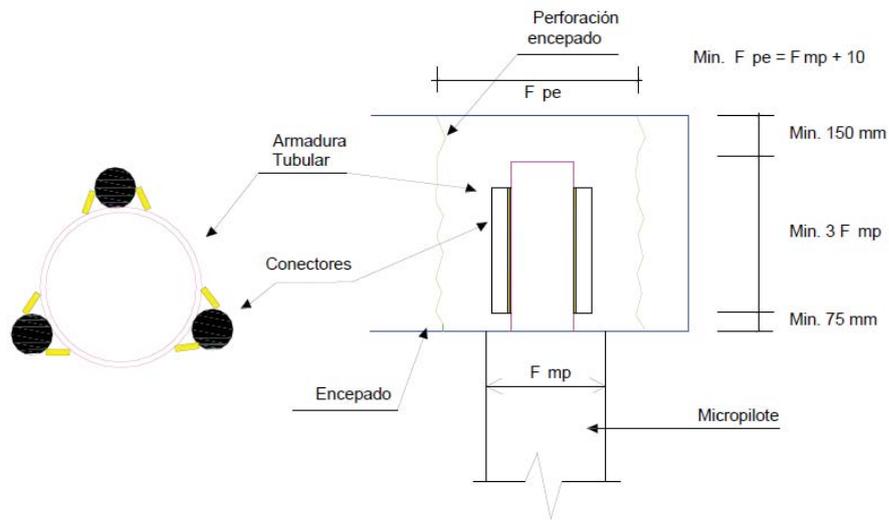


Figura 27: Conexión a la estructura mediante barras corrugadas.

El equipo mecánico para la ejecución de los micropilotes estará compuesto por la máquina perforadora de micropilotes, una bomba de inyección y la planta de fabricación de la lechada.



Foto.- 8.16 Planta de fabricación de lechada. (Foto del Autor)

## 6.3 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

### 6.3.1 Impermeabilización de juntas entre paneles y juntas de dilatación:

Antes de comenzar cualquier tratamiento se debe limpiar y sanear la zona a reparar.

El proceso que se seguirá para impermeabilizar las juntas, sigue el orden impuesto por el tratamiento elástico plano, que consiste en colocar una banda elástica entre los bordes de la junta.

En primer lugar se limpiará bien los bordes de las juntas y el interior de estas con agua a presión. Seguidamente se aplica un adhesivo en los bordes de la junta en una franja de aproximadamente 10 cm en cada borde.

Antes de que el adhesivo se seque y pierda sus propiedades, se coloca la banda elástica de material polimérico de un ancho de 20 cm, presionando sobre los bordes impregnados de adhesivo con un rodillo.

Por último se aplica otra capa de adhesivo a lo largo de los extremos de la banda y se deja secar.

En las juntas donde la anchura sea menor, se impermeabilizarán mediante la aplicación de un sellador elástico o masilla elástica mediante pistola. Siempre previa limpieza de la junta.

### 6.3.2 Revestimiento superficial contra la oxidación de las armaduras:

La patología de la oxidación de las armaduras que se repite en varias zonas del depósito, se tratará mediante el siguiente proceso:

En primer lugar se limpiará y saneará la superficie de hormigón en contacto con las armaduras corroídas. Seguidamente se aplicará mediante brocha un pasivador y protector del óxido.

Aplicación con la ayuda de una brocha de un puente de unión entre el hormigón existente y el mortero de reparación.

Por último, una vez seco el puente de unión se aplica el mortero de reparación por medios manuales cubriendo por completo el desconchamiento del hormigón y dejando una superficie lisa.

## 6.4 TRABAJOS FINALES

#### **6.4.1 Reconstrucción del muro ménsula:**

Una vez finalizados los trabajos de recalce de la cimentación dentro del depósito y extraída toda la maquinaria y material del interior, se puede proceder a la reconstrucción del alzado del muro ménsula.

La secuencia a seguir empezará por el montaje de las armaduras y su conexión con la cimentación. Esta conexión se realizará solapando al armado del alzado con las armaduras de arranque de este que quedarán dobladas y protegidas con hormigón durante el micropilotaje.

Se colocarán también las bandas de estanqueidad en las juntas de hormigonado. Para ello se debe eliminar por completo los restos de banda antigua que quede en la junta de los muros anexos o si es preciso realizar una roza vertical del grosor de la banda mediante radial. Seguidamente se colocará la banda en toda la altura de los muros contiguos.

Se realizará un encofrado a dos caras con piezas de un tamaño tal que se puedan sacar por la ventana de la cubierta.

Se hormigonará una primera fase hasta una altura de 3 metros. Tras el curado y endurecido de esta primera fase se colocará el encofrado hasta la altura final (6.05 m) apoyado en el hormigón de la primera fase.

El encofrado de la segunda fase apoyará sobre el hormigón endurecido de la primera fase y se ejecutará con las mismas piezas que la primera. Este deberá tener una inclinación hacia el exterior en el paramento exterior a la altura de la coronación para poder introducir la manguera de bombeo y el vibrador.

El hormigón sobrante por la abertura del encofrado será repicado tras endurecerse.

#### **6.4.2 Limpieza del depósito:**

Tras los últimos trabajos de reparación superficial en el interior del depósito se deberá limpiarlo y sanearlo para poder almacenar agua sin que esta se contamine con productos químicos procedentes de los trabajos de revestimiento o de micropilotaje.

La limpieza se hará mediante equipo de agua a presión y cepillado por medios manuales, centrándonos en mayor medida allí donde se haya revestido la superficie.

#### **6.4.3 Relleno del trasdós:**

Se realizará este relleno con los mismos medios utilizados en el desmonte de este y el terraplenado de los caminos provisionales.

En este caso se avanzará al contrario que en la retirada del relleno, desde el muro 1 hasta el muro 3, ya que se retirará la tierra de los caminos provisionales para ponerla sobre la cimentación del muro. Se rellenará el trasdós en tongadas de espesor inferior a 30 cm y se compactarán tras su humectación con rodillo vibrante.

#### 6.4.4 Auscultación:

Para comprobar si el muro vuelca o se desplaza después de la actuación, se realizarán lecturas topográficas periódicas con la frecuencia establecida en el Anejo nº 3 Propuesta de Auscultación de este proyecto.

Se llevará a cabo el sistema de estación total y prismas de nivelación.

Para tener siempre un mismo punto de partida a la hora de hacer las mediciones, se construirán dos pilares de observación con centrado forzoso en los puntos marcados en la figura del apartado 4 del anejo citado anteriormente.

Se instalará una diana de nivelación en cada punto a medir anclada mediante pernos al paramento vertical en la parte alta del muro, con el fin de medir desplazamientos horizontales, que adviertan del vuelco o deslizamiento del muro.

Estos puntos se distribuyen estratégicamente por la superficie del citado muro tal como se indica en el Plano de Auscultación del Anejo Nº2.

También se instalarán bases profundas de nivelación que se anclan al extremo de la puntera del muro ménsula, para soportar las dianas de nivelación y que estas queden visibles aun cuando el relleno del trasdós se haya ejecutado.

Estos puntos de control se distribuyen a lo largo del muro perimetral tal como se indica en la figura del apartado siguiente.

Si el muro falla por vuelco, mediante las mediciones del desplazamiento horizontal en coronación del muro y el vertical en puntera, se puede determinar el desplome que sufre el alzado de dicho muro.

Para la determinación de los movimientos en las juntas, utilizaremos fisurómetros manuales de regleta, que se colocarán en aquellas juntas donde en las primeras inspecciones se observó la patología.

La disposición de estos instrumentos queda indicada en el Plano de Auscultación del Anejo Nº2.

La lectura de los desplazamientos en las regletas se hará tras cada fase de llenado del depósito, una vez vaciado.

## **7 Plazo de ejecución:**

A fin de cumplimentar el Artículo 132 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y el correspondiente de dicha Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, se fija un plazo de ejecución de las obras a que se refiere este proyecto de x meses, tal como se menciona en el Anejo N4º Plan de Obra.

El plazo de ejecución es el resultado de la elaboración de un plan de obra, estimando las duraciones de las obras a partir de la medición de las unidades de obra y los rendimientos de los equipos a emplear.

Al ser el presupuesto mayor a 30.050 Euros es obligación del contratista presentar el programa económico por meses.

Artículo 144 Del Reglamento General de La Ley De Contratos De Las Administraciones Públicas.

De acuerdo con lo especificado en el referido Artículo y en los casos en que sea de aplicación, el Contratista estará obligado a presentar un programa de trabajo en el plazo de un mes, salvo causa justificada, desde la notificación de la autorización para iniciar las obras.

Después de la elaboración del plan de obra con tareas resumen de las unidades más significativas de la obra, se estima una duración aproximada de 4 meses.

En el Anejo Nº 4 Plan de Obra se detalla la duración de cada tarea, la vinculación entre ellas y la duración total de las obras.

## **8 Plazo de garantía:**

Se establece un plazo de garantía de seis meses, de acuerdo con lo preceptuado en el artículo 218 de la Ley de Contratos del Sector Público.

El plazo empezará a contar desde la recepción de las obras, estando durante este periodo a cargo del Contratista toda clase de reparaciones que hubiese lugar así como su mantenimiento.

## **9 Clasificación del contratista:**

Según el Artículo 54. Exigencia de clasificación de la Ley de Contratos del Sector Público para contratar con las Administraciones Públicas de ejecución de contratos de obras de importe igual o superior a 350.000 euros, será requisito indispensable que el empresario se encuentre debidamente clasificado.

En el caso de que una parte de la prestación objeto del contrato tenga que ser realizada por empresas especializadas que cuenten con una determinada habilitación o autorización profesional, la clasificación correspondiente a esa especialización, en caso de ser exigida, podrá suplirse por el

compromiso del empresario de subcontratar la ejecución de esta porción con otros empresarios que dispongan de la habilitación y, en su caso, clasificación necesarias, siempre que el importe de la parte que debe ser ejecutada por éstos no exceda del 50 por ciento del precio del contrato.

En cumplimiento del Artículo 25 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, la Clasificación que debe ostentar el Constructor para ejecutar la obra es:

Grupo E/ Hidráulicas

Subgrupo 1 /Abastecimientos y Saneamientos

Grupo K/ Especiales

Subgrupo 1/ Cimentaciones especiales

Según el Artículo 26 del citado Reglamento la categoría de contrato de obra, a la que se ajustará la clasificación de la empresa será la e.

## 10 Resumen General de Presupuestos:

El presupuesto de Ejecución Material necesario para ejecutar las actuaciones descritas en el presenta Trabajo Final de Grado, asciende a la cantidad de **423.145,62 € (CUATROCIENTOS VEINTITRÉS MIL CIENTO CUARENTA Y CINCO EUROS Y SESENTA Y DOS CÉNTIMOS)**. Incrementando éste con el 13% de Gastos Generales, el 6% de Beneficio Industrial y el 21% de IVA, se obtiene un Presupuesto Total de **609.287,38 € (SEISCIENTOS NUEVE MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS Y TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS)**.