



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos

## TRABAJO FINAL DE GRADO

# ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO Y/O REUBICACIÓN DEL MATERIAL DRAGADO EN EL PUERTO PESQUERO INTERNACIONAL DE CAPURRO, MONTEVIDEO (URUGUAY)

AUTOR: CLARA PÉREZ SOLER

TUTOR: JOAQUÍN GARRIDO CHECA

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
SEPTIEMBRE DE 2018

## **ÍNDICE GENERAL**

### **DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS**

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA

- ANEJO 1. ANTECEDENTES
- ANEJO 2. GEOTECNIA Y GEOLOGÍA
- ANEJO 3. BASES DE DISEÑO
- ANEJO 4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
- ANEJO 5. SOLUCIÓN ÓPTIMA
- ANEJO 6. MEDICIONES Y COSTES

### **DOCUMENTO Nº2. PLANOS**

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. BATIMETRÍA
3. FASES CONSTRUCCIÓN DIQUE
4. SECCIÓN DIQUE
5. VISTA PLANTA RECINTO
6. SECCIÓN A-A'
7. SECCIÓN B-B'
8. SECCIÓN C-C'

**DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS**

ÍNDICE

1.	OBJETIVO.....	5
2.	ANTECEDENTES.....	5
3.	GEOTECNIA Y GEOLOGÍA.....	5
4.	BASES DE DISEÑO .....	5
5.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	5
6.	SOLUCIÓN ÓPTIMA.....	6
6.1	Dragados .....	6
6.2	Dique perimetral.....	6
6.3	Relleno general.....	6
6.4	Pavimento .....	7
7.	PROGRAMA DE TRABAJOS .....	7
8.	VALORACIÓN ECONÓMICA .....	8
8.1	Unidades de obra.....	8
8.2	Mediciones .....	8
9.	DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO .....	9
10.	CONCLUSIÓN.....	9

**MEMORIA**

## 1. OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo final de grado es desarrollar la parte del Proyecto Constructivo de un proyecto referido al estudio de alternativas y valoración económica de la solución, junto con la descripción gráfica detallada de la misma.

Para alcanzar este objetivo principal se han establecido una serie de objetivos secundarios. Estos son;

- Analizar los condicionantes principales de las distintas soluciones.
- Establecer los criterios de selección y valoración de la solución.
- Aplicar las metodologías de cálculo adecuadas de las ROM y normativa vigente.
- Identificar y medir las unidades de obra determinantes a nivel de estudio de soluciones.
- Establecer los costes de las diferentes unidades de obra.
- Confeccionar los planos oportunos con el detalle necesario para una correcta definición de la estructura y posibilidad de medición de las unidades de obra principales.

## 2. ANTECEDENTES

El Módulo Internacional de la Terminal Pesquera de Capurro está situado en la Bahía de Montevideo (Uruguay). La Terminal es propiedad de la Administración Nacional de Puertos (ANP), la cual pretende ampliarla con la construcción de una nueva dársena con un muelle exterior.

En la construcción de la nueva dársena se dragarán alrededor de 1,45 millones de m<sup>3</sup> de arcillas de baja consistencia las cuales serán el principal motivo de estudio del proyecto para su tratamiento y/o reutilización.

## 3. GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

El terreno dragado así como el terreno de la zona de trabajo se han caracterizado tras analizar la información geotécnica de proyectos previos disponibles de la zona de estudio.

Tras analizar la información de las campañas geotécnicas y caracterizar los materiales, en la zona de trabajo, nos encontramos con un primer nivel de arcillas de consistencia blanda a muy blanda apoyadas sobre el sustrato de roca tipo granítica.

Por otro lado, el material dragado en la construcción de la Terminal del Puerto Pesquero de Capurro está formado principalmente por arcillas de baja consistencia. Con este material dragado se pretende construir un recinto, junto al Puerto Pesquero de Capurro, ganándole terreno al mar.

Puesto que este material de dragado no cumple con las características geotécnicas mínimas, para evitar que se produzcan asentamientos o deformaciones en el relleno del recinto, se planteará el uso de geotextiles para utilizarlos como relleno.

## 4. BASES DE DISEÑO

Siguiendo las recomendaciones de la R.O.M. 1.0-09 para diques de abrigo, el diseño del dique se realizará para una vida útil de 25 años con un periodo de retorno asociado de 240 años.

La caracterización del oleaje se ha realizado en condiciones de régimen extremal por la escasa (nula) operatividad portuaria de la obra.

El estudio de clima marítimo, propagaciones y oleaje de cálculo del proyecto se ha realizado a partir de la información proporcionada por la Administración Nacional de Puertos.

Las cargas de uso y explotación se obtienen para las Alternativas 2 y 3, en las cuales el recinto estará abierto al público. Estas cargas se obtienen siguiendo las recomendaciones de la R.O.M. 2.0-11 teniendo en cuenta la sobrecarga de uso producida por la zona de uso y restauración y la producida por el tráfico terrestre.

El pre dimensionamiento de la obra se realiza a partir del material dragado en la construcción del puerto, y se respetará independientemente de la solución obtenida como óptima.

Se adjunta en el Anejo 3, de forma más detallada, los aspectos comentados anteriormente respecto a las bases de diseño consideradas en la redacción del Proyecto Constructivo del recinto.

## 5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Una vez establecidas las bases de diseño se procede a el estudio de alternativas.

Este estudio tiene como objetivo principal establecer cual es la alternativa óptima para ejecutar el relleno del recinto. Para ello se han propuesto 3 Alternativas, estas son:

### ➤ ALTERNATIVA 1

La Alternativa 1 consiste en la utilización del material dragado en la construcción del Puerto Pesquero de Capurro como relleno principal del recinto.

Debido a las características del material, en esta alternativa, el recinto estará vallado y cerrado al público, utilizándose únicamente como vertedero.

### ➤ ALTERNATIVA 2

En la Alternativa 2 el material dragado se utilizará como relleno del recinto pero éste se introducirá confinado en Geotubos para mejorar la capacidad portante del mismo y poder construir sobre él un espacio lúdico-recreativo abierto al público.

➤ ALTERNATIVA 3

Por último, en la Alternativa 3 el material dragado en la construcción del puerto se tratará y reubicará en otra zona dotada para ello. Para la obtención del material de relleno del recinto se recurrirá a canteras.

Los criterios que se establecen para determinar la solución óptima son:

- Criterio funcional. (Usos del suelo)
- Criterio económico. (costes de ejecución)
- Criterio de plazo de ejecución.
- Criterio estético. (impacto visual)
- Criterio medioambiental. (impacto medioambiental)

A cada criterio se le asigna un peso, y para cada alternativa se puntúa el grado de cumplimiento del criterio del 1 al 5, siendo 5 la mejor puntuación.

	FUNCIONAL		ECONOMICO		PLAZO DE EJECUCIÓN		ESTÉTICO		MEDIOAMBIENTAL		TOTAL
	PUNT	PON	PUNT	PON	PUNT	PON	PUNT	PON	PUNT	PON	
PESOS		0,2		0,3		0,15		0,15		0,2	
<b>ALT. 1</b>	1	0,2	5	1,5	5	0,75	1	0,15	3	0,6	<b>3,2</b>
<b>ALT. 2</b>	4	0,8	2	0,6	1	0,15	4	0,6	4	0,8	<b>2,95</b>
<b>ALT. 3</b>	5	1,0	3	0,9	4	0,6	4	0,6	2	0,4	<b>3,5</b>

**Tabla 1. Ponderaciones de las alternativas en función de pesos de los criterios**

Finalmente, para cada alternativa, se obtiene una ponderación total con la suma de las ponderaciones de cada criterio. La alternativa con la ponderación total más elevada es la considerada como solución óptima, en este caso es la Alternativa 3.

## 6. SOLUCIÓN ÓPTIMA

En el siguiente apartado se describe de forma detallada las características de alternativa elegida como solución óptima (Alternativa 3)

### 6.1 Dragados

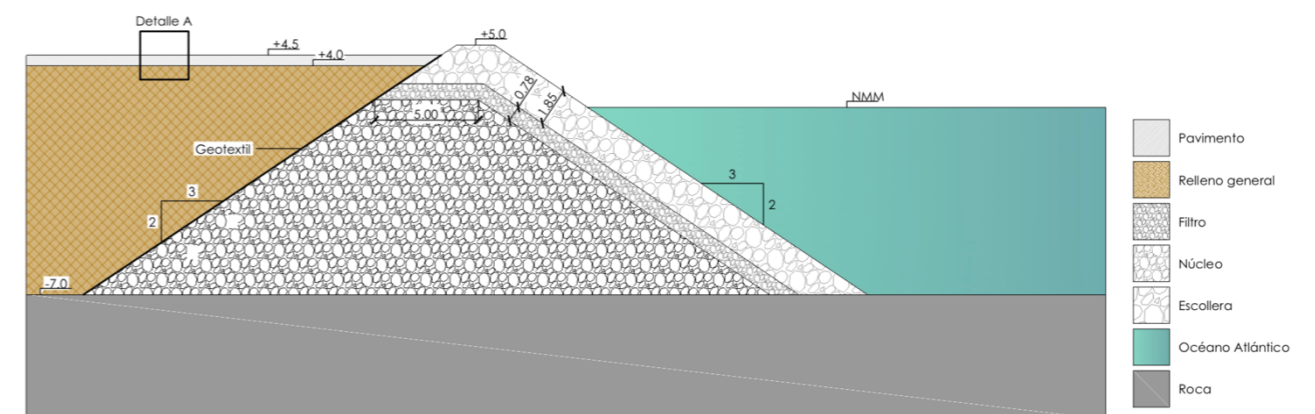
Para la realización de la obra será necesario realizar el dragado previo de la zona hasta alcanzar la cota -7.0 m donde nos encontramos con el sustrato de la zona (roca granítica) sobre el cual se apoyará el dique perimetral y el relleno general del recinto.

En total será necesario dragar 260.000 m<sup>3</sup> de fangos y arcillas.

### 6.2 Dique perimetral

Para la contención del relleno general y la protección frente al oleaje del recinto se ejecutará un dique perimetral en talud emergido. El talud en ambas caras del dique será H/V= 3/2 (2 m en vertical por cada 3 m en horizontal). La construcción se realizará vía terrestre.

La sección del dique estará compuesta por un manto de escollera de doble capa de 1,85 m de espesor apoyado sobre una capa de filtro de 0,78 m de espesor que apoyará sobre el núcleo del dique.



**Ilustración 1. Sección del dique perimetral**

Todos los materiales empleados en la construcción del dique procederán de canteras. El núcleo estará compuesto por material pedraplén. La capa de filtro será de material granular y el manto principal de escollera, ambos con las especificaciones que se mencionan detalladamente en el Anejo 5.

### 6.3 Relleno general

El relleno general del recinto se ejecutará con material procedente de cantera con las siguientes características geotécnicas:

- Tamaño máximo de los elementos de 10 cm
- Porcentaje en finos inferior al 35% en peso
- Límite Líquido inferior a 40

- CBR superior a 5
- Hinchamiento menor al 2%
- Contenido en materia orgánica inferior al 1%
- Densidad máxima según ensayo Proctor inferior a 1,750 t/m<sup>3</sup>

El relleno se ejecutará hasta la cota +4 m en las zonas pavimentadas y hasta la cota +4.5 m en las zonas verdes.

#### 6.4 Pavimento

En el recinto se podrán distinguir dos zonas, la primera estará formada por una sección de pavimento que se ha determinado en el Anejo 5 (solución óptima) y la segunda, que estará formada por las zonas verdes. En la primera zona, además de la ejecución del pavimento se instalarán un total de 30 bancos sin respaldo para el descanso de los peatones.

El pavimento tendrá una explanada de 25 cm de espesor de suelo estabilizado "in situ" S-EST2 sobre la cual apoya la sección de firme.

El firme se ha determinado para una categoría de tráfico D (tráfico ligero) ya que en el recinto estará restringida la circulación únicamente a vehículos de emergencia y los necesarios para la construcción y mantenimiento de la misma.

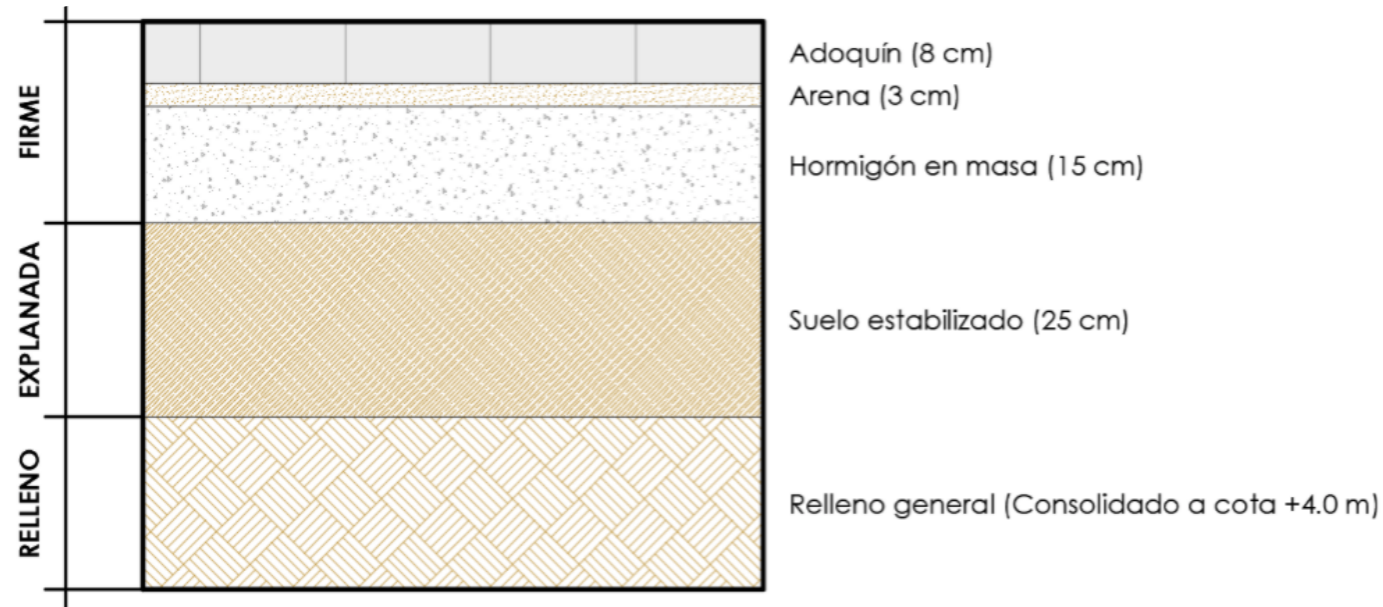


Ilustración 2. Sección de pavimento

En la segunda zona (zona verde) el relleno interior consolidado de suelo adecuado alcanzará la cota +4.5 m. Sobre este suelo se sembrará césped y se plantarán arbustos, árboles y palmeras, dejando

caminos de tierra entre las zonas verdes de ambos lados. Estos caminos tendrán 2m de ancho y un total de 2.023,94 m<sup>2</sup>.

En la siguiente ilustración se pueden observar las zonas verdes (pintadas de color verde), la zona pavimentada (color gris) y los caminos de tierra (color marrón).

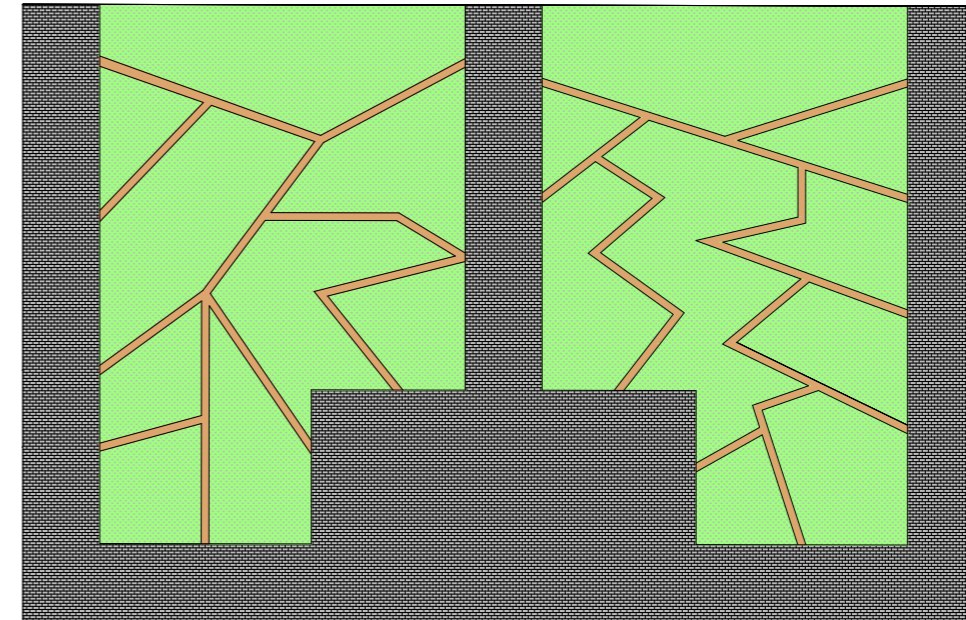


Ilustración 3. Vista Planta del recinto

La zona verde estará dotada de sendas de tierra de 2 m de ancho para el paso de los peatones además de la siguiente vegetación y mobiliario:

- 21.375,6 m<sup>2</sup> de césped por siembra
- Plantación de 600 árboles de 25 a 50 cm de perímetro de tronco
- Trasplante de 40 palmeras de hasta 3 m de altura
- Trasplante de 500 arbustos de hasta 1 m de altura
- Instalación de 30 bancos sin respaldo

#### 7. PROGRAMA DE TRABAJOS

El programa de los trabajos se ha realizado mediante un diagrama de Gantt el cual se puede observar con detalle en el Anejo 5.

La duración aproximada de ejecución de todas las unidades de obra en conjunto es de 44 semanas.

## 8. VALORACIÓN ECONÓMICA

En el presente apartado se muestra la valoración económica de la obra obtenida a partir de las unidades de obra determinadas así como sus respectivas mediciones y precios unitarios.

### 8.1 Unidades de obra

A continuación se muestran las unidades de obra consideradas para la construcción del recinto:

- ACTIVIDADES PREVIAS E INSTALACIONES
- EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO
- GESTIÓN DE RESIDUOS
- DIQUE PERIMETRAL
- RELLENO
- PAVIMENTO
- URBANIZACIÓN
- SEGURIDAD Y SALUD

### 8.2 Mediciones

Las mediciones para la correcta programación de los trabajos así como para la obtención de la valoración económica de la obra se han extraído, para cada unidad de obra, de los planos de la obra. En el Anejo 6 (Mediciones y costes) se encuentran detalladas las mediciones de cada unidad de obra.

En la siguiente tabla se puede apreciar el desglose de precios unitarios para cada unidad de obra así como su medición para la obtención del presupuesto estimado de la obra.

UNIDAD		PRECIO UNITARIO	MEDICIÓN	PRESUPUESTO
1	m <sup>3</sup> Dragado en cualquier terreno mediante medios terrestres, acopiado en zona preparada al efecto	10,25 €	260.000	2.665.000
2	m <sup>3</sup> Gestión del material dragado tanto en la construcción del Puerto Pesquero de Capurro como en la obra descrita, incluyendo tratamiento, transporte y vertido en vertedero marino	4,75 €	695.000	3.301.250

3	m <sup>3</sup>	Relleno general con material tipo suelo adecuado en formación de núcleo, incluso carga, transporte a pie de obra y colocación	5,85 €	451.699,77	2.642.443,65
4	m <sup>3</sup>	Pedraplén colocado como núcleo del dique, de 15 a 20 Kg de peso, totalmente terminado	12,34 €	101.465,7	1.252.086,74
5	t	Escollera de 2100 Kg de peso, colocada en manto principal del dique, totalmente terminado	27,15 €	24.008,4	651.828,06
6	m <sup>3</sup>	Escollera de 160 Kg de peso, colocada como capa de filtro del dique, totalmente terminado	15,20 €	9.826,8	149.367,36
7	m <sup>2</sup>	Geotextil no tejido compuesto por fibras de polipropileno unidas por agujeteado, incluso su colocación	8,00 €	16.974	135.792
8	m <sup>3</sup>	Suelo estabilizado "in situ" tipo S-EST 2, colocado como explanada, totalmente terminado	17,16 €	2.490,07	42.729,6
9	m <sup>3</sup>	Sub-base de zahorra artificial extendida y compactada	20,70 €	4.150,12	85.907,48
10	m <sup>2</sup>	Capa de 15 cm de espesor de hormigón en masa tipo H-175, colocado como base para firme, fabricado en central y vertido desde camión, con extendido y vibrado manual	12,87 €	16.600,46	213.647,92
11	m <sup>2</sup>	Arena de regularización, colocada como base para adoquín, capa de 3 cm de espesor	2,15 €	16.600,46	35.690,99
12	m <sup>2</sup>	Pavimento de adoquín gris, doble capa, de 20x10x9 cm, incluso colocación	19,38 €	16.600,46	321.716,92
13	Ud	Suministro e instalación de banco, sin respaldo, prefabricado de hormigón blanco de 190x52x82 cm, formado por una pieza de asiento apoyada en dos piezas en los extremos, incluso base de hormigón en masa y elementos de fijación	286,37 €	60	17.182,2
14	Ud	Plantación de árbol de 25 a 50 cm de perímetro de tronco a 1 m del suelo, suministrado, en hoyo realizado con medios manuales en	22,08 €	600	13.248



		terreno arenoso, con aporte de un 25 % de tierra vegetal cribada			
15	m <sup>2</sup>	Césped por siembra mezcla de semillas	9,60 €	21.375,6	205.205,76
16	Ud	Trasplante de palmera de hasta 3 m de altura, ubicada en alcorque, con retrocargadora	194,09 €	40	7.763,6
17	Ud	Trasplante de arbusto de hasta 1 m de altura, ubicado en alcorque, con retrocargadora	8,90 €	500	4.450
18	Ud	Saguridad y salud	10.000 €	1	10.000
<b>Presupuesto de Ejecución Material</b>					11.616.310,3
Gastos Generales + Beneficio Industrial (13% + 6%)					2.207.098,95
Subtotal					13.823.409,3
IVA 21%					2.902.915,94
<b>Coste total estimado en euros</b>					<b>16.726.325,2</b>

#### DOCUMENTO Nº2. PLANOS

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. BATIMETRÍA
3. FASES CONSTRUCCIÓN DIQUE
4. SECCIÓN DIQUE
5. VISTA PLANTA RECINTO
6. SECCIÓN A-A'
7. SECCIÓN B-B'
8. SECCIÓN C-C'

#### 10. CONCLUSIÓN

Con todo el material descrito y los documentos adjuntos, se considera suficientemente descrita la obra objeto del Trabajo Final de Grado del Grado de Ingeniería Civil.

Valencia, Septiembre de 2018

El autor del proyecto

Clara Pérez Soler

#### 9. DOCUMENTOS CONSTITUYENTES DEL PROYECTO

##### DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA

- ANEJO 1. ANTECEDENTES
- ANEJO 2. GEOTECNIA Y GEOLOGÍA
- ANEJO 3. BASES DE DISEÑO
- ANEJO 4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
- ANEJO 5. SOLUCIÓN ÓPTIMA
- ANEJO 6. MEDICIONES Y COSTES